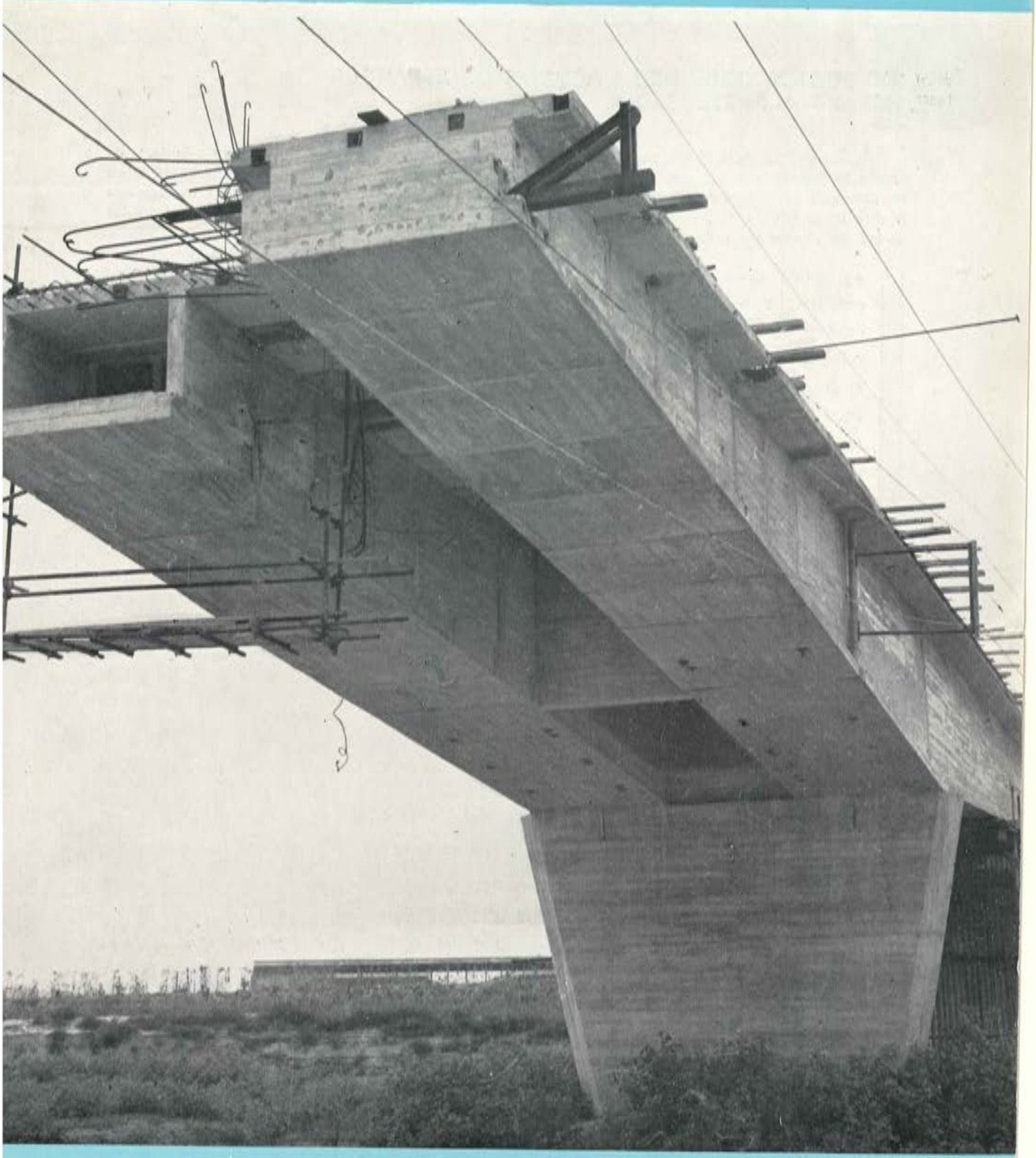
ASOCIACION ESPAÑOLA DEL HORMIGON PRETENSADO



ormigón y acero

imas noticias de hormigón pretensado

92

INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCION
Y DEL CEMENTO DEL PATRONATO DE INVESTIGACION
CIENTIFICA Y TECNICA «JUAN DE LA CIERVA» DEL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
MADRID

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

SOCIOS PROTECTORES DE LA ASOCIACION ESPAÑOLA DEL HORMIGON PRETENSADO

Como ya se ha anunciado, a partir del 1 de enero del año 1967, se ha creado una nueva categoría, la de **"Socio Protector"**, a la que pueden acogerse, previo pago de la cuota especial al efecto establecida, todos los Miembros de nuestra Asociación que voluntariamente lo soliciten. Hasta la fecha de cierre del presente número de la Revista, figuran inscritos en la nueva categoría de **"Socio Protector"**, los que a continuación se indican, citados por orden alfabético:

BELTHER. — Apartado 34. Benicarló (Castellón).

CANTERAS Y AGLOMERADOS, S. A. — Pintor Fortuny, 3. Barcelona-1.

CENTRO DE TRABAJOS TECNICOS, S. L. — Consejo de Ciento, 304. Barcelona-7.

CONSTRUCCIONES CARLOS ERROZ. — Avda. Carlos III, 50. Pamplona (Navarra).

ELABORADOS METALICOS, S. A. (EMESA). — Apartado 553. La Coruña.

FORJADOS DOMO. — General Mola, 32. Madrid-1.

HORMIGON PRETENSADO S.A.E. BBR. — Rosellón, 229. Barcelona-8.

NUEVA MONTAÑA QUIJANO, S. A. — P.º de Pereda, 32. Santander.

PACADAR, S. A. — Castelló, 48. Madrid-1.

PREFABRICACION PESADA Y PRETENSADOS. — Comandante Zorita, 2. Madrid-20.

PROCEDIMIENTOS BARREDO. — Raimundo Fernández Villaverde, 45. Madrid-3.

PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL. — General Perón, 20. Madrid-20.

S. A. ECHEVARRIA. — Apartado 46. Bilbao-8.

La Asociación Española del Hormigón Pretensado se complace en expresar públicamente su agradecimiento a las Empresas citadas, por la valiosa ayuda que le prestan con su especial aportación económica, para el desenvolvimiento de los fines que tiene encomendados.

son instituciones miembros correspondientes del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento

La Pontificia Universidad Católica de Chile.

La Facultad de Arquitectura de la Universidad del Valle de Cali (Colombia).

El Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca (República Argentina).

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Córdoba (República Argentina).

La Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile (Santiago de Chile).

El Instituto de la Construcción de Edificios de la Facultad de Arquitectura. Montevideo (Uruguay).

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires.

La Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia.

La Universidad Autónoma - Guadalajara, Jalisco, México.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

ASOCIACION ESPAÑOLA DEL HORMIGON PRETENSADO

hormigón y acero

últimas noticias de hormigón pretensado

n. 92

3.er trimestre 1969

i.e.t.c.c.

instituto eduardo torroja

de la construcción y del cemento

PATRONATO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNICA "JUAN DE LA CIERVA" DEL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Depósito Legal: M 853-1958
Tipografía Artística. - Madrid.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

RELACION DE EMPRESAS QUE, EN LA FECHA DE CIERRE DEL PRESENTE NUMERO, FIGURAN INSCRITAS EN LA ASOCIACION ESPAÑOLA DEL HORMIGON PRETENSADO, COMO "SOCIOS COLECTIVOS"

E S P A Ñ A

AEDIUM, S. A. — Basauri (Vizcaya).
AGRUPACION NACIONAL DE LOS DERIVADOS DEL CEMENTO. — Madrid.
AGUSTI, S. L. — Gerona.
ARION, S. A. — Barcelona.
ASOCIACION TECNICA DE DERIVADOS DEL CEMENTO. — Barcelona.
AUTOPISTAS, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S. A. — Barcelona.
BAGANT. — Castellón.
BUTSEMS, S. A. — Barcelona.
BUTSEMS, S. A. — Valencia.
CAMARA, S. A. — VIGUETAS CASTILLA. — Valladolid.
CASA GARGALLO, S. A. — Madrid.
CENTRO DE ESTUDIOS C.E.A.C. — Barcelona.
CERAMICA RUBIERA. — Gijón (Oviedo).
CIDESA, CONSTRUCCION INDUSTRIAL DE EDIFICIOS, S. A. — Barcelona.
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES. — La Coruña.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS VASCO-NAVARRO. — Bilbao.
COMPAÑIA AUXILIAR DE LA EDIFICACION, S. A. — Madrid.
COMPAÑIA DE CONSTRUCCIONES HIDRAULICAS Y CIVILES, S. A. — HIDROCIVIL. — Madrid.
CONSTRUCCIONES BETIKO, S. A. — Bilbao.
CONSTRUCCIONES COLOMINA G. SERRANO, S. A. — Madrid.
CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S. A. — Madrid.
CONSTRUCCIONES PUJOL, S. A. — Madrid.
CONSTRUCTORA MAXACH, S. A. — Madrid.
COTECOSA. — Bilbao.
CUPRE. —Valladolid.
DIRECCION GENERAL DE FORTIFICACIONES Y OBRAS. — MINISTERIO DEL EJERCITO. Madrid.
DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA. — MINISTERIO DEL AIRE. — Madrid.
DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S. A. — Madrid.
EDES, S. A. — Madrid.
EMPRESA AUXILIAR DE LA INDUSTRIA, S. A. — AUXINI. — Madrid.
ENAGA, S. A.— Madrid.
ENTRECANALES Y TAVORA, S. A. — Madrid.
ESTUDIOS Y PROYECTOS TECNICOS INDUSTRIALES, S. A. — Madrid.
EUROESTUDIOS, S. A. — Madrid.
EXPOSICION PERMANENTE E INFORMACION DE LA CONSTRUCCION. — EXCO. — Madrid.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

FABRICADOS PARA LA CONSTRUCCION, S. A. — FACOSA. — Madrid.

FERGO, S. A. DE PRETENSADOS. — Valencia.

FERNANDEZ CONSTRUCTOR, S. A. — Madrid.

FERROLAND, S. A. — Valencia.

FORJADOS "DOL". — Esquivias (Toledo).

FORMO, S. A. — Barcelona.

GABINETE DE ORGANIZACION Y NORMAS TECNICAS. — MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. — Madrid.

GUARNER Y TRIGO, S. L. — Madrid.

HEREDIA Y MORENO, S. A. — Madrid.

HIDAQUE, S. A. — Granada.

HIERROS FORJADOS Y CEMENTOS, S. A. — HIFORCEM. — Sevilla.

HORPRESA, S. A. — Madrid.

HORSA, S. A. — Barcelona.

HUARTE Y CIA., S. A. — Madrid.

IDEAM, S. A. — Madrid.

INDUSTRIAS ALBAJAR, S. A. — Zaragoza.

INDUSTRIAS DEL CEMENTO. — VIGUETAS CASTILLA, S. A. — Sestao (Vizcaya).

INDUSTRIAS DEL HORMIGON. — INHOR. — Madrid.

INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES SALA AMAT, S. A. — Barcelona.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZACION. — Madrid.

INTERNACIONAL DE INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS, S. A. — INTECSA. — Madrid.

INUGARA, S. A. — Burgos.

JEFATURA PROVINCIAL DE CARRETERAS DE VALENCIA. — Valencia.

3.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. — SERVICIO DE CONSTRUCCION. — Bilbao.

3.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. — SERVICIO DE MATERIALES. — Bilbao.

5.ª JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. — Barcelona.

JOSE MARIA ELOSEGUI. — CONSTRUCCIONES. — San Sebastián (Guipúzcoa).

LABORATORIO DE INGENIEROS DEL EJERCITO. — Madrid.

LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO. — Madrid.

MAHEMA, S. A. — Granollers (Barcelona).

MATERIALES PRETENSADOS, S. A. — MATENSA. — Madrid.

MATERIALES Y TUBOS BONNA, S. A. — Madrid.

MATUBO, S. A. — Madrid.

J. MIRO TREPAT, CONSTRUCCIONES, S. A. — Barcelona.

OTAISA. — Sevilla.

OTEP INTERNACIONAL, S. A. — Madrid.

V. PEIRO, S. A. — Valencia.

PIEZAS MOLDEADAS, S. A. — PIMOSA. — Barcelona.

PREFABRICACION DE ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCION. — PRELCONSA. — San Claudio (Oviedo).

PREFABRICADOS ALAVESES, S. A. — PREASA. — Vitoria (Alava).

PREFABRICADOS DE CEMENTOS, S. A. — PRECESA. — León.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

PREFABRICADOS ELKAR, S. A. — Burlada (Pamplona).
PREFABRICADOS POUSA, S. A. — Santa Perpétua de Moguda. — Barcelona.
PREFABRICADOS STUB. — MANRESANA DE CONSTRUCCIONES, S. A. — Manresa (Barcelona).
PRETENSADOS AEDIUM, S. L. — Pamplona (Navarra).
PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO, S. L. — Valladolid.
PRODUCTOS PRETENSADOS, S. A. — POSTENSA. — Bilbao.
REALIZACIONES Y ESTUDIOS DE INGENIERIA, S. A. — Madrid.
RUBIERA PREFLEX, S. A. — Gijón (Oviedo).
S. R. E. M. — Valencia.
SAINCE. — Madrid.
SECOTEC. — Madrid.
SENER, S. A. — Las Arenas (Vizcaya).
SERVICIO MILITAR DE CONSTRUCCIONES. — Barcelona.
SISTEMAS TAV, S. A. — Madrid.
SOCIEDAD ANONIMA ESPAÑOLA TUBO FABREGA. — Madrid.
SOCIEDAD ANONIMA DE MATERIALES Y OBRAS. — Valencia.
SOCIEDAD FRANCO-ESPAÑOLA DE ALAMBRES, CABLES Y TRANSPORTES AEREOS, SOCIEDAD ANONIMA. — Erandio (Bilbao).
SOCIEDAD GENERAL DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES. — OBRASCON. — Córdoba.
TEJERIAS "LA COVADONGA". — Muriedas de Camargo (Santander).
TENSACERO MADRILEÑA, S. A. — Madrid.
TENSYLAND, S. A. — Gironella (Barcelona).
TEPSA. — Tarrasa (Barcelona).
TOSAM, S. L. — Segovia.
TRENZAS Y CABLES DE ACERO, S. A. — Santa María de Barbará (Barcelona).
TUBERIAS Y PREFABRICADOS, S. A. — TYPSA. — Madrid.
UNION MADERERA CACEREÑA, S. L. — Cáceres.
VALLEHERMOSO, S. A. — Madrid.
VIAS Y ESTRUCTURAS, S. A. — Granada.
VIAS Y OBRAS PROVINCIALES.— San Sebastián (Guipúzcoa).
VIGAS REMARRO. — Motril (Granada).
VIGUETAS ASTURIAS, S. L. — Oviedo.
VIGUETAS CORONA, S. A. — Sevilla.
VIGUETAS NUÑEZ. — Salamanca.

EXTRANJERO

COMISION MIXTA ARGENTINA-BOLIVIANA. — Buenos Aires (República Argentina).
EMPRESA DE CONSTRUÇOES CIVIS E INDUSTRIAIS, LDA. — Lourenço Marques (Mozambique).
FACULTAD DE INGENIERIA (BIBLIOTECA). — Buenos Aires (Rep. Argentina).
INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY (BIBLIOTECA). — Monterrey N. L. (México).
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. — DIRECCION DE VIALIDAD. — DIV. BIBLIOTECA Y PUBLICACIONES. — La Plata (Prov. de Buenos Aires), República Argentina.
UNIVERSIDAD DE CHILE— FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS — DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES — BIBLIOTECA CENTRAL. — Santiago de Chile (Chile).
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES — FACULTAD DE INGENIERIA. — La Paz (Bolivia).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

última publicación
de la asociación española del hormigón pretensado

HORMIGON Y ACERO. Número extraordinario 88-89

Dedicado a los Simposios Técnicos Internacionales de la F. I. P. celebrados, en Madrid, durante los días 3 a 7 de junio de 1968

Durante los días 3 a 7 de junio de 1968, y organizados por la Asociación Española del Hormigón Pretensado, adscrita al Instituto "Eduardo Torroja" de la Construcción y del Cemento, se celebraron en Madrid, en los locales de dicho Instituto, los dos primeros Simposios Técnicos Internacionales de la Federación Internacional del Pretensado (F.I.P.).

Hasta ahora, aparte de las reuniones de sus diferentes Comisiones, la F.I.P. únicamente había celebrado, con carácter internacional, los Congresos que cada cuatro años convoca. En éstos, el gran número de partitipantes impide estudiar y discutir los temas con el necesario detalle, por lo que no pueden dichos Congresos tener otro carácter que el puramente informativo de la situación, en ese momento, de la técnica del pretensado en los diferentes países. Por ello, el Comité Ejecutivo de la F.I.P. consideró necesario organizar este tipo de Simposios Técnicos, de participación restringida, con el carácter de verdaderas Sesiones de estudio, y acordó que los primeros tuviesen lugar en Madrid, con arreglo al siguiente programa:

Días 3 y 4 de junio de 1968.—Simposio sobre "Elementos prefabricados de hormigón pretensado", dedicado al estudio de los cuatro temas siguientes: "Pilotes"; "Tuberías"; "Postes" y "Traviesas para vías férreas".

Días 6 y 7 de junio de 1968.—Simposio sobre "Aceros para pretensado", dividido en los 10 temas siguientes: "Recientes mejoras introducidas en las características de los aceros para pretensado"; "Ultimos perfeccionamientos en su fabricación"; "Corrosión"; "Rozamiento y Adherencia"; "Roturas"; "Pérdidas por relajación"; "Ensayos a largo plazo realizados en obra"; "Influencia de las temperaturas extremas en las características de los aceros para pretensado"; "Resistencia a la fatiga" y "Estudios estadísticos y de probabilidad".

Se ha estimado que, un acontecimiento de esta categoría, debía quedar adecuadamente reflejado en la Revista de la Asociación. Por ello, se decidió publicar este número extraordinario en el que se incluye una amplia reseña de todo lo relativo a la programación y desarrollo de los Simposios y el *texto completo, traducido al castellano, de los doce Informes Generales presentados por los Ponentes de las distintas Sesiones de trabajo.* De esta forma se ofrece, reunida en un solo volumen, la más completa información sobre la situación actual en el mundo, de la técnica del pretensado en relación con los temas de los Simposios.

Este número extraordinario consta de 272 páginas ilustradas con numerosas fotografías, gráficos y tablas de datos.

Precio: España, 500 pesetas; extranjero, $ 8.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

estudios y proyectos
suministros de anclajes
trabajos de tensión e inyección
vigas de lanzamiento
hormigonado en avance
placas de apoyo en neopreno
gatos planos, etc.

PROCEDIMIENTOS

freyssinet

DE HORMIGON PRETENSADO

PUENTE SOBRE EL RIO NERVION
Propietario: S. A. ECHEVARRIA
Construye: CONSTRUCCIONES ARREGUI, S. A.
Proyecto: Mariano Moneo Vallés

STUP SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR L'UTILISATION DE LA PRÉCONTRAINTE. - PARIS

AGENTES GENERALES PARA ESPAÑA

PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ERCILLA, 24, 2.º - TEL. 24 34 19 - BILBAO-11

OFICINAS EN MADRID: Avda. General Perón, 20, 1.º - Teléfono 233 36 17 - Madrid - 20

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

457 - 5 - 3

comportamiento dinámico de vigas pretensadas de sección esbelta (*)

M. COMO y C. GRECO

(Comunicación presentada al Congreso de la ANICAP, celebrado en Sta. Margarita Ligure durante los días 28 al 30 de septiembre de 1967).

SINOPSIS.—Se estudia el comportamiento dinámico de las vigas pretensadas de sección esbelta.

Después de examinar las bases del problema, haciendo resaltar sus relaciones con los problemas de inestabilidad, se pasa a la deducción de resultados concretos. El pretensado modifica la rigidez a torsión de la viga con lo que cambian las frecuencias de oscilación a flexión-torsión.

El estudio se complementa con varios diagramas y ejemplos numéricos para aclarar el significado de los resultados teóricos.

1 INTRODUCCION

El extraordinario desarrollo de la técnica del pretensado, unido a la tendencia moderna hacia la prefabricación y la producción en serie de los elementos pretensados, imponen al proyectista y al constructor el empleo de vigas cada vez más afinadas y esbeltas.

Es, por consiguiente, indispensable profundizar en el conocimiento del comportamiento estructural de estas vigas y estudiar las solicitaciones a que están sometidas a lo largo de las distintas fases por las que atraviesan. En particular resulta importante el análisis de su respuesta en el campo de la inestabilidad y en el dinámico, sin olvidar los posibles efectos disimétricos (1).

El objeto de este trabajo es el estudio del comportamiento dinámico de vigas pretensadas de sección esbelta. En lo que sigue se obtendrán las ecuaciones de la dinámica de una viga pretensada de sección arbitraria con paredes delgadas. Para simplificar el análisis se ha considerado el caso de pretensado constituido por cables rectos paralelos al eje de la viga.

Los resultados generales obtenidos se particularizan al caso de la viga cuya sección tiene un eje de simetría, y se analiza el efecto del pretensado, que resulta ser nulo sobre

(*) Traducción del artículo publicado en *Giornale del Genio Civile*, año 106, fase 1.ª, enero 1968.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

la frecuencia de oscilación por flexión en el plano de simetría de la viga, pero importante sobre la frecuencia de oscilación por flexión-torsión. En efecto, el pretensado altera la rigidez torsional de la viga, aumentándola o disminuyéndola, según que la tendencia a la inestabilidad de las fibras de hormigón, cuya compresión ha aumentado, predomine o no sobre la tendencia a la estabilidad de los cables del pretensado.

Con ayuda de gráficos y diagramas se analizan seguidamente ciertos casos importantes en la práctica, como son secciones en doble T simétricas y disimétricas, secciones en V, en U y en arco de círculo, calculando en todas ellas la rigidez torsional efectiva y la frecuencia de oscilación. Se dedica particular atención a las secciones pretensadas con varios cables rectilíneos, dado el interés práctico del problema, que corresponde al caso de alambres con adherencia.

Por último se desarrollan algunas aplicaciones numéricas, entre las que figura el caso de una viga metálica pretensada.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se considera una viga de sección abierta de paredes delgadas y de forma arbitraria (fig. 1), sujeta a la acción de un cable de pretensado. Sean x e y los ejes principales de

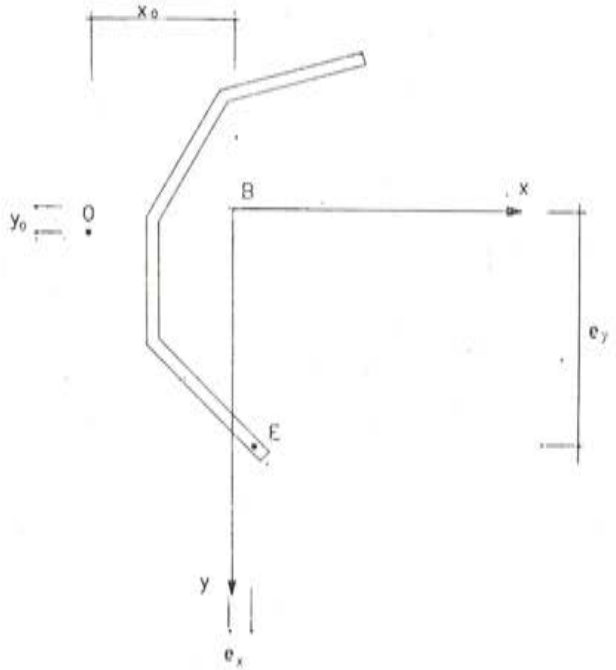


Figura 1.

inercia de la sección; B y O el baricentro y el centro de torsión respectivamente; E el punto de aplicación del cable; x_0, y_0 las coordenadas del centro de torsión y e_x, e_y las del punto E.

Para simplificar el análisis, se supone que la viga es de sección constante y el cable de pretensado rectilíneo y paralelo al eje z de la viga. Asimismo se supone la viga descar-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

gada, y no se considera su peso propio. En estas condiciones el estado tensional de la viga se reduce a la tensión normal:

$$\sigma_z = -\frac{N}{A} - \frac{N e_y}{I_x} y - \frac{N e_x}{I_y} x \qquad [1]$$

y a la fuerza concentrada N aplicada en E que equilibra a la distribución de tensiones [1].

Las ecuaciones que rigen el comportamiento dinámico de la viga pueden obtenerse aplicando el principio de Hamilton, mediante la ecuación integral:

$$\int_{t_1}^{t_2} \left(\delta T - \delta W - \delta L_2^* \right) d t = 0 \qquad [2]$$

que expresa la anulación de la integral hamiltoniana para cualquier movimiento entre las configuraciones extremas.

En [2], δT es la variación de la energía cinética del sistema; δW la variación correspondiente de energía elástica relativa a la configuración inicial del movimiento efectivo considerada como natural y, por tanto, desprovista de esfuerzos internos; y δL^*_2 el tra-

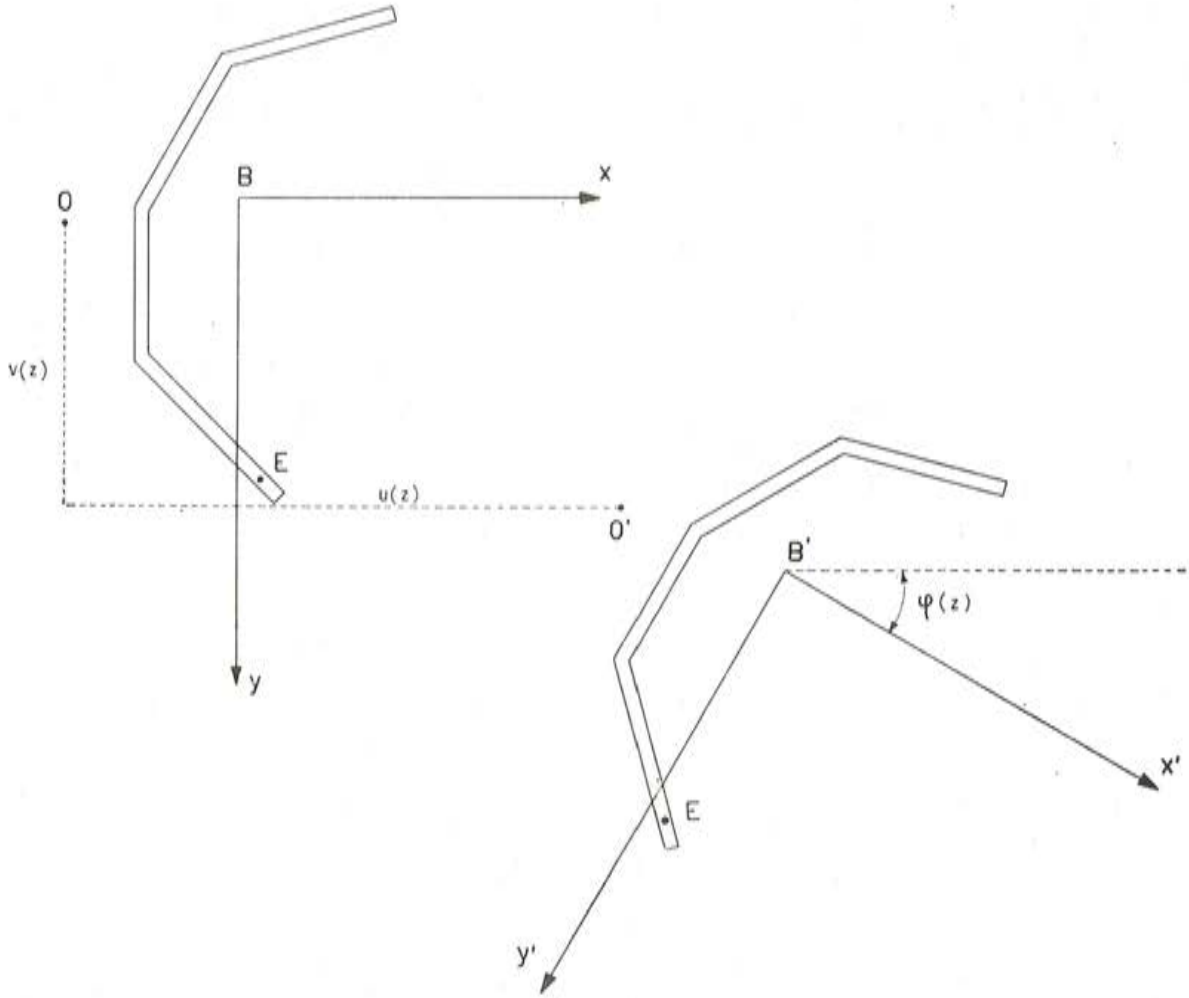


Figura 2.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

bajo de segundo orden de las tensiones internas debidas al pretensado. Falta el término correspondiente al trabajo de las fuerzas exteriores, que se suponen inexistentes en este caso.

El movimiento de la viga es el resultado de la composición de dos deformaciones de flexión $u(z)$ y $v(z)$ y una de torsión $\varphi(z)$; las componentes del desplazamiento de un punto de la sección transversal (fig. 2) son:

$$\begin{aligned} u(x, y, z) &= u(z) + (y_0 - y)\,\varphi(z) \\ v(x, y, z) &= v(z) - (x_0 - x)\,\varphi(z) \\ w(x, y, z) &= -x\,u'(z) - y\,v'(z) - \omega(x, y)\,\varphi'(z) \end{aligned} \qquad [3]$$

siendo ω la coordenada polar [3], e indicándose con un apóstrofo la derivación con respecto a z.

La energía elástica W puede escribirse, teniendo en cuenta [3]:

$$W = \frac{1}{2} E I_y \int_0^l u''^2\, dz + \frac{1}{2} E I_x \int_0^l v''^2\, dz + \frac{1}{2} C \int_0^l \varphi'^2\, dz + \frac{1}{2} C_1 \int_0^l \varphi''\, dz \qquad [4]$$

donde $C = G J$ y $C_1 = E I_\omega$ indican la rigidez torsional y la rigidez al alabeo, siendo J el módulo de torsión e I_ω el momento de inercia polar.

El trabajo de segundo orden de los esfuerzos internos L^*_2 se calcula teniendo en cuenta el efecto de la tensión [1] y de la fuerza de pretensado N:

$$L_2^* = \int_0^l \int_A \sigma_z\, \varepsilon_{zz}^{(2)}\, dA\, dz + \int_0^l N\, \varepsilon_{zz}^{(2)}(E)\, dz \qquad [5]$$

siendo $\varepsilon_{zz}^{(2)}$ la componente de segundo orden de la deformación pura según z (4), que teniendo en cuenta [3] vale:

$$\varepsilon_{zz}^{(2)} = \frac{1}{2}\left[u' + (y_0 - y)\,\varphi'\right]^2 + \frac{1}{2}\left[v' - (x_0 - x)\,\varphi'\right]^2 \qquad [6]$$

Sustituyendo [6] en [5], y teniendo en cuenta [1], se obtiene:

$$L_2^* = -\frac{N}{2}\left(\frac{I_x + I_y}{A} + e_x\,\beta_x + e_y\,\beta_y - e_x^2 - e_y^2\right)\int_0^l \varphi'^2\, dz \qquad [7]$$

en la cual:

$$\begin{aligned} \beta_x &= \frac{1}{I_y}\left(\int_A y^3\, dA + \int_A x\, y^2\, dA\right) \\ \beta_y &= \frac{1}{I_x}\left(\int_A y^3\, dA + \int_A x^2\, y\, dA\right) \end{aligned} \qquad [8]$$

La energía cinética T, aplicando la [3], resulta valer:

$$T = \frac{1}{2}\mu A \int_0^l \left[\dot{u}^2 + \dot{v}^2 + 2 y_0\, \dot{u}\,\dot{\varphi} - 2 x_0\, \dot{v}\,\dot{\varphi} + \frac{I_y}{A}\,\dot{u}'^2 + \frac{I_x}{A}\,\dot{v}'^2 + \left(x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A}\right)\dot{\varphi}^2 + \frac{I_\omega}{A}\,\dot{\varphi}'^2\right] dz \qquad [9]$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

siendo, como es usual [3]:

$$I_\omega = \int_A \omega^2 \, d\,A \qquad [10]$$

e indicándose con un punto la derivación respecto al tiempo.

El cálculo de las variaciones de las cantidades [4], [5] y [9] permite obtener, mediante la aplicación de [2], las ecuaciones del movimiento de la viga pretensada.

3 CASO DE UNA VIGA CON UN SOLO CABLE DE PRETENSADO

Mediante sencillas transformaciones se llega a las ecuaciones del movimiento de la viga:

$$\begin{aligned} & E\,I_y\,u^{IV} - \mu\,I_y\,\ddot{u}'' + \mu\,A\,\ddot{u} + y_0\,\mu\,A\,\ddot{\varphi} = 0 \\ & E\,I_x\,v^{IV} - \mu\,I_x\,\ddot{v}'' + \mu\,A\,\ddot{v} - x_0\,\mu\,A\,\ddot{\varphi} = 0 \\ & C_1\,\varphi^{IV} - C^*\,\varphi'' + y_0\,\mu\,A\,\ddot{u} - x_0\,\mu\,A\,\ddot{v} - \mu\,I_\omega\,\ddot{\varphi}'' - (I_x + I_y)\,\mu\,\ddot{\varphi} = 0 \end{aligned} \qquad [11]$$

en las que se ha introducido la nueva variable:

$$C^* = C - N\left(\frac{I_x + I_y}{A} + e_x\,\beta_x + e_y\,\beta_y - e^2_x - e^2_y\right) \qquad [12]$$

El análisis de las tres ecuaciones del sistema [11] permite algunas observaciones interesantes sobre el comportamiento dinámico y sobre la inestabilidad de las vigas pretensadas. En efecto, comparándolas con las ecuaciones correspondientes de la viga no pretensada resulta que el efecto del pretensado se manifiesta en la tercera ecuación del grupo [11]; la rigidez a torsión C se altera, tomando el valor dado por [12].

Si se pone:

$$C_N = +N\left(\frac{I_x + I_y}{A} + e_x\,\beta_x + e_y\,\beta_y - e^2_x - e^2_y\right) \qquad [13]$$

la [12] se escribe:

$$C^* = C - C_N \qquad [14]$$

La cantidad C_N, que puede llamarse "rigidez torsional de pretensado", puede, como se ve claramente en [13], tomar signo positivo o negativo, dependiendo, para una sección dada, de las excentricidades del pretensado e_x, e_y. Esta dependencia puede ponerse de manifiesto mediante una simple construcción geométrica. En efecto, si se pone $C_N = 0$ se obtiene la ecuación:

$$\frac{I_x + I_y}{A} + e_x\,\beta_x + e_y\,\beta_y - e^2_x - e^2_y = 0 \qquad [15]$$

que define el círculo de centro P de coordenadas:

$$e_{Px} = \frac{\beta_x}{2}; \qquad e_{Py} = \frac{\beta_y}{2} \qquad [16]$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

y radio:

$$R = \sqrt{\frac{I_x + I_y}{A} + \frac{\beta_x^2 + \beta_y^2}{4}} \qquad [17]$$

Este círculo, que puede llamarse "círculo de rigidez torsional de pretensado nula" separa dos zonas de la sección transversal (fig. 3). Se demuestra fácilmente aplicando [15] que a pretensados aplicados en puntos E interiores al círculo corresponden valores positivos de la rigidez torsional de pretensado, mientras que a puntos de aplicación exteriores al círculo corresponden valores negativos de la misma.

De estas consideraciones se deduce que el pretensado aumenta o disminuye la rigidez torsional C de la sección según que el cable de pretensado sea exterior o interior al círculo que acaba de definirse.

Puede afirmarse, por tanto, que la frecuencia de las vibraciones naturales de una viga pretensada resultará mayor o menor que las de la misma viga no pretensada, según

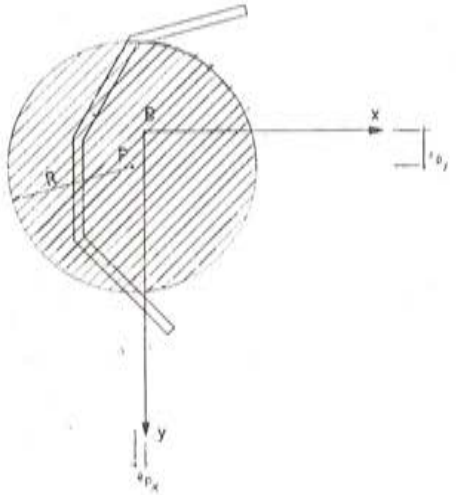


Figura 3.

que el cable de pretensado sea exterior o interior al círculo de rigidez torsional de pretensado nula.

Análogamente puede decirse que el pretensado por sí solo produce condiciones de inestabilidad únicamente si actúa en un punto interior al círculo.

Resulta interesante analizar, aunque sea mediante simples consideraciones intuitivas, el significado mecánico de los resultados anteriores, a los que se ha llegado aplicando el cálculo de variaciones.

Es sabido que la rigidez a flexión de una viga se aumenta o disminuye por la presencia de un esfuerzo axil de tracción o de compresión, respectivamente. La viga pretensada estudiada, es, esquemáticamente, un conjunto de fibras longitudinales, entre las que está el cable de pretensado; por efecto de la interacción, las fibras de hormigón quedan comprimidas en su mayoría, mientras que el cable queda traccionado. Si se impone una deformación que hace flectar las fibras de la viga, cada una de dichas fibras puede ser con-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

siderada como una viga sujeta a esfuerzo axil y se comportará de distinta forma según esté en tracción, descargada o en compresión.

Si la deformación impuesta es una de flexión, los efectos de aumento y disminución de las rigideces de las distintas fibras se compensan entre sí, y la rigidez a flexión de la viga permanece inalterada. Si, por el contrario, la deformación impuesta es una de torsión, no sucede lo mismo, ya que los momentos torsores unitarios que se derivan del esfuerzo axil de las fibras deformadas no se equilibran entre sí, a no ser que el cable de pretensado esté aplicado sobre el círculo anteriormente definido.

4 CASO DE UNA VIGA CON VARIOS CABLES DE PRETENSADO

El comportamiento dinámico de una viga con varios cables de pretensado puede estudiarse siguiendo una marcha análoga a la del número 2) si se conserva la hipótesis de cables rectos.

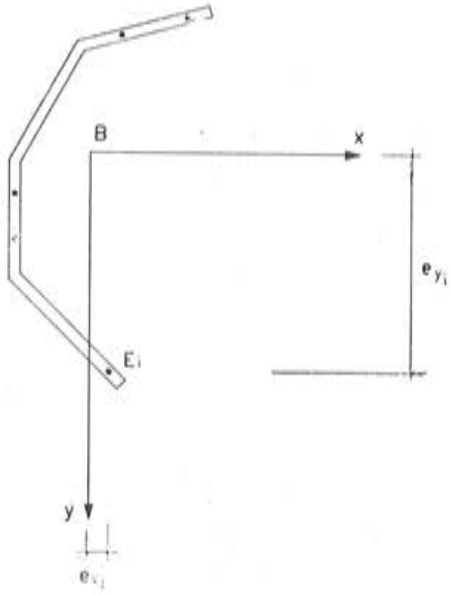


Figura 4.

La ecuación [2], cuya solución permite escribir la ecuación del movimiento, queda en la misma forma, lo mismo que las ecuaciones [4] y [9], mientras que el trabajo de segundo orden de los esfuerzos internos L^*_2 dado por [5] es ahora (fig. 4):

$$L_2^* = \int_0^l \int_A \sigma_z \, \varepsilon_{zz}^{(2)} \, d\,A \, d\,z + \sum_{i=1}^{n} \int_0^l N_i \, \varepsilon_{zz}^{(2)} \left(E_i\right) d\,z \qquad [5']$$

siendo N_i el esfuerzo de pretensado del i-esimo cable y E_i su punto de aplicación de coordenadas e_{xi}, e_{yi}.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Introduciendo la noción de cable equivalente con un esfuerzo:

$$N = \sum_{i=1}^{n} N_i \qquad [18]$$

y unas excentricidades:

$$e_x = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \, e_{x\,i}}{N}$$

$$e_y = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i \, e_{y\,i}}{N} \qquad [19]$$

la ecuación [7] se transforma en:

$$L_2^* = -\frac{N}{2}\left[\frac{I_x + I_y}{A} + e_x \beta_x + e_y \beta_y - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} N_i \left(e_{x\,i}^2 + e_{y\,i}^2\right)\right]\int_0^l \varphi'^2 \, dz \qquad [7']$$

Las ecuaciones [11] permanecen inalteradas formalmente, pero ahora:

$$C^* = C - N\left[\frac{I_x + I_y}{A} + e_x \beta_x + e_y \beta_y - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} N_i \left(e_{x\,i}^2 + e_{y\,i}^2\right)\right] \qquad [12']$$

El pretensado con varios cables difiere solamente del pretensado con un cable único en el valor que toma la rigidez torsional de pretensado C_N.

Vale la pena observar que las expresiones [12] y [12'] ponen de manifiesto el distinto comportamiento de vigas igualmente pretensadas, pero con posiciones distintas de los cables de pretensado.

Es interesante analizar el problema de la equivalencia, en cuanto a la rigidez torsional, entre una sección pretensada por varios cables cuyo esfuerzo resultante es N, y la misma sección pretensada por un solo cable con un esfuerzo N. Las coordenadas $\bar{e}_x$, $\bar{e}_y$ del punto de aplicación del cable tal que la rigidez torsional no cambia, satisfacen la relación:

$$\bar{e}_x \beta_x + \bar{e}_y \beta_y - \bar{e}_x^2 - \bar{e}_y^2 = e_x \beta_x + e_y \beta_y - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} N_i \left(e_{x\,i}^2 + e_{y\,i}^2\right) \qquad [20]$$

donde la e_x, e_y, son las dadas por [19].

5 CASO DE SECCION PRETENSADA CON UN EJE DE SIMETRIA

En este caso, que es el más frecuente en la práctica, pueden simplificarse los resultados obtenidos. Sea (fig. 5) "y" el eje de simetría de la viga. Entonces se cumple:

$$x_0 = e_x = 0 \qquad [21]$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

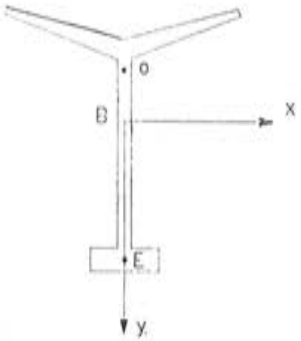


Figura 5.

y las [11] se transforman en:

$$
\begin{aligned}
&E I_y u^{IV} - \mu I_y \ddot{u}'' + \mu A \ddot{u} + y_0 \mu A \ddot{\varphi} = 0 \\
&E I_x v^{IV} - \mu I_x \ddot{v}'' + \mu A \ddot{v} = 0 \\
&C_1 \varphi^{IV} - C^* \varphi'' + y_0 \mu A \ddot{u} - \mu I_\omega \ddot{\varphi}'' - (I_x + I_y) \mu \ddot{\varphi} = 0
\end{aligned}
\qquad [22]
$$

donde en el caso de un solo cable es:

$$
C^* = C - N\left(\frac{I_x + I_y}{A} + e_y \beta_y - e_y^2\right) \qquad [23]
$$

y en el de varios cables dispuestos simétricamente respecto al eje y es:

$$
C^* = C - N\left[\frac{I_x + I_y}{A} + e_y \beta_y - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} N_i \left(e_{x\,i}^2 + e_{y\,i}^2\right)\right] \qquad [24]
$$

Si se considera el cable de rigidez torsional de pretensado equivalente de la [20] resulta:

$$
\bar{e}_y \beta_y - \bar{e}_y^2 = e_y \beta_y - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} N_i \left(e_{x\,i}^2 + e_{y\,i}^2\right) \qquad [25]
$$

ecuación que permite obtener la excentricidad ficticia $\bar{e}_y$.

Para algunas secciones, elegidas entre las más frecuentes en la práctica, se dan a continuación las magnitudes que intervienen en el cálculo de la rigidez a torsión de las vigas pretensadas para facilitar estos cálculos.

Sección en doble T (fig. 6).

$$A = B t_1 + b t_2 + H t_3$$

$$y_s = \frac{0{,}5 H^2 t_3 + b t_2 H}{B t_1 + b t_2 + H t_3}$$

$$I_x = B t_1 y_s^2 + b t_2 (H - y_s)^2 + \frac{t^3}{3}\left[y_s^3 + (H - y_s)^3\right]$$

$$I_y = \frac{1}{12}(t_1 B^3 + t_2 b^3)$$

$$y_0 = -\frac{1}{I_y}\left[y_s \frac{B^3 t_1}{12} - (H - y_s)\frac{b^3 t_2}{12}\right]$$

$$J = \frac{1}{3}\left(B t_1^3 + b t_2^3 + H t_3^3\right)$$

$$I_\omega = (y_s + y_0)^2 \frac{B^3 t_1}{12} + (H - y_s - y_0)^2 \frac{b^3 t_2}{12}$$

$$\beta_y = -\frac{1}{I_x}\left\{y_0 I_y + y_s^3 t_1 B - (H - y_s)^3 t_2 b + \frac{t_3}{4}\left[y_s^4 - (H - y_s)^4\right]\right\}$$

$$\beta_x = 0$$

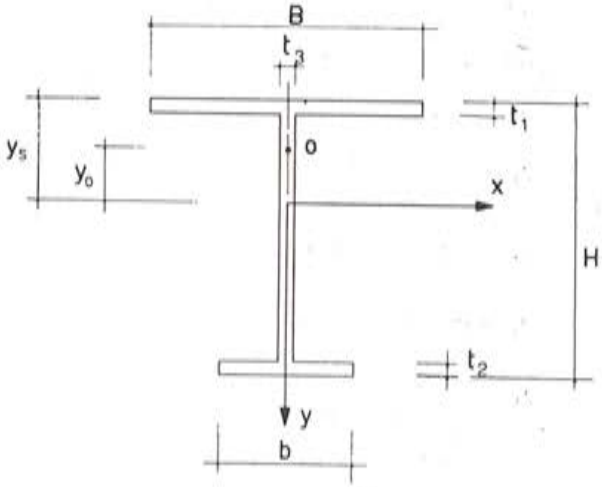


Figura 6.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Sección en V (fig. 7).

$$A = 2\,b\,t \qquad y_0 = \frac{b}{2}\cos\alpha$$

$$y_s = \frac{b}{2}\cos\alpha \qquad I = \frac{2}{3}\,b\,t^3$$

$$I_x = \frac{t\,b^3}{6}\cos^2\alpha \qquad I_\omega = 0$$

$$I_y = \frac{2}{3}\,t\,b^3\,\mathrm{sen}^2\,\alpha \qquad \beta_y = 0$$

$$\beta_x = 0$$

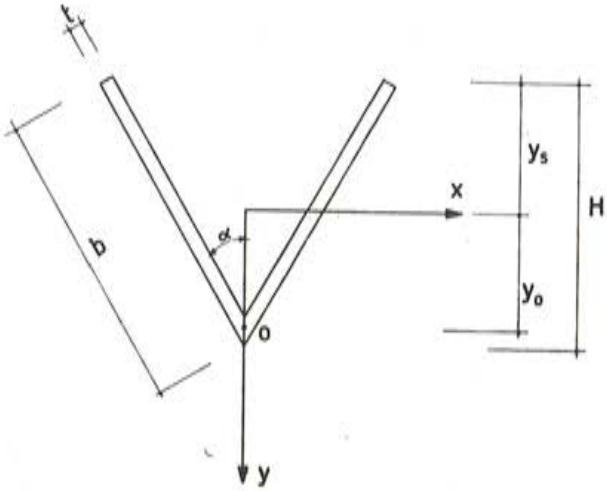


Figura 7.

Sección en U (fig. 8).

$$A = 2\,H\,t_1 + b\,t_2$$

$$y_s = H\,\frac{H\,t_1 + b\,t_2}{2\,H\,t_1 + b\,t_2}$$

$$I_x = \frac{2\,t_1\,y_s^3}{3} + \frac{2\,t_1\,(H - y_s)^3}{3} + b\,t_2\,(H - y_s)^2$$

$$I_y = \frac{t_1\,H\,b^2}{2} + \frac{t_2\,b^3}{12}$$

$$y_0 = \frac{3\,H^2\,t_1}{6\,H\,t_1 + b\,t_2} + (H - y_s)$$

$$J = \frac{1}{3}\,(2\,H\,t_1^3 + b\,t_2^3)$$

$$I_\omega = \frac{t_1\,H^3\,b^2}{12}\,\frac{3\,H\,t_1 + 2\,b\,t_2}{6\,H\,t_1 + b\,t_2}$$

$$\beta_y = \frac{1}{I_x}\left\{\frac{2}{3}\,t_1\left[(H - y_s)^4 - y_s^4\right] + t_2\,b\,(H - y_s)^3 + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{4}\,t_1\,b^2\left[(H - y_s)^2 - y_s^2\right] + \frac{1}{12}\,(H - y_s)\,t_2\,b^3\right\}$$

$$\beta_x = 0$$

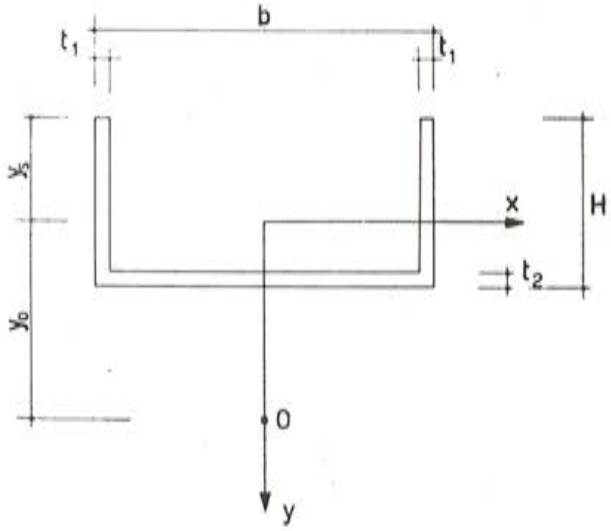


Figura 8.

Sección en arco de círculo (fig. 9).

$$A = 2\,R\,\alpha\,t$$

$$y_s = R\left(1 - \frac{\mathrm{sen}\,\alpha}{\alpha}\right)$$

$$I_x = 2\,R\,t\left[(R - y_s)^2\,\alpha + \frac{R^2}{2}\left(\alpha + \frac{1}{2}\,\mathrm{sen}\,2\,\alpha\right) - 2\,R\,(R - y_s)\,\mathrm{sen}\,\alpha\right]$$

$$I_y = R^3\,t\left(\alpha - \frac{1}{2}\,\mathrm{sen}\,2\,\alpha\right)$$

$$y_0 = -\left\{\frac{2\,R\,(\mathrm{sen}\,\alpha - \alpha\cos\alpha)}{(\alpha - \mathrm{sen}\,\alpha\,\cos\alpha)} - (R - y_s)\right\}$$

$$J = \frac{2}{3}\,t^3\,R\,\alpha$$

$$I_\omega = \frac{2\,t\,R^5}{3}\left[\alpha^3 - \frac{6\,(\mathrm{sen}\,\alpha - \alpha\cos\alpha)^2}{\alpha - \mathrm{sen}\,\alpha\,\cos\alpha}\right]$$

$$\beta_y = \frac{2\,\mathrm{sen}\,\alpha}{\alpha}$$

$$\beta_x = 0$$

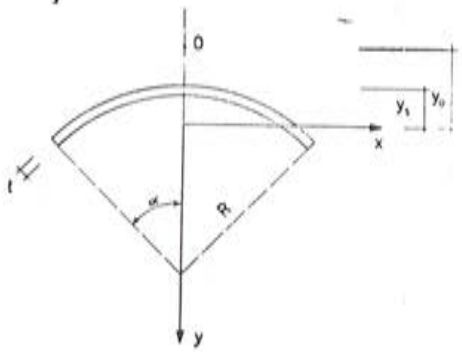


Figura 9.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Con el propósito de estudiar la influencia del pretensado sobre la rigidez torsional de una viga pretensada, y por ende sobre su comportamiento dinámico, se analizan las secciones indicadas precedentemente, y se presentan diagramas con la variación de la relación C^*/C en función de la excentricidad e/H y del grado de pretensado.

Para trazar estos diagramas la ecuación [23] se ha puesto en forma adimesional:

$$\frac{C^*}{C} = 1 - \frac{N}{N_0} \frac{\sigma_0}{G} \frac{A H^2}{J} \left(\frac{I_x + I_y}{A H^2} + \frac{e_y \beta_y}{H^2} - \frac{e_y^2}{H^2} \right) \qquad [26]$$

donde:

σ_0 es la tensión a que se plastifica la zona comprimida;

$N_0 = \sigma_0 A$;

G es módulo de elasticidad tangencial.

Se han considerado tres relaciones N/N_0, iguales a 0,20, 0,40 y 0,60 respectivamente. Por otra parte se ha tomado para σ_0/G, a título de ejemplo, el valor que resulta de las conocidas relaciones entre la resistencia del hormigón y su módulo de elasticidad, suponiendo $E = 300.000$ kp/cm^2.

Se ha tomado asimismo:

$$K = \frac{t}{H} = 0{,}075$$

como relación entre el espesor y el canto de la viga; en el caso de sección en arco de círculo se ha tomado $t/R = 0{,}050$.

Del examen de los diagramas de las figuras 10 a 15, resultan las siguientes observaciones sobre la variación de C^*/C:

a) Existe una sensible influencia del pretensado, tanto en cuanto a su intensidad, como en cuanto a su posición en la sección.

b) Existe, asimismo, una mayor o menor sensibilidad del fenómeno al variar la geometría de la sección; entre las analizadas, la circular y la sección en U son las más sensibles.

En la figura 16 pueden verse las mismas curvas C^*/C relativas a las secciones rectangular en T y doble T disimétrica con una relación $K = 0{,}050$; para este valor, no muy frecuente en la práctica, el fenómeno es aún más acusado. La disminución del espesor hace más sensible el efecto del pretensado, adquiriendo este efecto una gran importancia en las estructuras pretensadas de acero, aun en fase experimental.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

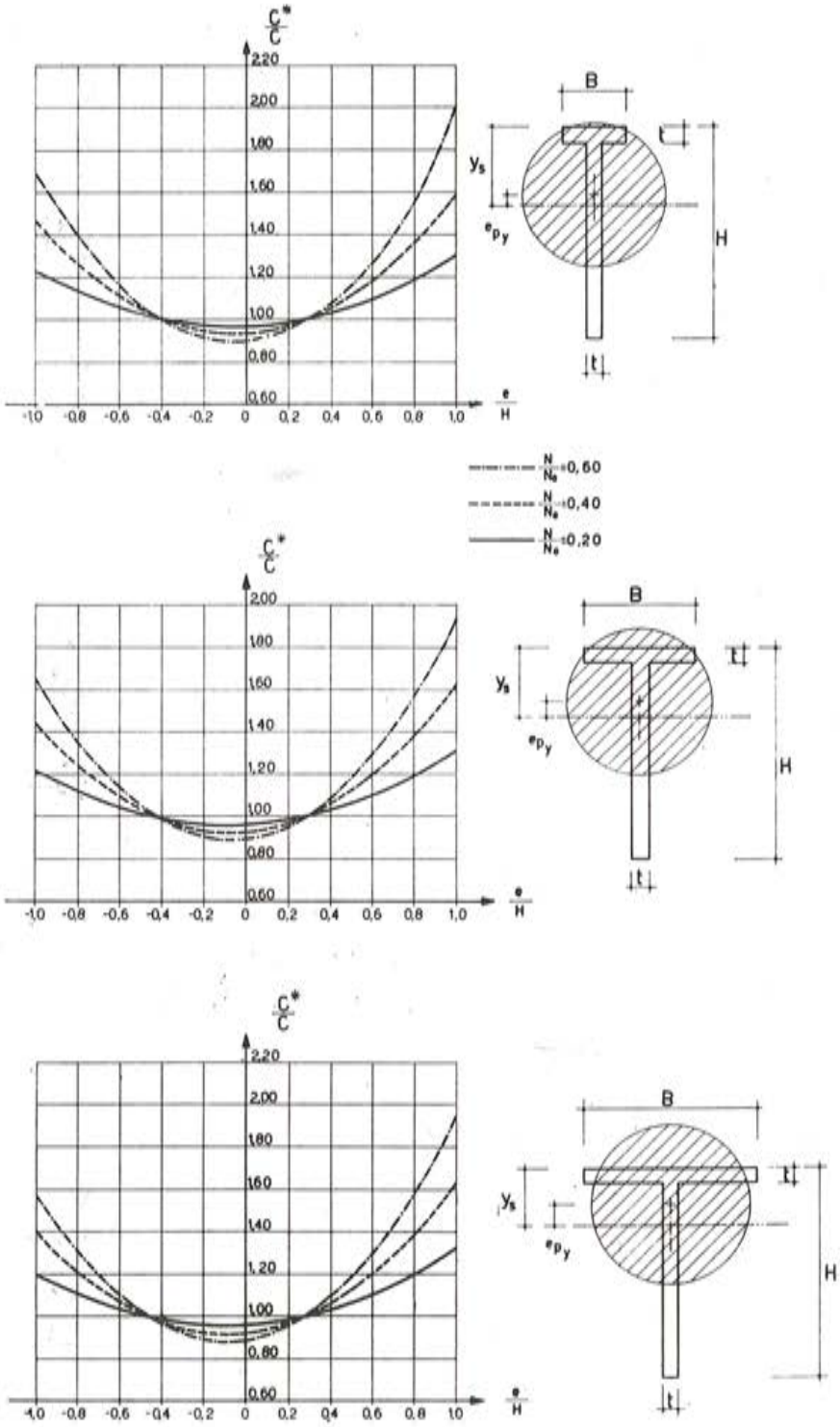


Figura 10.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

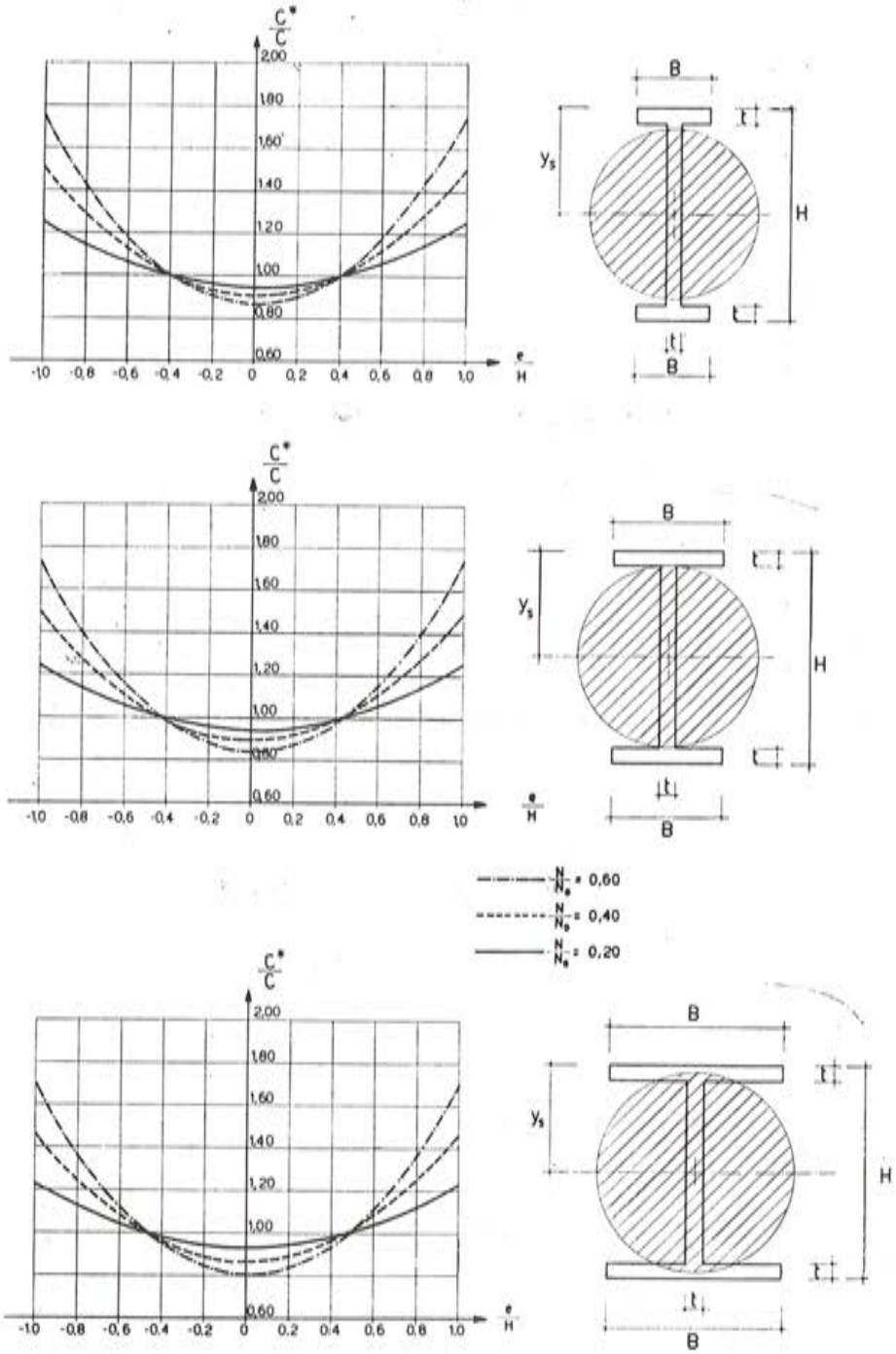


Figura 11.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

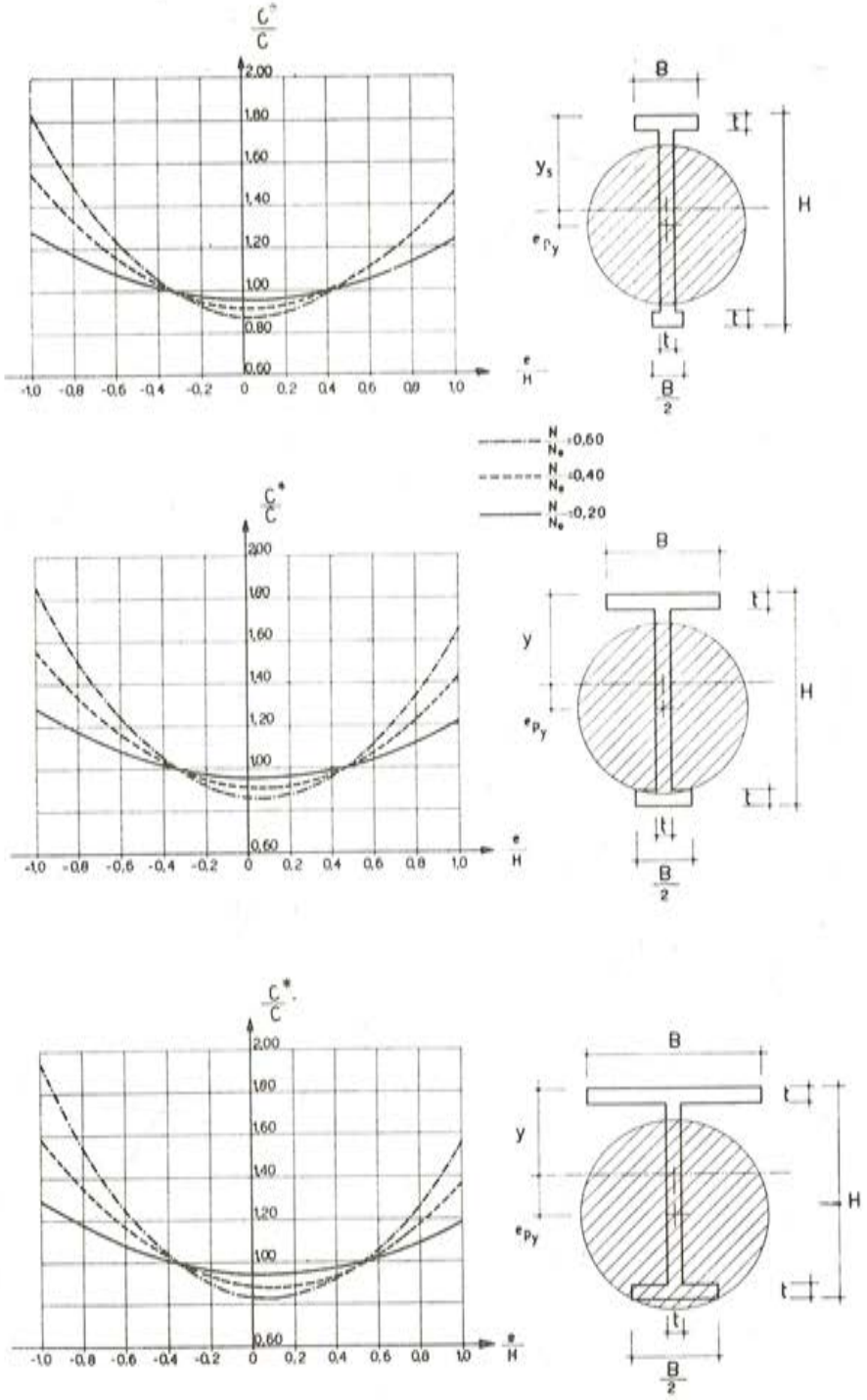


Figura 12.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

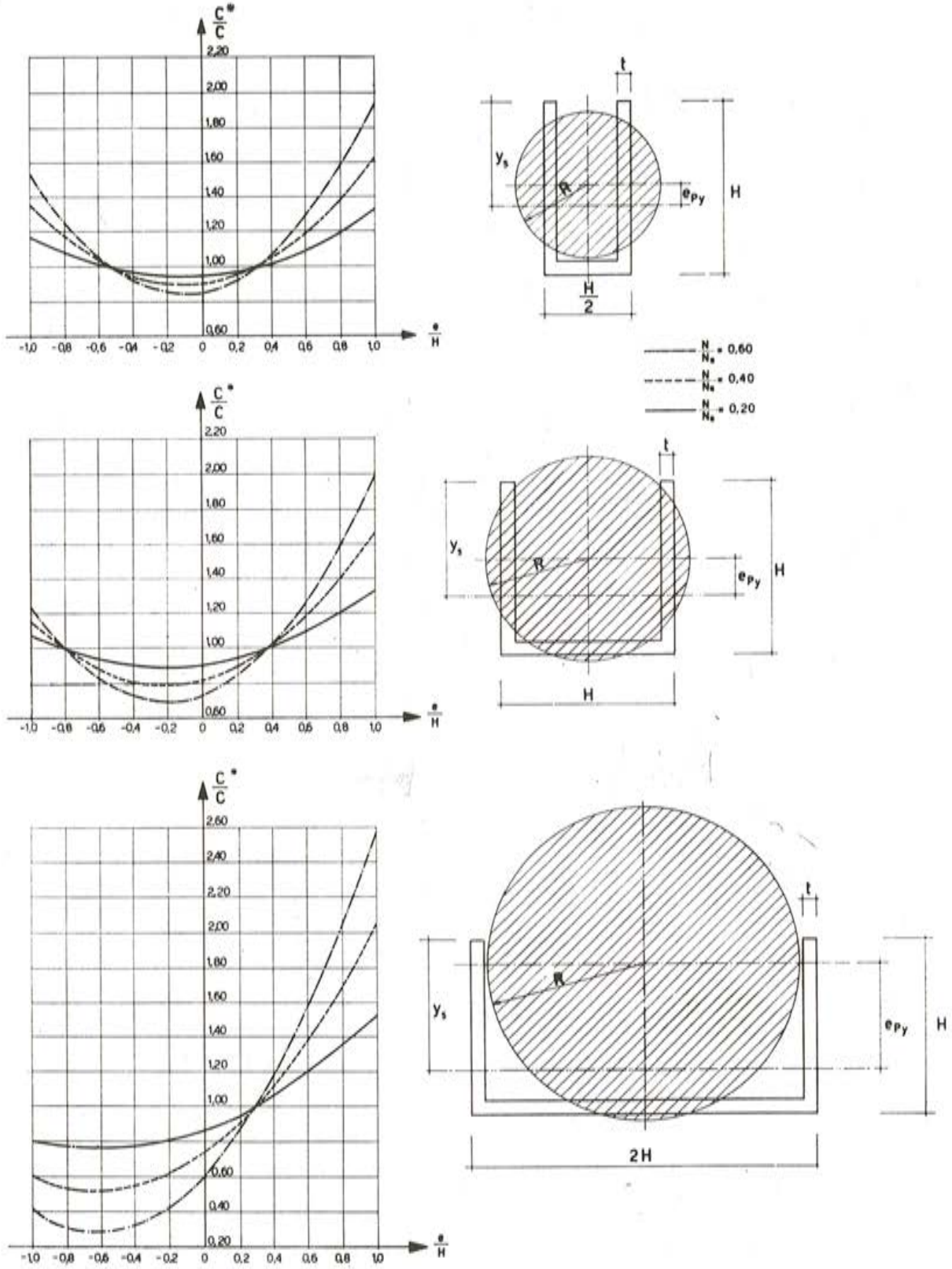


Figura 13.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

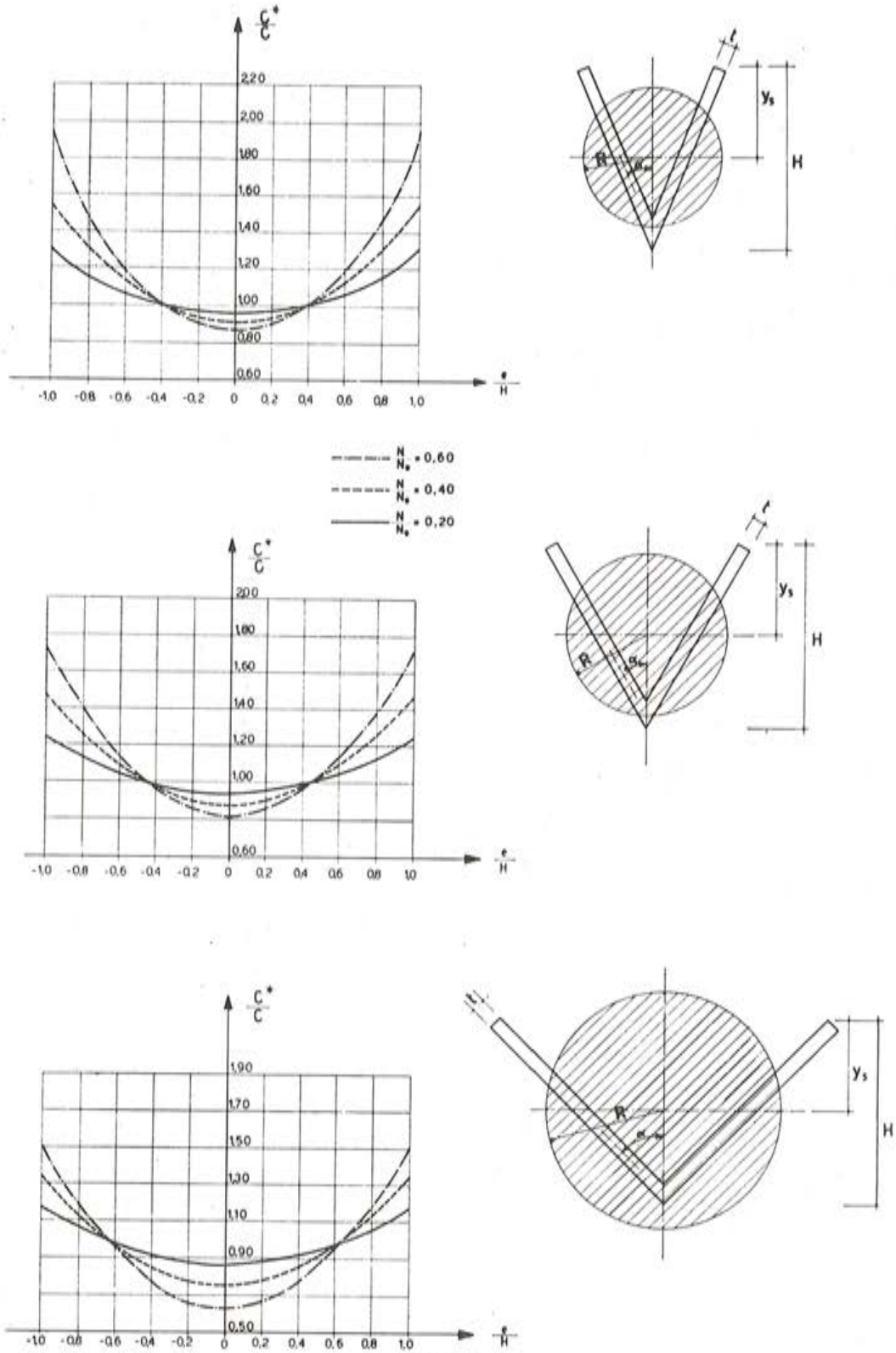


Figura 14.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

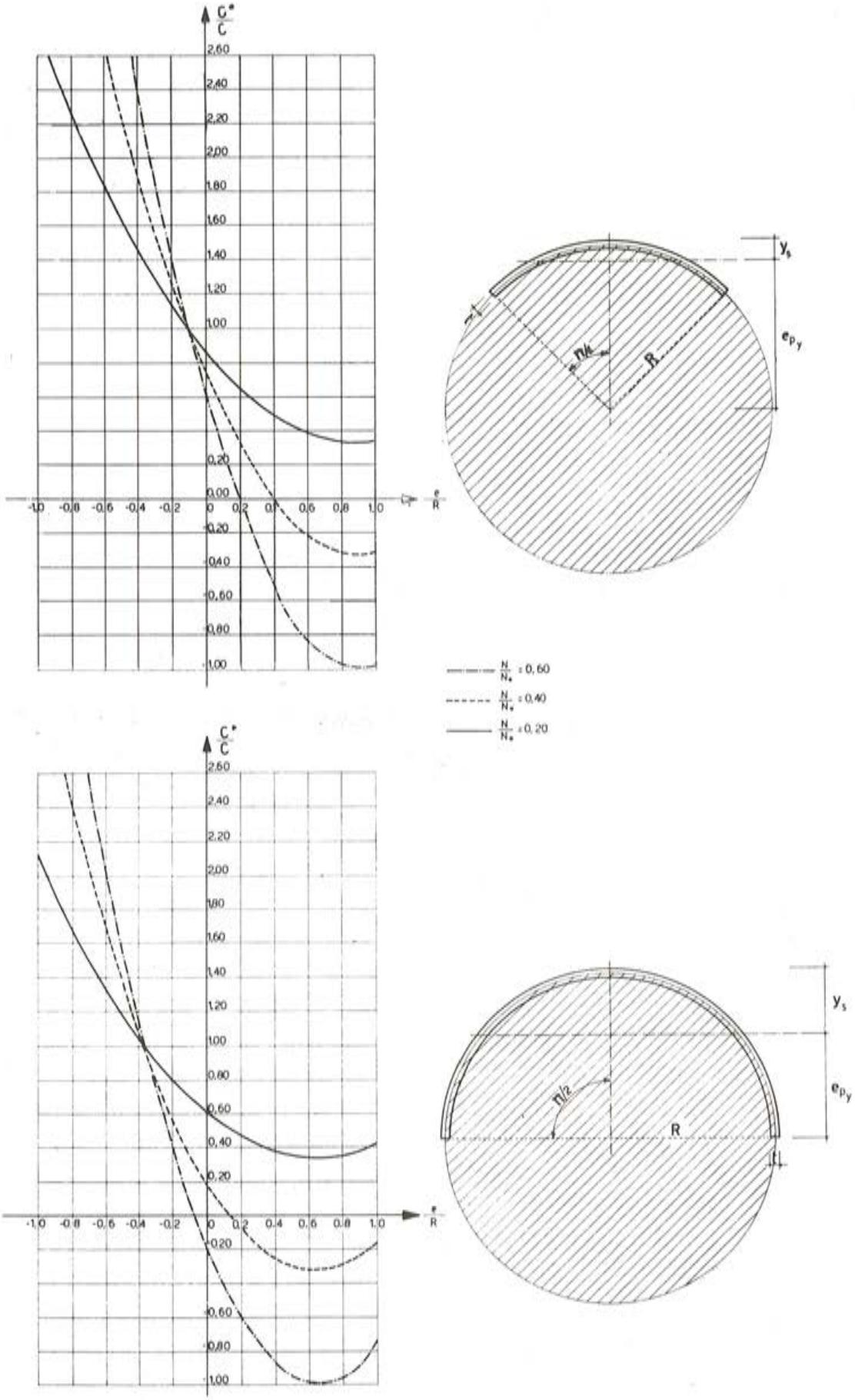


Figura 15.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

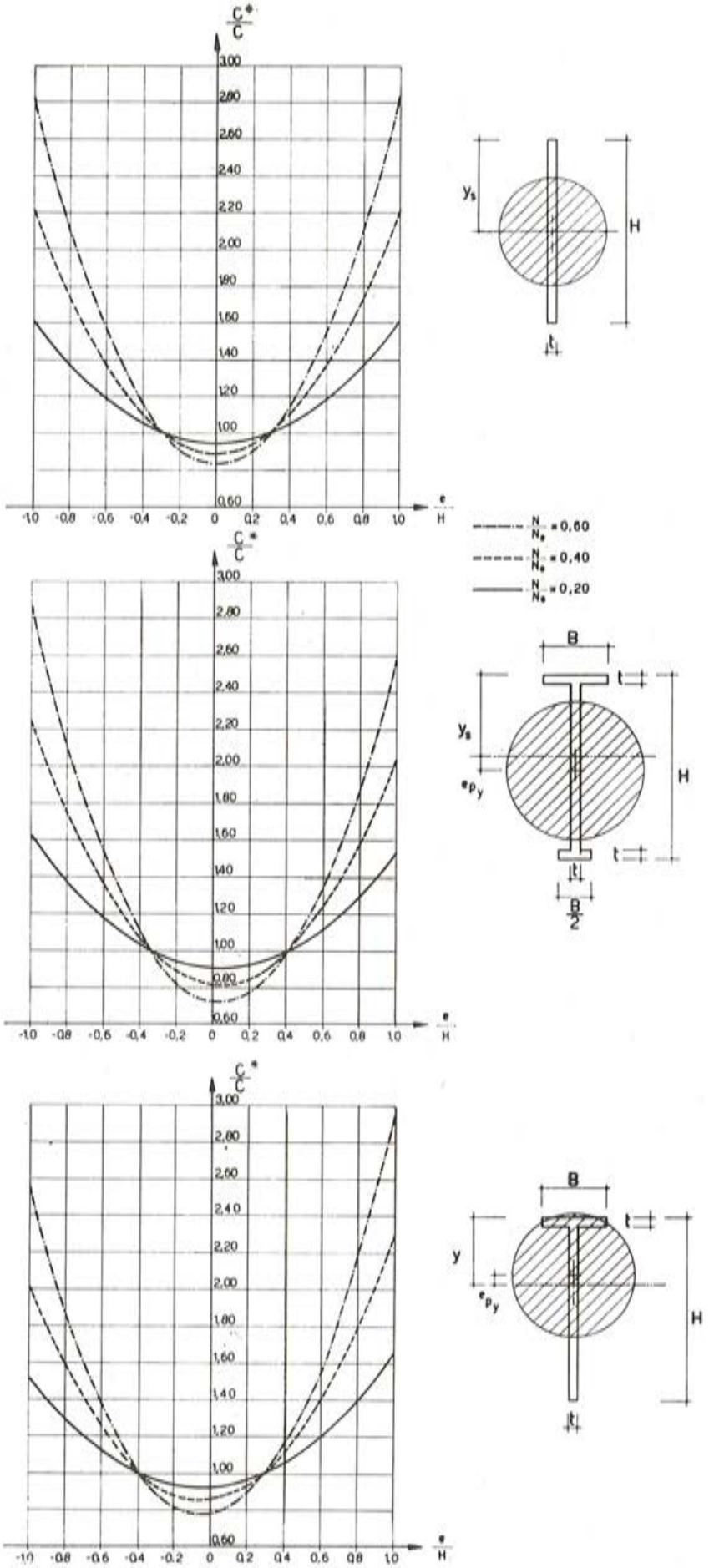


Figura 16.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

6 APLICACIONES NUMERICAS

Para apreciar con ejemplos concretos el efecto del pretensado sobre la rigidez torsional se desarrollan a continuación algunas aplicaciones numéricas.

Secciones de hormigón pretensado.

Para la sección de la figura 17, pretensada con 8 alambres adherentes cuya sección unitaria es de 1,20 cm², y siendo:

$A = 1.570{,}80$ cm² $\quad y_s = 36{,}34$ cm. $\quad I_x = 1.487.820$ cm⁴

$I_y = 7.854.000$ cm⁴ $\quad J = 13.090$ cm⁴ $\quad \beta_y = 1{,}27$ cm.

$N = 8 \times 1{,}2 \times 10.500 \times 1{,}30 = 131.040$ Kp, se tiene con $G = 135.000$ Kp/cm²:

$$\frac{C^*}{C} = 1{,}285$$

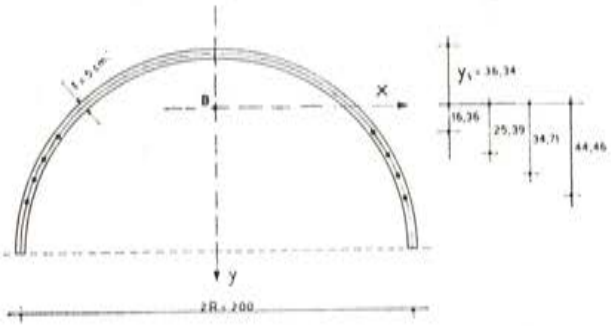


Figura 17.

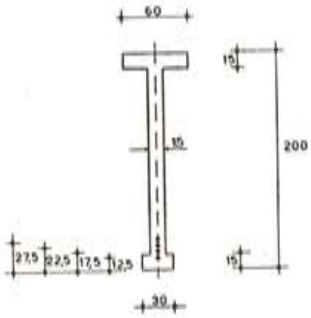


Figura 18.

Para la sección de la figura 18, pretensada con 4 cables de 42 ϕ 6, siendo:

$A = 4.350$ cm² $\quad J = 326.250$ cm⁴ $\quad I_x = 23.234.480$ cm⁴

$I_y = 303.750$ cm⁴ $\quad y_s = 89{,}65$ cm. $\quad \beta_y = 12{,}50$ cm.

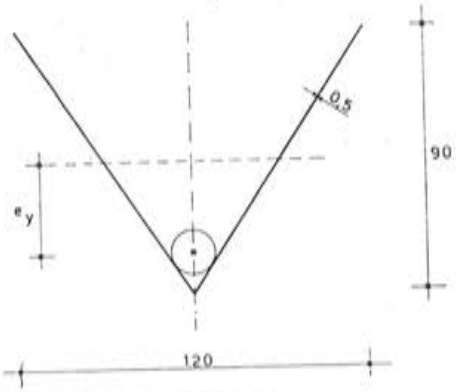


Figura 19.

e_y	$\frac{C^*}{C}$
15	− 8,48
25	− 6,17
35	− 2,71
45	+ 1,91

si $N = 520$ t, resulta, para $G = 135.000$ Kp/cm², la relación

$$\frac{C^*}{C} = 0{,}93$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Sección de acero pretensado.

Se ha visto cómo el efecto del pretensado se acentúa fuertemente al disminuir el espesor de las paredes. Para las secciones de acero pretensado, cuyo empleo se está desarrollando en los últimos años, particularmente en el campo de las construcciones mixtas acero-hormigón, es muy elevada la variación de la rigidez torsional.

La figura 19 representa la sección transversal de una viga metálica, pretensada por un cable de 12 ϕ 7, que posteriormente se unirá a una losa de hormigón.

Siendo:

$$A = 108 \text{ cm}^2; \quad y_s = 45 \text{ cm}. \quad I_x = 72.700 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 129.000 \text{ cm}^4 \quad J = 9 \text{ cm}^4 \quad \beta_y = 0 \quad N = 40 \text{ t}$$

se tienen, para $G = 770.000$ Kp/cm² los valores de C^*/C recogidos en la tabla, en función de la excentricidad del cable e_y. Se observa que la rigidez C^* puede tomar valores negativos que corresponden a la superación de la carga crítica de torsión por pretensado.

7 DETERMINACION DE LA FRECUENCIA DE OSCILACION DE UNA SECCION CON UN EJE DE SIMETRIA

De la ecuación [22], poniendo:

$$u_n(z, t) = A \operatorname{sen} \frac{n \pi z}{l} \operatorname{sen} \omega_n t$$

$$\varphi_n(z, t) = B \operatorname{sen} \frac{n \pi z}{l} \operatorname{sen} \omega_n t \qquad (n = 1,2 \ldots)$$

y considerando, por tanto, vigas articuladas en sus extremos y de alabeo libre, resulta la ecuación:

$$\begin{vmatrix} E I_y \lambda_n^4 - (I_y \lambda^2 + A) \mu \omega_n^2 & - y_0 \mu A \omega_n^2 \\ - y_0 \mu A \omega_n^2 & C_1 \lambda_n^4 + C^* \lambda_n^2 - (I_\omega \lambda_n^2 + I_x + I_y) \mu \omega_n^2 \end{vmatrix} = 0 \qquad [27]$$

donde:

$$\lambda_n = \frac{n \pi}{l}$$

En la [27] es posible analizar la influencia del esfuerzo de pretensado y de su posición en la sección sobre la frecuencia ω_n de oscilación por flexión-torsión.

Si se pone en la [27]:

$$N = 0$$

se tienen, como caso particular, las frecuencias de oscilación de la viga libre (3).

Para las secciones estudiadas precedentemente y para $N/N_0 = 0{,}40$, se han trazado diagramas que muestran la variación de la relación

$$\sigma_n = \frac{\omega_n}{\omega_{0\,n}}$$

en función de la excentricidad e del centro de presiones.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

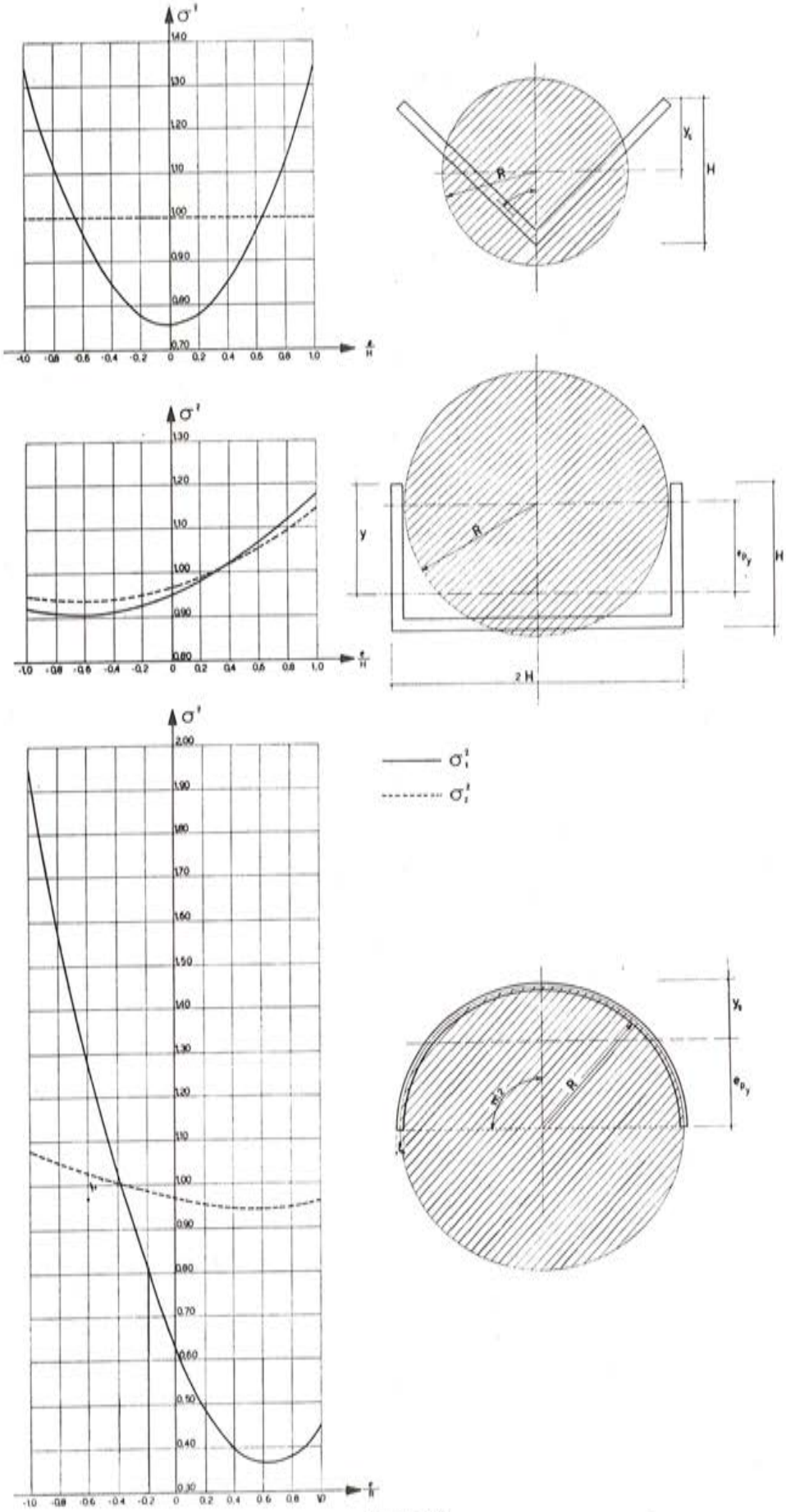


Figura 20.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

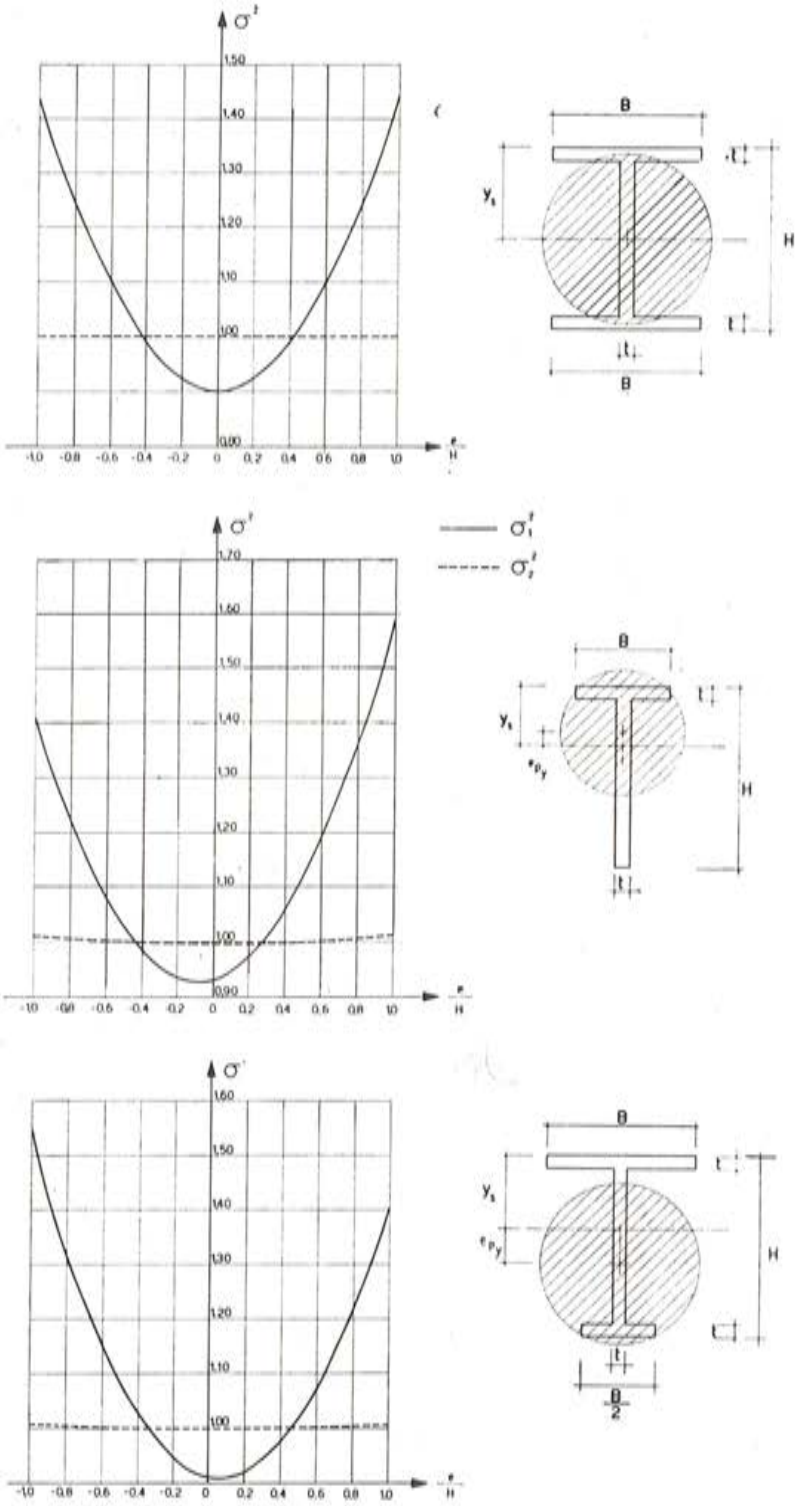


Figura 20.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

En las figuras 20 y 21 se examinan las dos primeras frecuencias de oscilación por flexión-torsión. Debe observarse que en las secciones en doble T con alas iguales y en las secciones en V solamente la frecuencia de oscilación por torsión está influenciada por el pretensado; en este caso, las oscilaciones por flexión no intervienen.

BIBLIOGRAFIA

1. F. Leonhardt: *Prestressed Concrete Design and Construction.* W. Ernst und Sohn, Berlín, 1964.

   P. Lebelle: "Stabilité élastique des poutres en béton précontraint a l'égard du déversement latéral". *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 12, 1959.

   M. Como: "Sullo svergolamento delle travi precompresse in parete sottile". *Rend. Acc. Naz. Lincei,* vol. XLI, 1966.

2. G. Krall: *Meccanica Tecnica delle vibrazioni.* Zanichelli, Bolonia, 1939.

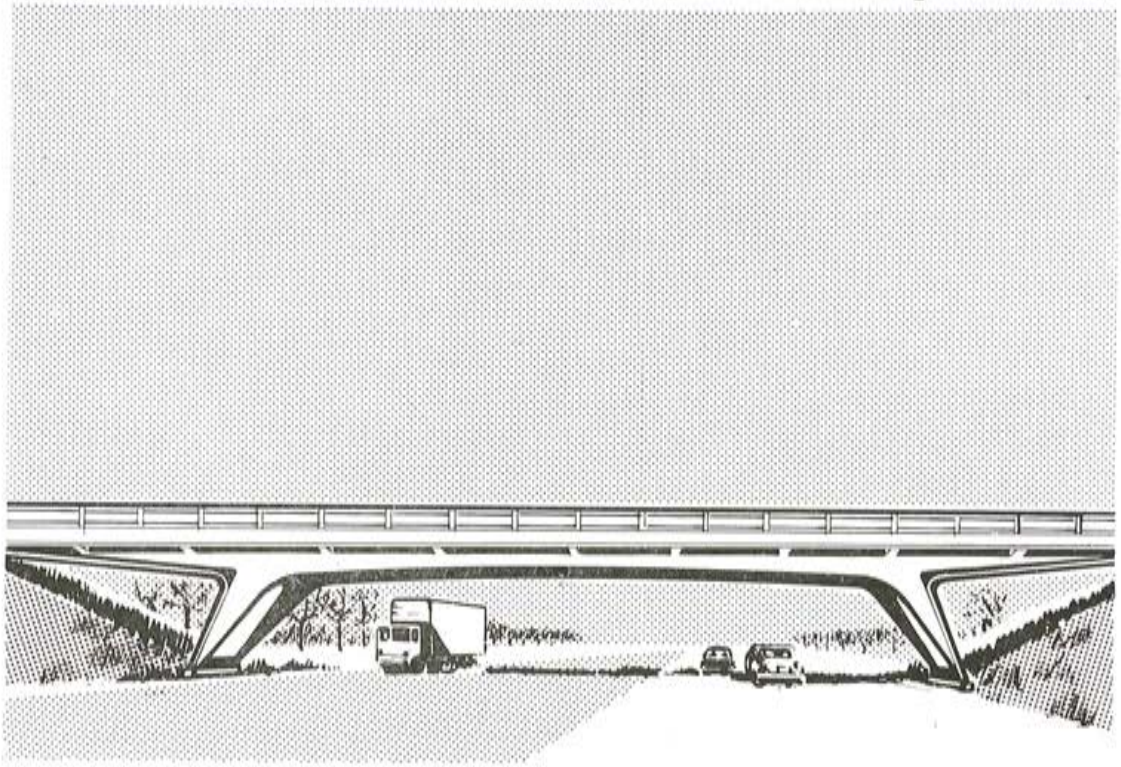
3. V. V. Vlasov: *Pieces longues en voiles minces.* Eyrolles, París, 1962.
   S. Timoshenko: *Theory of elastic stability.* McGraw-Hill, Nueva York, 1962.

4. M. Como: *Teoria della stabilita dell'equilibrio elastico.* Liguori, Nápoles, 1967.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

CONCURSO DE PROYECTOS

"puentes metálicos de autopistas"



Altos Hornos de Vizcaya ha acordado convocar un concurso de proyectos de un paso elevado sobre autopista con el fin de promocionar el uso del acero en este tipo de estructura de intensa utilización.

El premio único, dotado con 200.000 Ptas., será otorgado al proyecto que a juicio del Jurado resulte merecedor del mismo por su economía y/o cualidades estéticas.

Para optar al premio es necesario inscribirse en el concurso solicitando las bases y la documentación correspondiente.

El plazo de admisión de los trabajos finalizará el 30 de Junio de 1969. El hecho de concurrir al concurso implica la aceptación de la decisión del Jurado, que será inapelable.

El fallo se hará público antes del día 15 de Setiembre de 1969.

Baracaldo, Febrero de 1969.

Altos Hornos de Vizcaya S.A.

Inscripciones: Departamento Marketing Construcción.
Dirección Comercial - Apart. 116 - Bilbao

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

457 - 8 - 34

V CONGRESO INTERNACIONAL DE LA F.I.P. PARIS, 1966

Texto de una de las Comunicaciones presentadas a la I Sesión: "Informes sobre las investigaciones realizadas en relación con el hormigón pretensado".

la investigación sobre hormigón pretensado en europa occidental

F. K. LIGTENBERG

Sr. Presidente, señoras y señores:

Todos ustedes conocen la historia de la pequeña Alicia que, inadvertidamente, siguió a un presuroso conejo a su madriguera y fue a dar al País de las Maravillas. Este País sólo le fue accesible cuando encontró una medicina con la cual poder cambiar su talla normal.

He sido llamado para servirles de guía en el mundo maravilloso de la investigación, y ustedes, como ingenieros estructuralistas, deben prepararse a pasar por una experiencia similar a la de Alicia. De otra forma no les sería posible penetrar en él. Deben prestar a estos problemas de la investigación un interés mayor del que normalmente le conceden en la práctica común.

De mí esperarán ustedes que, como guía les hable, primeramente, de todas las cosas relacionadas con la geografía de los países que vamos a visitar; pero como el gato de Cheshire, yo puedo hablarles mejor sobre la actitud mental que ustedes necesitan alcanzar que respecto a los lugares que van a visitar, aunque puedo asegurarles que, si perseveran suficientemente, algo lograrán conocer.

Fundamentalmente, en la investigación existen cuatro actitudes básicas. La primera consiste en intentar ampliar las actuales posibilidades partiendo de lo que se podría hacer si fuese posible vencer las dificultades que se presentan. El hormigón pretensado, como material estructural, ha sido el fruto de este razonamiento. En el momento presente, un considerable número de investigadores están explorando las posibilidades de usar el hormigón pretensado para nuevas aplicaciones o modificar alguna de sus propiedades habituales.

Otra actitud es consolidar los actuales conocimientos, revisándolos una y otra vez bajo todos los puntos de vista posibles. Este es el tipo de experiencia que adquirió Alicia en el "party" del Sombrerero Loco, donde todos cambiaban continuamente de lugar, dejando un rastro de tazas vacías e intentando resolver acertijos que no tenían clara solución. Este tipo de investigación conduce a resultados menos espectaculares, pero resulta extremadamente útil para obtener mejores normas de edificación y, por tanto, tiene una influencia directa en los métodos de proyecto. En lugar de las tazas usadas nosotros vamos dejando atrás una serie de libros de texto anticuados.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

La tercera actitud es un tipo de investigación, en la cual el ingeniero y el investigador trabajan en íntimo contacto, como sucede en el estudio de ciertos proyectos particulares, mediante el uso de modelos.

Finalmente se puede investigar pasando por alto ciertas pegas y sin prestar demasiada atención a lo que al final se va a conseguir. En una técnica joven, como es la del hormigón pretensado, el ingeniero estructural puede, a veces, no conocer exactamente los límites de las teorías y experiencias que utiliza. Sus experiencias negativas pueden ser un gran estímulo para el investigador e incitarle a extender los límites de sus conocimientos y hallar nuevas mejoras estructurales.

Vamos ahora a revisar algunas de estas actividades con mayor detalle. Parte de estas visionarias investigaciones se llevan a cabo mediante procedimientos realmente ordenados. Ustedes escucharán, en los próximos días, comunicaciones de algunos Comités de la F.I.P., que trabajan sobre nuevas técnicas y materiales. El Comité del Hormigón de Alta Resistencia está intentando elevar la resistencia del hormigón normalmente obtenible hasta los 1.000 kp/cm². El Comité sobre Hormigón Ligero Pretensado está estudiando las posibilidades técnicas y económicas de la disminución del peso, conservando las otras cualidades del hormigón pretensado. En otras partes del mundo, este tipo de hormigón ha llegado a ser más común, en la práctica, que en la Europa Occidental. El desarrollo del Hormigón de Alta Resistencia, que ya he mencionado, y el desarrollo de los Aceros de Alta Resistencia, a los que me referiré más tarde, también dan origen a una especie de material ligero. Otros Comités se ocupan de las interesantes posibilidades de aplicación de hormigón pretensado a estructuras de máquinas y a depósitos de gasolina y fuel-oil. Es evidente que, por ejemplo, la estabilidad dimensional de las piezas de máquinas, de hormigón pretensado, y la permeabilidad a los fluídos que deben contener los depósitos, suscitan un gran número de problemas que únicamente podrán ser resueltos mediante la experimentación.

Otros temas están en estudio, con vistas al futuro, y no han sido recogidos en las comunicaciones de los Comités F.I.P.

Es de fundamental importancia el desarrollo del hormigón parcialmente pretensado, como un eslabón entre el hormigón armado, en el cual la fisuración es un fenómeno normal, y el hormigón pretensado, donde ninguna fisuración debe producirse en circunstancias normales. A primera vista parece un desperdicio no aprovechar al máximo la capacidad de esfuerzo de pretensado que la armadura existente en una determinada sección transversal es capaz de proporcionar. Sin embargo, es obvio que en un perfil asimétrico, mientras que bajo la carga total la cabeza superior puede absorber tensiones de compresión iguales a las de tracción originadas por el momento negativo producido por el pretensado, en el caso de mínima carga la cabeza inferior, mucho más pequeña, tiene que soportar las tensiones de compresión, a que da lugar dicho momento, de valor semejante a las antes citadas.

Disminuyendo el esfuerzo de pretensado se puede disminuir la sección de hormigón de la cabeza inferior y aún se puede disminuir más reduciendo la excentricidad de los cables a lo largo de la viga, y manteniendo recto su trazado en toda la longitud de la pieza. En este caso, para obtener un mayor momento admisible en el centro de la viga, habrá que disponer en dicha zona una cierta cuantía de armaduras pasivas. Este es el fundamento del pretensado parcial. Sobre este tema se celebró un Simposio en Bruselas, en el que se expusieron numerosos resultados de ensayos y experiencias prácticas. Las nuevas Recomendaciones (1) que está redactando un Comité mixto F.I.P.-C.E.B. ya tienen en cuenta la posibilidad del pretensado parcial. Los ensayos han demostrado que en el momento de rotura, el momento de fisuración y la anchura de fisuras pueden ser calculados

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

mediante los métodos usuales. Esto fue demostrado por Chaikes (2), quien investigó tres vigas de la misma sección y de una longitud de 12 m (fig. 1). Una de estas vigas pertenecía a la clase II (alargamientos limitados en el hormigón en tracción), y las otras dos vigas a la clase III (limitación de la anchura de fisuras). Todas estas vigas tenían el mismo

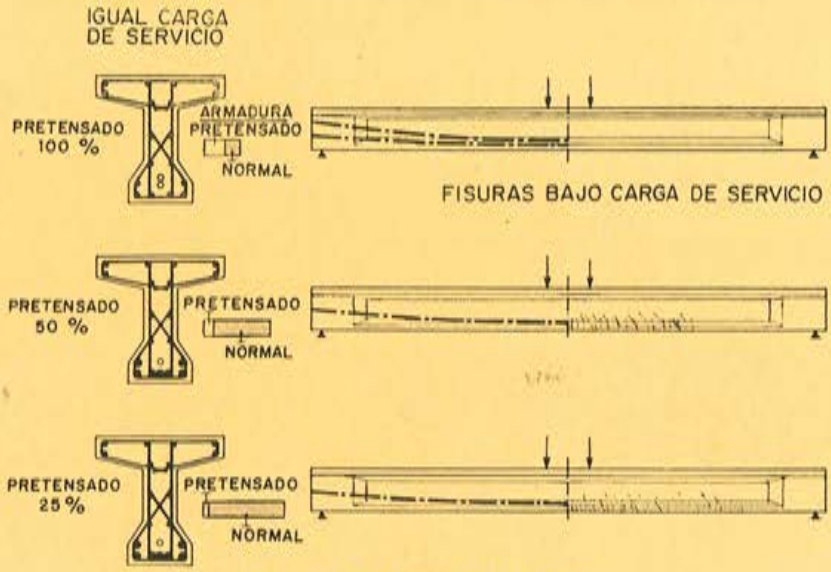


Fig. 1. — Del informe de Chaikes.

momento admisible. Levi (fig. 2) ensayó varias vigas para estudiar con más detalle la influencia de la presencia de armaduras pasivas sobre la retracción y la fluencia.

En una dirección aparentemente opuesta se han efectuado también estudios, con vis-

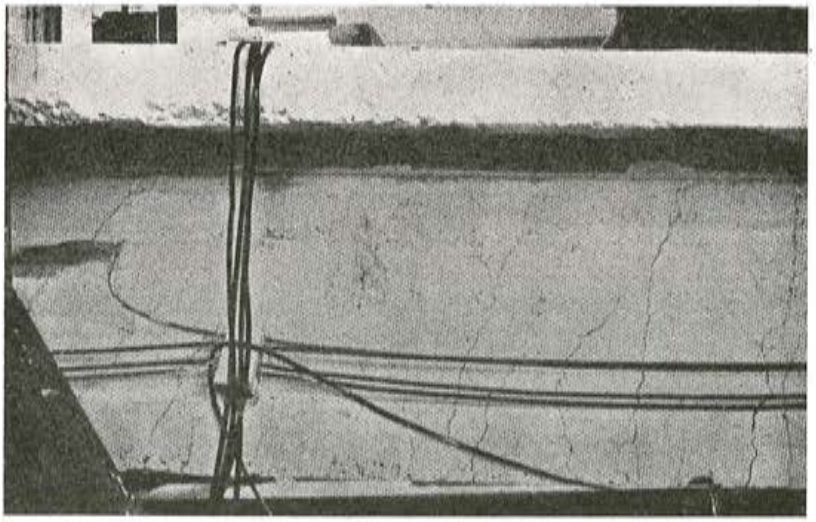


Figura 2.

tas a una mejora de la calidad del acero que permita obtener mayores esfuerzos de pretensado. Estimulados por el gran impulso dado a la investigación básica sobre los metales, con motivo de los viajes espaciales, los metalúrgicos están haciendo grandes progresos

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

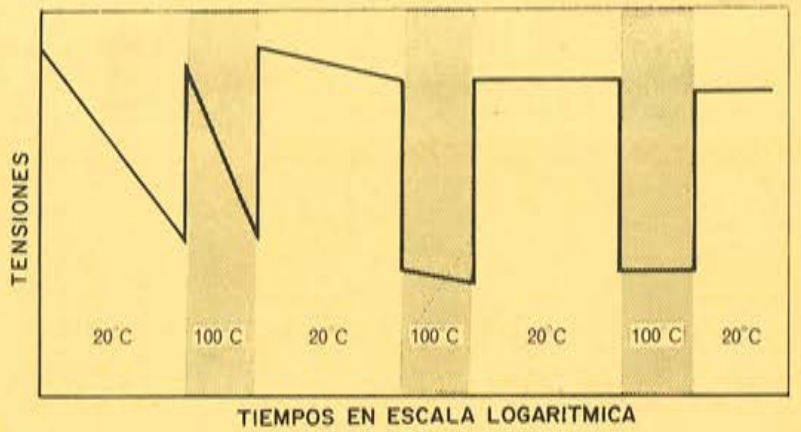


Figura 3.
Del informe de Dumas.

Figura 4.
Del informe de Bates.

en la fabricación de los aceros, que bien pronto alcanzarán resistencias superiores a las actuales. En un futuro próximo, la resistencia de ciertos tipos especiales de acero podrá alcanzar los 400 kp/mm². Las características de fluencia de estos aceros están siendo aún investigadas, pero parecen prometedoras. Una sensible mejora de estas características ha sido conseguida por Dumas (3), mediante un procedimiento que prácticamente consiste en someter a un ensayo acelerado de fluencia a temperatura elevada a un tipo comercial de acero de pretensado (fig. 3).

Si fuera posible incorporar un procedimiento similar al proceso normal de fabricación del acero, la sobretensión que hay que introducir en la armadura de pretensado a fin de compensar las pérdidas por fluencia, sería mucho más reducida. De nuevo nos encontramos con un desafío lanzado a los proyectistas que deben aprovechar al máximo las posibilidades que los nuevos avances técnicos les ofrecen.

También se presentan halagüeñas perspectivas en relación con nuevos tipos de estructuras en las que el hormigón pretensado puede ser utilizado ventajosamente. El pretensado de cubiertas laminares fue posible sin tener que utilizar más que los conocimientos ya existentes. El empleo del hormigón pretensado en la construcción de depósitos a presión para reactores nucleares presentó más dificultades. El hecho de que estos depósitos hayan de soportar elevadas temperaturas y radiaciones, además de las presiones internas, exigió una extensa investigación que, como señala Dawance (4), fue llevada a cabo principalmente en Gran Bretaña y Francia. La formación de fisuras se admite, únicamente, en circunstancias excepcionalmente severas.

No solamente se efectuaron investigaciones básicas sobre las propiedades del material, sino también ensayos sobre modelos de estructuras, que fueron sometidos a condiciones extremas de temperatura y carga. De este modo fue posible utilizar el hormigón no

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

sólo como pantalla indispensable contra la radiación nuclear, sino también como importante elemento estructural.

Desearía ahora adentrarles algo más en este nuestro País de las Maravillas, de forma que pudieran observar a los investigadores que participan en el "party" del Sombrerero Loco de que antes les hablé, intentando salvar los obstáculos que la práctica habitual les plantea y tratando de consolidar los conocimientos existentes. Parte de su trabajo no concierne exclusivamente al hormigón pretensado.

Un ejemplo de ello lo constituye el tema de la *seguridad de las estructuras*. Se admite que los datos numéricos de las sobrecargas, propiedades del material, etc., son valores estadísticos que tienen una cierta probabilidad de ser sobrepasados. Lo mismo ocurre respecto a los accidentes, tales como un incendio o una colisión. En el C.I.B. y C.E.B. se está realizando un serio esfuerzo para reunir todos los datos e ideas disponibles, con objeto de que el proyectista pueda concebir su estructura valorando la probabilidad estadística que tiene de que ésta se comporte de un modo satisfactorio a lo largo de su vida de servicio. En las nuevas Recomendaciones F.I.P.-C.E.B. se ha efectuado un primer intento en este sentido.

Debe hacerse constar aquí que el Comité que está estudiando estas Recomendaciones es el único de la F.I.P. que trabaja con este criterio de consolidación de los conocimientos actuales. A este respecto, existe una gran diferencia con el C.E.B., puesto que en éste, todos los grupos de trabajo se ocupan de temas que pueden considerarse incluidos en este tipo de actividad.

Es evidente que el hormigón pretensado se encuentra aún en sus comienzos. Para un material nuevo como éste, el estudio de su comportamiento *a largo plazo* es muy importante. Bate (5) informa sobre un ensayo bajo carga repetida realizado en una viga compuesta, de hormigón pretensado, de diez años de edad (fig. 4), la cual se comportó en forma análoga a otras vigas similares pero más jóvenes.

Dreux (6) ha realizado mediciones sobre una placa en el Centre d'Essais des Structures durante un período de tres años y medio (fig. 5), y comprobó que la fluencia y re-

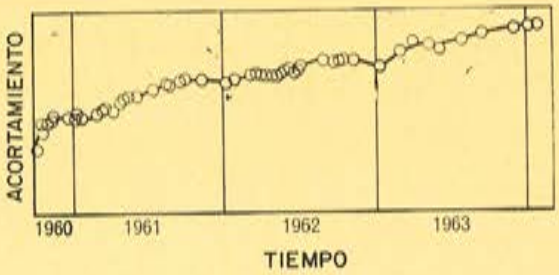


Fig. 5. — Del informe de Dreux.

tracción del hormigón se manifiestan simultáneamente a lo largo del tiempo. Al cabo de tres años encontró que la deformación era dos o tres veces superior a la inicial.

Por supuesto, la deformación lenta y otros fenómenos análogos, tienen una influencia considerable sobre el comportamiento de las estructuras de hormigón pretensado. Si se subestiman las pérdidas de pretensado o se reduce la tensión inicial para disminuir dichas pérdidas, es posible que, en ambos casos, se produzcan fisuras en el transcurso del tiempo. Muchos investigadores han intentado encontrar la forma de explicar el fenómeno de la deformación lenta. Por el momento, la teoría expuesta por Kelvin parece ser la más acertada.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Otro tema de positivo interés es la determinación de las tensiones en la *zona de anclaje*. Guyon (7) ha demostrado ya que se producen tensiones de tracción muy importantes, perpendicularmente a la dirección del pretensado. Armaduras transversales o zunchos en espiral son, por tanto, necesarios. Puede efectuarse un análisis elástico de este problema utilizando ingeniosas técnicas experimentales tales como la fotoelasticidad plana o tridimensional. En realidad, sin embargo, el complejo sistema de tensiones modifica localmente la ley de tensiones-deformaciones del *hormigón en tracción*, por lo cual solamente las mediciones en circunstancias reales pueden indicar cuándo aparecerán las fisuras.

Como resultado de una investigación realizada sobre modelos de hormigón (fig. 6), Zielinski y Rowe (8) sacaron la conclusión de que la máxima tensión de tracción en la zona de anclajes es, a veces, un 50 por 100 mayor que la calculada por el método de Guyon que, teóricamente, es el que da los valores más elevados.

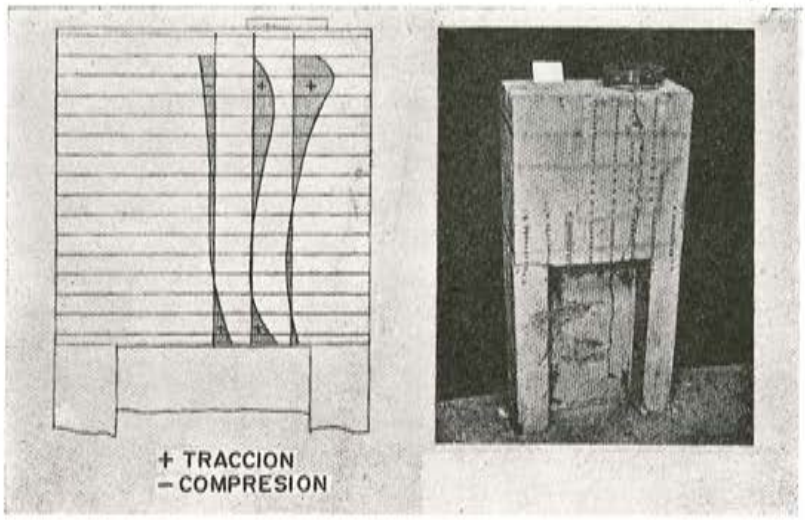


Fig. 6. — Del informe de Zielinski y Rowe.

El problema no está aún resuelto definitivamente, porque incluso utilizando modelos de hormigón, es necesario recurrir a la teoría elástica para determinar las máximas tensiones en el interior del material y, por consiguiente, el comportamiento plástico del hormigón no se tiene totalmente en cuenta.

Un gran número de investigadores particulares se han interesado en otra serie de problemas. Entre estos podemos mencionar *las tensiones de adherencia* entre acero y hormigón, *las pérdidas por rozamiento* debidas a la curvatura de los conductos para los cables, la determinación de la relación *momento-curvatura* hasta rotura, que es importante para el análisis en rotura de estructuras hiperestáticas, *vigas mixtas, vibraciones, fatiga, esfuerzo cortante* y *torsión*.

Es lamentable que una gran parte del esfuerzo investigador, realmente impresionante, que en todas estas direcciones se realiza, no esté perfectamente coordinado, ya que de esta forma resulta imposible llegar a obtener una visión de conjunto de los diversos resultados obtenidos. La F.I.P. puede realizar, a este respecto, una gran labor organizando esta investigación de forma que todos los investigadores colaboren a una mejor comprensión del comportamiento de las estructuras pretensadas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Un ejemplo de investigación para un proyecto determinado pero cuyos resultados pueden ser de general aplicación lo constituye el ensayo realizado para el estudio de una gran viga de la cabeza de una esclusa para el plan Delta, en Holanda (9). Esta viga, de sección transversal triangular (fig. 7), estaba formada por 22 grandes dovelas prefabrica-

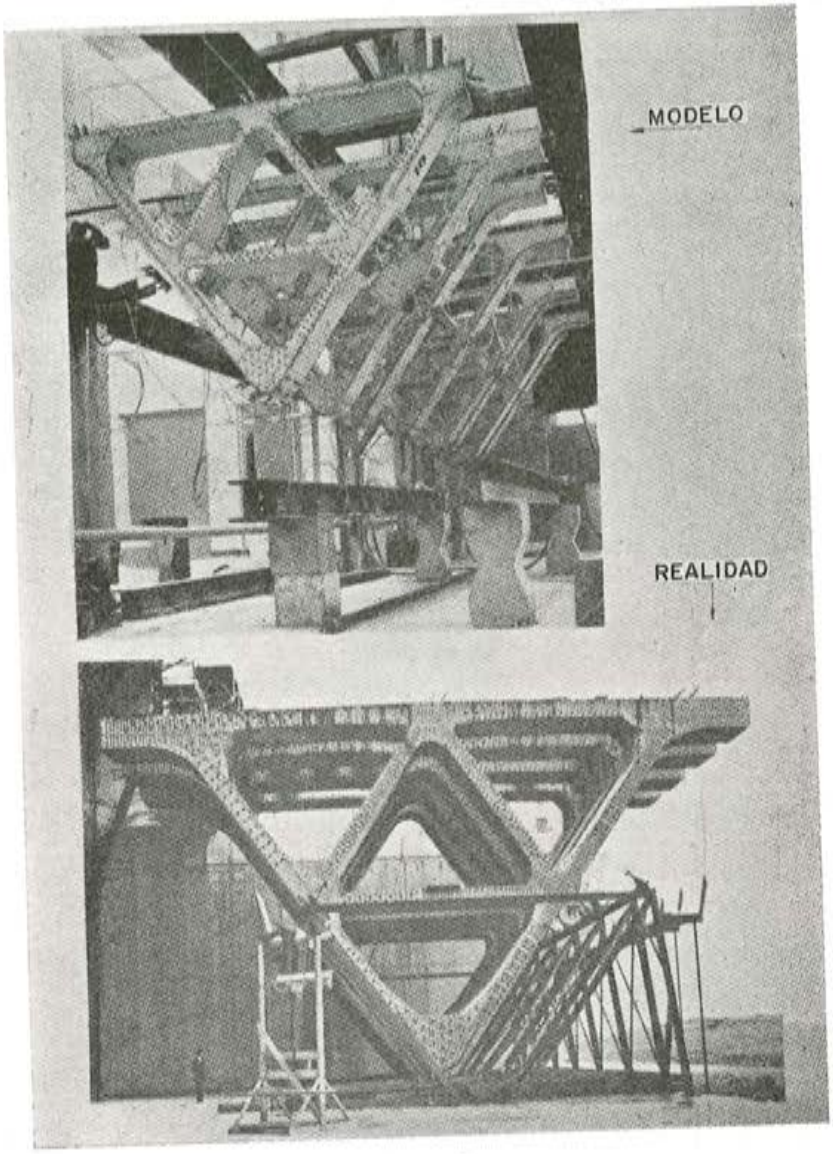


Figura 7.

das, pretensadas tanto longitudinal como transversalmente y unidas entre sí mediante juntas de un espesor de 50 cm. Se construyó un modelo en microhormigón a escala 1 : 15 para poder observar su comportamiento real bajo cargas pesadas. Un resultado suplementario e inesperado de este ensayo fue que de las dificultades con que se tropezó para la ejecución del modelo se obtuvieron provechosas enseñanzas para la construcción de la obra en la realidad.

Otro ejemplo notable de análisis de una estructura complicada, llevado a cabo con la ayuda de un modelo, lo constituye el estudio del conocido rascacielos Pirelli, en Milán (figura 8). Este modelo se construyó en el Laboratorio de Bérgamo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Por último, y como ya se ha indicado, se están llevando a cabo también investigaciones que tienen como objetivo evitar, en el futuro, las desagradables experiencias del pasado. Los Comités sobre *corrosión* y sobre *resistencia al fuego* tratarán estas materias en los próximos días. Estos temas han sido motivo de preocupación a causa de algunas roturas inesperadas ocurridas en la práctica.

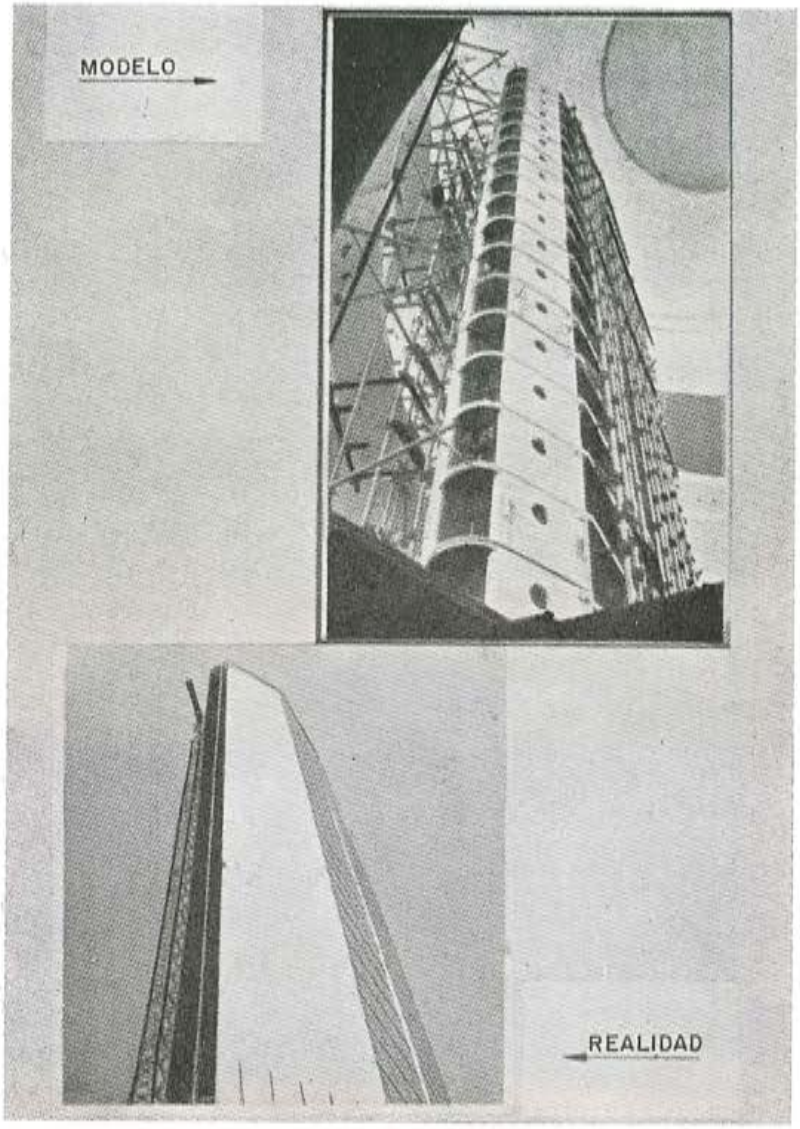


Figura 8.

Otro factor que ha sido origen de dificultades prácticas lo constituye el hecho de que la resistencia del hormigón pretensado sólo se ve favorablemente influenciada por el esfuerzo de pretensado, en la dirección de éste y en las zonas en las que dicho esfuerzo es realmente efectivo.

Los estribos y las armaduras locales de acero dulce, situadas cerca de los apoyos y puntos intermedios de carga, son mucho más importantes de lo que normalmente se cree. En algunos casos, como en el ejemplo de la figura 9, unos cuantos estribos son suficientes para impedir que el ala inferior se desprenda del alma. La primera viga de la figura

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

citada con la carga en su cabeza superior tuvo un comportamiento normal a rotura. La viga central prueba el efecto desastroso de la falta de estribos cuando una pieza de este tipo se carga en su mitad inferior. La viga inferior, con solamente una cuantía de un 0,3 por 100 de estribos, muestra otra vez un comportamiento normal a rotura, si bien su carga de rotura es solamente el 88 por 100 de la de la viga primera.

En las proximidades de los extremos de una viga con armaduras pretesas (y aun en el caso de que sean postensadas) no siempre se alcanza el pretensado total y, por consiguiente, cerca de los apoyos tienden a producirse tensiones de tracción, algunas veces con resultados desastrosos.

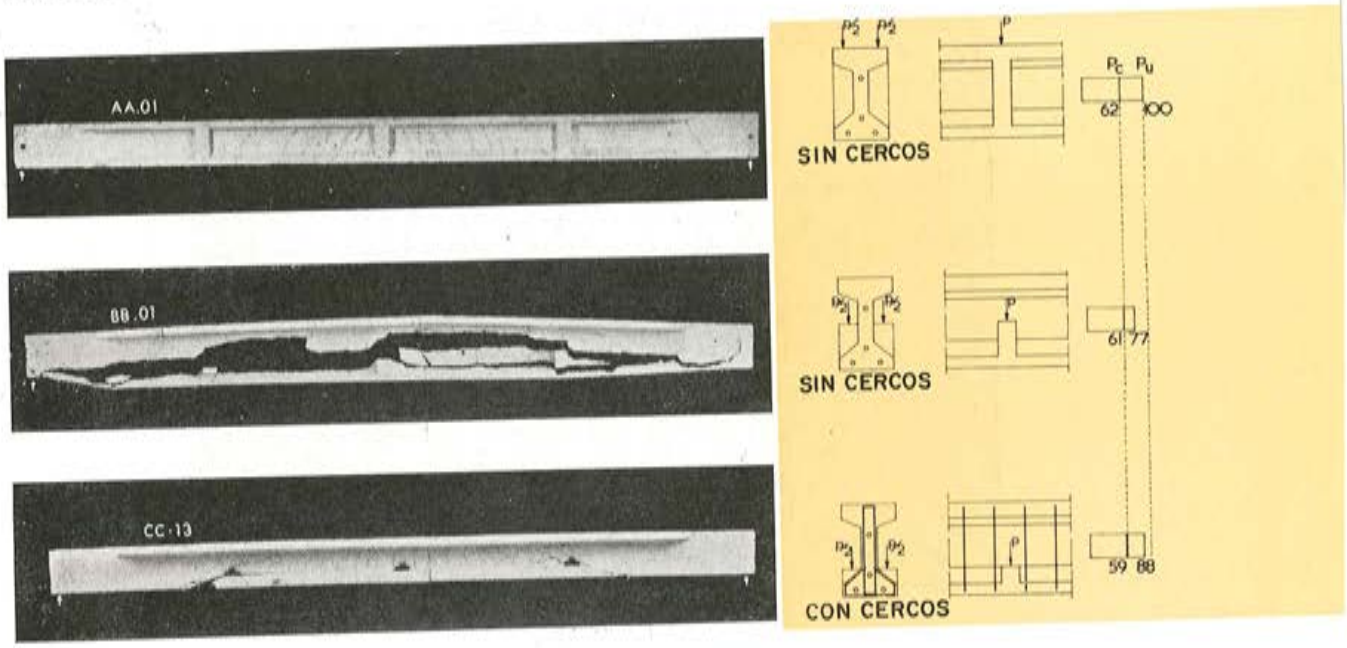


Fig. 9. — Del informe de Beranek.

En el caso de las secciones transversales huecas (en cajón), utilizadas normalmente para puentes, tienden a producirse tensiones térmicas en dirección transversal. También aquí se precisará un pretensado transversal o algunas armaduras adicionales de acero dulce ordinario, para asegurar un comportamiento satisfactorio.

En todos estos casos es evidente que la reducción local de la sección transversal de la pieza, debida a la presencia de los conductos para los cables, tiene una influencia desfavorable. La mayoría de las fisuras horizontales, cuando existen, se producen cerca de estos conductos. La inyección de lechada de cemento en los mismos presenta diversas dificultades y peligros tales como la helada, inclusión de burbujas de aire y corrosión bajo tensión de los alambres pretensados. A causa de su gran interés práctico, esta cuestión se está investigando a fondo, actualmente. La figura 10, tomada de un informe de Albrecht (10), presenta dos series de resultados; unos malos y otros buenos, conseguidos estos últimos mediante la adición de algunos agentes plastificantes.

Y por fin hemos llegado al final de nuestro viaje.

Como ya comprenderán, y no habría podido servirles de guía sin la colaboración y ayuda de otros muchos que me guiaron a mí. Estoy profundamente agradecido a las distintas Entidades y Centros de Investigación y a todos aquellos que me enviaron trabajos

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

e informes sobre sus experiencias. Lamento que no me haya sido posible mencionarlos a todos personalmente, pero a ellos más que a mi propio esfuerzo se debe el que haya sido yo capaz de darles a ustedes una somera idea de los trabajos de investigación que se llevan a cabo en tan distintos lugares; algunos, en forma ordenada y con arreglo a un plan preconcebido; otros, de un modo esporádico.

No sólo el pasado, sino también el presente demuestran que el hormigón pretensado es aún un material joven. Por ello, la mayor parte de la actividad actual consiste en explorar nuevas posibilidades y en superar los problemas que dicha juventnd plantea. Para obtener una visión más profunda y detallada del comportamiento real de las estructuras

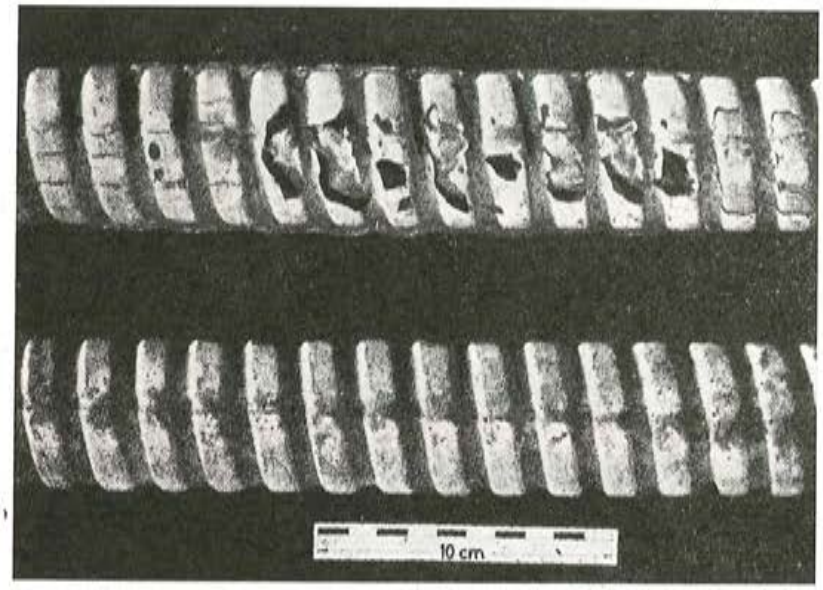


Figura 10.

de hormigón pretensado es preciso realizar aún una gran labor. Pero ésta sería imposible sin una estrecha cooperación internacional. Espero sinceramente que, a este respecto, las nuevas Recomendaciones F.I.P.-C.E.B. constituyan un estímulo para la colaboración entre ingenieros e investigadores, tan eficaz como lo fueron las Recomendaciones del C.E.B. en el campo del hormigón armado normal.

Si este deseo se realiza, la F.I.P. llegará a ser un punto de reunión para los investigadores, tan bueno como lo es ya para los ingenieros proyectistas.

Un amplio horizonte se abre ante nosotros y deseamos poder abandonar, cuanto antes, el lastre que representan los viejos libros de texto que hasta el presente han constituido nuestra única fuente de información.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Fip-Ceb Joint Committee: "Practical recommendations for the design and construction of prestressed concrete structures". Provisional edition, Londres. *Fédération Internationale de la Précontrainte*, p. 81, 1966.
2. Chaikes, S.: "Le béton partiellement précontraint: étude théorique, essais et réalisation". *Annales des Travaux Publics de Belgique*, núm. 1, pp. 115-126, abril 1966.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

3. Dumas, M. F.: "Action des variations successives de températures sur les aciers de précontrainte et annulation de la relaxation". *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, núm. 214, octubre 1965.

4. Dawance, M. G.; Dubois, F.; Bonvalet, C., y Marechal, J. C.: "Etude sur modéle réduit d'un caisson en béton précontraint soumis à un important gradient thermique". *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, núm. 214, octubre 1965.

5. Bate, S. C. C.: "Repeated loading tests on a 10-year-old prestressed concrete beam". *Civil Engineering*, junio 1964.

6. Dreux, M. G.: "Le fluage-retrait de la dalle du Centre d'Essais des Structures à Saint-Rémy-les-Chevreuse après trois ans et demi de précontrainte". *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, núm. 203, noviembre 1964.

7. Guyon, Y.: *Béton précontraint*, París, Edition Eyrolles, 1952, chapitre VI.

8. Zielinski, J. L., y Rowe, R. E.: "The stress distribution associated with groups of anchorages in post-tensioned concrete members". Londres. *Cement and Concrete Association*, p. 39. Research Report, núm. 13, 1962.

9. Boon, J. y Riel, A. C. Van: "Investigation of a model of the Nablagirder". *Heron*, vol. 9, núm. 2, pp. 45-64, 1961.

10. Albricht, W.: "Der Einfluss von mehlfeinen Zuschlagstoffen auf die Eigenschaften von Einpressmörteln für Spannkanäle". Berlín. *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, núm. 167 p. 74, 1964.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

ACEROS EMESA

especiales para armaduras de hormigón

Pretesado y Postesado

Embarques de expediciones de nuestros aceros con destino a la exportación.

ELABORADOS METALICOS, S. A. "EMESA" LA CORUÑA

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

edificios de hormigón pretensado: detalle de las uniones y resumen de normas

Preparado por la Comisión de la F.I.P. sobre «Estructuras de Hormigón Pretensado en Regiones sujetas a Movimientos Sísmicos»

DETALLES DE UNIONES EN EDIFICIOS DE HORMIGON PRETENSADO

Esta unión puede usarse cuando es necesario transmitir momentos flectores importantes del soporte prefabricado (que puede ser de hormigón armado o pretensado) a la cimentación. Algunos ensayos han demostrado que es suficiente que el soporte penetre en el cimiento en una longitud de vez y media su dimensión transversal para la completa transmisión de los esfuerzos.

Es aconsejable disponer una armadura helicoidal en la parte superior de la junta para evitar una posible rotura del hormigón bajo la acción del momento flector que transmite el soporte.

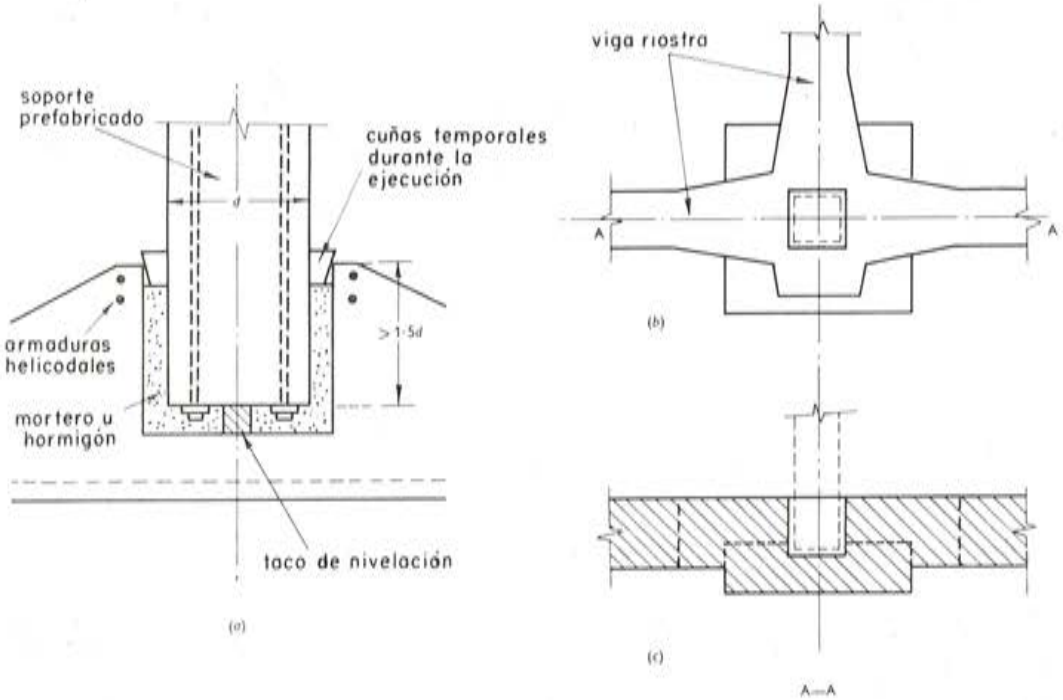


Fig. 1. — Soporte a cimiento. Unión mediante inserción del soporte.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

En el caso de cimentación continua se suele regruesar la losa debajo de cada soporte; en el caso de zapatas aisladas, unidas por vigas de arriostramiento, puede ser conveniente ensanchar estas vigas para conseguir un mejor empotramiento del soporte (ver *b*) y *c*) en la fig. 1).

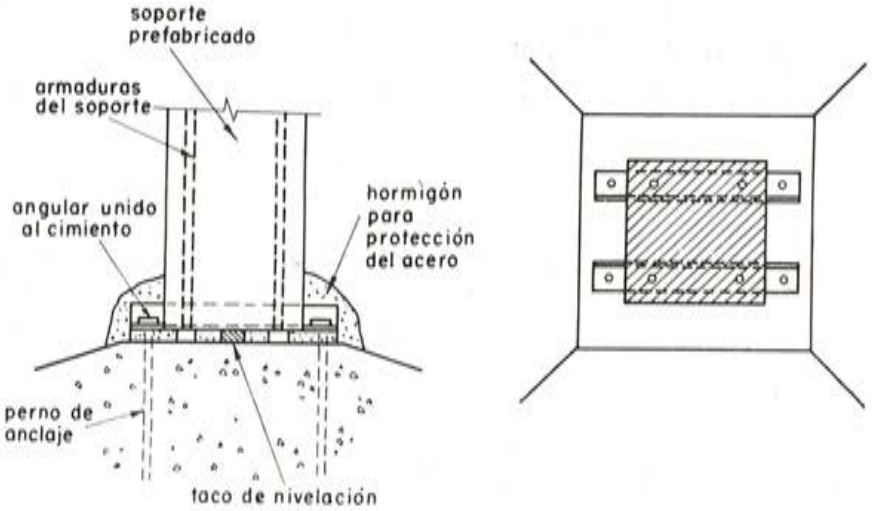


Fig. 2. — Soporte a cimiento. Unión con angulares y pernos.

Esta unión es la más frecuente cuando la losa es delgada y no resulta posible la inserción del soporte.

A veces se rigidiza el pie del soporte mediante un recubrimiento de hormigón armado.

Este método exige una cantidad de acero relativamente importante para conseguir una unión rígida.

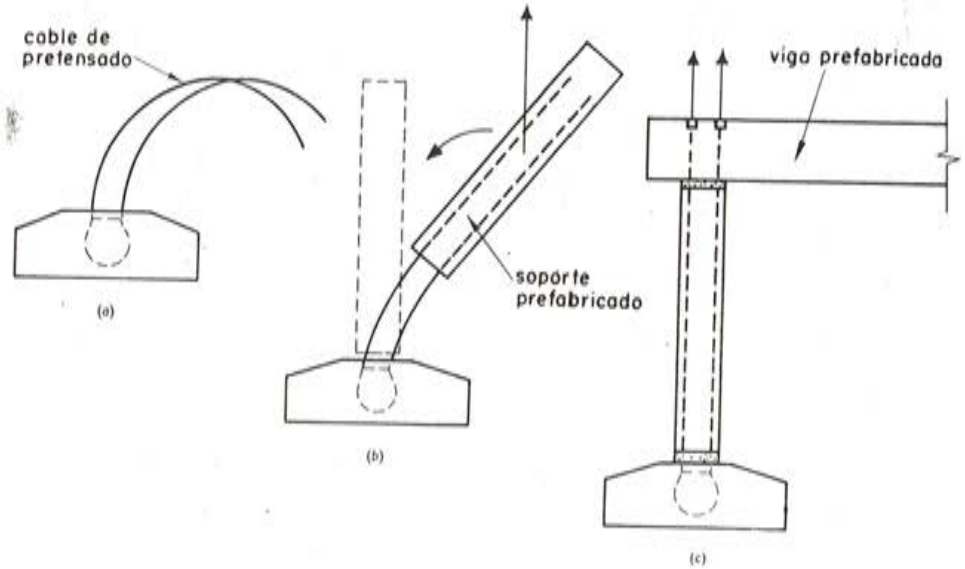


Fig. 3. — Soporte a cimiento. Unión pretensada.

Este método es económico por reducir el número de anclajes. Tiene, sin embargo, tres inconvenientes:

— La estructura no es autoportante hasta haber anclado el último cable.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

— Los cables de pretensado dejados en espera en la cimentación quedan expuestos a la corrosión atmosférica durante un largo período de tiempo.
— Estos cables de pretensado y los apeos del soporte estorban la libertad de movimientos durante la obra.

Los cables de pretensado se anclan a la cimentación dejando sus extremos, sin vaina, en la masa de la misma, cuidando de proveerles de la longitud de anclaje necesaria (ver figura 3, *a*).

Si el soporte es prefabricado se introducen los cables en las vainas que lleva a tal efecto, se coloca el soporte en su posición definitiva y se procede luego a la colocación de la viga prefabricada pretensada sobre aquél. También puede hormigonarse *in situ* el soporte, colocando previamente las vainas, ya con cables, en su posición definitiva.

Los cables de pretensado se anclan en la cabeza de la viga. De esta forma se consiguen a la vez la unión del soporte al cimiento y la de la viga al soporte.

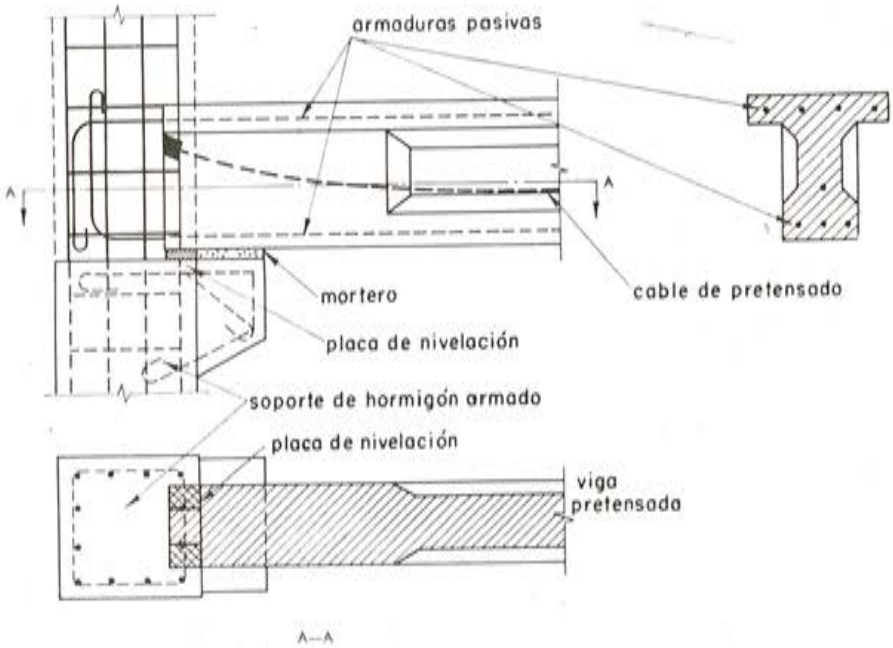


Fig. 4. — Viga a soporte. Armadura pasiva.

La figura muestra la unión de una viga prefabricada pretensada con un soporte de hormigón armado ejecutado *in situ* para constituir un pórtico de un solo vano.

No es fácil a veces disponer en la pequeña sección transversal de la viga las armaduras pasivas en espera que sean necesarias. Es frecuente la aparición de fisuras entre viga y soporte.

Si hay que unir dos vigas prefabricadas a un soporte *in situ* es necesario disponer unas pequeñas ménsulas en la cabeza de éste para el apoyo de las vigas.

Las armaduras en espera de la viga dificultan las operaciones del pretensado, por lo cual es conveniente que no sean largas. Se recomienda el empleo de travesaños soldados cada 10 cm para lograr un buen anclaje.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Si el pretensado se aplica una vez colocada la viga sobre los soportes es necesario que los apoyos permitan los desplazamientos y giros correspondientes.

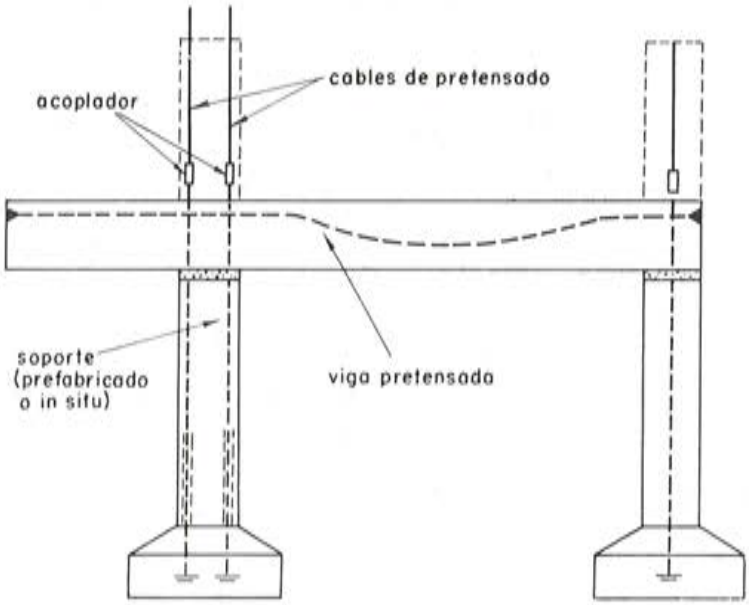


Fig. 5. — Viga a soporte. Postensado.

Este es un sencillo procedimiento para conseguir uniones rígidas entre viga y soporte. La viga pretensada se coloca sobre el soporte, siendo atravesada por las barras de pretensado del mismo que se anclan posteriormente.

Si el centro de gravedad del pretensado vertical coincide con el de la sección del soporte no se producen esfuerzos secundarios hiperestáticos en la viga. En el caso contrario, la viga quedará sometida por este efecto, tanto a esfuerzos axiles como a momentos flectores.

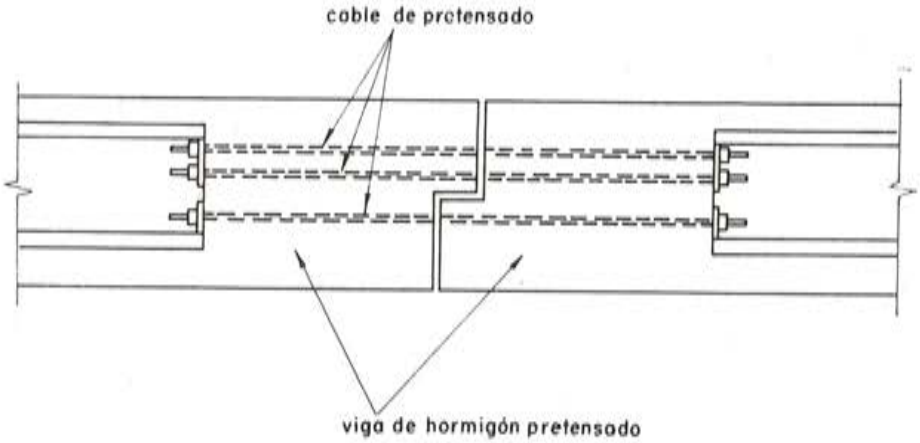


Fig. 6. — Viga a viga. Postensado.

No es necesario el empleo de chapas metálicas para la unión de dos vigas. Basta con hacer solidarios los extremos de las mismas mediante un pretensado horizontal suficiente para ello. Después se procede a unir las vigas al soporte mediante un pretensado vertical.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

También puede emplearse el método descrito en la figura 7.

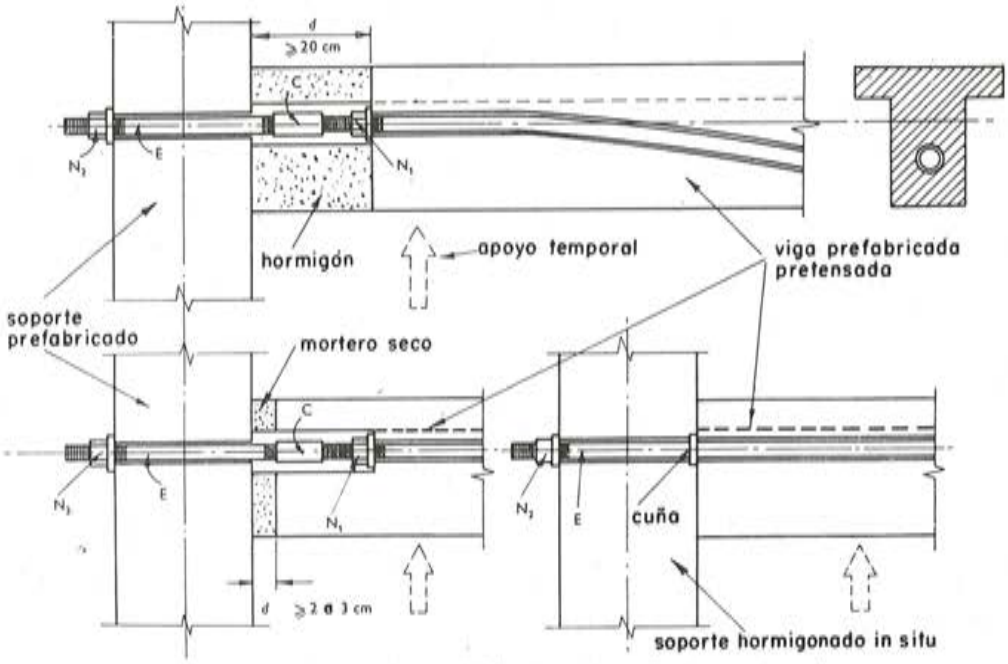


Fig. 7. — Viga a soporte. Unión lateral mediante postensado.

Para no aumentar el esfuerzo axil del soporte, debido a las cargas verticales, puede emplearse este tipo de unión en vez del pretensado vertical, evitando asimismo los esfuerzos secundarios hiperestáticos.

La viga pretensada prefabricada, algo más corta que la luz teórica entre apoyos y sin inyectar, se coloca sobre apoyos provisionales. Se inserta una barra de pretensado E, de longitud adecuada, en la vaina dejada a tal efecto en el soporte y se une a la barra de la viga mediante un acoplador C. Al pretensar desde fuera llega un momento en que el anclaje N_1 queda libre de tensión, habiéndose transmitido todo el pretensado al anclaje N_2. Entonces se procede a la inyección.

Las figuras 7 *b*) y 7 *c*) indican algunas variantes del sistema.

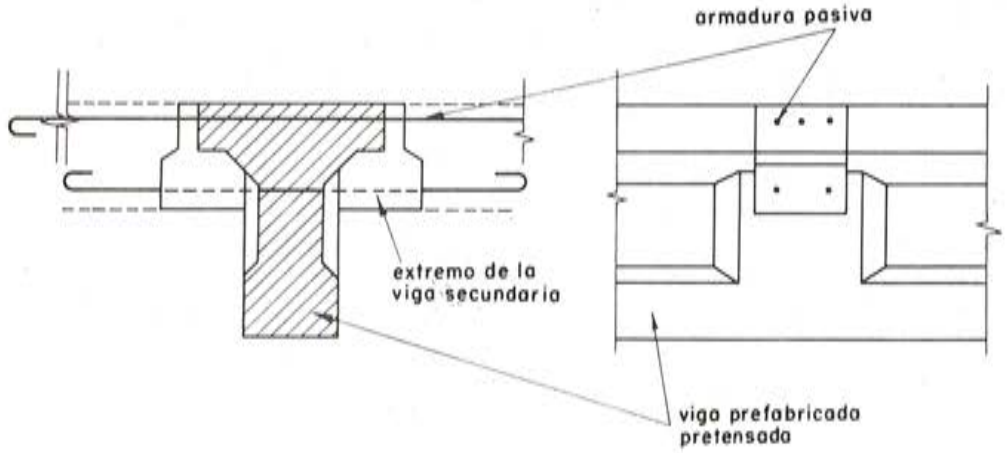


Fig. 8. — Viga secundaria a viga principal. Armaduras pasivas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

La figura indica esquemáticamente la unión entre una viga principal prefabricada pretensada y vigas secundarias hormigonadas *in situ*.

Los extremos de las vigas secundarias se proyectan de forma que se acoplen a la viga principal para constituir con ella una estructura continua.

Para disminuir el espesor del entrepiso se colocan las vigas secundarias al mismo nivel que la principal.

A veces se reduce el coste de los encofrados de los extremos de las vigas secundarias, hormigonando la losa directamente sobre las principales.

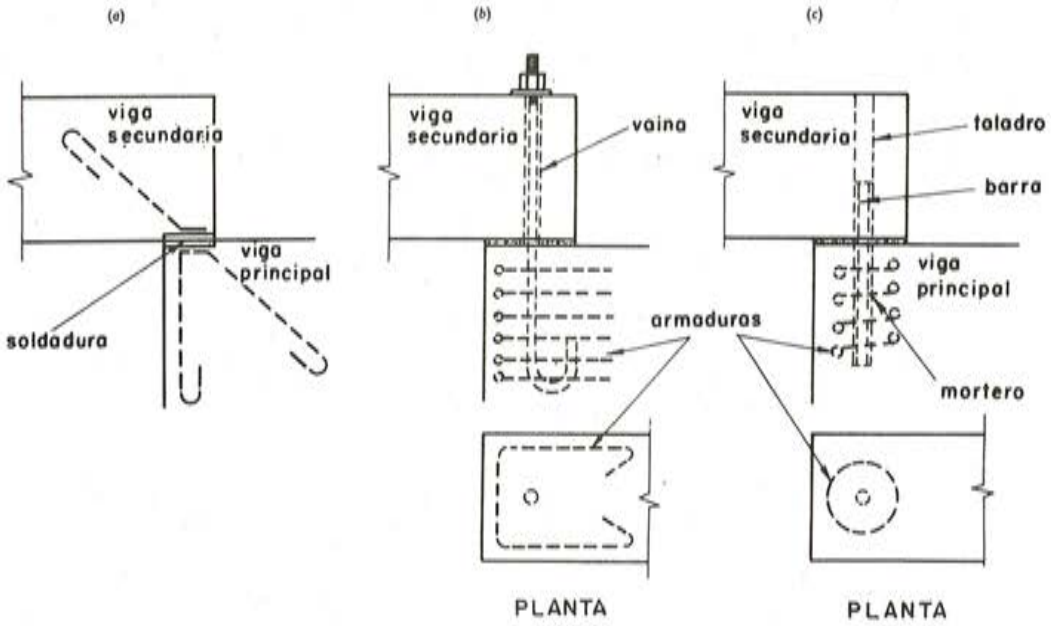


Fig. 9. — Viga secundaria a viga principal. Unión simplificada para elementos sujetos a esfuerzos sísmicos.

La longitud de apoyo de la viga secundaria sobre la principal debe ser de 0,20 a 0,25 veces el canto.

La forma más corriente se indica en *a*). Se disponen en los paramentos de ambas vigas planchas de acero que llevan soldadas barras para su anclaje. Estas planchas se sueldan luego entre sí. En el caso de juntas de dilatación se interpone entre las planchas de acero otra recubierta de una sustancia antiadherente.

Las figuras 9, *b*) y 9, *c*) muestran dos variantes del sistema.

Si las vigas secundarias cubren varios vanos no se debe emplear en ellas un pretensado común, a no ser que las vigas secundarias vayan simplemente apoyadas sobre las principales y con libertad de deslizamiento, pues de lo contrario se sometería a las vigas principales a esfuerzos horizontales y de torsión y no se conseguiría en las secundarias el pretensado deseado.

En *a*), la viga secundaria B_2 y las ménsulas secundarias llevan un pretensado común. La viga B_1 se apoya en estas ménsulas.

En *c*) no se usan ménsulas, sino que se coloca la viga B_1 sobre cartelas dispuestas al

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

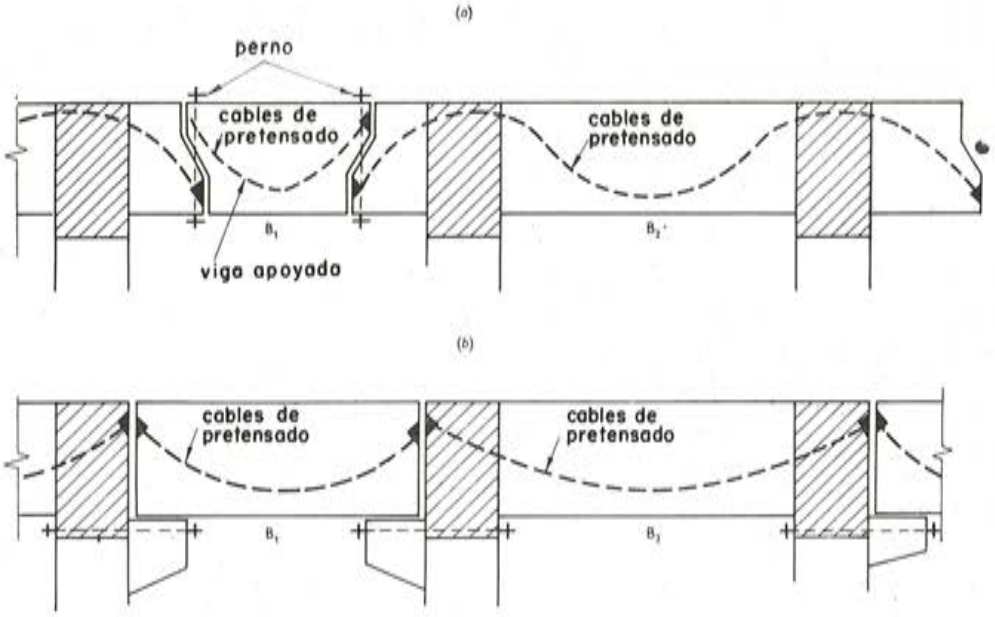


Fig. 10. — Viga secundaria a viga principal. Variantes para viga biempotrada o biapoyada.

efecto en la viga principal. Dichas cartelas pueden formar parte de la viga principal o bien unirse a ella posteriormente mediante un pretensado transversal.

Según muestra el esquema se consigue la unión mediante barras de armadura pasiva en forma de C. Estas barras se anclan por sus patas a la losa y se sueldan entre sí y a otra barra adicional más corta. La soldadura debe tener 10 cm de longitud, y las uniones deben

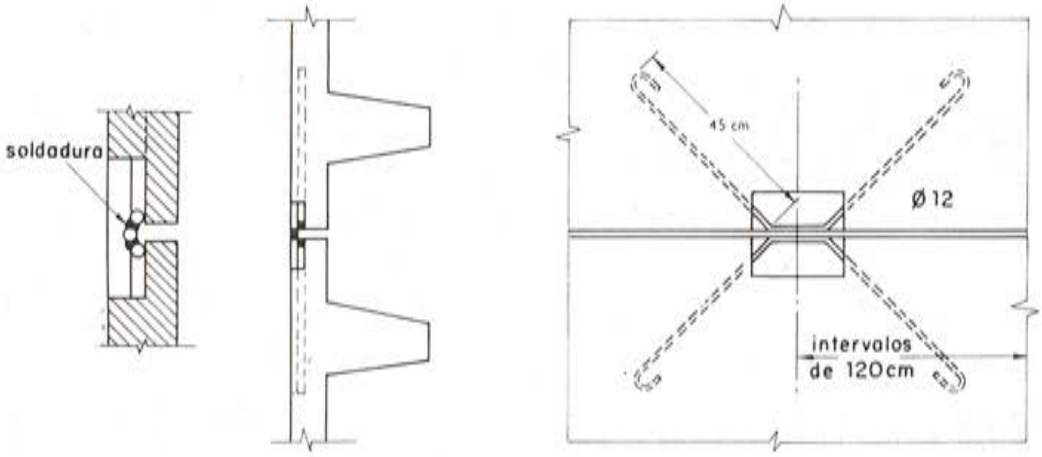


Fig. 11. — Losas de sección en doble T.

ir a distancias de 120 cm. La longitud de apoyo de la losa sobre la viga debe ser, al menos, de 8 cm y no menor de 1/4 del canto total de la losa. Si las barras en C no se colocan cuidadosamente en ambas losas resulta difícil su soldadura; el método no resulta aconsejable de no existir un control riguroso.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

TABLA-RESUMEN DE DIVERSAS NORMAS PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGON PRETENSADO

Hay dos métodos de cálculo de estructuras de hormigón pretensado: cálculo en tensiones admisibles y cálculo en rotura. Los valores de las tensiones admisibles y de los coeficientes de seguridad de las acciones varían con el tipo de estructura, la calidad de los materiales, el método de construcción y las distintas situaciones y fases por las que pasa la estructura. En las tablas 1 y 2 se recogen los valores de las tensiones admisibles y de los coeficientes de seguridad de cargas adoptados por las Normas y Recomendaciones de algunos países. En general no es posible la comparación directa de esos valores, puesto que existen importantes diferencias entre las definiciones y las especificaciones de los distintos países. Las tensiones admisibles de la tabla 1 se dan en función de la resistencia del hormigón en probeta cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura; en algunos países europeos es usual el empleo de probeta cúbica de 15 cm o de 20 cm, variando la relación de la resistencia cilíndrica a la cúbica entre 0,75 y 0,85. Para realizar la tabulación se ha empleado el factor 0,80.

A continuación figura la lista completa de Normas y Recomendaciones a las que se hace referencia:

1. "Instructions relatives au béton précontraint", *Bureau SECO* en Belgique, enero 1954.
2. "DIN 4227,", *Richtlinien für Bemessung und Ausführung*, octubre 1953.
3. "Instructions provisoires relatives à l'emploi du béton précontraint". Circulaire No. 141 du Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme, septiembre 1951.
4. "First report on prestressed concrete", *Institution of Structural Engineers*, London, 1951.
5. "B.S. Code of Practice CP 115", *The Structural use of prestressed concrete in buildings*, 1959.
6. "Instructions pour l'emploi des constructions en béton armé précontraint".
7. "Richtlijnen voor toelaatare spanningen en de veiligheidscoefficient bij constructies in voorgespannen beton", *STUVO*, noviembre 1954.
8. "Standard specifications for highway bridges-prestressed concrete", *American Association of State Highway Officials*.
9. PCI Building Code Requirements for Prestressed Concrete.
10. ACI Building Code Requirements for Reinforced Concrete, 1953.
11. "Japan Specifications for Prestressed Concrete Bridge Structures", *Japan Society of Civil Engineers*, 1961.
12. "Japan Prestressed Concrete Building Code of Design", *Architectural Institute of Japan*, 1962.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

TABLA 1.—*Tensiones admisibles en kp/cm² (en Estados Unidos, lb/in²).*

Material	Tipo de tensión	Lugar	Situación o fase	Nación ..... / Tipo estr. ... / N.º Refer. ... / Armadura pasiva	BELGICA	ALEMANIA	FRANCIA	INGLATERRA		ITALIA	HOLANDA
					General	General	General	General	Edificación	General	General
					(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Hormigón	Compresión	Fibra extrema	Pretensado inicial		$0{,}45\ \sigma'_{bo}$	$0{,}44 \sim 0{,}58\ \sigma'_{bk}$	$0{,}50\ \sigma'_{bo}$	$0{,}50\ \sigma'_{bo}$	$0{,}500 \sim 0{,}625\ \sigma'_{bo}$	$0{,}53\ \sigma'_{bo}$	$0{,}375\ \sigma'_{bo} + 45$
			Servicio		$0{,}35\ \sigma'_{bk}$	$0{,}33 \sim 0{,}46\ \sigma'_{bk}$	$0{,}35\ \sigma'_{bk}$	$0{,}41\ \sigma'_{bk}$	$0{,}41\ \sigma'_{bk}$	$0{,}40\ \sigma'_{bo}$	$0{,}25\ \sigma'_{bk} + 30$
		Eje				$0{,}27 \sim 0{,}33\ \sigma'_{bk}$	$0{,}35\ \sigma'_{bk}$		$0{,}31\ \sigma'_{bk}$		
	Aplastamiento	Anclaje	Pretensado inicial		$0{,}85\ \sigma'_{bo}$	$\sigma'_{bk}\sqrt[3]{B/B_o}$ o bien $< 0{,}27 \sim 0{,}33\ \sigma'_{bk}$	$0{,}93\ \sigma'_{bo}$	$0{,}625\ \sigma'_{bo}\sqrt[3]{\frac{B}{B_o}}$		$0{,}84\ \sigma'_{bo}$	
		Otros				$0{,}46 \sim 0{,}50\ \sigma'_{bk}$					
	Tracción	Fibra extrema	Pretensado inicial	Sin arm. pasiva	$0 \sim 0{,}035\ \sigma'_{bo} < 15$	$0 \sim 0{,}1\ \sigma'_{bk}$	0	$0{,}075\ \sigma'_{bo}$	$0{,}03 \sim 0{,}05\ \sigma'_{bo}$	$0{,}043\ \sigma'_{bo}$	$0{,}0125\ \sigma'_{bk} + 5 < 10$
				Con arm. pasiva	$0{,}09\ \sigma'_{bo}$	$0{,}094 \sim 0{,}125\ \sigma'_{bk}$				< 30	
			Servicio	Sin arm. pasiva	0	$0 \sim 0{,}1\ \sigma'_{bk}$	0	$0 \sim 0{,}075\ \sigma'_{bo}$	$0{,}03 \sim 0{,}05\ \sigma'_{bk}$	$0{,}034\ \sigma'_{bo} < 10$	0
				Con arm. pasiva	$0{,}09\ \sigma'_{bk}$	$0{,}094 \sim 0{,}125\ \sigma'_{bk}$					$0{,}025\ \sigma'_{bk} + 10 < 20$
			Fisuración	Sin arm. pasiva		$0{,}063 \sim 0{,}083\ \sigma'_{bk}$			$0{,}043 \sim 0{,}075\ \sigma'_{bk}$		
				Con arm. pasiva		$0{,}125 \sim 0{,}167\ \sigma'_{bk}$					
		Eje	Servicio			$0 \sim 0{,}042\ \sigma'_{bk}$					
			Fisuración			$0 \sim 0{,}056\ \sigma'_{bk}$		$0{,}04 \sim 0{,}06\ \sigma'_{bk}$			
		Anclaje	Pretensado inicial		$0{,}045 \sim 0{,}090\ \sigma'_{bo}$			$0{,}075\ \sigma'_{bo}$			
		Tensión principal	Servicio	Sin arm. pasiva	$0{,}015\ \sigma'_{bk}$	$0{,}033 \sim 0{,}020\ \sigma'_{bk}$	$0{,}013\ \sigma'_{bk}$	$0{,}0625\ \sigma'_{bk}$	$0{,}028 \sim 0{,}023\ \sigma'_{bk}$	< 6	$0{,}0125\ \sigma'_{bk} + 5 < 10$
				Con arm. pasiva	$0{,}03 \sim 0{,}046\ \sigma'_{bk}$	$0{,}0500 \sim 0{,}0667\ \sigma'_{bk}$				< 18	$0{,}025\ \sigma'_{bk} + 10 < 20$
			Rotura	Sin arm. pasiva		$0{,}0500 \sim 0{,}0667\ \sigma'_{bk}$		$0{,}075\ \sigma'_{bk}$	$0{,}053 \sim 0{,}067\ \sigma'_{bk}$		
	Adherencia		Servicio			$0{,}025\ \sigma'_{bk}$					
			Rotura			$0.045\ \sigma'_{bk}$					
Armaduras activas	Tracción		Puesta en tensión		$0{,}88\ \sigma_e$ $0{,}66\ \sigma_r$	$0{,}80\ \sigma_e$ $0{,}60\ \sigma_r$					
			Pretensado inicial		$0{,}80\ \sigma_e$ $0{,}60\ \sigma_r$	$0{,}75\ \sigma_e$ $0{,}55\ \sigma_r$	$0{,}67\ \sigma_r$		Pret.: $0{,}85\ \sigma_e$ $0{,}70\ \sigma_r$ Post.: $0{,}90\ \sigma_e$ $0{,}75\ \sigma_r$	Pret.: $0{,}95\ \sigma_e$ Post.: $0{,}85\ \sigma_e$	$0{,}70 \sim 0{,}90\ \sigma_e$ $0{,}67\ \sigma_r$
			Servicio				$0{,}57\ \sigma_r$			Pret.: $0{,}62\ \sigma_e$ Post.: $0{,}58\ \sigma_e$	$0{,}60\ \sigma_r$

Notaciones: σ'_{bo} y σ'_{bk}, resistencias del hormigón en probeta cilíndrica de 15×30 cm en el momento de aplicar el pretensado y a los veintiocho días, respectivamente.
σ_e y σ_r límite elástico y carga de rotura de las armaduras de pretensado, respectivamente.
B y B_o, área de la sección de hormigón y área cargada, respectivamente.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

ESTADOS UNIDOS			JAPON	
Puentes	Edif. (PCI)	Edif. (ACI)	Puentes	Edificación
(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
$0{,}55 \sim 0{,}60\ \sigma'_{bo}$	$0{,}60\ \sigma'_{bo}$	$0{,}60\ \sigma'_{bo}$	$0{,}40 \sim 0{,}47\ \sigma'_{bk}$	$0{,}40\ \sigma'_{bk}$
$0{,}40\ \sigma'_{bk}$	$0{,}45\ \sigma'_{bk}$	$0{,}45\ \sigma'_{bk}$	$0{,}30 \sim 0{,}37\ \sigma'_{bk}$	$0{,}35\ \sigma'_{bk}$
			$0{,}26 \sim 0{,}37\ \sigma'_{bk}$	
$0{,}6\ \sigma'_{bo} \sqrt[3]{B/B_o}$ o bien $< \sigma'_{bo}$	$0{,}6\ \sigma'_{bo} \sqrt[3]{B/B_o}$ o bien $< \sigma'_{bo}$	$0{,}6\ \sigma'_{bo} \sqrt[3]{B/B_o}$ o bien $< \sigma'_{bo}$	$0{,}3\ \sigma'_{bk} \sqrt[3]{\frac{B}{B_o}}$	$0{,}4\ \sigma'_{bk} \sqrt[3]{B/B_o}$ o bien $< 0{,}8\ \sigma'_{bk}$
				< 80
$3 \sqrt{\sigma'_{bo}}$	$3 \sqrt{\sigma'_{bo}}$	$3 \sqrt{\sigma'_{bo}}$	0	$0 \sim 0{,}06\ \sigma'_{bk}$
$6 \sqrt{\sigma'_{bo}}$				
0	$0 \sim 6 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	$0 \sim 6 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	$0 \sim 0{,}06\ \sigma'_{bk}$	$0 \sim 0{,}035\ \sigma'_{bk}$
	$6 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	$6 \sqrt{\sigma'_{bk}}$		
$7{,}5 \sqrt{\sigma'_{bk}}$			$0{,}05 \sim 0{,}083\ \sigma'_{bk}$	
			$0 \sim 0{,}0375\ \sigma'_{bk}$	
			$0 \sim 0{,}05\ \sigma'_{bk}$	
				$0{,}028\ \sigma'_{bk}$
$0{,}03\ \sigma'_{bk}$			$0{,}048 \sim 0{,}067\ \sigma'_{bk}$	$0{,}025\ \sigma'_{bk}$
$0{,}08\ \sigma'_{bk}$			$0{,}100 \sim 0{,}133\ \sigma'_{bk}$	
$0{,}80\ \sigma_y$	$0{,}80\ \sigma_y$	$0{,}80\ \sigma_y$	Pret.: $0{,}80\ \sigma_e$, $0{,}70\ \sigma_y$ / Post.: $0{,}90\ \sigma_e$, $0{,}80\ \sigma_y$	Alambre: $0{,}70\ \sigma_y$ Cable : $0{,}75\ \sigma_e$
$0{,}70\ \sigma_y$	$0{,}70\ \sigma_y$	$0{,}70\ \sigma_y$	$0{,}85\ \sigma_e$ $0{,}70\ \sigma_y$	Alambre: $0{,}65\ \sigma_y$ Cable : $0{,}70\ \sigma_e$
$0{,}80\ \sigma_e$ $0{,}60\ \sigma_y$	$0{,}80\ \sigma_e$ $0{,}60\ \sigma_y$	$0{,}80\ \sigma_e$ $0{,}60\ \sigma_y$	$0{,}75\ \sigma_e$ $0{,}60\ \sigma_y$	Alambre: $0{,}65\ \sigma_y$ Cable : $0{,}70\ \sigma_e$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

TABLA 2.—*Coeficientes de seguridad d*

Material hormigón a rotura	Tipo de tensión	Lugar	Situación o fase	Nación	BELGICA	ALEMANIA	FRANCIA	INGLATERRA	
				Tipo estr.	General	General	General	General	Edificación
				Núm. ref.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$C + S$	En la sección crítica	Fisuración			$1{,}35\,(C + S)$			
Armadura	$C + S$	En la sección crítica	Rotura		$C + 2{,}5\,S$ o bien $2\,(C + S)$	$1{,}7\,(C + S)$			$1{,}5\,C + 2{,}5\,S$
Hormigón							$1{,}11\,C + 2{,}22\,S$	$2\,(C + S)$	
							$1{,}43\,C + 2{,}86\,S$	$2{,}5\,(C + S)$	
	$C + S +$ *otras*	En la sección crítica	Rotura						
	Carga de fisuración	En la sección crítica	Rotura						

NOTACIÓN.—C = carga permanente; S = sobrecarga; V = viento; T = carga sísmica; N = nieve; F = carga de fisuración; I = impacto.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

e las cargas.

ITALIA	HOLANDA	ESTADOS UNIDOS			JAPON	
General	General	Puentes	Edif. (PCI)	Edif. (ACI)	Puentes	Edificación
(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
$1{,}2\,(C+S)$	$C+1{,}33\,S$					Total $1{,}3\ (C+S)$ Parcial $1{,}15\ (C+S)$
$2\,(C+S)$	$1{,}75\,C+2{,}25\,S$ Para silos y depósitos: $2{,}5\,(C+S)$	$1{,}5\,C+$ $+\,2{,}5\ (S+I)$	$1{,}3\ C+1{,}6\ S$	$1{,}5\ C+1{,}8\ S$	$1{,}3\ C+2{,}5\ S$	$1{,}2\ C+2{,}4\ S$ o bien $2\,(C+S)$
			$1{,}1\,(C+S+V)$ $0{,}9\ C+1{,}1\ V$ $1{,}1\,(C+S+T)$	$1{,}25\,(C+S+V)$ $1{,}25\,(C+S+T)$ o bien $0{,}9\ C+1{,}1\ V$ $0{,}9\ C+1{,}1\ T$	$1{,}3\,(C+T)$	$n\,(C+S)+1{,}5\,V$ $n\,(C+S)+1{,}5\,T$ $n\,(C+S)+1{,}5\,N$ $n=1$ ó $n=1{,}2$
$1{,}15\,F$						$1{,}4\ F$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

591 - 5 - 11

V CONGRESO INTERNACIONAL DE LA F.I.P. - PARIS, JUNIO 1966

la técnica de las carreteras de hormigón pretensado

R. PELTIER

Ingeniero General de Ponts et Chaussées

INTRODUCCION Y RESUMEN HISTORICO

I. Aunque hace medio siglo que Freyssinet inventó la técnica del pretensado, su aplicación a la construcción de carreteras data sólo de los años posteriores a la II Guerra Mundial. En efecto, en 1947 se realizaron, en Francia, las dos primeras obras de este tipo: la prolongación de una pista de aterrizaje en el aeropuerto de Orly, de 400 m de longitud y un pequeño tramo de acceso al puente de Esbly, en Seine-et-Marne, que constituye la primera losa de hormigón pretensado en carreteras.

Esta nueva técnica, pronto suscitó un gran interés en numerosos países, especialmente en los de Europa Occidental. Se emprendieron numerosos estudios, investigaciones y experimentaciones a menudo muy importantes, principalmente en Francia, en Bélgica, en Alemania Federal, en Checoslovaquia, en Gran Bretaña y en Suiza. A pesar de la importancia de los medios materiales e intelectuales puestos en juego, en el transcurso de estas experimentaciones, no parece, sin embargo, que la técnica de las carreteras de hormigón pretensado haya salido todavía de su fase experimental para entrar en la de realizaciones ordinarias. Ello es así, sin duda alguna, para las carreteras; en cambio para las pistas de aterrizaje, esta apreciación debe matizarse, porque ciertas soluciones pretensadas son técnica y económicamente válidas y han sido utilizadas en numerosas pistas de aeropuerto en servicio.

Intentaré hacer aquí una síntesis de estos esfuerzos procurando también entresacar algunas conclusiones para el porvenir. Para facilitar la exposición comenzaré por precisar algunas definiciones e indicaré después los principales resultados que pueden considerarse adquiridos en el momento presente y que pueden constituir la base teórica y experimental de la técnica de carreteras en hormigón pretensado.

PRINCIPIOS Y DEFINICIONES

En una carretera pueden producirse tensiones de tracción pura en el pavimento bajo el efecto de las variaciones de temperatura y de higrometría, pero se producen, especialmente, tensiones de tracción por flexión bajo la acción de los vehículos que ruedan sobre

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

la carretera. Al dar a los pavimentos de hormigón un pretensado apropiado se les puede hacer aptos para soportar estas tensiones.

Debe observarse que los problemas planteados por el pretensado en carreteras son a la vez más sencillos y más complejos que los planteados por el pretensado en estructuras. Más sencillos porque las carreteras tienen una geometría muy simple y también porque si el fallo de una estructura puede provocar una catástrofe no ocurre lo mismo, en general, con el fallo de una carretera, ya que al estar ésta colocada sobre el suelo no puede hundirse profundamente. Basta con reparar la carretera que ha fallado, y puede decirse que la elección del coeficiente de seguridad en carreteras es un problema puramente técnico y económico, mientras que la elección del coeficiente de seguridad en estructuras plantea también problemas humanos. Resulta por ello de estas consideraciones económicas que se llega a coeficientes de seguridad muy bajos; es decir, muy poco mayores que uno. Ello es una primera causa de complicación porque al hacer trabajar así a los materiales a tensiones próximas de las de rotura nos salimos en general de los dominios de validez de los modelos simples mecánicos y reológicos del material y, especialmente, del dominio elástico.

Otra causa de complicación reside en el hecho de que una carretera es una obra de tres dimensiones que puede ser considerada como constituida por capas horizontales superpuestas de las que la inferior, que es el suelo de cimentación, tiene un espesor infinito. Ahora bien, una estructura así plantea grandes dificultades matemáticas para su cálculo, aun simplificando al máximo el esquema mecánico de la obra (por ejemplo, adoptando la hipótesis elástica).

En fin, la tercera causa principal de complicación reside en la repetición de cargas debida al tráfico. En las autopistas, los vehículos se cuentan por decenas de millares en un día, lo que significa que las repeticiones de carga que habrá de sufrir una carretera de hormigón pretensado en el transcurso de su vida habrán de contarse por decenas de millones. Por tanto, hay que hacer intervenir la resistencia a la fatiga de los materiales constitutivos de la carretera. Estos problemas de fatiga, que son ya bastante complejos por sí mismos, lo son aún más en las carreteras por el hecho de las variaciones de peso de una rueda a otra del vehículo y también por el hecho de que estas variaciones de peso son aleatorias.

Por supuesto que estas complicaciones se presentan en todos los cálculos de carreteras, especialmente en las flexibles. El caso de las carreteras de hormigón pretensado no es una excepción.

Hechas estas observaciones generales conviene indicar que existe un gran número de soluciones al problema del pretensado en carreteras y que la imaginación de los inventores puede aún encontrar otras nuevas porque existe aquí, para esos inventores, un campo de acción muy amplio. Una de las misiones confiada por la PIARC a su Comité Técnico de Carreteras de Hormigón Pretensado, que tengo el honor de presidir desde su creación, ha sido la de clasificar estas soluciones diversas. La forma de clasificación adoptada ha sido la siguiente:

De entrada se han distinguido las soluciones en las que la losa de hormigón puede deslizar sobre el terreno de cimentación bajo la acción de las variaciones higrotérmicas. Estas soluciones, que tienen la ventaja de reducir considerablemente las tensiones debidas a estas variaciones higrotérmicas, se llaman *sistemas móviles*. Por oposición, las soluciones en las que las losas de hormigón no pueden deslizar sobre el terreno porque están bloqueadas entre dos estribos colocados en los extremos se llaman *sistemas fijos* (fig. 1).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

El sistema fijo comporta un cierto número de juntas, para pretensar desde ellas, llamadas juntas activas. Pero estas juntas activas se bloquean en cuanto se ha obtenido el pretensado longitudinal deseado. No queda entonces, prácticamente, ninguna junta en la carretera. Esto es una gran ventaja de esta solución, especialmente desde el punto de vista de comodidad de rodadura. Pero esta solución comporta también graves inconvenientes que examinaremos con detalle más adelante.

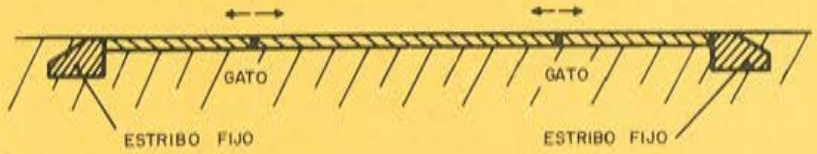


Fig. 1.—Esquema teórico del sistema fijo.

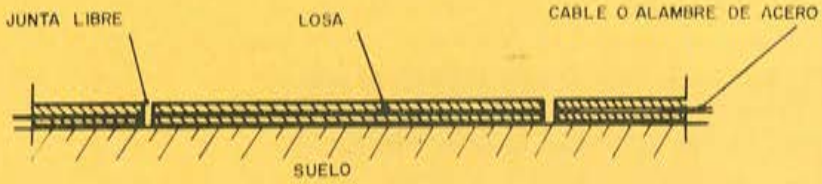


Fig. 2.—Esquema del sistema móvil de pretensado interno.

Fig. 3.—Esquema del sistema móvil de pretensado externo.

No existe más que un solo tipo de sistema fijo, mientras que se pueden distinguir dos tipos de sistemas móviles:

— *El sistema móvil de pretensado interno* (fig. 2) en el cual se ejerce el pretensado de las losas de hormigón mediante alambres, barras o cables colocados en el interior de las losas y anclados en sus extremos.

— *El sistema móvil de pretensado externo* (fig. 3) en el cual se ejerce el pretensado mediante resortes o gatos que se intercalan de forma permanente entre dos losas adyacentes y que ejercen un empuje sobre los bordes extremos de tales losas.

Ambos sistemas móviles poseen numerosas variantes. Así, en la solución de pretensado interno, se pueden colocar los alambres o cables dentro de vainas como en las estructuras de hormigón pretensado. En este caso, los alambres y cables se tesan cuando el hormigón ha endurecido suficientemente, apoyando los gatos y dispositivos de anclaje contra el hormigón endurecido. Por último, se inyectan con mortero las vainas para asegurar la protección de los aceros contra la corrosión. También se pueden tesar los alambres ya colocados antes del hormigonado. Después, cuando el hormigón ha endurecido lo suficiente, se cortan los alambres al borde de las losas. En este caso, los alambres transmiten su esfuerzo al hormigón por adherencia, y por ello este procedimiento se denomina pretensado por alambres adherentes.

En la solución móvil de pretensado externo, el término "resorte" debe entenderse en un sentido muy amplio. Se trata, en realidad, de juntas elásticas que pueden estar constituidas también por dispositivos de caucho o dispositivos de aire comprimido. Incluso se

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

han realizado juntas, para este sistema, provistas de gatos automáticos en los que se programaba la presión a voluntad en función de las condiciones térmicas.

CAPACIDAD PORTANTE DE LAS CARRETERAS DE HORMIGON PRETENSADO

Antes de examinar especialmente cada uno de los sistemas que se acaban de indicar me parace útil tratar un problema común a todas estas soluciones: el de la capacidad portante de las carreteras de hormigón pretensado. Uno de los aspectos de este problema es la resistencia mecánica de las losas bajo la acción de las cargas que les transmiten los vehículos. El otro aspecto es el de las presiones ejercidas por esas losas sobre el terreno de base, sea directamente sea por intermedio de una capa de cimentación apropiada.

El problema de la resistencia mecánica de las losas ha sido el objeto de numerosas investigaciones matemáticas. Se sabe ahora resolver matemáticamente el problema referido a una losa elástica colocada sobre un macizo indefinido elástico (solución de Hogg); se sabe incluso resolver este problema en el caso en que exista una capa elástica, correspondiente al cimiento, interpuesta entre la losa y el macizo (solución de Jeuffroy y Bachelez). Se sabe también resolverlo para cargas aplicadas al borde de las losas.

Estos cálculos han mostrado, primeramente, que un pretensado relativamente débil permitía reducir considerablemente el espesor de las losas. En efecto, las tensiones que se producen en una losa de carretera, bajo la acción de una carga, dependen de la flexibilidad de la losa. Cuanto más flexible es una losa, mejor se apoya sobre el terreno o sobre su cimiento; de este modo, la losa hace trabajar más al cimiento, pero ella misma trabaja menos. Si se aumenta entonces la resistencia a la flexión de una losa de hormigón, aplicándole un pretensado, se puede reducir el espesor de la losa; pero esta reducción de espesor produce, por reducción de la rigidez (que es proporcional al cubo del espesor) una reducción de la tensión. El fenómeno se mueve entonces como una especie de "bola de nieve" y basta un pequeño aumento de pretensado para llegar, para iguales tensiones en el pavimento, a una gran disminución del espesor de la losa.

El fenómeno se acentúa aún más si se interpone entre la losa y el terreno una capa de cimiento con un módulo de elasticidad intermedio, por ejemplo, del orden de 5.000 kp/cm^2. Se podría entonces, al menos en teoría, conseguir pavimentos de hormigón pretensado de muy pequeño espesor, es decir, de un espesor inferior a 10 cm e incluso a 5 cm. Pero es difícil construir correctamente losas tan delgadas; sobre todo, si se quiere utilizar a tal efecto, medios mecánicos potentes, como las máquinas de encofrado deslizante. Es difícil, en la práctica, bajar de 12 cm de espesor y es prudente no descender a menos de 15 cm.

Estas conclusiones optimistas de los cálculos se han visto confirmadas por numerosas experimentaciones. Incluso se ha tenido la sorpresa de comprobar que estos pavimentos de hormigón pretensado se comportaban bastante mejor bajo las cargas, de lo que preveían los cálculos. Ello se explica por el hecho de que, bajo las cargas, puede iniciarse una fisuración en la cara inferior de la losa; resulta, entonces un rápido aumento de la flexibilidad de la losa y, por tanto, una disminución de la tensión máxima bajo la acción del momento flector, y la propagación de la fisura puede detenerse incluso antes de alcanzar la cara superior. Utilizando el método de cálculo de Hogg o de Jeuffroy-Bachelez se tiene, por tanto, un cierto coeficiente de seguridad.

De cualquier modo, este cálculo teórico no representa más que un aspecto de la cuestión. Afortunadamente, las experiencias sobre carreteras reales y, especialmente, la de Fontenay-Trésigny han venido a completar oportunamente nuestros conocimientos al res-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

pecto. Se trata del comportamiento mecánico, bajo el tráfico, de losas fisuradas transversalmente. Es muy difícil, en efecto, impedir que se produzcan fisuras transversales, porque tales fisuras se inician a menudo en las primeras horas de endurecimiento del hormigón, incluso antes de que haya dado tiempo a realizar el pretensado. Por otra parte, si la fisuración transvesal, aun siendo mínima, significase la ruina de una carretera de hormigón pretensado, esta técnica, por demasiado vulnerable, no tendría ninguna utilidad práctica.

En Fontenay-Trésigny se han producido, a lo largo de los 3 km aproximadamente que tiene el tramo de ensayo, una veintena de fisuras transversales, generalmente a edades muy tempranas del hormigón y especialmente en las juntas de fin de jornada. Pero se ha comprobado que si el pretensado no baja de un cierto valor, la fisura no evoluciona e incluso tiende a cerrarse. Por el contrario, si el pretensado baja de ese valor, aparecen descantilladuras y principios de fisuras longitudinales que llevan consigo un riesgo de ruina del pavimento.

Estos valores mínimos, para el fuerte tráfico pesado de Fontenay-Trésigny, han sido de 10 kp/cm² para las losas de 12 cm de espesor y de 7,5 kp/cm² para las de 15 cm. Tales valores de pretensado son pequeños y corresponden aproximadamente (estos resultados experimentales son, en sí mismos, aproximados) a las tensiones producidas por las ruedas de los vehículos en plena losa. Se llega, por tanto, a esta importante y alentadora conclusión, a saber, que basta con ejercer sobre los pavimentos de hormigón un pretensado longitudinal correspondiente a los valores dados por los cálculos teóricos, para que se resistan las cargas, incluso con presencia de fisuras transversales. En cambio se observa que las fisuras longitudinales y las fisuras en Y son peligrosas y necesitan reparación.

Otra conclusión, válida especialmente para las carreteras, es que resulta fácil ejecutar pavimentos pretensados que resistan las cargas de los vehículos. Incluso se puede, a mi juicio, considerar esta condición de resistencia mecánica como una condición secundaria para el dimensionamiento de las losas, pues las otras condiciones que veremos más adelante, son más restrictivas a estos efectos.

No examinaré aquí el problema de la resistencia mecánica de los bordes del pavimento y de las juntas; estas zonas pueden reforzarse fácilmente para resistir los esfuerzos que experimentan y su escaso número relativo reduce considerablemente la incidencia económica de estos refuerzos.

En lo que se refiere al segundo aspecto del problema de la capacidad portante de las carreteras de hormigón pretensado, el de los esfuerzos sobre los terrenos de cimentación, parece que la mayor parte de los experimentadores están de acuerdo en sus conclusiones. Estiman todos ellos que una carretera de hormigón pretensado puede calcularse, a este respecto, como una carretera flexible. Si, en particular, se aplica el método del Asphalt Institute o el publicado en 1965 por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées para el cálculo de pavimentos flexibles, se podrá introducir el revestimiento de hormigón pretensado como una capa de pavimento flexible a condición de multiplicar su espesor por un coeficiente igual a:

$$a = \sqrt[3]{\frac{E}{5.000}}$$

Cabe adoptar para este coeficiente el valor 4, que corresponde a un valor E = 320.000 kp/cm², lo que supone infraestimar el módulo de elasticidad. Se ve así que una losa de carretera pretensada, de 15 cm de espesor, equivale a un pavimento flexible de 60 cm de espesor, lo que es ya una carretera de buen grosor. Cabe concluir, por tanto, que los

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

pavimentos de hormigón pretensado tienen un efecto de reparto muy bueno de las cargas sobre el cimiento, cosa perfectamente confirmada por las experiencias realizadas sobre carreteras reales.

CARRETERAS PRETENSADAS SEGUN EL SISTEMA FIJO

En el sistema fijo se construye la carretera disponiendo de trecho en trecho (entre 100 y 200 metros) juntas activas y limitando el tramo por dos fuertes estribos que impiden todas las deformaciones de la carretera. Se pretensa longitudinalmente el pavimento gracias a las juntas activas que están constituidas por elementos de hormigón, generalmente prefabricados, que poseen una serie de ranuras anchas en las que pueden insertarse gatos planos (fig. 4). Con tales gatos se realiza la maniobra de pretensado (fig. 5) y, cuando se ha alcanzado la tensión deseada, se bloquean las juntas con la ayuda de calzos apropiados; por último, se retiran los gatos planos y se obturan provisionalmente las ranuras en que van alojados.

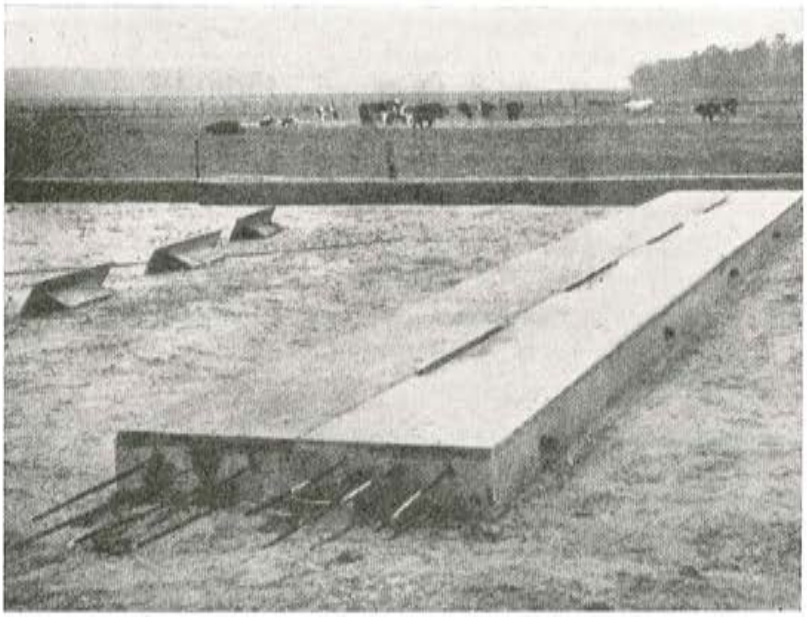


Fig. 4.—Vista de una junta activa, prefabricada *in situ*, antes de hormigonar las losas adyacentes.

Este sistema sería perfecto si el hormigón no fuese sensible a las variaciones de temperatura y de higrometría y si no estuviese sujeto a deformaciones lentas importantes bajo las elevadas cargas de servicio.

Una variación de temperatura ΔT tiende a provocar un alargamiento relativo del hormigón $\lambda \cdot \Delta T$, siendo λ el coeficiente de dilatación térmica. Como el hormigón está inmovilizado entre dos estribos rígidos, no puede deformarse, con lo que resulta una variación de tensión $\Delta \sigma$ en el hormigón. Si se supone que su comportamiento es elástico, la ley de Hooke da:

$$\Delta \sigma = \lambda \cdot E \Delta T$$

En realidad, el comportamiento del hormigón bajo estas tensiones elevadas y permanentes es viscoelástico, lo que conduce a considerar el módulo de elasticidad instantáneo E_0.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Como orden de magnitud puede indicarse que para un hormigón ordinario se tiene a menudo:

$$\lambda = 0{,}00001 \quad y \quad E_0 = 400.000\ Kp/cm.^2$$

por tanto:

$$\lambda \cdot E_0 = 4\ Kp/cm.^2\ por\ grado\ centigrado$$

Ahora bien, las variaciones de temperatura ΔT pueden ser elevadas, dependiendo, naturalmente, del clima. En Fontenay-Trésigny, es decir, en los alrededores de París, se ha observado un máximo de la temperatura media de la losa de 47° C en un día muy soleado de julio, y un mínimo de — 13° C en invierno, con fuerte viento frío.

Resulta con ello:

$$\Delta T = 47 + 13 = 60^\circ\ C.$$

con lo que:

$$\Delta \sigma = 4 \times 60 = 240\ Kp/cm.^2$$

porque, en Fontenay-Trésigny, se tenía exactamente:

$$\lambda \cdot E_0 = 4{,}0\ Kp/cm.^2\ por\ grado\ centigrado.$$

Se ve, pues, el grave defecto de esta solución, que es el de provocar, en verano, variaciones muy elevadas de tensión en el hormigón. Sin duda estas tensiones se ven atenuadas por la fluencia o, más bien, por el comportamiento viscoelástico del hormigón. Durante

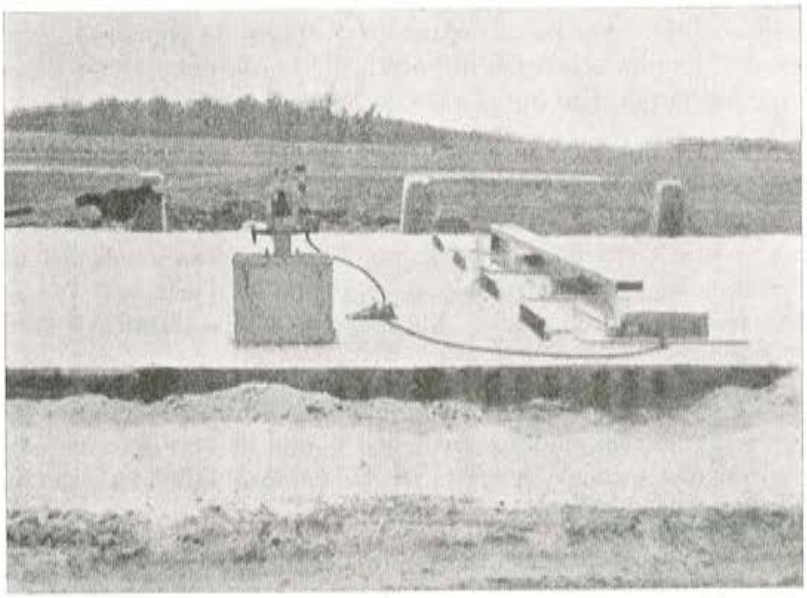


Fig. 5. — Vista de la junta activa durante el pretensado del pavimento.

cinco años se han medido, de forma continua, las tensiones y las temperaturas en Fontenay-Trésigny y se ha comprobado una atenuación bastante pequeña de un año a otro en la amplitud de las variaciones anuales de tensión. Parece que al cabo de estos cinco años, esas variaciones anuales se han estabilizado; pero su amplitud continúa siendo elevada, próxima a 200 kp/cm². El estudio detallado del comportamiento reológico del hormigón pretensado de Fontenay-Trésigny se ha expuesto en el número de julio-agosto 1963 de los Annales des Ponts et Chaussées (1).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

El comportamiento viscoelástico introduce, pues, una ligera ventaja; a cambio tiene el inconveniente de obligar a "rehinchar" los gatos de pretensado de las juntas activas, periódicamente, para compensar las pérdidas por relajación. En Fontenay-Trésigny ha sido obligado proceder a estos retesados, de alrededor de 50 kp/cm², cada invierno, desde su construcción.

Si se añade a este $\Delta \sigma$ el pretensado mínimo indispensable en invierno, el que corresponde a la relajación entre dos retesados y un cierto margen de seguridad, se ve que el pavimento quedará fuertemente pretensado en verano, con lo que correrá el riesgo de pandear. Este riesgo de pandeo es grave y personalmente temo que todos los pavimentos delgados pretensados, según este sistema fijo, están condenados, tarde o temprano, a pandear. Es lo que se ha producido en las carreteras experimentales belgas en el Limbourg, con 8, 10 y 12 cm de espesor; lo mismo sucedió en 1965 en el tramo fijo de Fontenay-Trésigny, de 12 cm de espesor.

No me es posible exponer aquí enteramente este complejo problema del pandeo y prefiero remitir a aquellos a quienes interese, al estudio citado anteriormente basado sobre cálculos teóricos y sobre la observación e interpretación de los pandeos que se han producido. Principalmente el de Fontenay-Trésigny, que se produjo a la vista de los ingenieros y con los aparatos automáticos de registro en pleno funcionamiento, ha sido particularmente instructivo.

Las conclusiones de este estudio son que el problema del pandeo clásico (es decir, el de una viga elástica de canto constante colocada sobre el suelo) puede resolverse fácilmente mediante el cálculo; pero eso no corresponde a los pandeos observados. Teóricamente no habría debido producirse el pandeo, ni en la carretera experimental belga ni en Fontenay-Trésigny, porque el pandeo necesita para iniciarse un levantamiento inicial de varios centímetros. Por el contrario, y esta es mi conclusión principal, el pandeo puede iniciarse si hay un comienzo de rotura del hormigón, principalmente por fisuras longitudinales y por fatiga. Ese fue el caso de Fontenay-Trésigny.

Esta conclusión pesimista puede no ser válida para las pistas de aterrizaje, puesto que su espesor es mayor que en carreteras. Efectivamente, la pista del aeropuerto de Bruselas y las dos del aeropuerto de Argel, que son, las tres, pretensadas según el sistema fijo, parecen resistir. Debe hacerse notar, no obstante, para estas dos últimas, que las condiciones climáticas son más favorables en Argel que en París y, especialmente, que las variaciones higrométricas actúan en sentido inverso que las térmicas y compensan en parte sus efectos.

Es de notar que en Fontenay-Trésigny, donde el hormigón es silíceo y las lluvias se reparten a lo largo de todo el año, no se ha observado ninguna acción de la higrometría sobre las tensiones. En cambio, en Argel, donde el hormigón es calizo y las lluvias se concentran en una estación húmeda, se ha comprobado una gran influencia de la higrometría sobre el comportamiento del hormigón.

La naturaleza del hormigón tiene una gran importancia en el pretensado, según el sistema fijo. La observación de las obras existentes, así como los estudios de laboratorio, han mostrado que el coeficiente $\lambda \cdot E_0$ puede variar entre 2,5 kp/cm², por grado centígrado, para hormigones calizos y 5 kp/cm², por grado centígrado, para hormigones muy silíceos, como orden de magnitud. Para los primeros, se debería tener, pues, en las condiciones climáticas de la región parisiense, una variación máxima de pretensado:

$$\Delta \sigma = 0{,}825 \times 60 \times 2{,}50 = 124 \text{ Kp/cm.}^2$$

lo que haría válida la solución.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

A continuación se enumeran otras soluciones que han sido propuestas para limitar $\Delta \sigma$.

1.ª El empleo de áridos ligeros (arcillas o escorias dilatadas) que permiten reducir mucho E e incluso ΔT, gracias a sus cualidades aislantes. Se han podido obtener así valores de $\lambda \cdot E_0$ inferiores a 2 kp/cm² por grado centígrado. Pero estos hormigones están sometidos a una gran fluencia. En el laboratorio de Gante, en Bélgica, se ha comenzado una interesante investigación sobre estos hormigones.

2.ª El calentamiento del hormigón en tiempo frío, lo que permite también evitar la escarcha. Se llega así a un máximo de $\Delta T = 50^{\circ}$ C en la región parisiense.

3.ª La protección térmica del hormigón mediante un revestimiento aislante. Se puede bajar así a $\Delta T = 50^{\circ}$ C e incluso 40° C.

4.ª Por último, una nueva solución está siendo objeto de investigaciones desde hace poco tiempo, sobre todo en Francia. Se trata de la fabricación industrial de áridos con muy bajo coeficiente de dilatación térmica, λ. Se sabe que una forma alotrópica de la sílice, S_iO_2, forma que se llama en Francia "vidrio de sílice", posee un λ de 0,0000003, es decir, cuarenta veces menor que la sílice y los silicatos normales. Además, ciertas investigaciones para la protección de satélites a su entrada en la atmósfera han mostrado que esta propiedad podía conferirse también a los silicatos mediante un tratamiento térmico apropiado. El problema es, entonces, un problema tecnológico e industrial; se trata de poder fabricar industrial y económicamente estos áridos que yo propongo llamar "áridos invar". Si esta investigación tiene éxito, es esperable poder fabricar hormigón con un $\lambda \cdot E_0$ inferior a 0,25 kp/cm² por grado centígrado, lo que llevaría a una variación máxima anual de pretensado de 15 kp/cm².

Lo anterior son perspectivas para el futuro que aún no han sido experimentadas. Conviene entonces, en mi opinión, en las condiciones actuales ser muy prudente en el empleo del sistema fijo para pistas de aterrizaje, debiendo venir precedidos los proyectos de estudios serios en laboratorio en cada caso particular. En cuanto a la utilización de este sistema para carreteras estimo que debería desecharse, al menos hasta que se hayan puesto a punto hormigones con valores muy bajos de $\lambda \cdot E$.

No hay que olvidar las dificultades de reparación de pavimentos pretensados según el sistema fijo, pues el hormigón está siempre en compresión y acumula una gran energía. No deben olvidarse tampoco las dificultades de esta solución en las curvas.

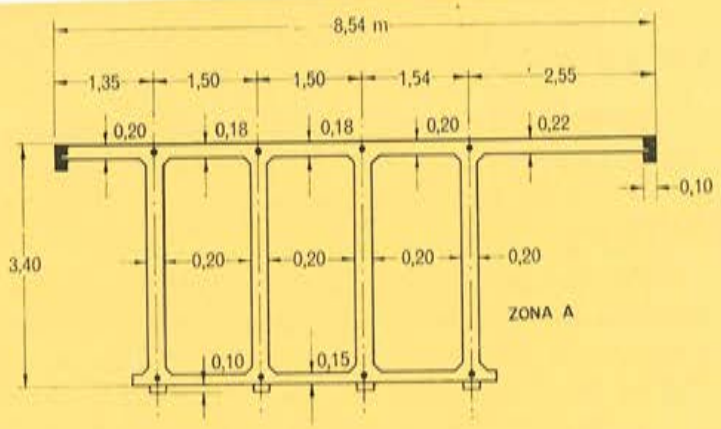


Fig. 6.—Sección transversal, en cajón, de la calzada del túnel del Montblanc.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Por el contrario, los temores que se habían tenido al principio sobre el buen comportamiento y el coste de los estribos han resultado exagerados. Se pueden realizar perfectamente estribos capaces y seguros cuya incidencia sobre el coste de la carretera sea muy pequeña.

Digamos, por último, que este sistema fijo de pretensado ha sido adoptado para la construcción del pavimento del túnel del Mont-Blanc. Pero allí el pavimento, que forma unidad con los conductos de ventilación, está formado por cajones (fig. 6) que no pueden pandear en absoluto.

SISTEMA MOVIL DE PRETENSADO INTERNO

Este sistema, que es el más antiguo, puesto que se aplicó en 1947 en la carretera de acceso al puente de Esbly, se deriva directamente de las técnicas clásicas de pretensado de estructuras. Consiste en colocar, en el plano medio de las losas, alambres, barras o cables que se tesan con gatos y se anclan en los extremos de las losas después de endurecido el hormigón. Las losas tienen entonces una longitud limitada, L, y pueden dilatar libremente deslizando sobre el terreno. No obstante se producen tensiones en el hormigón por causa del rozamiento con el terreno. Si se llama f a ese coeficiente de rozamiento y σ_0 al pretensado mínimo por debajo del cual no debe pasarse, se ve fácilmente que el pretensado en el extremo de la losa debe ser:

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \frac{f \cdot L}{8}$$

donde σ_1 y σ_0 se expresan en kp/cm², y L en metros (suponiendo un peso específico del hormigón de 2,5). Así, con $f = 1$; $\sigma_0 = 10$ kp/cm² y $L = 120$ m, resulta $\sigma_1 = 25$ kp/cm².

Este pretensado es constante en el tiempo, cualquiera que sea la temperatura, si el hormigón y el acero tienen coeficientes de dilatación análogos, lo que es el caso general. En cambio, la relajación del acero, la fluencia del hormigón y la influencia de las variaciones de la higrometría sobre el hormigón pueden disminuir el pretensado de un 20 a un 30 por 100; no es aquí posible, puesto que las vainas se inyectan obligatoriamente de cemento, retesar los alambres que han perdido parte de su tensión. Se deberá por ello dar a los aceros una tensión inicial de un 25 a un 35 por 100 más elevada que el valor σ_1 calculado más arriba.

Es de notar que en esta solución interesa utilizar hormigones silíceos porque tienen el mismo coeficiente de dilatación térmica que el acero, son poco sensibles a la higrometría y tienen una fluencia más moderada.

La longitud de las losas debe escogerse después de un estudio económico, pues si bien el pretensado necesario, σ_1, aumenta con la longitud según la fórmula precedente, hay en cambio unos gastos fijos por losa, tales como las juntas, los anclajes y las operaciones de tesado.

Este sistema de pretensado interno originó algunas dificultades en su comienzo, especialmente en Fontenay-Trésigny, porque el coeficiente de rozamiento f del hormigón sobre el terreno había sido ampliamente subestimado. Se creyó en aquélla época que, en el caso peor, ese rozamiento sería igual al rozamiento interno de la arena sobre la cual se colocaban las losas. Así, los cálculos en Fontenay-Trésigny se basaron sobre un coeficiente de rozamiento $f = 0{,}6$ correspondiente al ángulo de rozamiento interno, de 31°, de la arena

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

de Fontainebleau sobre la que se apoya el firme. Pero medidas posteriores más precisas de f, realizadas haciendo deslizar losas sobre el suelo mediante gatos vinieron a demostrar que f alcanzaba el valor 1,20 en el primer deslizamiento, y se estabilizaba en un valor próximo a la unidad después de varios deslizamientos en uno y otro sentido. Numerosas medidas efectuadas en Bélgica y Alemania Federal confirmaron luego estos valores elevados del coeficiente de rozamiento.

Yo creo que esta discrepancia entre la medida de f *in situ* y su medida en laboratorio bajo la forma de tg . φ proviene de la intervención *in situ* de la cohesión capilar de la arena, debida a la gran superficie de las losas. Una cohesión capilar de unas decenas de gramos, basta para explicar la discrepancia; y una cohesión tan débil, no es medible en los aparatos clásicos de cizallamiento, de muy poca superficie, de los laboratorios.

Se observa, pues, toda la importancia que tiene una reducción del coeficiente de rozamiento f en este sistema de pretensado. De ahí el gran interés de los estudios emprendidos en varios países sobre este tema. En Alemania principalmente, donde este problema ha sido muy estudiado, se han obtenido coeficientes f inferiores a 0,5, interponiendo entre el hormigón y el cimiento una doble hoja de plástico, con un lubricante sólido colocado entre ambas hojas. En Gran Bretaña se ha ensayado con éxito, según parece la interposición de una capa bituminosa fina entre la losa y su base. Por el momento parece prudente atenerse a un coeficiente f próximo a la unidad.

Se ve, entonces, que el inconveniente principal del sistema es que exige un gran consumo de acero por metro cuadrado. Así para fijar las ideas, tomemos el ejemplo precedente, $\sigma_1 = 25$ kp/cm² y supongamos que se trata de realizar un pavimento de carretera, de 12 cm de espesor, con aceros tesos inicialmente a 125 kp/mm² y en los que la caída de tensión con el tiempo puede estimarse en un 30 por 100. Un cálculo sencillo muestra entonces que esto exige un mínimo de 2,60 kg de acero por metro cuadrado. Si se cuentan además los aceros necesarios para el pretensado transversal, se llega a un total de 4 kg/m². Esto es un mínimo y es prudente mayorarlo ligeramente, pues las reparaciones son imposibles.

En Francia el coste de los aceros, colocación comprendida, es tal, que un kilogramo de acero por metro cuadrado equivale a 3-4 cm de espesor de hormigón. Resulta así, que un pavimento de hormigón pretensado de 12 cm cuesta igual que uno de hormigón tradicional de 25 cm. Y si se añade el precio de las juntas que hay que interponer entre las losas se comprende que la carretera de hormigón pretensado, según este sistema, no sea competitiva con una carretera clásica.

Este desencaje del precio se acentúa aún más con el empleo de las potentes máquinas de encofrado deslizante utilizadas para construir industrialmente las carreteras modernas. A mi juicio, el porvenir de la construcción vial está en estas máquinas modernas y me cuesta trabajo imaginar que la considerable mano de obra especializada, necesaria para realizar este tipo de pretensado en las carreteras, pueda hacer viable esta solución. Además, estos pavimentos delgados son de difícil acabado superficial y sus juntas, a pesar de todo, continúan siendo puntos débiles.

Ello explica el escaso desarrollo de las carreteras de hormigón pretensado según este sistema, actualmente. No se debe a una causa técnica, pues se ha comprobado que todos los tramos experimentales en los que el pretensado alcanza los valores calculados más arriba se han comportado bien, incluso bajo un tráfico intenso y pesado. Si se toman estas precauciones se obtiene un pavimento sólido y seguro, pero demasiado caro.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Lo dicho es cierto para las carreteras, pero no lo es, necesariamente, para las pistas de aterrizaje porque, en este caso, el espesor del hormigón y su pretensado pueden adaptarse mejor a las condiciones locales y a las cargas por rueda. Resultan de ahí economías que pueden hacer competitivo el sistema. Eso explica que se hayan construido en el mundo muchas pistas de aterrizaje según este sistema, principalmente en Alemania Federal. Estas pistas de aterrizaje parecen comportarse bien actualmente y muchas de ellas tienen ya más de cinco años de edad.

¿Cabe esperar, en un próximo futuro, progresos en esta técnica, principalmente en lo que se refiere a carreteras?.

Para empezar es esperable una baja relativa del precio de los aceros o un aumento de su resistencia a rotura. Pero en mi opinión la técnica debería orientarse, principalmente, hacia una industrialización de la puesta en obra, lo cual supondría, probablemente, un mayor progreso y economía. Merece citarse un nuevo procedimiento, imaginado y ensayado recientemente en Alemania Federal, que consiste en prefabricar en taller barras de hormigón, de 14 m de longitud y 100 cm² de sección, con una armadura central fuertemente tesa. Poco tiempo después de fabricadas se colocan estas barras sobre el suelo y se hormigona por encima (fig. 7). La fluencia de las barras prefabricadas provoca el pretensado del pavimento de hormigón.

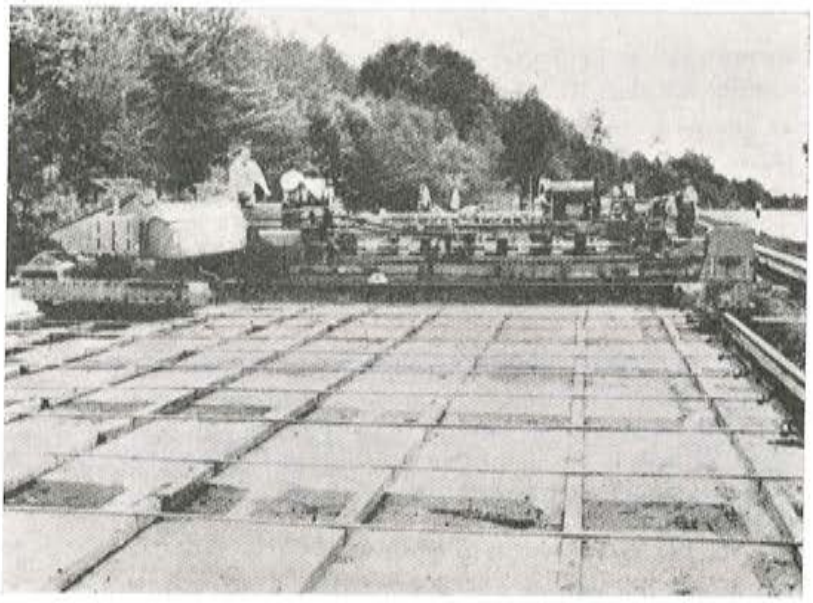


Fig. 7.—Hormigonado de una losa de pretensado interno, utilizando "barras" de hormigón.

Aunque este sistema disminuye, en parte, el rendimiento de los aceros puede resultar interesante por las reducciones de coste que proporciona en la puesta en obra. Una carretera de este tipo puede ejecutarse empleando las poderosas máquinas modernas.

Merece citarse también el interés de los aceros colocados en diagonal, que permiten realizar a la vez el pretensado transversal y el longitudinal. Incluso es posible, haciendo variar la dirección de los alambres, adaptar el pretensado longitudinal al valor que debe tener realmente. Este pretensado longitudinal, a una distancia x del centro, debe variar según la fórmula:

$$\sigma = \sigma_1 - \frac{2x}{L}(\sigma_1 - \sigma_0)$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

En el ejemplo precedente: $\sigma_o = 10$ kp/cm², $f = 1$, $L = 120$ m, y admitiendo un pretensado transversal de 7,5 kp/cm², la economía debida a la adaptación del pretensado longitudinal sería del 23 por 100 sobre el peso por metro cuadrado de los aceros de pretensado.

SISTEMA MOVIL DE PRETENSADO EXTERNO

Nos queda por examinar el último sistema de pretensado; el sistema móvil de pretensado externo. La prolongación de 400 m de la pista de Orly, en 1947 era de este tipo. Se han ideado numerosas soluciones para realizar los muelles-resortes que se interponen entre las losas: juntas de cable y bajo losa, juntas de tracción-compresión (figs 8 y 9), juntas delta (fig 10), etc.

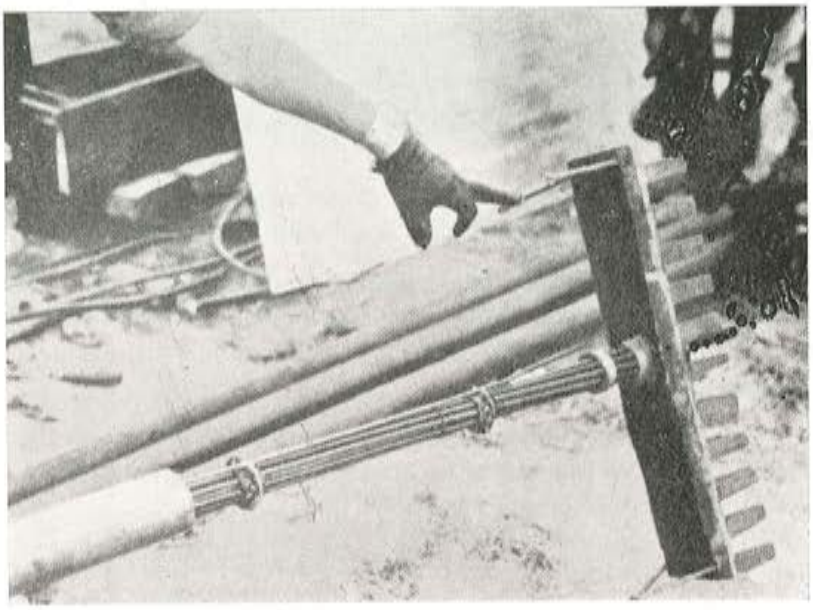


Fig. 8.—Detalle de un muelle-resorte, tracción-compresión, antes de su colocación en el pavimento.

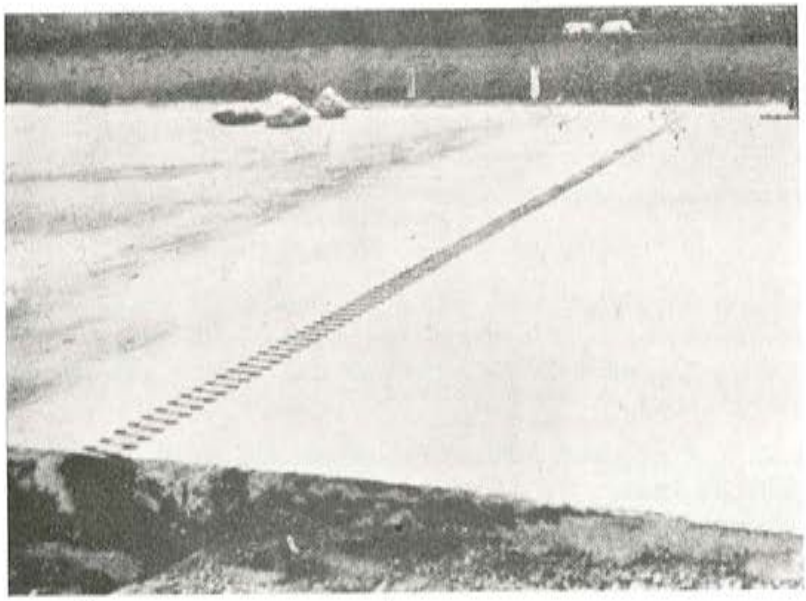


Fig. 9.—Vista de la junta con muelle-resorte, tracción-compresión, después de acabada.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

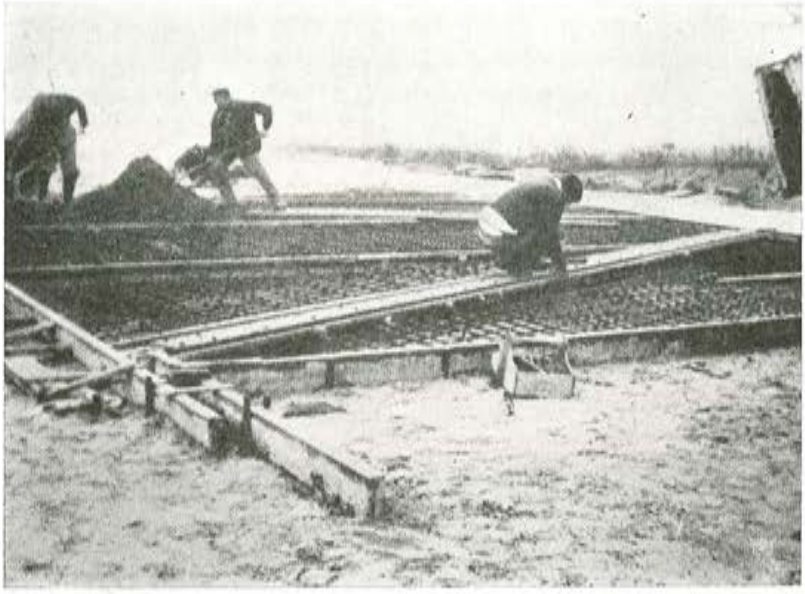


Fig. 10.—Ferralla de una junta "delta".

El interés de estos dispositivos de resortes metálicos es que conducen a una gran economía de acero en relación con la solución por pretensado interno.

Si tomamos por ejemplo la junta de cable y bajo losa, deberá producir en el extremo de la losa un pretensado σ_1 en las condiciones más desfavorables, es decir, cuando la losa esté lo más contraída por el frío, la retracción y la fluencia. Ello dará, en verano, un pretensado más elevado, σ_2.

Las tracciones en los alambres serán entonces, respectivamente, σ'_1 y σ'_2. Si S es la sección de acero por metro de anchura de losa de canto h, se tiene, tomando como unidades el kp/cm² y el centímetro:

$$S \cdot \sigma'_1 = 100\, h\, \sigma_1$$
$$S \cdot \sigma'_2 = 100\, h\, \sigma_2$$

Además, se tiene:

$$\frac{\sigma'_2 - \sigma'_1}{E} = \frac{e}{2\,L'}$$

donde E es el módulo de elasticidad del acero, L' la longitud de los alambres y e la variación máxima de la anchura de una junta entre losas.

Esta variación e es aproximadamente igual a:

$$e = \lambda \cdot \Delta T \cdot L$$

En realidad, para evaluar bien e habría que tener en cuenta también el alargamiento térmico de los alambres y su relajación, así como la compresión elástica, la fluencia y la retracción del hormigón; pero todos estos son términos correctivos que, además, influyen en sentidos diferentes y pueden compensarse.

En estas fórmulas se conoce: h, E, σ_1 (valor mínimo del pretensado en el hormigón) y σ_2 (valor máximo de la tensión de trabajo del acero). Las otras magnitudes deben determinarse de forma que resulte mínimo el peso del acero:

$$P = 2\, s \cdot L' \cdot \gamma$$

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

De todas estas ecuaciones se deduce:

$$P = \frac{100\, h \cdot \sigma_1 \cdot e \cdot E}{\sigma'_1 (\sigma'_2 - \sigma'_1)}$$

donde σ'_1 es la única incógnita. Se ve que P será mínimo para $\sigma'_1 = \frac{1}{2}\, \sigma'_2$ y se tendrá:

$$P_m = \frac{400\, h \cdot \sigma_1 \cdot e \cdot E}{(\sigma'_2)^2} = 400\, h \cdot E \cdot \lambda \cdot \Delta T \frac{\sigma_1 \cdot L}{(\sigma'_2)^2}$$

en tanto que en el sistema de pretensado interno se tenía:

$$P'_m = 100\, h \frac{\sigma_1 \cdot L}{\sigma'_2}$$

En el caso del pretensado interno, la cantidad de acero necesaria es inversamente proporcional a la resistencia del acero. En el caso del pretensado externo, esta cantidad de acero necesaria es inversamente proporcional al cuadrado de la resistencia del acero. Existe, pues, un gran interés en aumentar esta última.

Para fijar las ideas, calculemos este peso de acero, por metro de longitud de losa, en el ejemplo numérico que sigue:

$$\begin{aligned} h &= 12 \text{ cm.} \\ \sigma_1 &= 25 \text{ kp/cm.}^2 \\ \sigma'_2 &= 10.000 \text{ kp/cm.}^2 \\ E &= 2.000.000 \text{ kp/cm.}^2 \\ \lambda &= 0{,}00001 \\ \Delta T &= 60^\circ \text{ C.} \end{aligned}$$

Resulta que

$$\frac{P'_m}{L} = 2{,}35 \text{ kg} \quad y \quad \frac{P_m}{L} = 1{,}12 \text{ kg}$$

Se observa, pues, que hay una importante economía de acero; y esta economía podría ser aún mayor utilizando aceros de resistencia más elevada.

Otra ventaja de esta solución reside en el hecho de que algunos de estos dispositivos pueden prefabricarse en taller. En cambio, tiene el grave inconveniente de exponer a los aceros a la corrosión bajo tensión. Estos aceros, en efecto, no pueden protegerse mediante inyección de cemento, porque deben poder moverse libremente. Se les protege entonces con betún o aceites minerales. Pero si esta protección ha sido eficaz en ciertos casos, en otros ha llevado, al cabo de varios años, a corrosiones bajo tensión muy graves, sea por penetración de agua en los dispositivos, sea por alteración de los aceites de protección.

Como las juntas elásticas actualmente proyectadas y empleadas no permiten la reparación, temo que este riesgo de corrosión bajo tensión sea demasiado grave para que los ingenieros de carreteras quieran tomar la responsabilidad de desarrollar esta solución. Tanto más cuanto que se han ideado y ensayado otros tipos de juntas elásticas más satisfactorios. Y voy a hablar especialmente de las juntas neumáticas.

En efecto, hay que subrayar que todos estos dispositivos de pretensado externo son esencialmente acumuladores de energía, puesto que su acción se evalúa por el producto del empuje de pretensado que crean por las variaciones de anchura de la junta. Pero el acero es un acumulador de energía muy malo y cuesta caro por kilogramo. En cambio, el

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

aire comprimido es un excelente acumulador de energía y su coste es muy pequeño. Sin embargo, hay que encerrar ese aire en cajas estancas, sólidas y móviles.

Se han imaginado y ensayado varias soluciones para realizar estas juntas neumáticas, especialmente sobre los tramos experimentales de Fontenay-Trésigny y de Madrid (figura 11). La estanquidad se asegura mediante una cámara de caucho y la resistencia mecánica mediante una envolvente metálica.

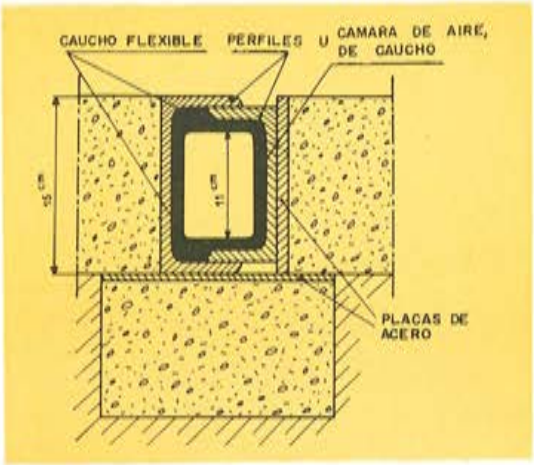


Fig. 11.—Sección del primer tipo de junta neumática.

La dificultad reside en evitar la perforación de la cámara en las juntas metálicas, en el transcurso de los movimientos de las juntas. Al principio de los ensayos de Fontenay-Trésigny se observaron, efectivamente, numerosos pinchazos en las cámaras. Esta junta neumática ha sido perfeccionada por la Sociedad Kléber Colombes protegiendo la cámara de caucho con una segunda envoltura de caucho (fig. 12). Esta nueva junta ha dado

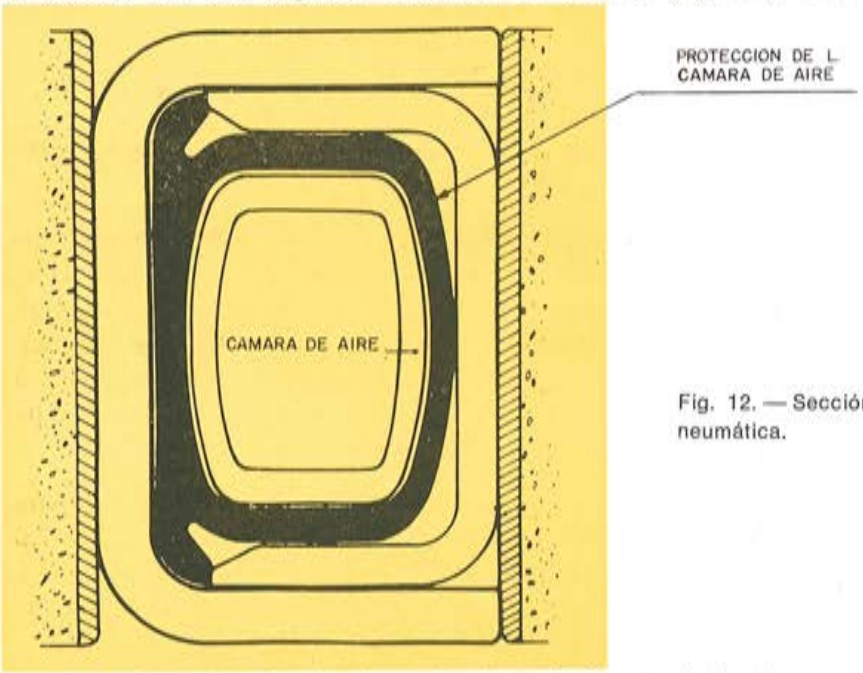


Fig. 12. — Sección del nuevo tipo de junta neumática.

entera satisfacción sobre las losas de 70 m de longitud de Fontenay-Trésigny. En cambio, ha originado dificultades en el tramo experimental español, con losas de 125 m de longitud. A mi juicio, estos inconvenientes derivan del hecho de que el caucho se adhiere fuertemente al metal y no desliza sobre éste cuando la junta se abre y se cierra. Resulta enton-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

ces que la dilatación del caucho no se efectúa más que sobre una longitud muy limitada; se comprende, pues, que este tipo de junta no pueda utilizarse más que para aberturas de junta inferiores a un cierto valor, es decir, para losas de longitud limitada.

Es notable, sin embargo, la robustez, bajo las cargas, de este tipo de junta elástica y su flexibilidad de puesta en obra, de reglaje y de reparación (basta con inflar o desinflar las cámaras). Es también notable su coste relativamente bajo por metro cuadrado de carretera y la posibilidad de construir industrialmente estas carreteras de hormigón, con la ayuda de máquinas potentes, como las de encofrado deslizante. Basta en estos casos, después del paso de la máquina, cortar en el hormigón fresco el emplazamiento de la junta neumática y proceder luego a insertar ésta,que no tiene más de 10 a 20 cm de espesor, en dicho alojamiento. Es importante también, como gran ventaja de este tipo de junta,

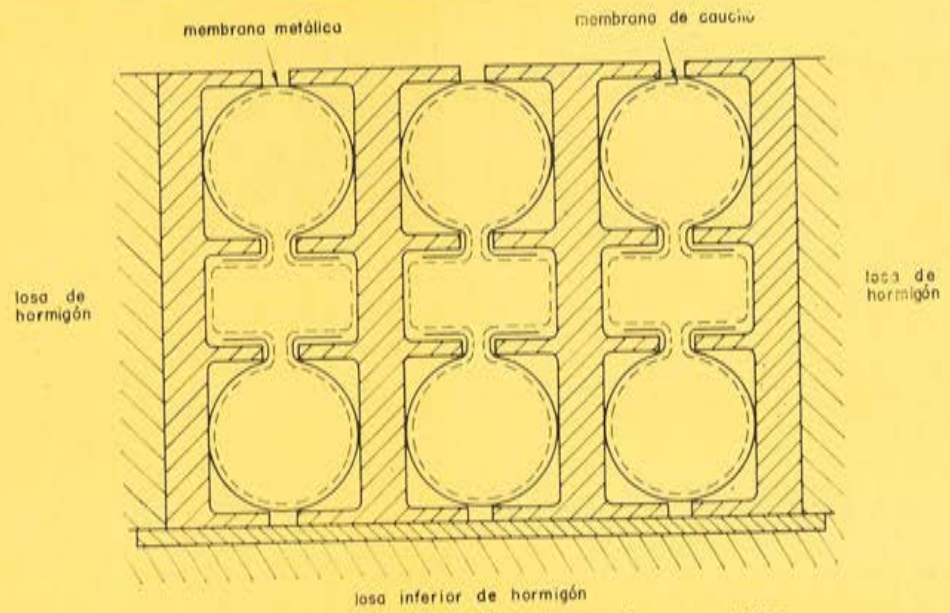


Fig. 13.—Nueva junta neumática, con membrana metálica.

que permite regular a voluntad el pretensado y ello desde el comienzo del endurecimiento del hormigón. Estas juntas permiten así evitar la fisuración por retracción higrométrica o térmica del hormigón, especialmente en sus primeras edades, es decir, cuando más sensible es a esta fisuración.

Por tanto, hay un gran interés en perfeccionar estas juntas neumáticas e incluso en idear nuevos tipos. Me limitaré a indicar aquí un proyecto de junta neumática en el cual el movimiento de la junta se obtiene no por deslizamiento de dos superficies metálicas, sino por flexión de una membrana flexible (fig. 13). Este nuevo tipo de junta no ha sido experimentado todavía, pero estoy convencido de que permitirá construir carreteras de hormigón pretensado seguras y económicas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

CONCLUSIONES

Creo haber dibujado así una panorámica resumida, pero bastante completa, de la técnica de carreteras en hormigón pretensado. Sin duda que esta técnica, después del entusiasmo inicial, ha conocido algunas dificultades y ha desanimado a ciertos ingenieros de carreteras. Permítaseme, no obstante, afirmar aquí mi convicción de que estas enfermedades de juventud son ahora evitables y que si esta técnica es por sí misma compleja, sus leyes parecen ya establecidas y en el futuro deberemos asistir a un gran desarrollo de las carreteras de este tipo.

REFERENCIA

(1) Peltier, R.: "Nota sobre la reología del hormigón fuertemente comprimido, deducida principalmente de los resultados de los ensayos de Fontenay-Trésigny". *Annales des Ponts et Chaussées*, vol. 133, núm. 4, julio-agosto 1963, págs. 425-464.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

591 - 8 - 8

postes de hormigón pretensado en polonia

W. GRZEGORZEWSKI

Texto de la comunicación presentada al Simposio Internacional de la F.I.P. sobre «Elementos prefabricados, de hormigón pretensado», celebrado en Madrid, en Junio de 1968

INTRODUCCION

Los postes de hormigón pretensado, con armaduras pre o postesas, han sido utilizados, hasta ahora, solamente para líneas de telecomunicación y en tendidos eléctricos. Existen tres fábricas de postes de hormigón, dos de las cuales producen postes con armaduras pretesas, y una con armaduras postesas. En el presente informe se indican los detalles técnicos de fabricación en cada una de las tres plantas citadas.

FABRICA DE PODKANOW

Esta fábrica produce postes con armaduras pretesas para líneas de telecomunicación. En el cuadro número 1 se resumen los datos técnicos de dichos postes.

CUADRO 1

Tipo de poste	Dimensiones en cm			Peso en kg	Núm. de alambres	Cargas $\frac{P_y}{P_x}$ en kp			Flecha admisible	
	Longitud	Sec. transv.								
		Extremo superior	Extremo inferior			Admisible	Fisuración	Rotura	f_y	f_x
SS 6	600	10 × 10	13,5 × 13,5	180	18	74/45	94/56	186/37	6	7
SS 7	700	10,5 × 10,5	14,5 × 14,5	225	20	78/45	103/56	193/130	10	9
SS 7,2	720	14 × 18,5	20,5 × 27,5	415	28	340/83	410/105	600/218	6	6
SS 8,5	850	15 × 15	22 × 22	420	36	194/91	254/113	468/192	12	12
SS 8,5	850	12 × 12	16 × 16	290	24	85/48	110/59	215/123	9	9

NOTA: P_x = carga paralela a la línea.
P_y = carga perpendicular a la línea.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

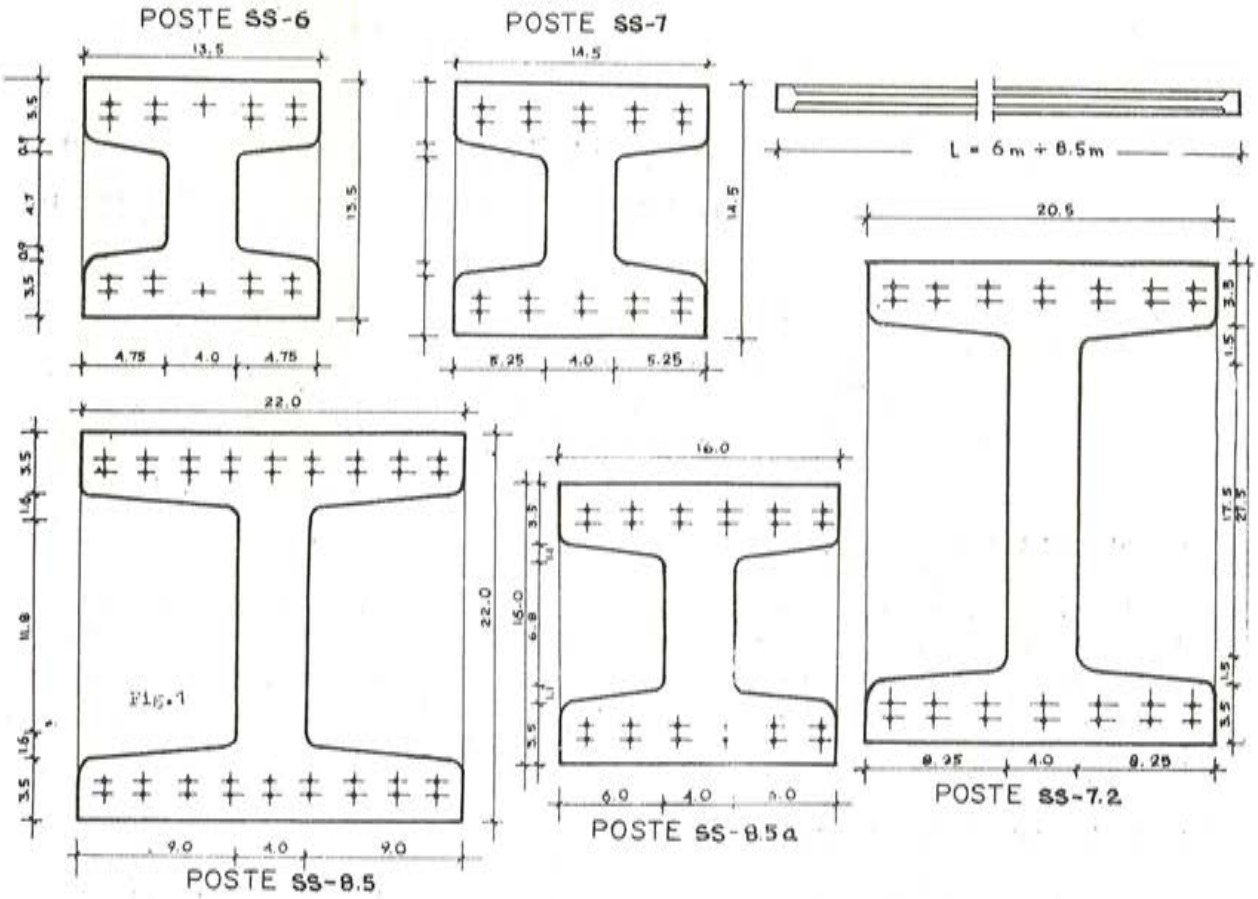


Figura 1.

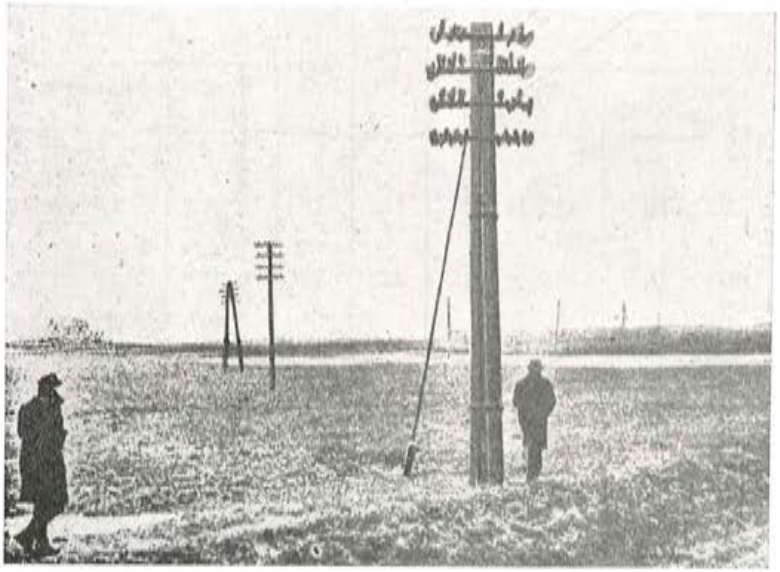


Figura 2.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

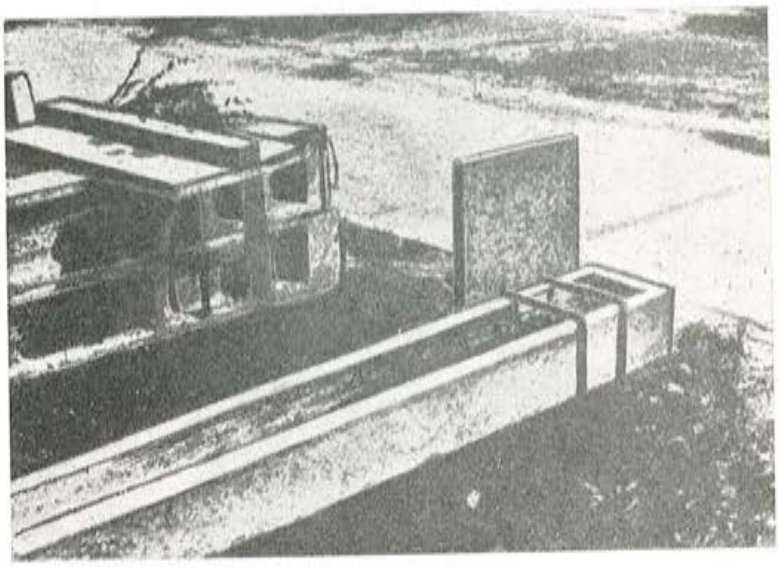


Figura 3.

La figura 1 representa las secciones transversales del extremo inferior de los distintos tipos de postes.

La resistencia del hormigón es de 400 kp/cm². Se utilizan alambres de 2,5 mm de diámetro y de 21.000 kp/cm² de resistencia. La prefabricación se realiza en bancadas fijas de gran longitud y utilizando el curado al vapor. Cada ciclo de producción dura unas veinticuatro horas. La producción anual es de 80.000 postes, aproximadamente.

La longitud normal de las bancadas de prefabricación es de 50 m. Los postes son de tipo sencillo o doble, pudiendo estos últimos estar unidos en toda su longitud o sólo en su extremo superior (tipo A). Los tres tipos se muestran en la figura 2. En suelos compactos, los postes suelen fijarse directamente en el terreno sin ninguna sujeción auxiliar, mientras que para anclarlos en suelos sueltos se les acoplan unos elementos transversales en forma de vigas o placas. En la figura 3 se reproduce uno de estos elementos de sujeción en forma de placa, y en la figura 4, otro en forma de viga. En la figura 5 pueden verse dos postes simples unidos por el extremo superior (tipo A).

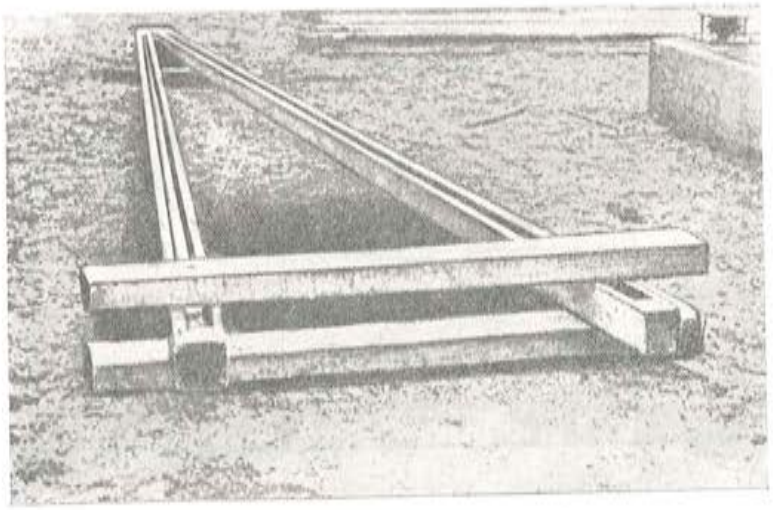


Figura 4.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

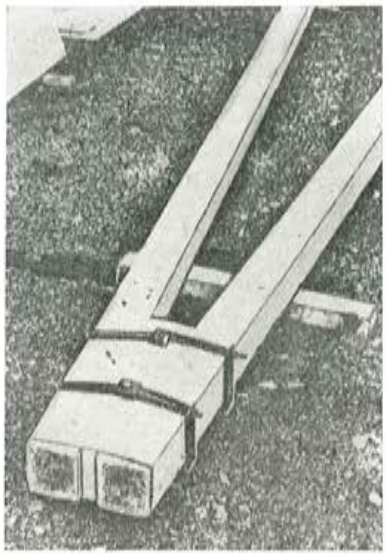


Figura 5.

FABRICA DE WOLA FILIPOWSKA

Fabrica postes con armadura pretesa para líneas eléctricas de bajo y medio voltaje (15 y 30 KV).

Produce tres tipos de postes: los BSW-12/200, BSW-12/350 y BSW-14/350. El primer número en la designación indica la longitud del poste en metros, y el otro, la carga nominal admisible en kilopondios. Por carga nominal se entiende el valor admisible de la carga originada por los conductores y accesorios de sujeción.

La carga nominal se supone que actúa a 0,20 m de distancia del extremo superior del Poste.

La resistencia del hormigón es de 400 kp/cm². Se utilizan alambres de 5 mm de diámetro. Los postes son de estructura en celosía en la mayor parte de su longitud. El cuadro 2 resume las principales características de los respectivos postes.

CUADRO 2

Tipo de poste	Dimensiones en cm			Peso en kg.	Cantidad de acero ϕ 5 mm en kg	Carga en kp	
	Longitud	Sec. transv.					
		Extremo superior	Extremo inferior			P_y	P_x
BSW-12/200	1.200	18 × 13,5	37,2 × 24,3		29,5	260	90
BSW-12/350	1.200	20 × 15	39,2 × 25,8		44,0	420	150
WBS-14/350	1.400	20 × 15	42,4 × 27,6		57,1	450	160

NOTA: P_x = carga paralela a la línea.
P_y = carga perpendicular a la línea.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

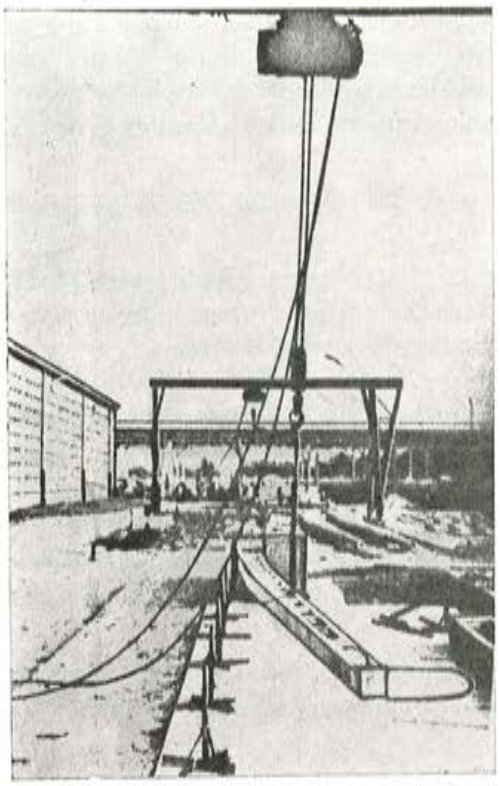


Figura 6.

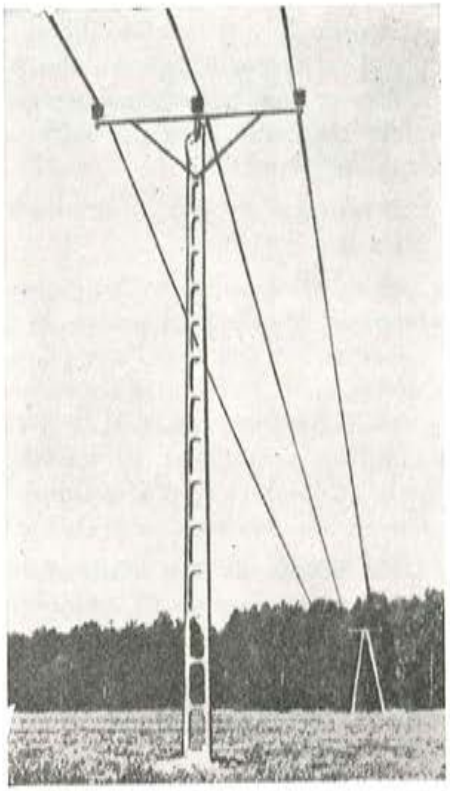


Figura 7.

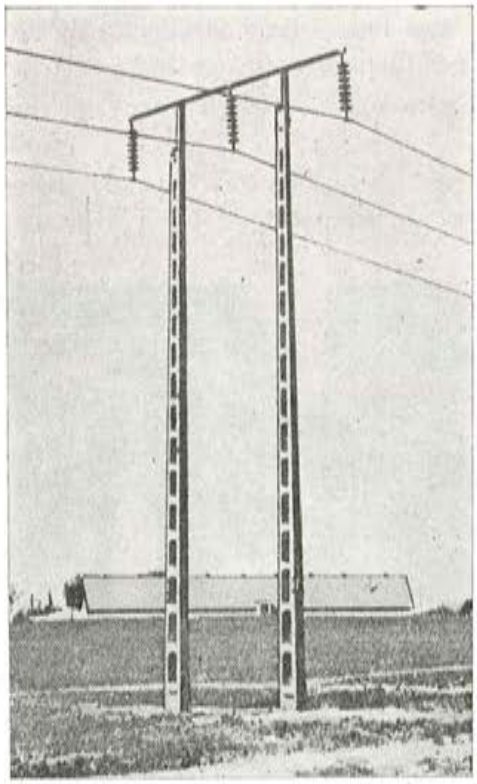


Figura 8.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

La armadura de pretensado se dispone en forma de lazo y se ancla en una doble silla de acero en la parte superior del poste y en cuatro casquillos en la inferior. El pretensado se realiza en una plataforma especial, provista de moldes rígidos que se desplazan transversalmente mediante unas carretillas apropiadas. El alargamiento de los alambres es de 7 cm, aproximadamente.

El número de moldes empleados para cada uno de los diferentes tipos de poste varía de 40 a 60.

La fabricación se realiza sobre dos plataformas diferentes: una para postes de 12 m de longitud, y otra para postes de 14 metros. Sobre la plataforma correspondiente se coloca, sobre amortiguadores, una placa de las dimensiones adecuadas al poste que se va a fabricar y a la cual van soldados los noyos para el moldeado de los aligeramientos del poste. Los amortiguadores tienen la forma de pequeños soportes, a los cuales se fijan, permanentemente, los vibradores. El hormigonado se hace a mano. Después del moldeo y vibrado, el poste es conducido, por medio de un puente-grúa, a las cámaras de vapor. La placa con los correspondientes noyos permanece sobre la plataforma.

Los moldes no son desmontables, por lo que hay que sacar el poste empujándolo longitudinalmente después de retirados los testeros, presionando su cabeza superior por medio de un gato hidráulico.

Los postes se ensayan sobre una plataforma especial (fig. 6). Las figuras 7 y 8 muestran los postes utilizados para líneas de tendido eléctrico; pueden ser simples y dobles, y estos últimos en forma de A o de H.

En 1967 se fabricó un prototipo de un nuevo poste de 20 m de longitud. Su sección transversal externa es rectangular y el hueco interior lleva las esquinas matadas. La armadura de estos postes es la misma que la del tipo BSW. El tesado y el moldeo se hacen en los moldes autorresistentes representados en la figura 9. En la parte inferior se fijan dos travesaños pretensados. Los brazos para la sujeción de los cables del tendido eléctrico están constituidos también por travesaños de este tipo.

El pilote pesa 5,70 t, y para transportarlo a través del campo se utiliza un trailer especial.

Se ensayó una sección experimental de una línea de transmisión construida con este tipo de pilotes para observar su comportamiento en líneas de alto voltaje (110 y 120 KV).

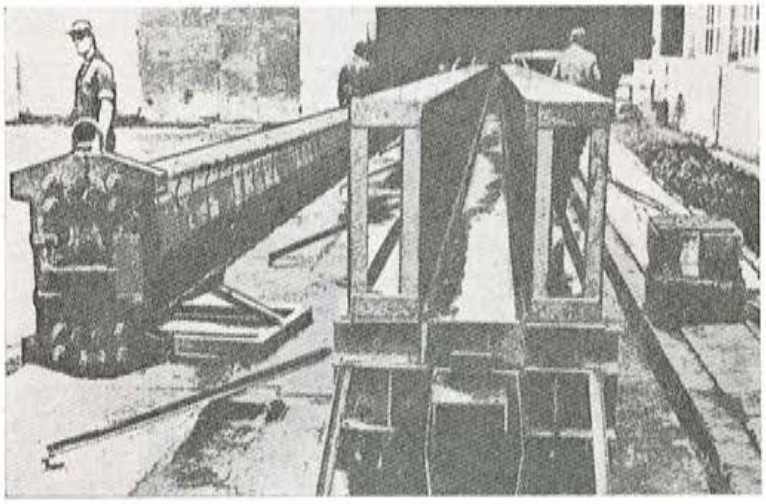


Figura 9.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

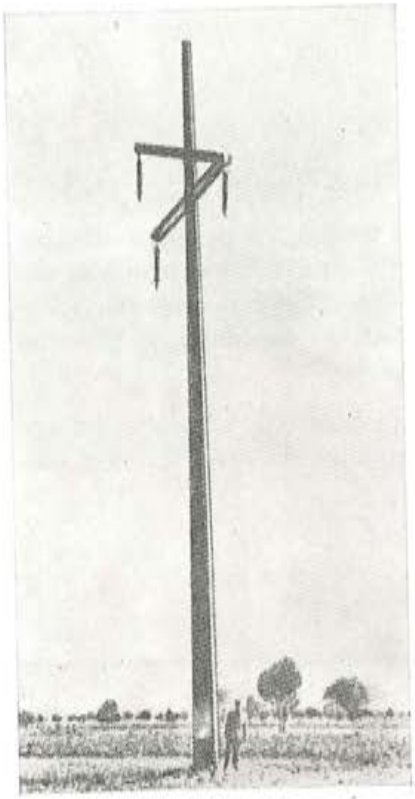


Figura 10.

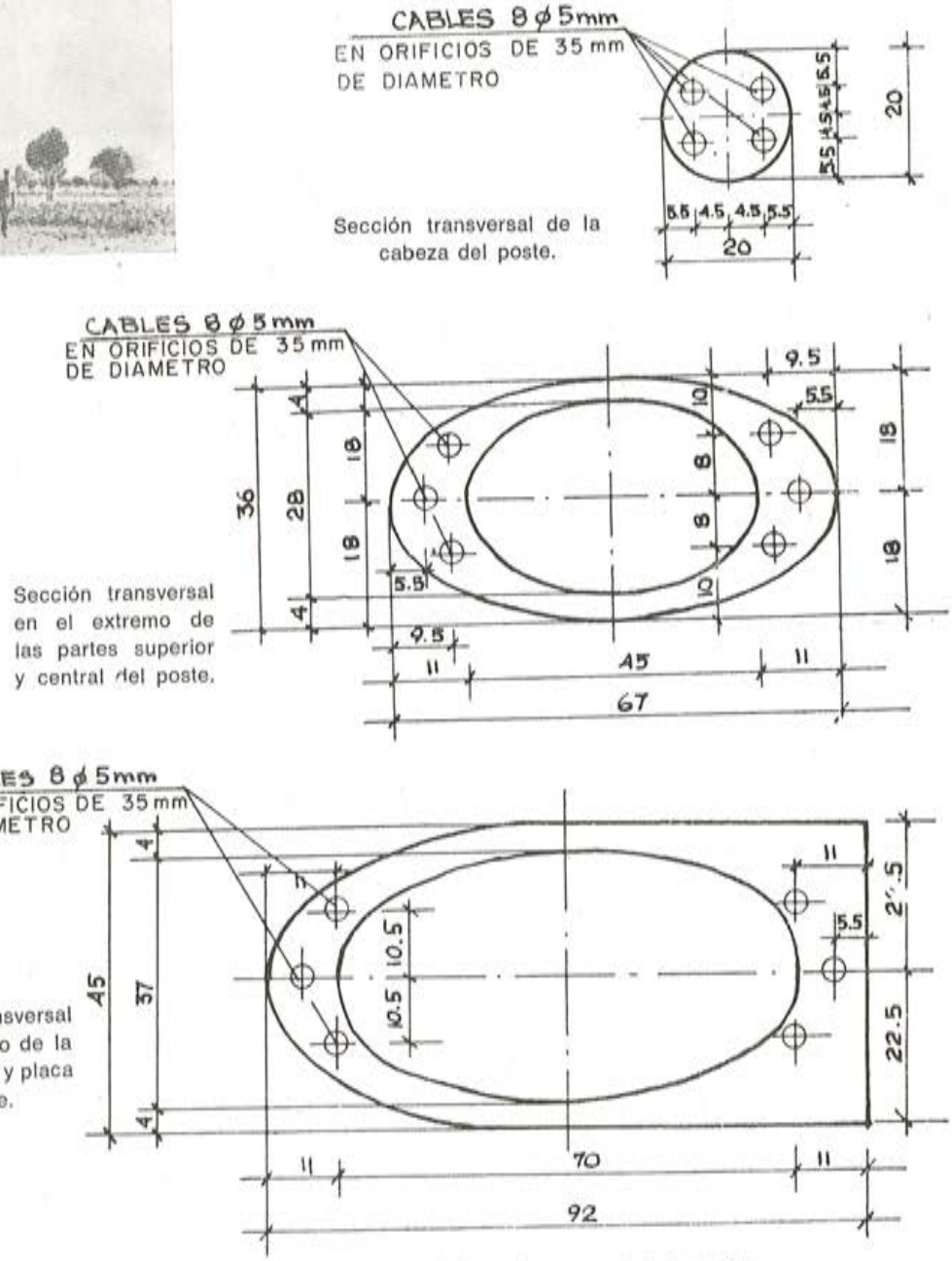


Fig. 11. — Secciones transversales características de un poste intermedio.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

LA FABRICA DE PLOCK

Fabrica postes postensados para líneas de alta tensión (110 KV).

Para facilitar su transporte particularmente a través del campo, los postes se dividen en tres partes que se llevan por separado hasta su lugar de colocación. Una vez allí se ensamblan sobre el suelo y se postensan. Los brazos transversales están formados por ménsulas pretensadas. Después de fijados los brazos transversales y los aisladores, el poste se levanta y coloca en su posición apropiada.

La figura 10 muestra un poste simple intermedio, y en el cuadro 3 se indican sus características. En la figura 11 se representan los esquemas acotados de sus diferentes secciones.

Se fabrican anualmente unos 600 postes de este tipo.

CUADRO 3

Elemento	Dimensiones			Peso en kg	Número de cables	Cantidad de acero ϕ 5 mm en kg
	Longitud / m	Sec. transv. en cm				
		Superior	Inferior			
Parte superior	7,00	ϕ 20	28 × 43	790	4 cables 8 ϕ 5	
Parte media	7,00	28 × 43	36 × 67	1.230	4 cables 8 ϕ 5 + 2 cables 10 ϕ 5	
Parte inferior	7,80	36 × 67	45 × 92	2.060	Idem	
Poste completo ...	21,80	ϕ 20	45 × 92	4.080		165,5

Para cerrar el hueco interior en la base del poste se fija una placa de hormigón armado. Los seis cables van anclados a esta placa.

En suelos poco compactos se utilizan para el arriostramiento del poste placas de hormigón armado que se unen a las caras menores de su base por medio de grapas de acero resistentes a la corrosión. En suelos compactos no es necesario el arriostramiento.

Los tramos normales tienen una longitud de 250 a 280 metros. Hasta ahora se han construido líneas de tendido eléctrico de más de 200 km de longitud. Los postes se han comportado perfectamente a pesar de haber estado expuestos a fuertes tormentas y vientos.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

V CONGRESO INTERNACIONAL DE LA F.I.P. - París.- Junio 1966

INFORME ESPECIAL N.º 4

HORMIGON LIGERO

Preparado por la Comisión de la F.I.P. sobre hormigón ligero pretensado.

PROLOGO

Los datos presentados en este informe proceden de los trabajos llevados a cabo por la Comisión de la F.I.P. sobre hormigón ligero pretensado. Esta Comisión ha presentado un informe al V Congreso de la F.I.P. en el que se exponen diversos aspectos del hormigón ligero pretensado, incluyendo una exposición detallada de las propiedades físicas del hormigón ligero para estructuras.

Estos datos se basan en el estudio de cuarenta hormigones ligeros. En la figura 1 se muestra una comparación limitada con cinco hormigones normales hechos con arena y grava o áridos machacados. En general, los diversos hormigones mostraron asientos que oscilaban entre 2,5 y 10 cm; el contenido de aire variaba desde el 4 al 7 por 100.

Debe señalarse que los diversos gráficos que se incluyen no sirven para ser utilizados como medida precisa de cada propiedad, sino que sirven solamente como indicación del orden de magnitud.

Los datos a partir de los cuales se prepararon estos gráficos se basaban en la resistencia cilíndrica. Para presentarlos aquí, han sido transformados a resistencia cúbica, dividiendo convencionalmente por 0,85.

También se incluye una tabla de datos obtenidos a partir de un trabajo de Hanson aparecido en el *Journal of the Prestressed Concrete Institute*.

Asimismo, se incluye una bibliografía seleccionada de artículos de particular interés para los interesados en el tema del hormigón ligero pretensado, incluyendo el hormigón celular.

La Comisión ha realizado una encuesta sobre la utilización del hormigón ligero en diversos países, cuyos resultados aparecen en un documento aparte.

HORMIGON LIGERO PRETENSADO

FIGURA 1.—Comparación de los resultados de cinco hormigones normales típicos fabricados con arena y grava o árido machacado. Todos los valores vienen dados con respecto al hormigón C hecho con arena y grava de Elgín (Illinois).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

FIGURA 2.—Nota general: En todas las figuras 2, las áreas sombreadas representan las zonas dentro de las cuales varían las propiedades de los 40 hormigones ligeros. El valor medio está representado por una raya continua. La línea de puntos indica los valores obtenidos en un hormigón fabricado con arena y grava de Elgín (hormigón C).

En las figuras 2-*a* a 2-*e*, 2-*g* y 2-*i* a 2-*k* se hace referencia a los "casos I y II". El caso I se refiere a hormigón realizado con el 100 por 100 de árido ligero. El caso II es el fabricado con árido grueso ligero y arena fina normal.

Figura 2-*a*.—Relación entre el contenido en cemento y la resistencia a compresión.

Figura 2-*b*.—Relación entre el contenido de agua y la resistencia a compresión.

Figura 2-*c*.—Relación entre el peso específico y la resistencia a compresión. El peso específico es el del hormigón fraguado y curado al vapor a la presión atmosférica o bien con curado normal (siete días a 23° C y 100 por 100 de humedad relativa, seguido de un secado a 23° C y 50 por 100 de humedad relativa. ASTM C 330).

Figura 2-*d*.—Relación entre el módulo de elasticidad y la resistencia a compresión. El módulo de elasticidad considerado es el módulo secante, según lo establecido en la norma ASTM C 469-61 T.

Figura 2-*e*.—Relación entre la fluencia y la resistencia a compresión. Curado normal.

Figura 2-*f*.—Relación entre la fluencia y la resistencia a compresión. Curado al vapor a la presión atmosférica y temperatura máxima de 65° C. (Nótese que en la figura 1 se indica que el hormigón C tiene menor fluencia que los hormigones ordinarios restantes.)

Figura 2-*g*.—Relación entre la retracción y la resistencia a compresión. Curado normal. (Ver la definición dada en 2-*c*.)

Figura 2-*h*.—Relación entre la retracción y la resistencia a compresión. Curado al vapor. (El hormigón se deja endurecer durante cuatro horas, a continuación se introduce vapor, cuya temperatura aumenta 22° C por hora hasta un máximo de 60-70° C. Después de doce horas a la temperatura máxima, las probetas se dejan enfriar durante dos horas antes de ser desmoldadas.)

Figura 2-*i*.—Relación entre las resistencias a tracción y compresión. Las muestras se almacenan húmedas, a 23° C, y se ensayan húmedas. (Para la definición de resistencia a tracción véase la norma ASTM C-496.)

Figura 2-*j*.—Relación entre las resistencias a tracción y compresión. Después del curado se dejan secar las probetas a 23° C con el 50 por 100 de humedad relativa y se ensayan en estas condiciones.

Figura 2-*k*.—Relación entre el factor de durabilidad (medida de la resistencia al hielo-deshielo) y la resistencia a compresión. El factor de durabilidad está definido en la norma ASTM C-290-61 T.

Figura 2-*l*.—Resistencia al fuego del hormigón ligero pretensado para estructuras. La clasificación de esta resistencia al fuego se basa en la transmisión de calor a través del ala superior y de la capa de acabado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Figura 2-*m*.—Relación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión para hormigón fabricado totalmente con árido ligero. Curado normal. (Para condiciones húmedas y secas compárense las figuras 2-*i* y 2-*j*). El módulo de rotura es la resistencia a flexión determinada por el método de la norma ASTM C-678.

Figura 2-*n*.—Relación entre el módulo de rotura y la resistencia a compresión. Curado al vapor a la presión atmosférica y a temperatura máxima de 65° C.

Figura 2-*p* (izquierda).—Relación entre la tensión de adherencia (ensayo de arrancamiento) y la resistencia a compresión.

Figura 2-*q* (derecha).—Relación entre la deformación de rotura y la resistencia a compresión.

Figura 2-*r*.—Relación entre los factores de resistencia a la rotura (usados en las Normas de Edificación ACI 318-63) y la resistencia a compresión.

Figura 3.—Comparación de las principales propiedades del hormigón ligero y el hormigón ordinario, teniendo ambos una resistencia cúbica, a los veintiocho días, de 400 kp/cm². En abscisas se ha representado una escala relativa para poder referir a ella todas las propiedades. Los resultados se han tomado de las figuras 2-*a* a 2-*r*, habiendo tenido en cuenta también datos procedentes de otros orígenes.

Tabla 1.—Pérdidas de pretensado en función del tipo curado. (Hanson, J. A.: *Journal of Prestressed Concrete Institute*. Vol. 9, núm. 2, abril 1964.)

Tipo de árido	Pérdida total de pretensado (%)			
	Curado normal		Curado al vapor a la presión atmosférica	Curado en autoclave
	1 año	3 años		
Arcilla expandida fabricada en horno giratorio.	22	24	21	7
Probetas de referencia (arena y grava de peso normal).	21	22	17	5

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

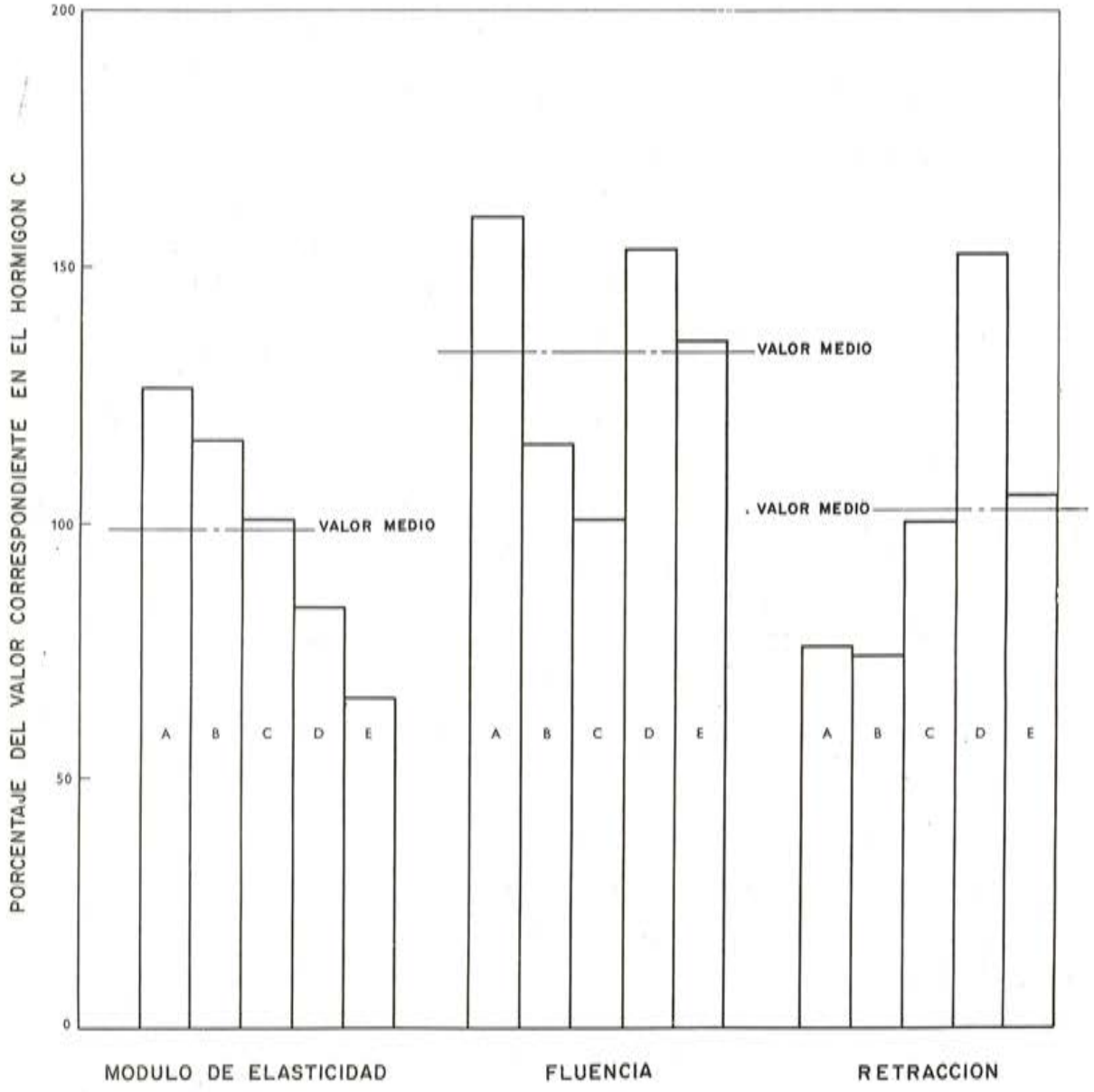


Figura 1.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

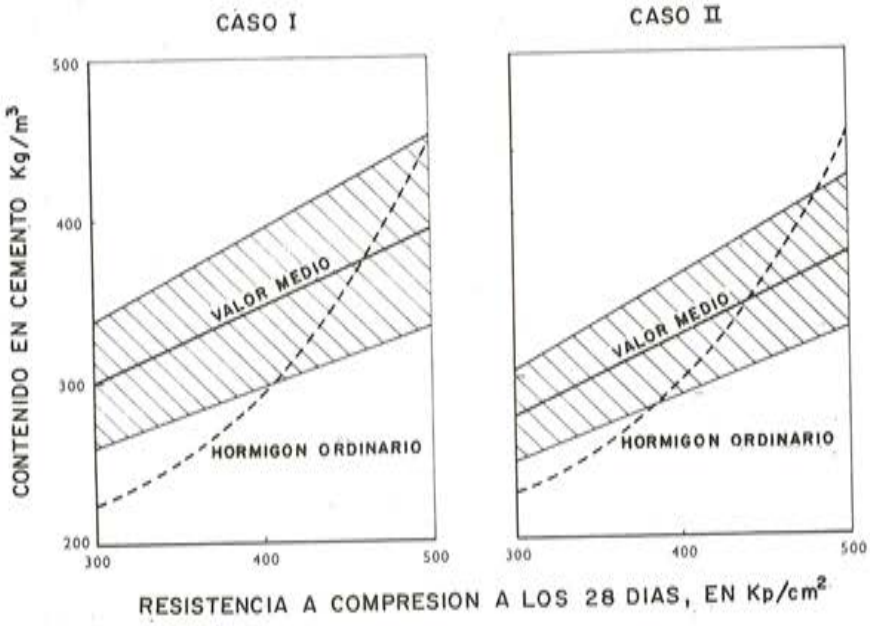


Figura 2 - *a*.

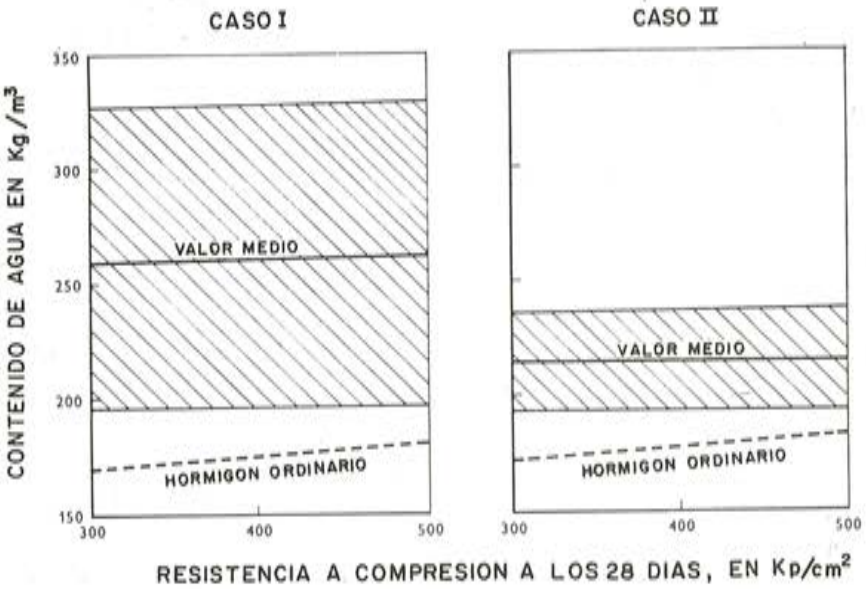


Figura 2 - *b*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

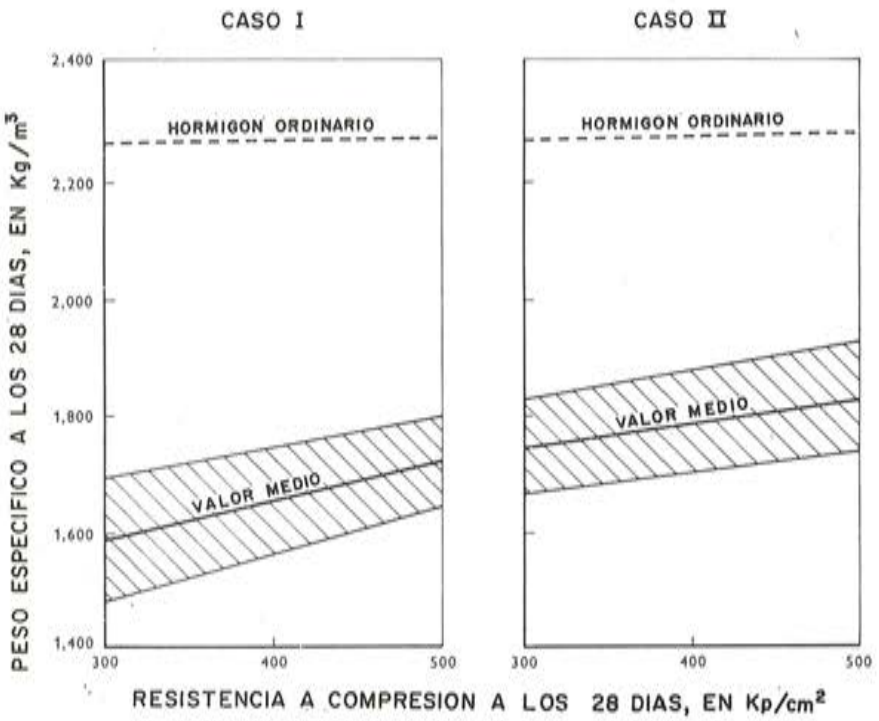


Figura 2 - *c*.

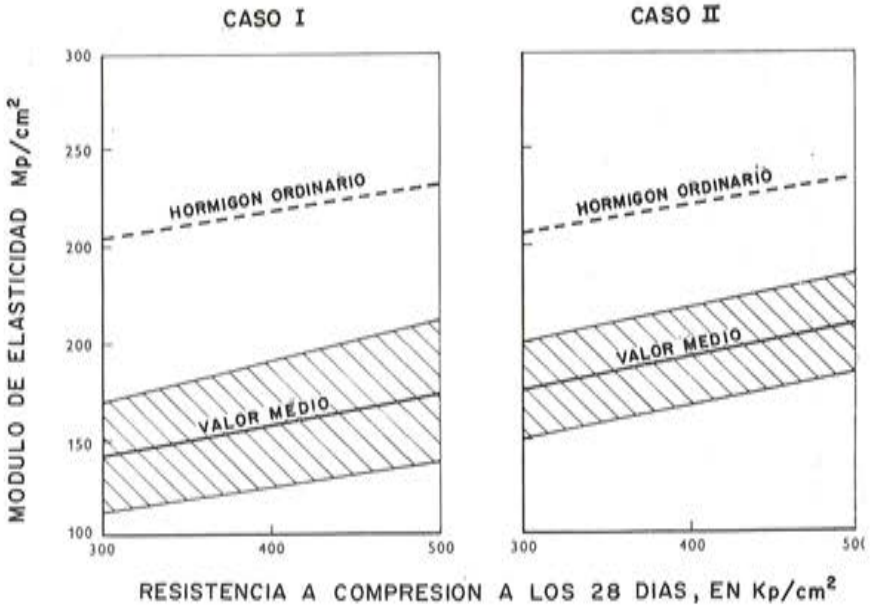


Figura 2 - *d*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

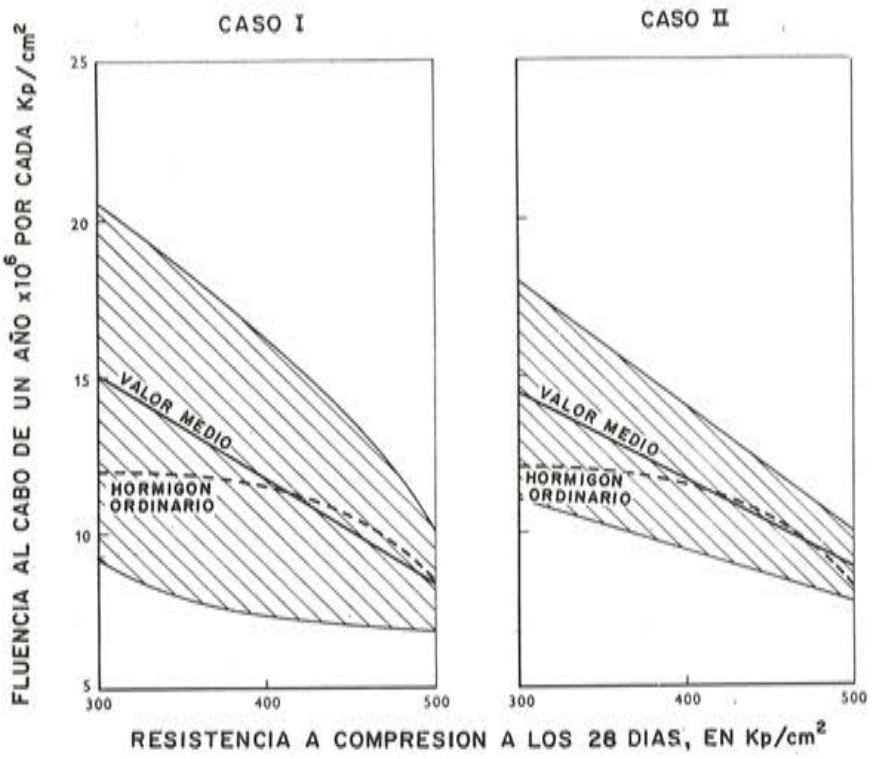


Figura 2 - e.

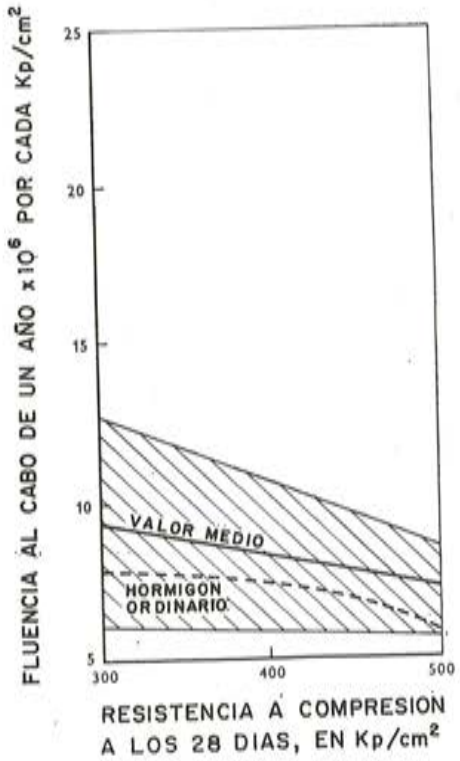


Figura 2 - *f*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

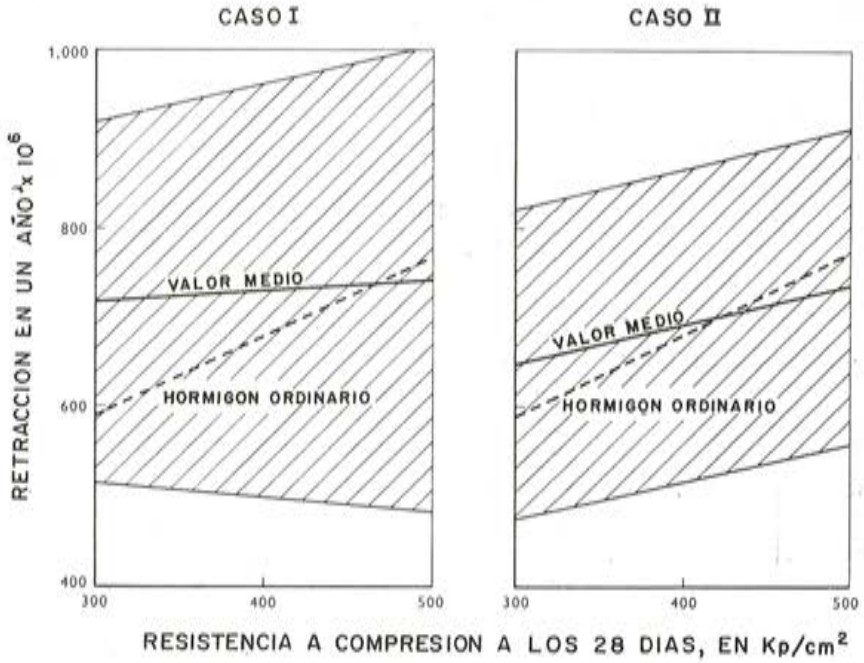


Figura 2 - *g*.

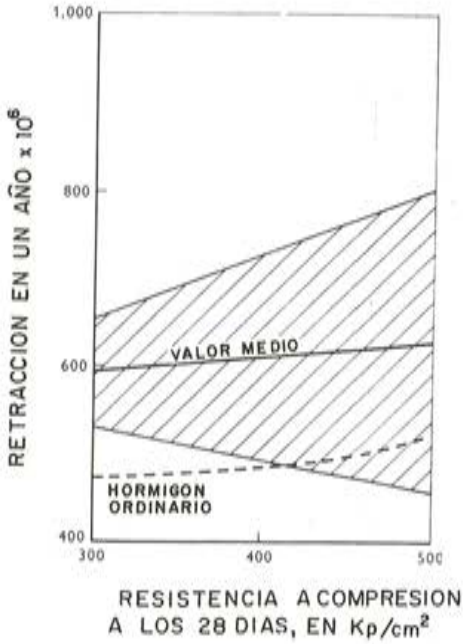


Figura 2 - *h*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

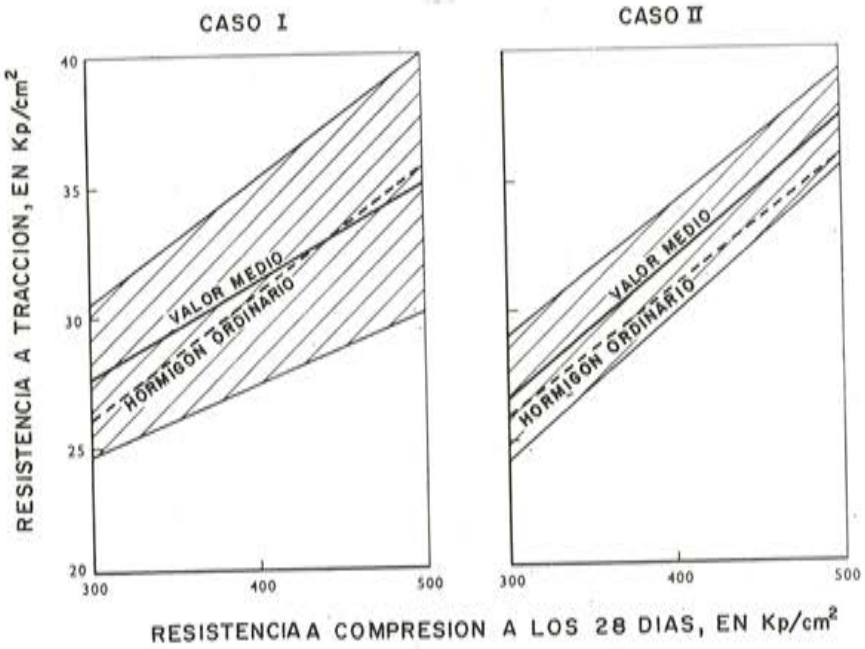


Figura 2-*l*.

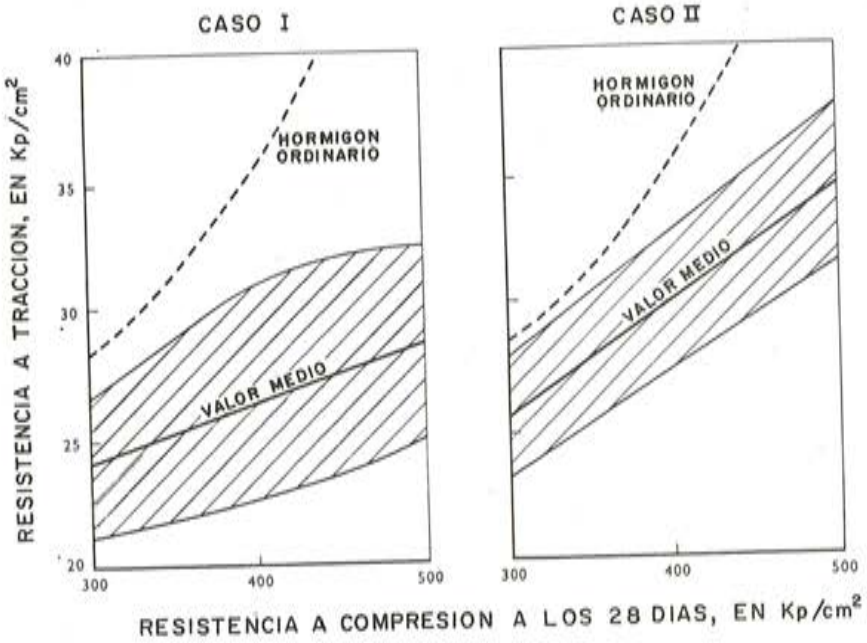


Figura 2-*l*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

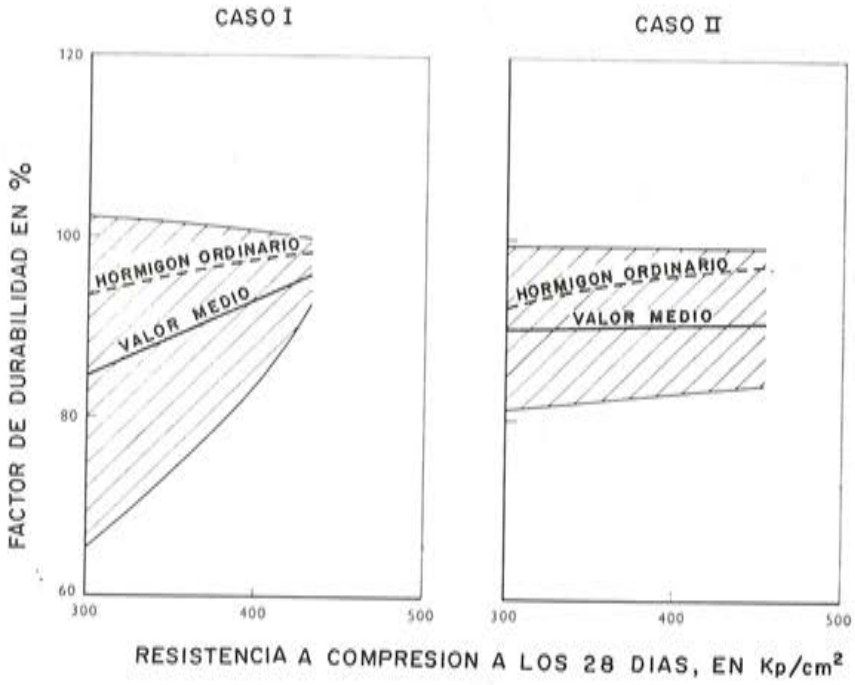


Figura 2 - *k*.

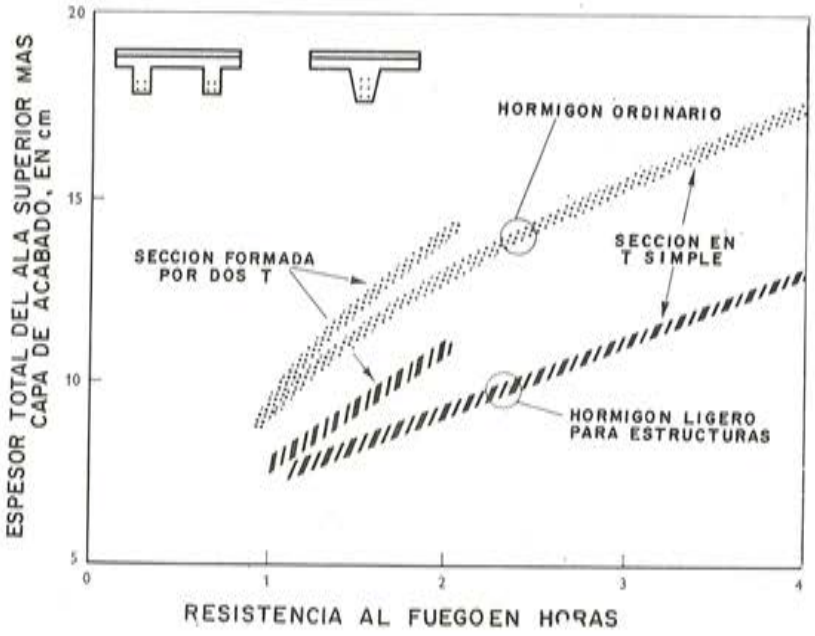


Figura 2 - *l*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

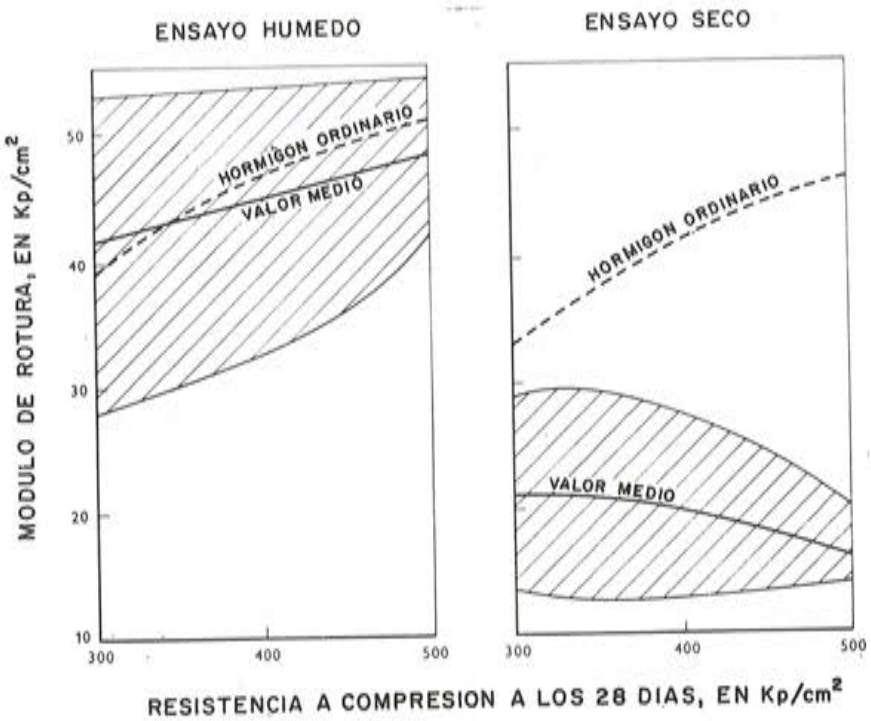


Figura 2 - *m*.

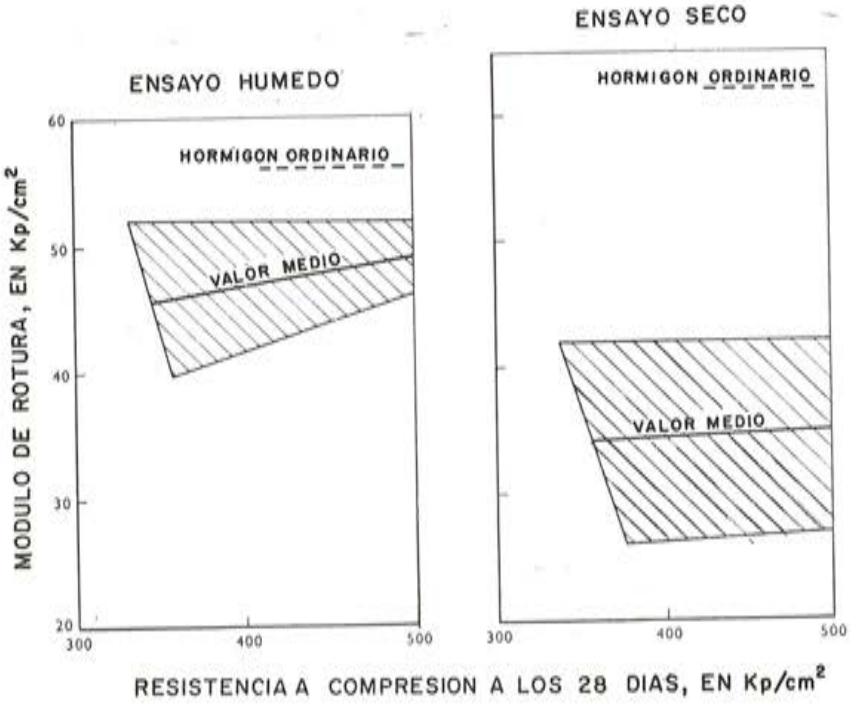


Figura 2 - *n*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

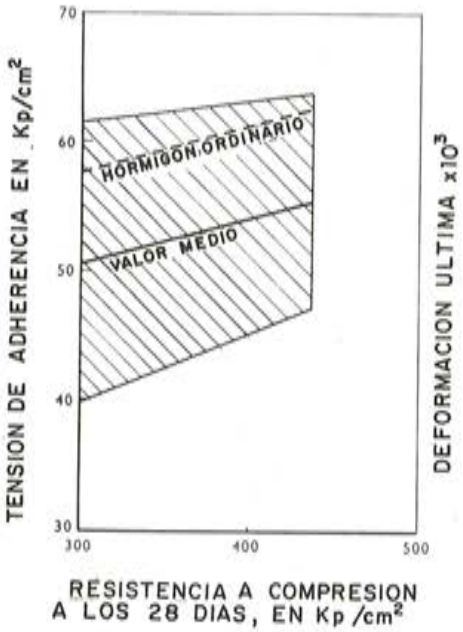


Figura 2 - *p*.

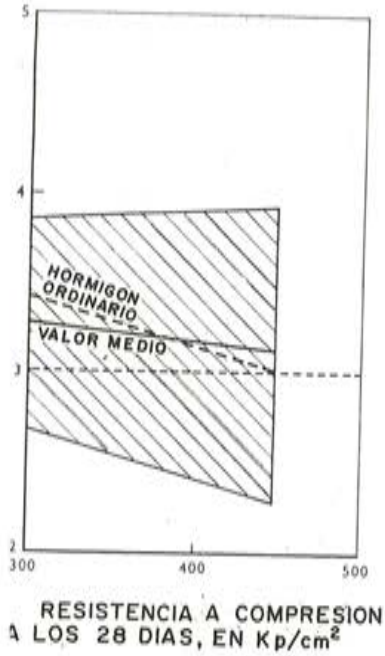


Figura 2 - *q*.

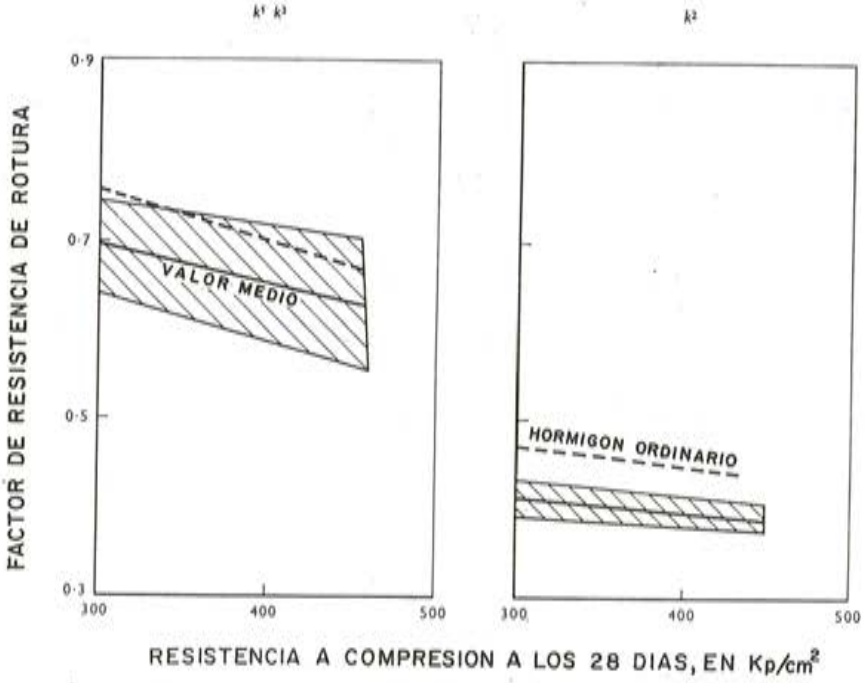


Figura 2 - *r*.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

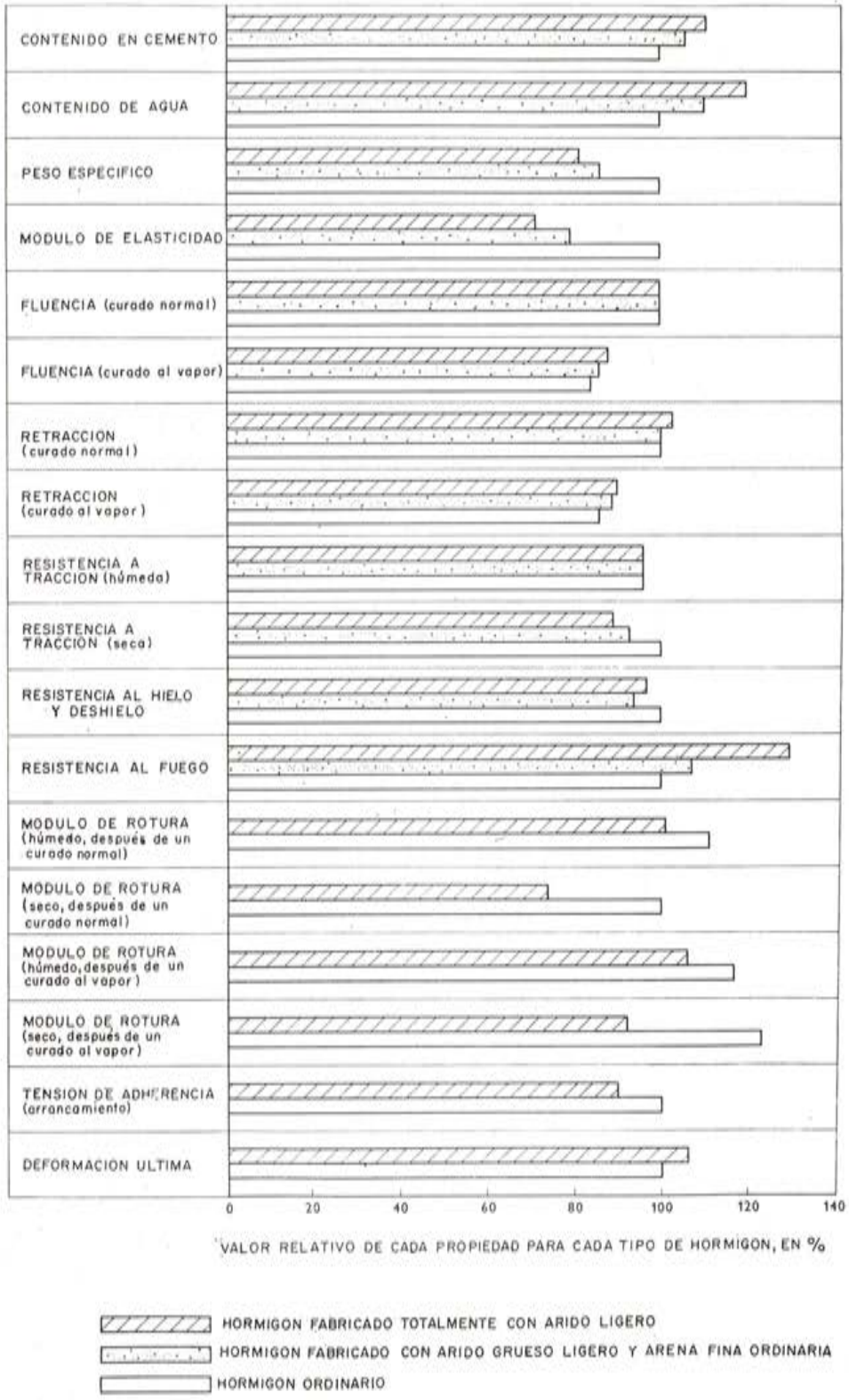


Figura 3.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

NOTA.—La Comisión de la F. I. P. sobre hormigones ligeros pretensados recopila y lleva al día una bibliografía completa. La presente bibliografía seleccionada reúne aquellos artículos y fuentes de información que se estiman como muy importantes sobre el hormigón ligero pretensado (*).

Hormigón pretensado de árido ligero.

1. BEST, C. H., y POLIVKA, M.: "Fluencia del hormigón ligero", *Magazine of Concrete Research*, volumen 11, núm. 33. Noviembre 1959.

   Se incluyen resultados de ensayos de fluencia durante períodos de hasta dieciocho meses para hormigones fabricados con áridos de arcilla expandida y con resistencia a compresión de 250 a 400 kp/cm².

   Se encontró que, contra la opinión general, la fluencia en el hormigón ligero era esencialmente igual o menor que en los hormigones ordinarios de resistencia análoga.

2. KUDRYAVTSEV, A. A.: "Sobre la longitud de la zona de anclaje de las armaduras en el hormigón ligero pretensado". *Beton i Zhelezobeton*, vol. 11, núm. 2. 1959. (En ruso. Hay una traducción al inglés en la F. I. P., Londres.)

   La longitud de la zona de enclaje para alambre estirado en frío de alta resistencia es aproximadamente igual para los hormigones ligeros que para los normales.

   La resistencia del hormigón al soltar los alambres debe ser, como mínimo, de 150 kp/cm². El destesado gradual con gatos dio resultados mejores que el destesado repentino como el realizado con soplete. Después del destesado no hay prácticamente movimientos relativos entre el alambre y el hormigón.

3. ANÓNIMO: Relación seleccionada de proyectos estructurales importantes utilizando hormigón ligero. Proyectos de gran significación que emplean hormigón ligero para estructuras fabricado con arcillas expandidas o árido de escorias.

   Wáshington D. C. Expanded Shale Clay and Slate Institute, 1960.

   Consta de dos publicaciones que recogen los proyectos más importantes, su situación, tamaño, tipo y arquitecto e ingeniero autores de los mismos.

4. HANSON, J. A.: "Resistencia a tracción y esfuerzo cortante del hormigón ligero estructural". *Proceedings of the American Concrete Institute*, vol. 58. julio, 1961.

   También Portland Cement Association, Research and Development Laboratories, Boletín D 50. Describe los ensayos y resultados obtenidos en un estudio de la resistencia a esfuerzo cortante en vigas de hormigón ligero de luces relativamente grandes y cuantías pequeñas. Se ha llegado a una importante conclusión que confirma que la carga de fisuración diagonal debe considerarse como la carga de rotura para vigas sin armadura transversal. Las recomendaciones propuestas para el cálculo se refieren también a las diferencias fundamentales de resistencia a tracción que existe entre los diversos áridos ligeros.

5. KUDRYAVTSEV, A. A.: "Sobre la pérdida de pretensado en los hormigones de arcilla expandida". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 11. 1959. (En ruso.)

   Este artículo trata de las pérdidas de pretensado debidas a la retracción y a la fluencia en hormigones fabricados con arcilla expandida, algunos de ellos también con árido fino de arcilla expandida y otros con arena natural.

6. SERDUKOV, M. M.: "Investigación en obra de la resistencia a los efectos sísmicos de estructuras de hormigón de arcilla expandida", Moscú, Instituto de Investigaciones sobre Hormigón y Hormigón Armado. 1960. *Edición Científica*, núm. 8. (En ruso.)

   Se dan datos sobre los efectos causados por el terremoto de Ashchabad en 1948. Se realizaron múltiples ensayos sobre la resistencia a los efectos sísmicos de diversos materiales, en una plata-

(*) Cuando no se indica otra cosa, los artículos reseñados son de lengua inglesa. (*N. del T.*)

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

forma sísmica especial sometida a oscilaciones. En particular, el hormigón de arcilla expandida, con su peso específico pequeño y resistencia relativamente grande, demostró poseer una considerable resistencia a efectos sísmicos.
Estos ensayos dieron información valiosa sobre las deformaciones y las aceleraciones críticas del hormigón ligero.
La rotura de los modelos sobrevino varios segundos después de la actuación de las cargas repentinas ocasionadas por las oscilaciones en vez de ocurrir al principio, incluso cuando la aceleración en el momento inicial era mucho mayor que en el instante de la rotura. Las aceleraciones críticas de los hormigones estructurales fabricados con áridos ligeros, variaron entre 3.100 y 6.300 mm/seg² en comparación con las de 7.000 a 9.450 mm/seg² de los hormigones normales.

7. Shideler, J. J.: "Hormigón para estructuras fabricado con áridos ligeros". *Portland Cement Association*. Research and Development Laboratories, enero 1961. Boletín 40.
Los áridos estudiados fueron arcillas expandidas, esquistos, pizarras y escorias de alto horno, además de arenas y gravas usadas como término de comparación. Los hormigones ligeros estudiados tenían más de 250 kp/cm² de resistencia. En este trabajo se hace un resumen de las propiedades estructurales de varios hormigones de áridos ligeros, incluyendo su resistencia a compresión y a flexión, propiedades elásticas, adherencia, fluencia y retracción. Se incluyen datos sobre la fluencia y la retracción de hormigones fabricados con cementos de alta resistencia inicial y curados al vapor a baja presión.

8. Kudryavtsev, A. A.: "El efecto del curado al vapor sobre la pérdida de tensión en las armaduras". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 11, 1961. (En ruso.)
Se comprobó que el curado al vapor del hormigón de áridos ligeros reduce la pérdida de tensión debida a la retracción y a la fluencia en más de un 35 por 100.

9. Svododa, P., y Sehnoutka, V.: "Determinación de los principios para el cálculo de estructuras de hormigón ligero". Informe de la Convención Nacional sobre "Construcciones realizadas con hormigones ligeros". Instituto Estatal para Proyectos de Transporte, 1960, Praga. (En checoslovaco.)

10. Mikhailov, V. V.: "Cubiertas de hormigón pretensado, fabricado con arcillas dilatadas, para edificios industriales". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 2, 1961. (En ruso.) También resumido en el *Engineering Index, Department of Scientific and Industrial Research, Building Research Station*, 1961. Comunicación 1.094.
El empleo del hormigón de arcillas dilatadas, para estructuras, permite una reducción del 25 al 30 por 100 en el peso propio de las estructuras y, al mismo tiempo, proporciona aislamiento térmico.

11. Gray, W. H.; McLaughlin, J. F., y Antrim, J. D.: "Características de fatiga del hormigón de áridos ligeros". *Journal of the American Concrete Institute. Proceedings*. Vol. 58, agosto 1961.
Se realizaron ensayos de fatiga sobre dos tipos de hormigón fabricado con áridos ligeros; uno de grande y otro de pequeña resistencia, variando los valores de la tensión y la edad. El comportamiento en fatiga del hormigón de áridos ligeros de alta resistencia fue similar al del hormigón de baja resistencia y al del hormigón ordinario.

12. Mikhailov, V. V.: "Investigación sobre la rigidez a flexión y resistencia a fisuración de estructuras de hormigón pretensado". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 12, 1962. (En ruso.)
Información sobre los resultados de ensayos de vigas y placas de hormigón de áridos ligeros, estableciendo las deformaciones y la resistencia a la fisuración, límites que se pueden admitir en edificios industriales.

13. Brettle, H. J.: "Aspectos estructurales del hormigón pretensado de áridos ligeros". *Constructional Review*, vol. 35, núm. 5, mayo 1962.
Resumen de un trabajo experimental sobre la resistencia a compresión, módulo de elasticidad, resistencia bajo cargas excéntricas y deformación de la fibra extrema en vigas sometidas a rotura por flexión y rotura por esfuerzo cortante.

14. Oakden, R. R.: "Aplicaciones del hormigón ligero; fabricación de piezas pretensadas fabricadas con "aglite". Simposio sobre Hormigones Ligeros para Estructuras. Brighton, junio 1962, sesión III.
Aunque el módulo de elasticidad del hormigón ligero tenga un valor mitad del del hormigón denso, se pueden hacer con el primero losas de mayor rigidez que con el segundo, para un mismo peso propio dado y siempre que el canto no sea crítico. A igualdad de pesos, el hormigón ligero permite placas de mayor espesor y, por tanto, más rígidas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

15. Raab, N. C.: "Puente sobre una bahía; segunda fase de su reconstrucción, próxima a terminar". *California Highways and Public Works,* enero-febrero 1962.

Describe detalles de la reconstrucción, sin interrumpir un tráfico de 90.000 vehículos/día, del puente sobre la bahía de San Francisco-Oakland. El hormigón ligero pretensado fue ampliamente utilizado en esta obra.

El forjado del túnel existente fue reemplazado por una serie de elementos de hormigón ligero, pretensados transversalmente empujando con gatos contra las paredes del túnel y hormigonando un espacio central. Longitudinalmente, los elementos se unieron con juntas secas y más tarde se les postensó por medio de barras cortas de acero aleado. La sección del viaducto, que se apoya también sobre segmentos de hormigón ligero, se ajustó contra las vigas de borde ya existentes; a continuación se hormigonaron las juntas y se postensó el conjunto total.

16. Verna, P. J.: "Economía del hormigón pretensado en relación con las normas, seguridad, pretensado parcial, hormigón ligero, etc., en USA". Proceedings del IV Congreso de la F.I.P. Roma, 1962. Londres. *Cement and Concrete Association,* 1963, págs. 411-418.

Pone de relieve las ventajas que ofrece el empleo del hormigón ligero para elementos secundarios: disminución del peso en un 20-30 por 100, lo que reduce la cantidad de acero pretensado necesario para los elementos primarios. Llama la atención sobre el problema de la contraflecha diferencial.

17. Hill, A. W.: "Recientes innovaciones en el proyecto y construcción de estructuras de hormigón pretensado en Gran Bretaña". Proceedings del IV Congreso de la F.I.P. Roma, 1962. Londres. *Cement and Concrete Association,* 1963, págs. 419-433.

Breve resumen del desarrollo del hormigón ligero pretensado en Gran Bretaña y su utilización en forjados huecos, elementos de cubiertas y construcción de láminas plegadas.

18. Brown, W. P.: "Hormigón pretensado en edificios". *Constructional Review,* vol. 35, núm. 7, julio 1962.

Ejemplos de hormigón ligero pretensado en edificios industriales, residenciales, comerciales y públicos.

19. Buzhevich, G. A., y Kornev, N. A.: "Hormigón armado fabricado con arcillas dilatadas". (En ruso.) (Traducción inglesa disponible en la F.I.P., Londres, de la parte relativa a fluencia, retracción, adherencia, durabilidad, resistencia al calor y propiedades térmicas y acústicas.)

Este libro presenta datos sobre cálculo y fabricación del hormigón estructural de áridos ligeros. Es un texto básico que incluye principios de cálculo, técnica de fabricación, control de calidad y datos específicos sobre adherencia, longitud de transmisión, retracción y fluencia, porosidad y permeabilidad, resistencia al fuego, propiedades térmicas y acústicas y durabilidad y resistencia al calor. La resistencia térmica frente a ciclos de calentamiento de hasta 850° C y enfriamiento al aire, resultó ser muy grande comparada con la del hormigón ordinario, lo cual permite considerar al hormigón de arcilla dilatada como un material resistente al calor en calderas de vapor, hornos, tuberías y chimeneas.

20. Ivanov-Dyiatlov, Ageev, Sverev, Konovalov, Schickanenko: "Aplicación del hormigón de áridos ligeros para la construcción de puentes de gran tamaño". Moscú, *Avtotransizdat,* 1963. (En ruso.) (Traducción inglesa disponible en la F.I.P., Londres, de la parte relativa a fatiga.)

Un texto sobre cálculo y construcción, con datos sobre propiedades, características y parámetros de cálculo, así como datos económicos y normas de fabricación. Incluye una discusión completa sobre los aspectos de la fatiga y datos sobre gran cantidad de ensayos que indican que el comportamiento del hormigón fabricado con arcillas dilatadas, bajo cargas repetidas de compresión y flexión es, al menos, tan bueno como el del hormigón ordinario.

21. Kratky, J.: "Empleo de hormigones ligeros en vigas normalizadas de hormigón pretensado, para puentes". *Inzenyrske Stavby,* septiembre 1963. (En checoslovaco.)

22. Hanson, J. A.: "Pérdida de pretensado en relación con el tipo de curado". *Journal of the Prestressed Institute,* abril 1964. También, *Portland Cement Association,* Research and Development Laboratory. Boletín D 75.

Este informe describe una investigación, efectuada durante tres años, para estudiar el efecto de las condiciones de curado aceleradas sobre las propiedades de retracción y fluencia del hormigón normalmente utilizado en la industria de prefabricados.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

El estudio incluye tipos diferentes de cementos y áridos, por ejemplo, arcillas dilatadas, esquistos, escorias, así como arenas y gravas de peso normal.

Para estudiar los efectos del curado acelerado sobre las pérdidas de pretensado, las muestras se curaron por tres procedimientos diferentes: curado húmedo, vapor a presión atmosférica y autoclave. Los resultados demostraron la beneficiosa reducción de las pérdidas de pretensado debidas a la fluencia y a la retracción que proporcionan los métodos de curado acelerado. El curado por vapor, a presión atmosférica, reduce las pérdidas por retracción y fluencia en un 40 por 100 respecto a las observadas en hormigones curados normalmente. Todavía mejores resultados se obtuvieron por medio del curado en autoclave.

23. Hanson, J. A.: "Sustitución de áridos ligeros finos por arena natural en los hormigones para estructuras". *Journal of the American Concrete Institute*, vol. 61, núm. 7, julio 1964. También en la *Cement and Concrete Association*, Research and Development Laboratory. Boletín D 80.

Da cuenta de los resultados de una investigación sobre el efecto de la sustitución de finos, de cuatro hormigones estructurales determinados de áridos ligeros, por iguales volúmenes de arena natural. Las dosificaciones de cemento se variaron para obtener unas resistencias a compresión comprendidas entre 250 y 500 kp/cm². Las propiedades físicas de los hormigones ligeros se compararon con las de los hormigones ordinarios de similar resistencia a compresión. Los resultados se presentan para cada árido ligero, indicando la mezcla y las propiedades físicas como funciones del porcentaje de árido fino reemplazado para todos los hormigones cuya resistencia a compresión estaba comprendida entre 250 y 500 kp/cm². En general, las propiedades estructurales mejoraron a medida que aumentó el porcentaje de arena natural. Sólo se alcanzó una mejora apreciable a costa de un considerable aumento de densidad. La disminución de los contenidos en agua y cemento requeridos para un asiento dado, y la resistencia a compresión, fueron mayores para los áridos de machaqueo.

24. Kornev, N. A., y Kudryavtsev, A. A.: "Hormigón de arcilla expandida utilizado para estructuras de hormigón pretensado". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 4, 1964. (En ruso.)

Se describen algunos estudios sobre la aptitud del hormigón de áridos de arcilla expandida para estructuras pretensadas. Se incluyen diagramas que muestran las relaciones edad-retracción, edad-deformación por fluencia y tensión de compresión-deformación por fluencia. Dado el aumento de la pérdida de pretensado debida a la retracción y fluencia, se recomiendan ciertas limitaciones en el empleo de áridos de arcillas dilatadas en hormigón pretensado.

25. "Vigas de hormigón ligero pretensado, sobre el río Suwanee". *Engineering News Record*, 4 de junio de 1967.

La estructura sobre el río Suwanee, en Florida, está compuesta por cuatro tramos de 120 pies (36,58 metros) de luz, formados por vigas de hormigón ligero pretensado y un tablero hormigonado *in situ*, también de hormigón ligero. El tablero de 28 pies (8,53 m) de anchura, está sustentado por seis vigas pretensadas, en cada tramo.

26. Reichard, T. W.: "Fluencia y retracción de hormigones ordinarios y ligeros". Wáshington. D. C. National Bureau of Standards. Marzo 1964. NBS Monografía núm. 74.

Describe ensayos y resultados de una investigación sobre las propiedades mecánicas de hormigones estructurales ligeros y ordinarios. La mayor parte fue planeada para obtener valores comparativos de la fluencia en compresión, retracción, resistencias y módulos de elasticidad de hormigones fabricados con 24 áridos ligeros y 5 ordinarios, con la misma resistencia nominal en el momento en que se aplicaban las cargas a las probetas. Se presentan datos de 76 hormigones diferentes que muestran una amplia variación en los valores de las propiedades mecánicas de hormigones de la misma resistencia nominal a compresión. Los valores altos de la fluencia y la retracción no siempre corresponden a los hormigones ligeros, ya que algunos tienen las mismas propiedades mecánicas que los hormigones de peso normal. Los dos factores que más afectan a la fluencia del hormigón son: el árido utilizado y la relación entre la tensión aplicada y la resistencia del hormigón en el momento de la carga. Las condiciones de curado, tipo de cemento y dosificación de la mezcla, afectan, igualmente, a la fluencia. La fluencia, al cabo de dos años, puede estimarse, con razonable aproximación, a partir de los resultados obtenidos a los noventa días.

27. Selvaggio, S. L. y Carlson, C. C.: "Resistencia al fuego de las vigas de hormigón pretensado. Parte B. Influencia del árido y de la intensidad de carga". *Journal of the Portland Cement Association*, Research and Development Laboratories. Enero-mayo 1964.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Se refiere a la segunda parte de una investigación completa sobre la resistencia al fuego de vigas de hormigón pretensado. En este trabajo se presta particular atención a la influencia del tipo de árido y de la intensidad de la carga sobre la resistencia al fuego. Se sometieron al ensayo al fuego normalizado, hasta carga de rotura, 16 vigas doble T pretensadas, proyectadas para una luz de 20 pies (6,10 m). En este grupo de vigas había tres fabricadas con áridos ordinarios y otras tres, de las disponibles en el comercio, fabricadas con áridos de arcilla expandida obtenidos en horno rotatorio. También se estudió el efecto producido por dos valores distintos de cargas uniformemente repartidas. Los resultados indicaron que el tipo de árido influye en la resistencia al fuego de las vigas pretensadas ensayados sin coacción y que el hormigón ligero de arcilla expandida tiende a presentar una resistencia al fuego algo mayor que el hormigón ordinario.

28. Steinicke, K. H.: "Estructuras de hormigón ligero pretensado". *Betonstein-Zeitung*, vol. 30, número 9, septiembre 1964, págs. 455 a 459. (En alemán.)

29. Hognestad, E.; Elstner, R. C. y Hanson, J. A.: "Resistencia al esfuerzo cortante de placas de hormigón armado de áridos ligeros". *Journal of the American Concrete Institute*, vol. 61, junio 1964, pág. 643.

La resistencia al esfuerzo cortante de las placas ligeras viene mejor representada por la resistencia a tracción pura del hormigón ligero que por su resistencia a compresión.

30. Ivanov-Dyiatlov, I. G.: "Hormigón de gran resistencia, de arcilla dilatada, y su utilización en puentes y estructuras hidráulicas". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 4, 1964. (En ruso. Traducción inglesa disponible en la F.I.P., Londres.)

Describe el mecanismo de la acción recíproca entre el árido y la pasta y la mayor resistencia en el punto de contacto entre la pasta y el árido. La retracción de los hormigones de arcillas dilatadas, curados al vapor, resulta un 30 por 100 menor que la de los sometidos a un curado normal. Hasta un 1,5 por 100 de armadura disminuyó la retracción de un 12 a un 15 por 100. A temperatura y humedad constantes, la retracción fue un 15 por 100 mayor que para hormigón de árido de granito. La fluencia fue la misma que la de un hormigón ordinario.

Se subraya el cambio de volumen durante las estaciones del año, a tenor de la variación de humedad. La resistencia a la helada del hormigón de arcilla dilatada es mayor que la del hormigón ordinario. El hormigón de arcilla dilatada mostró también mejor impermeabilidad al agua. Un estudio de las técnicas de fabricación, propiedades mecánico-estructurales, retracción, fluencia, resistencia a la helada, impermeabilidad al agua, fatiga y otras propiedades de los hormigones de arcilla dilatada con resistencia entre 200 y 500 kp/cm^2, demostró su alta calidad y aptitud de empleo en puentes, estructuras hidráulicas y estructuras portantes. Por ello fue utilizado en 24 puentes importantes, de los cuales algunos eran pretensados; unos, con cables envainados, y otros, con cables sin vainas, colocados simplemente dentro de conductos dejados al hormigonar las piezas. Los ensayos demostraron que es más adecuado para el hormigonado en invierno a causa de su menor pérdida de calor durante el transporte y su mejor comportamiento frente al curado al vapor.

31. Walz, K., y Wischers, G.: "Konstruktions. Leichtbeton hoher Festigkeit". Düsseldorf. Beton-Verlag Gmbh, 1964.

Describe la práctica y utilización del hormigón de áridos ligeros en Estados Unidos y resume información diversa sobre propiedades y comportamiento.

32. Anónimo: "Realizaciones en hormigón de arcilla dilatada". Wáshington D. C. Expanded Shale clay Slate Institute.

Un breve informe mensual que incluye los proyectos más sobresalientes realizados con hormigón ligero, y entre ellos, los de varias estructuras notables de hormigón ligero pretensado.

33. Weschie, K.: "Hormigón ligero de alta resistencia". Informe de la primera reunión de la Comisión sobre hormigón ligero pretensado. 20 noviembre 1964, Wiesbaden, Alemania. (En alemán. Traducción inglesa disponible en la Cement and Concrete Association, Londres.)

Un informe conciso incluyendo discusión de los siguients temas: "Ventajas e inconvenientes del hormigón ligero de gran resistencia", "Relación entre la resistencia de los áridos" y "La resistencia a compresión del hormigón, áridos apropiados, propiedades del hormigón ligero".

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

34. "El edificio de hormigón pretensado más alto del mundo". *Western Construction*, enero 1965.

Un edificio en construcción en Long Beach (California) alcanzará 300 pies (91,44 m) de altura.

Un núcleo hormigonado con encofrado deslizante y forjados resueltos con losas de hormigón pretensado ligero se combinan en el edificio circular de hormigón pretensado más alto del mundo.

Dado que Long Beach es zona sísmica, el peso total de la estructura era un factor importante en el proyecto.

35. Brakel, J.: "Tecnología en la utilización constructiva del hormigón ligero". *Cement*, números 3 y 4, 1965.

Amplia discusión sobre el hormigón de áridos ligeros en relación con sus propiedades, proyecto de la mezcla y métodos de cálculo.

36. Shu-Tien Li: "Una revisión de los hormigones de cemento expansivo". *Journal of the American Concrete Institute*, vol. 62, núm. 6, julio 1965.

Describe las investigaciones de laboratorio y la construcción real de una cubierta pretensada construida con hormigón de árido ligero y cemento de retracción compensada. Su comportamiento fue normal, pero sin fisuras de retracción anteriores al postensado en contra de lo observado en una cubierta gemela de hormigón de árido ligero hecho con cemento Portland normal.

37. Hanson, J. A.: "Procedimientos óptimos de curado al vapor para estructuras de hormigón ligero". *Journal of the American Concrete Institute*, vol. 62, núm. 6, junio 1965.

Describe el efecto de diversos procedimientos de curado al vapor sobre la resistencia a compresión, resistencia a tracción pura y módulo de elasticidad, prestando atención especial a los procedimientos compatibles con la producción de elementos pretensados en plantas de prefabricación.

Las condiciones óptimas son similares a las del hormigón ordinario. Debido a la mayor retención de calor, el desarrollo de la resistencia y de las propiedades elásticas es algo más rápido en los hormigones de áridos ligeros curados al vapor que en los hormigones ordinarios igualmente curados.

38. Abeles, Dr. P. W.: "Introducción al hormigón pretensado". *Concrete Publications Limited*. Nueva York, Frederick, Ungar Publishing Company, 1965.

Este texto reciente contiene un capítulo en el que se resumen los tipos, propiedades, técnica de hormigonado, valores de cálculo y ventajas del hormigón ligero para su empleo en pretensado.

39. "Hojas de información sobre hormigón ligero". Wáshington, D. C. Expanded Shale Clay and Slate Institute.

1. "La trabajabilidad es fácil", marzo 1958.
2. "¿Qué hay sobre las flechas?"
3. "Sugerencias sobre el proyecto de mezclas", septiembre 1950.
4. "Aislamiento térmico", mayo 1950.
5. "Ideas sobre coeficientes de cálculo", marzo 1964.
6. "Sugerencias sobre los coeficientes de cálculo para puentes de autopista".
7. "Acabado de suelos", abril 1958.
8. "Reducción de la transmisión del sonido", julio 1962.
9. "Absorción del sonido", agosto 1960.
10. "Guía de especificaciones para hormigón ligero aplicado a estructuras", septiembre 1961.
11. "Cálculo de hormigón ligero estructural a esfuerzo cortante y tensión diagonal", septiembre 1964.

40. Short y Kinniburgh: "Hormigón ligero". Londres, C. R. Books Ltd. y Nueva York, John Wiley and Sons Inc., 1963.

Un texto moderno que abarca: proyecto de la mezcla, curado, retracción, fisuración, propiedades, protección contra la corrosión y consideraciones de cálculo relativas a los hormigones ligeros y aireados (celulares).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

HORMIGON CELULAR

1. MAKARICHEV, V. V., y LEVIN, N. I.: "Cálculo de estructuras de hormigón celular". Stroyisdat, Moscú, 1961. (En ruso.)

   Descripción de los principios más importantes para el cálculo por el método en rotura. Se describen propiedades físicas de los hormigones celulares, diversos elementos estructurales, ejemplos y algunos métodos de cálculo.

2. MILEYKOVSKAYA, K. M.: "La resistencia y rigidez de nuevos tipos de losas para forjado fabricadas con hormigón celular". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 7, 1962, Moscú. (En ruso.)

   Se describen unas losas para forjados constituidas por nervios pretensados de hormigón ordinario, combinadas con losas (alas) de hormigón celular. Datos sobre ensayos de resistencia y rigidez.

3. ZHODSISHSKY, I. L.: "Fabricación de paneles compuestos para cubiertas". *Beton i Zhelezobeton*, núm. 2, 1965, Moscú. (En ruso.)

   Describe el cálculo y fabricación de losas para paneles de cubierta que combinan una capa superior de hormigón celular con otra inferior de hormigón pretensado. Estas losas compuestas se emplean para cubrir edificios industriales sometidos a temperatura elevada.

4. MAKARICHEV, V. V.: "Hormigón pretensado ligero y celular". *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, Chicago, junio 1964.

   Se describen métodos rusos de producción de hormigones ligeros y sus aplicaciones como materiales estructurales y aislantes. Se describen igualmente los tipos de elementos que se producen en la actualidad y sus propiedades físicas. Se trata, de modo especial, el pretensado de estos elementos ligeros.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

notas de la F.I.P.

n. 19, enero - febrero 1969

CONDECORACION AL DOCTOR MINETTI

El Presidente de la República Federal Alemana ha concedido al Doctor Hans Minetti, Presidente de la Deutscher Beton-Verein y Miembro del Comité Ejecutivo de la F.I.P., la Gran Cruz con Estrella, de la Orden del Mérito de la República Federal.

COMITE EJECUTIVO DE LA F.I.P.

Reunión celebrada en Copenhague los días 12 y 13 de diciembre de 1968.

La XXIX Reunión del Comité Ejecutivo de la F.I.P. tuvo lugar en la sede de la Asociación Danesa de Ingenieros Civiles, los días 12 y 13 de diciembre de 1968, bajo la presidencia del Profesor Franco Levi.

La mayor parte del tiempo se dedicó a tratar sobre las actividades de las Comisiones de la F.I.P. en el pasado y de las previstas para el futuro, decidiéndose estrechar los lazos entre estas Comisiones y el Comité Ejecutivo de diversas formas. En lo sucesivo, cuando haya que prestar especial atención al trabajo de una Comisión, se invitará al Presidente de la misma a asistir a la reunión del Comité Ejecutivo en la que se vaya a discutir el programa. También se decidió tratar de conseguir una mayor coordinación entre los programas de trabajo de las diversas Comisiones con vistas a obtener un programa más integrado de la F.I. P. como un todo.

Del examen de los programas en curso de las siete Comisiones resultó que dos importantes documentos estarán preparados en breve de forma adecuada para ser enviados a la Comisión Editora del "Comité Mixto F.I.P.-C.E.B. para el Proyecto y Construcción de Estructuras de Hormigón Pretensado". Se trata del "Proyecto de Normas de Buena Práctica sobre Resistencia al Fuego de Estructuras de Hormigón Pretensado" y del "Informe sobre Enmiendas y Adiciones al Proyecto Actual de Recomendaciones Prácticas" con objeto de incluir el hormigón ligero pretensado.

También se hizo una revisión completa de los cuatro resúmenes presentados por la Comisión de Durabilidad, aprobándose la redacción final de los mismos que se enviará a los Grupos Miembros para su comentario.

Se propuso crear una nueva Comisión con el fin de reanudar el estudio de cimentaciones de hormigón pretensado para maquinaria. Se aceptó esta propuesta, y en el plazo más

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

breve posible comenzará a formarse dicha Comisión, esperando que la misma pueda estar en condiciones de organizar un Simposio en 1971.

El Secretario de la F.I.P. informó sobre los cambios que ha habido en los representantes de algunos de los Grupos Miembros:

Por U.S.A., Mr. Bennett (sucediendo al fallecido Mr. Lyman).
Por Suiza, Mr. Birkenmaier (sucediendo al fallecido Mr. Ros).
Por India, Mr. Bodhe (sucediendo al fallecido Mr. Antia).
Por Dinamarca, Profesor Bröndum-Nielsen (sucediendo al Dr. Ostenfeld).
Por Austria, Dr. Krapfenbauer (sucediendo a Mr. Bauer).
Por México, Sr. Mendoza (sucediendo al Sr. Hallivis).

El Comité Ejecutivo, durante la reunión, aceptó con pesar la dimisión del Profesor Kelopuu (Finlandia), que ha pertenecido al Comité Ejecutivo como Vicepresidente del Grupo finlandés desde la formación de la Federación en 1952 y ha sido representante de los Países Escandinavos desde 1956. Debido a sus crecientes ocupaciones encontraba frecuentemente dificultades en dedicar a la F.I.P. todo el tiempo que hubiera deseado. Sin embargo, el Profesor Kelopuu subrayó que continuará activamente interesado en la F.I.P., quedando a disposición del Consejo Administrativo de la misma.

Se volvieron a discutir las Normas por las que se regirá la concesión de la "Medalla Freyssinet" y la "Medalla F.I.P.", así como el nombramiento de Miembro Honorario de la F.I.P., llegándose a un acuerdo final. En breve se informará más ampliamente sobre este tema. La concesión de las primeras medallas tendrá lugar con ocasión del próximo Congreso Internacional de la F.I.P., en Praga, junio de 1970.

El Grupo checoslovaco informó que los preparativos para el VI Congreso de la F.I.P., en 1970, progresan de forma satisfactoria. En este mismo número se incluye el programa de conferencias especiales previsto. Se celebrará una exposición de materiales relacionados con el pretensado, fotografías y maquetas de estructuras pretensadas y sistemas de pretensado. Esta exposición se montará en el Palacio de Congresos, invitándose a las Empresas y personas individuales participantes en el Congreso a presentar sus aportaciones.

El Consejo Administrativo de la F.I.P. se reunirá, del 26 al 31 de mayo, en Dresden (Alemania Oriental). Se reunirá en jornada completa el día 27. Durante la mañana del 28 se reunirá la Comisión de Prefabricación. Están programadas dos conferencias a cargo de expertos del país anfitrión que tendrán por título:

— "Organización y métodos de trabajo de la industria de la construcción estatal y de las oficinas de proyectos en Alemania Oriental".

— "Métodos óptimos de prefabricación de grandes cubiertas pretensadas".

A continuación, el Consejo Administrativo viajará a Checoslovaquia con el fin de celebrar una reunión de un día en Praga, en la que se tratará de los preparativos del próximo Congreso de 1970 y se visitará el Palacio de Congresos y los restantes locales ofrecidos para la celebración de los diversos actos. El 30 de mayo, todos los Miembros de la F.I.P. podrán participar en visitas locales que organizará la Kammer der Technik, Fachverband Bauwesen.

Los Miembros del Comité Ejecutivo fueron obsequiados con diversos almuerzos y cenas por la Asociación de Ingenieros Civiles, la Asociación Danesa del Hormigón y la Sociedad Danesa de Estructuras e Ingeniería. La última noche, los anfitriones fueron el doc-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

tor Ostenfeld y señora, que ofrecieron una cena como despedida del doctor Ostenfeld, con motivo de su separación de la F.I.P. El doctor Ostenfeld rememoró su larga y feliz asociación con la misma y manifestó que habiendo sido el representante del Grupo Danés en el Consejo Administrativo desde la incorporación de Dinamarca como Miembro, consideraba que era ya momento oportuno para que un ingeniero más joven ocupase su puesto. Respondiendo a las palabras del Dr. Ostenfeld, el profesor Levi rindió tributo a la excelente labor realizada por el Dr. Ostenfeld y al interés y dedicación que había demostrado siempre para con la F.I.P. También hizo referencia a la gran tradición danesa en obras de ingeniería civil de alta calidad.

VI CONGRESO DE LA F.I.P.

Que se celebrará en Praga del 6 al 13 de junio de 1970.

En el programa técnico del VI Congreso de la F.I.P. estarán incluidas las siguientes actividades:

A) Conferencias sobre determinados aspectos de la investigación, del proyecto y del desarrollo del hormigón pretensado.

B) Informes presentados por las Comisiones F.I.P.

C) Informes presentados por los Grupos Miembros sobre estructuras notables.

D) Contribuciones técnicas (una novedad que permitirá a todos los delegados contribuir a las sesiones técnicas).

A) CONFERENCIAS

En las sesiones dedicadas a conferencias disertarán los siguientes especialistas:

V. V. Mikhailov (Rusia).—Elementos con pretensado triaxil.

F. Leonhardt (R. Federal Alemana).—Torsión y esfuerzo cortante en el hormigón pretensado.

Y. Guyon (Francia).—Estructuras mixtas de hormigón pretensado y acero.

Ben C. Gerwick (Estados Unidos).—Estructuras flotantes y sumergidas, de hormigón pretensado.

A. F. Milovanov (Rusia).—El hormigón pretensado sometido a temperaturas extremas.

M. L'Hermite (Francia).—Utilización de materiales sintéticos en el hormigón pretensado.

CH. Ostenfeld (Dinamarca).—Cimentaciones de hormigón pretensado.

V. Kristek (Checoslovaquia).—Teoría e investigación sobre vigas de hormigón pretensado, de paredes delgadas.

B) INFORMES DE LAS COMISIONES

Cada una de las siguientes Comisiones presentará un informe:

— Comité Mixto F.I.P.-C.E.B. para el cálculo y construcción de estructuras de hormigón pretensado.

— Comisión de la F.I.P. sobre hormigón ligero pretensado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

— Comisión de la F.I.P. sobre prefabricación en hormigón pretensado.
— Comisión de la F.I.P. sobre resistencia al fuego de estructuras de hormigón pretensado.
— Comisión de la F.I.P. sobre métodos para la obtención de hormigones de alta resistencia.
— Comisión de la F.I.P. sobre estructuras antisísmicas.
— Comisión de la F.I.P. sobre durabilidad de las estructuras de hormigón pretensado.
— Comisión de la F.I.P. sobre aceros para pretensado.

Estos informes, impresos en los cuatro idiomas del Congreso, se distribuirán entre todos los delegados inscritos, en diciembre de 1969, invitándose a enviar contribuciones por escrito.

C) ESTRUCTURAS NOTABLES

Los Grupos Miembros tendrán ocasión de informar sobre estructuras notables construidas en sus países respectivos. Se dividirán en:

— Puentes.
— Edificios.
— Otras estructuras.

Estos informes han de remitirse a la Secretaría de la F.I.P., antes del 1 de septiembre de 1969.

D) CONTRIBUCIONES TECNICAS

Las contribuciones técnicas se presentarán en cuatro sesiones simultáneas y separadas, en cada uno de los idiomas del Congreso. Se invita a todos los Delegados a presentar alguna comunicación en cualquiera de los idiomas oficiales. Irá acompañada de un resumen de 250 palabras y deberá entregarse antes del 1 de noviembre de 1969. Cada comunicación se tratará por separado disponiéndose de treinta minutos para presentación y discusión.

PROXIMAS REUNIONES DE LA F.I.P.

Las reuniones previstas para 1969 son las siguientes:

— Londres, del 31 de marzo al 2 de abril:

Reunión de la Comisión F.I.P. sobre "Durabilidad de las estructuras de hormigón pretensado".

— Munich, abril:

Reunión del Comité Mixto F.I.P.-C.E.B. para el cálculo y construcción de estructuras de hormigón pretensado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

— Amsterdam, 21 de abril:

Reunión de la Comisión F.I.P. sobre aceros para pretensado y del Grupo de Trabajo sobre anclajes.

— Dresden, 27, 28 y 30 de mayo, y Praga, 29 de mayo:

Reunión del Consejo Administrativo de la F.I.P.

— Dresden, 28 de mayo:

Reunión de la Comisión F.I.P. sobre prefabricación.

— Delft (provisional), septiembre:

Reunión de la Comisión F.I.P. sobre resistencia al fuego.

— Invierno 1969 (provisional):

Reunión del Comité Ejecutivo de la F.I.P.

VI CONGRESO INTERNACIONAL DEL BIBM

El VI Congreso Internacional del Bureau International du Béton Manufacture tendrá lugar del 17 al 23 de mayo, en Amsterdam, esperándose la asistencia de unos 2.000 delegados de más de 50 países.

Habrá cinco sesiones de trabajo sobre los temas siguientes: Calidad; Organización, mecanización y automatización; Hormigón ligero estructural; Informes internacionales sobre aspectos destacados de la fabricación y uso del hormigón prefabricado, y Construcción de puentes con elementos prefabricados. El Congreso se celebrará en el Centro Internacional de Congresos, aunque habrá también visitas locales, habiéndose preparado un programa especial para las señoras que acompañen a los delegados.

Para mayor información dirigirse a:

Congreso BIBM
Organisatie Bureau Amsterdam NV.
Postbus, 7205.
Amsterdam (Holanda).

EL HORMIGON PRETENSADO RESISTE AL FUEGO

El American Prestressed Concrete Institute ha editado un informe en el que presentan las ventajas del hormigón pretensado desde el punto de vista de la resistencia al fuego, titulado "El hormigón pretensado resiste al fuego".

El informe demuestra que el hormigón pretensado, debido a su resistencia intrínseca a ser dañado por el fuego, ofrece ventajas especiales al propietario de un edificio:

— Tarifas de seguros más bajas y primas anuales más reducidas.
— Mayor seguridad de las personas en caso de incendio.
— Daños mucho menores en la estructura e interiores.
— Mayor rapidez de restauración de la estructura y vuelta a la normalidad.
— Protección continua por la propia naturaleza del material.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Se ha reunido, tanto en Estados Unidos como en otros países, una gran cantidad de información sobre el tema. En Estados Unidos se ha demostrado, a partir de más de 120 ensayos a escala natural, que casi todos los tipos de elementos prefabricados de hormigón pretensado corrientemente utilizados, tienen una resistencia al fuego de dos horas como mínimo.

Por otra parte, se han efectuado observaciones sobre 22 estructuras, en los Estados Unidos, en las que se utilizó el hormigón pretensado y que sufrieron los efectos del fuego. De estos 22 casos, solamente en tres se produjeron fallos parciales de la estructura durante el fuego y en los tres casos fue suficiente con reemplazar los elementos de la zona dañada. En otros seis casos no hubo fallos estructurales durante el incendio, pero se procedió a la sustitución de los elementos pretensados situados en el foco del fuego. En el resto de las zonas de estas estructuras y en los 13 casos restantes, solamente fueron necesarias reparaciones mínimas, o pintura, para restituir las estructuras a las condiciones normales de servicio.

El informe incluye también algunas tablas muy expresivas, donde se muestran comparativamente las primas de seguro que deben pagar edificios tales como almacenes, oficinas, supermercados o escuelas. Se observa una reducción considerable en las tarifas para estructuras de hormigón pretensado, en comparación con las de otros tipos de materiales.

Todos los Miembros de la Comisión F.I.P. sobre resistencia al fuego han recibido ejemplares de esta publicación. Copias de la misma pueden obtenerse de:

Prestressed Concrete Institute.
205 West Wacker Drive.
Chicago, 6.
Illinois (U.S.A.).

INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA SUPERFICIAL DE LOS ALAMBRES DE ALTA RESISTENCIA PARA HORMIGON PRETENSADO SOBRE LA CORROSION BAJO TENSION DE LOS MISMOS EN ATMOSFERA HUMEDA

Los Sres. Bracket, Duffaut y Lacombe, del Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (Francia), han publicado un informe con el título mencionado. En un cierto número de estructuras inspeccionadas por Ponts et Chaussées habían aparecido roturas frágiles debidas a la corrosión bajo tensión de los alambres de pretensado; y como las razones no eran muy claras, se realizaron ensayos para investigar el fenómeno.

En los ensayos se utilizó agua destilada, para originar la humedad que se suponía era el agente corrosivo capaz de producir la corrosión inductora de la rotura en los alambres de acero de alta resistencia mantenidos bajo tensión.

De los ensayos se dedujeron las siguientes conclusiones:

1. Los alambres fabricados con acero endurecido por tratamiento térmico son susceptibles de fisurarse por corrosión cuando están expuestos a atmósferas húmedas, lo que no ocurre, durante un período de varios meses, con los aceros estirados en frío.

2. La estructura superficial de los alambres tratados térmicamente es un factor importante que influye en el tiempo que transcurre hasta que aparece la fisuración motivada por la corrosión bajo tensión.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Este informe puede obtenerse, libre de gastos, en las oficinas administrativas de la F.I.P., que disponen de un número limitado de ejemplares.

FORJADOS DE HORMIGON PRETENSADO DE GRANDES LUCES

Entre las comunicaciones presentadas al "III Congreso Australiano de investigación sobre edificación" (1967), figura una, de J. F. Brotchie, titulada "Forjados de hormigón pretensado de grandes luces".

Este artículo constituye un estudio racional del cálculo de estos forjados, y en él se discuten varios sistemas básicos y sus ventajas estructurales y económicas. Se incluyen pisos formados por placas planas, pretensadas con cables curvos en planta, habiéndose empleado, tanto cables de alambres paralelos como en espiral.

También se tratan otros casos en los que los cables son exteriores a la placa y van dispuestos en la parte inferior de la misma.

Otros sistemas considerados incluyen el empleo de láminas delgadas para formar el cielo raso debajo de cada forjado.

Este artículo ha sido impreso y publicado como separata por la Division of Building Research, C.S.I.R.O., Melbourne, de quien se puede solicitar igualmente información sobre el citado Congreso.

AVANCES EN EL CALCULO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON PRETENSADO

El nuevo puente sobre el lago Pontchartrain, en Estados Unidos, es una muestra de lo que se ha avanzado en el diseño y construcción de estructuras de hormigón pretensado.

Hace doce años se construyó en el mismo lugar un primer puente, el más largo del mundo, de 39 km en total. El nuevo se construirá paralelamente al antiguo, con una separación de 25 m. A pesar del aumento considerable de todos los precios básicos en este transcurso de tiempo, el precio de concurso del nuevo proyecto es inferior al del primitivo.

Ambos puentes tienen un tablero de 9 m de anchura, sostenido por pilotes. En el puente antiguo las luces eran de 17 m, que se aumentan a 25 m en el nuevo; al mismo tiempo, se construyen ahora tres pilotes en lugar de dos para sostener cada tramo. En el puente antiguo, cada tramo estaba formado por siete vigas, mientras que en éste solamente se disponen cuatro. Una gran economía se obtiene sustituyendo los rodillos de acero de los apoyos deslizantes que se emplearon hace doce años, por placas de neopreno de 2,5 cm de espesor.

Casi todas las placas (1.500) que forman el tablero, de 300 toneladas de peso cada una, son prefabricadas, con armaduras pretesas, en ciclo de fabricación de cuarenta y ocho horas. Se emplea curado al vapor y la resistencia al cabo de las cuarenta y ocho horas es de 350 kp/cm^2.

Los pilotes de hasta 30 m de longitud, son también prefabricados por secciones de 5 m, que poseen conductos para el paso de los cables de postesado. Estas piezas se fabrican por centrifugación en posición horizontal; son huecas y tienen paredes de 13 cm de espesor. Se centrifugan durante cinco minutos a baja velocidad, y luego a 350 r.p.m. durante

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

seis o siete minutos. Para el curado al vapor se colocan después en posición vertical. Las vigas de encepado son también prefabricadas, pero no pretensadas.

El ritmo de la construcción es muy rápido, colocándose de 3 a 4 pilotes por día. El ritmo de colocación de vigas de encepado y del tablero se ajusta al de los pilotes.

PUBLICACIONES QUE PUEDEN OBTENERSE EN LA F.I.P.

Informes del V Congreso de la F.I.P. (París, 1966).

Los informes del V Congreso pueden obtenerse en cualquiera de los idiomas oficiales del mismo (inglés, francés, alemán y ruso).

Esta publicación, cuyo coste es de 5 libras, contiene las cuatro conferencias sobre trabajos de investigación y los informes presentados por las Comisiones de la F.I.P.

Informes de la conferencia sobre pilas de reactores de hormigón pretensado (Londres, 1967).

La Institution of Civil Engineers ha publicado en Londres, en inglés, los Informes de esta conferencia que tuvo lugar en Londres del 13 al 17 de marzo de 1967. Se trata de un libro ilustrado, de 752 páginas, en el que se incluyen todos los Informes presentados y las discusiones correspondientes. El precio especial para los Miembros de la F.I.P. es de 7 libras y media.

Informes del Simposio de la F.I.P. sobre elementos prefabricados de hormigón pretensado (Madrid, 1968).

En un plazo breve se publicarán (en inglés únicamente) los Informes de este Simposio, celebrado en Madrid el 3 y 4 de junio de 1968. Su precio será de 2 libras (1).

Informes del Simposio de la F. I. P. sobre aceros para pretensado (Madrid, 6 y 7 de junio de 1968).

Estos Informes también aparecerán en breve, en inglés, en un solo volumen, cuyo precio será de 3 libras (1).

Informe especial de la F.I.P número 5 (agosto de 1968).

El Informe especial de la F.I.P. núm. 5 ("El pretensado electrotérmico en Rusia"), por N. G. Matkov, puede adquirirse al precio de 10 chelines.

---

(1) Los Informes correspondientes a los Simposios de Madrid, sobre elementos prefabricados y sobre aceros, han sido publicados, de forma muy completa, en el número 88-89 de nuestra Revista. (Nota de la Asociación Española del Hormigón Pretensado.)

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

ESTRUCTURAS GALARDONADAS CON LOS PREMIOS ESTABLECIDOS PARA 1968 POR EL P.C.I. (ESTADOS UNIDOS)

Los premios del P.C.I. correspondientes a 1968 han sido concedidos a 10 estructuras situadas en diversos puntos de Estados Unidos y Canadá. Estos premios son un reconocimiento a la perfección de los proyectos de arquitectura o de ingeniería, en los que se ha utilizado conjuntamente el hormigón pretensado y la prefabricación.

He aquí alguna de estas estructuras:

Laboratorio de investigación Chevron, California.

En este edificio se combinan una estructura hormigonada *in situ* con paneles prefabricados, pretensados y conductos para servicios, también prefabricados. Estos conductos van situados por el exterior de la estructura, en fachada, y se apoyan en vigas en voladizo. Se construyeron con un hormigón de alta calidad para que resistiese los efectos corrosivos de los gases de desecho.

Torre de la Gulf Life, Florida.

La nueva sede de la Gulf Life, en Jacksonville, Florida, es un edificio de 27 plantas en el que se han utilizado casi exclusivamente elementos prefabricados de hormigón, para la estructura. Las vigas principales, de 40 m de longitud, fueron prefabricadas por dovelas y se postesaron en obra. Las vigas apoyan en dos soportes en cada fachada y en un núcleo central del edificio. Esto supone que los voladizos en los extremos tienen 13 m de largo.

Estadio de San Diego, California.

El estadio de San Diego tiene graderíos en sólo tres de sus cuatro lados, con capacidad para 50.000 espectadores sentados. Los graderíos están construidos con elementos prefabricados, pretensados, unidos a la estructura de hormigón. Alrededor del estadio, y coronando los graderíos, se dispone un anillo de hormigón pretensado, prefabricado en trozos de unas 34 toneladas de peso, en el que van situados los focos de iluminación del estadio.

Aparcamiento para coches en Boston, Massachusetts.

Este aparcamiento, con una superficie útil de más de 300.000 metros cuadrados, distribuidos en tres plantas, tiene capacidad para 3.150 coches, pudiéndose si es preciso, construir en el futuro dos plantas más. El módulo empleado es de 18 × 7 m y se utilizaron 1.350 vigas canal, prefabricadas y pretensadas, de 17 m de longitud, para formar el entramado del suelo. En cada crujía, 3 vigas secundarias, simplemente apoyadas, soportan las placas de 10 cm de espesor, postesadas *in situ*, que constituyen el forjado.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Puentes de Parkdale, Norte y Sur, en Ontario.

Se trata de dos puentes de tres tramos, con una luz central de 24 m y tableros postesados de espesor variable, con un mínimo de 37 cm. El tablero fue postesado utilizando cables de 12 alambres, con una distancia entre ejes de 44 a 52 cm. Otro punto de interés es la utilización de anclajes en roca, postesados, para las zapatas, con objeto de incrementar el coeficiente de seguridad del suelo limoso, poco resistente.

Las aceras en voladizo van postesadas longitudinalmente, uniéndose al puente por medio de tornillos de alta resistencia.

Puente en la carretera 35/280 de Hillsborough, California.

Este puente, hormigonado *in situ,* con vigas cajón postesas, está formado por dos tramos de 53 y 58 m, con tablero de 11 m de anchura. Se eligió este tipo de estructura de 2 tramos, por razones estéticas y de seguridad.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

notas de la F.I.P.

n. 20, marzo 1969

NUEVO PRESIDENTE DE LA COMISION F.I.P. SOBRE ACEROS PARA PRETENSADO

El Sr. Bruggeling, de Holanda, ha sucedido al fallecido Dpl. Ing. M. R. Ros en la Presidencia de la Comisión F.I.P. sobre aceros para pretensado.

El Sr. Bruggeling obtuvo su título de Ing. Civil en Delft en 1947; fue el primer Secretario de la S.T.U.V.O., fundada en 1949, y fue nombrado Miembro de Honor de la misma en 1967.

El Sr. Bruggeling es actualmente Ingeniero Consultor O.N.R.I. y Director de la "Adviesbureau voor Bouwtechniek" N.V., así como Miembro del Comité R.I.L.E.M./F.I.B./C.E.B. sobre aceros y de la Comisión de la F.I.P sobre prefabricación. Es autor de *Teoría y Práctica del Hormigón Pretensado* (dos volúmenes) y *Pavimentos de Hormigón Pretensado.*

El Sr. M. Birkenmaier (Suiza), continúa como Presidente del Grupo de Trabajo sobre anclajes, que se ha creado dentro de la Comisión de "Aceros para pretensado".

La Comisión y el Grupo de Trabajo se reunirán en Amsterdam, el 21 de abril de 1969.

PILAS DE REACTORES DE HORMIGON PRETENSADO

Reactor de Hartlepool.

La Central Electricity Generating Board de Inglaterra ha dado detalles sobre la futura construcción de una planta nuclear en Hartlepool, en el nordeste del país.

El proyecto de las pilas de reactores de esta planta tiene un interés particular, puesto que serán construidas en hormigón pretensado. En cada pila, de forma cilíndrica, cuyos muros tienen un espesor de 6,5 m, irán ocho calderas, colocadas en compartimentos verticales aislados térmicamente, y con un revestimiento de acero. El espesor de las paredes de estos compartimentos es de 2,75 m. Estas calderas pueden desmontarse, si es necesario efectuar alguna reparación.

Por primera vez en plantas nucleares se utilizará, para las dos pilas, un pretensado circular, con lo que se consigue disminuir el tamaño del compartimento donde se aloja el reactor, reduciendo al mismo tiempo la necesidad de revestimientos protectores, siempre caros, entre los reactores y las calderas, ya que el hormigón constituye por sí mismo una protección. Un ejemplo más de las posibilidades de aplicación del hormigón pretensado y del campo que tiene abierto ante sí.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

SIMPOSIO DE LA BRITISH NUCLEAR ENERGY SOCIETY

Los días 10 y 11 del próximo mes de julio se reunirá la B.N.E.S., en la Institution of Civil Engineers, de Londres, para tratar de las técnicas de ensayo sobre modelos reducidos de pilas para reactores en hormigón pretensado. En la conferencia sobre pilas para reactores en hormigón pretensado, celebrada en Londres en marzo de 1967, se presentaron varias comunicaciones en las que se trataba de la aplicación al proyecto de estas estructuras, del ensayo sobre modelos reducidos. El tema suscitó gran interés en aquella ocasión, lo que, unido a los avances posteriores que han tenido lugar en este campo, ha motivado la convocatoria de este simposio.

Más información sobre el mismo puede obtenerse del:

The Secretary British Nuclear Energy Society.
1-7 Great George Street.
LONDON S.W.1.
Inglaterra.

ESTIMACION DE FUERZAS SISMICAS EN ESTRUCTURAS

El Grupo de Trabajo ISO/TC 98/WGI sobre "Métodos de estimación de fuerzas sísmicas en estructuras" celebró su primera reunión en Tokio, del 7 al 9 de noviembre de 1968. En representación de la F.I.P. asistieron los Dres. Ban y S. Inomata.

Al final de la reunión se aprobó una propuesta que la Secretaría del T.C. 98 enviará a todos los países miembros de la I.S.O., recabando sus comentarios.

La propuesta se centra principalmente en la evaluación de las fuerzas sísmicas que pueden actuar en edificios, torres, depósitos, etc., aunque también es aplicable a puentes, presas, instalaciones portuarias y otras obras pesadas de ingeniería civil. Se discuten en dicha propuesta las direcciones de propagación de los esfuerzos sísmicos, así como los métodos para valorar estos esfuerzos. Se enumeran los factores que influyen en el valor de los coeficientes sísmicos para el cálculo de esfuerzos cortantes y laterales, comentándose su importancia relativa.

CONFERENCIA SOBRE METODOS DE OPTIMACION EN MECANICA APLICADA CELEBRADA EN POLONIA

En diciembre de 1968 se celebró en Jablona (Polonia) una conferencia sobre problemas de optimación en los campos de la Mecánica Aplicada e Ingeniería. La conferencia fue organizada por la Academia polaca de Ciencias, bajo la presidencia del profesor Z. Wasiutynski, participando unos 40 especialistas en el tema.

Todas las comunicaciones fueron publicadas con anterioridad, siendo numerosos los problemas discutidos. Entre ellos figuran algunos directamente relacionados con el hormigón pretensado, tales como los siguientes:

"Dimensionamiento óptimo de placas de hormigón pretensado de contorno cualquiera, sometidas a dos fases de carga", por el Dr. W. Dzieniszewski.

"Dimensionamiento óptimo de vigas de hormigón, pretensadas con alambres infinitamente finos distribuidos de manera continua" por el Dr. W. Marks.

"Dimensionamiento óptimo de vigas pretensadas de gran canto", por el Dr. J. Grycz.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

"Dimensionamiento óptimo de vigas de hormigón pretensado utilizando el criterio de resistencia de Caquot", por el Dr. Marks.

"Dimensionamiento óptimo de vigas en régimen plástico, sometidas a fuerzas concentradas, por el Prof. Z. Mroz.

Los informes de la conferencia pueden obtenerse de:

Biuro Ksztalcenia i Doskonalenia Kadr.
Naukowych Polskiej Akademi Nauk.
Warszawa.
Palac Kultury i Nauki.
Polonia.

Está en proyecto la celebración de otra conferencia en el plazo de dos o tres años.

HORMIGON PRETENSADO Y HORMIGON LIGERO

En el VIII Congreso de la A.I.P.C., celebrado en septiembre de 1968 en Nueva York, Alemania Oriental presentó una comunicación titulada "Spannbeton und Leichtbeton", de interés para los miembros de la F.I.P., por lo que a continuación se incluye un breve resumen de la misma.

En estos últimos años, los ingenieros de Alemania Oriental han investigado ampliamente sobre los dos temas siguientes:

— Elementos de hormigón con pretensado parcial.
— El hormigón ligero como material estructural.

En la primera parte se dan amplios detalles de la teoría del pretensado de elementos de la clase II, figurando seguidamente un resumen de las Normas Alemanas para el cálculo de estructuras pretensadas.

En la segunda se presenta un estudio general de las propiedades mecánicas del hormigón ligero estructural, fabricado a base de arcillas expandidas. Se acompañan fotografías y diagramas de ensayos efectuados con diferentes tipos de elementos.

CORROSION BAJO TENSION DE LOS ALAMBRES DE ACERO DE ALTA RESISTENCIA

La Building Research Station de Inglaterra ha editado, en inglés, el Informe de los señores Libert y Hache, titulado "Corrosión bajo tensión de los alambres de acero de alta resistencia".

A continuación se resume este Informe, pudiendo obtenerse mayor información de la Secretaría Técnica de la F.I.P.

Resumen:

Se observó rotura de los alambres de pretensado, motivada por corrosión bajo tensión, en un caso en que las vainas no habían sido inyectadas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Además de la fisura inicial, la superficie de rotura presentaba dos zonas diferenciadas: la primera mostraba las características de la rotura dúctil, en tanto que en la segunda aparecían las de la rotura frágil.

Se efectuaron ensayos de fisuración por corrosión bajo tensión con alambres de acero para pretensado, en las condiciones de suministro. Estas muestras se sometieron a tensiones de flexión y tracción bañadas en una solución de ácido sulfúrico, con carga simultánea de hidrógeno y en soluciones acuosas de sulfuro de hidrógeno. Se comprobó que la rotura de estos alambres presentaba características generales similares a las observadas en los alambres de las estructuras reales.

Para la duración de ensayo empleada se determinaron los niveles críticos de la tensión, intensidad y concentración, por debajo de los cuales no se presenta la rotura.

Se puede mejorar notablemente el comportamiento de los alambres quitando la capa superficial por esmerilado. Un efecto similar se consigue por galvanizado en caliente.

Actualmente los estudios se encaminan a la determinación de los factores que influyen en el comienzo de este tipo de rotura.

EL HORMIGON PRETENSADO EN LA CONSTRUCCION INDIA

La utilización del hormigón pretensado en la India data de 1949, año en que se utilizaron vigas de hormigón pretensado para puentes de ferrocarril. El Prestressed Concrete Group de la Institution of Engineers de la India, considera que estas vigas constituyen la primera utilización en el mundo del hormigón pretensado para cargas de ferrocarril. En el año 1948 se estaban construyendo varios puentes para la línea de ferrocarril de Assam y hubo a la sazón serias dificultades en el suministro de acero. Se trató entonces, por diversos caminos y medios, de encontrar algún material sustitutivo del acero, para fabricar las vigas de un cierto número de puentes de dicho ferrocarril. Se descartó la madera por el riesgo de incendio, y el aluminio, porque estaba aún más escaso que el acero. Por ello se analizaron las posibilidades de adoptar vigas de hormigón pretensado, y aun cuando había muy poca literatura especializada sobre el tema, se proyectaron las vigas con los datos disponibles.

Para asegurarse de que estas vigas serían capaces de soportar las grandes cargas dinámicas a que iban a estar sometidas, se efectuaron ensayos a escala natural. Se diseñó un tramo de 13 m destinado a un ferrocarril de vía estrecha (1 m de anchura) con vehículos de 14 toneladas/eje. Este tramo se cargó dinámicamente con vehículos de 23 toneladas/eje, correspondientes a un ferrocarril de vía ancha (1,67 m). Se ensayaron las vigas con velocidades de hasta 100 km/h. Al tener éxito el ensayo se construyeron varios tramos de la línea de Assam, que aún siguen en servicio.

Durante los cuatro años posteriores no se empleó el hormigón pretensado debido a factores diversos, entre los cuales destaca la gran dificultad de obtener alambres de alta resistencia. En 1953 se proyectó un puente de carretera, de 23 tramos pretensados de 27 m cada uno, pero antes de comenzar la construcción se ensayó a rotura uno de los tramos, con resultados plenamente satisfactorios. Este puente, ubicado en el Estado de Madras, sirvió como punto de partida para la construcción de otros puentes pretensados en todo el país.

Como es sabido, los ingenieros de la India no son reacios a adoptar las nuevas técnicas ingenieriles que han sido avaladas por la práctica y, a la vista de la continua escasez de acero en el país y la economía relativa del hormigón pretensado, la construcción de puentes con este material experimentó un fuerte empuje. Para 1962 se habían construido ya más

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

de 600 tramos de puentes para carretera con luces de hasta 48 m. En puentes para ferrocarril también se utilizó ampliamente el hormigón pretensado, y más de 600 tramos fueron construidos durante el mismo período, con luces máximas de 18 m.

El empleo del hormigón pretensado en otro tipo de estructuras comenzó más tarde. El progreso de esta técnica se vio obstaculizado durante algunos años por el hecho de que no se fabricaba acero de alta resistencia en el país y por las restricciones existentes para su importación. Posteriormente se comenzó a fabricar alambre de alta resistencia utilizando tochos importados. Ahora también se producen éstos en la India.

En este país se han adoptado la mayor parte de los sistemas de pretensado que se emplean en los países occidentales, junto con uno o dos sistemas nacionales. Existe actualmente, bajo los auspicios de la Institution of Civil Engineers, una "Agrupación para el desarrollo del hormigón pretensado", formada por 60.000 ingenieros y estudiantes.

En la India se ha progresado considerablemente desde el Congreso de la F.I.P. en Roma (1962), y actualmente se encuentran en fase de construcción puentes para carretera de luces de hasta 120 m. El método de construcción empleado para tales puentes es el de voladizos sucesivos, que se utilizó por primera vez en Worms (Alemania). En muchos casos en los que la luz es inferior a 50 m, se utilizan vigas de lanzamiento de acero o aluminio.

Actualmente se construyen también muchas otras estructuras, tales como silos para almacenar fertilizantes, sifones, muelles, factorías, hangares, depósitos de agua y otras estructuras industriales.

La mayor parte de los nuevos puentes construidos por ingenieros indios muestran una elegante sencillez, lo cual acredita no sólo las cualidades intrínsecas del material, sino también la competencia de los proyectistas indios. Un ejemplo puede ser el puente Sone, en Dehri, considerado como el puente de hormigón pretensado más largo de Asia. Este puente, de más de 3.000 m. de longitud, se construyó en tres años y está formado por 93 tramos de 33 m cada uno, con pilas de hormigón armado. Los cajones de cimentación están hincados a 21 m por debajo del nivel del agua. La calzada es de 7 m de anchura, con aceras de 1,5 m a cada lado.

Recientemente se ha terminado el puente Kandroor sobre las aguas embalsadas del río Sutlej, agua arriba de la presa Bhakra. El puente de 300 m de longitud, y con 64 m de altura sobre el lecho del río está formado por ocho tramos de luces variables entre 20 y 64 m. La calzada es de 7 m. La cimentación es de tipo abierto y de cajones, según las características de los estratos subyacentes y la posición de las pilas.

En la construcción del puente sobre el río Vasista se empleó una viga de lanzamiento de aluminio para colocar las vigas de 150 toneladas que salvan los 20 vanos de 46 m cada uno. La longitud total del puente es de 940 m con 7,30 m de anchura de calzada. Las pilas se cimentan en cajones situados a 44 m por debajo del nivel del lecho del río.

El puente de ferrocarril de Belguri, de vía ancha (1,676 m), es de 198 m de longitud y está constituido por tres tramos de 24,4 m y seis de 18,3 m. La anchura del tablero es de 4,3 para soportar una sola vía. Las pilas se levantan a 36 m sobre el nivel del lecho del río.

También recientemente se ha terminado la construcción del puente Barak, formado por un tramo central de 122 m y dos laterales de 56 m. Para no interrumpir la navegación se empleó el sistema de voladizos sucesivos, monolíticos con las pilas, las cuales descansan en pozos de cimentación. Tanto el puente principal, de 282 m, como el viaducto de acceso, de 187 m, tienen una calzada de 7 m de anchura.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Otro puente terminado recientemente es el de Kosi, en Kursela, de 1.000 m de longitud, formado por 17 tramos, de los que 14 son de 64 m. Este puente servirá de unión entre Pursea y Barauni, en la autopista nacional número 31.

Una amplia variedad de estructuras de hormigón pretensado se ha construido y está construyéndose en la India. Entre ellas destaca el depósito de agua de Kilpauk, en Madras, que es el mayor depósito elevado existente en Asia, con un diámetro de 31,7 m y una capacidad de 6.800 m^3. El depósito va pretensado vertical y horizontalmente con el sistema Freyssinet. Está sostenido por 16 pilares de 15 m de altura, soportados, a su vez, por una placa de cimentación situada a 4,6 m bajo el nivel del suelo.

Resulta igualmente interesante el hangar de Dum Dum, en Calcuta, que presenta una superficie de suelo libre de 2.600 m^2, apropiada para los últimos modelos de aviones. La cubierta está formada por 5 láminas cilíndricas pretensadas de 50 m de longitud y 10 m de cuerda, resultando ser así la más larga construida en la India. La entrada al hangar es de 48 m de anchura y 13,7 m de altura.

Agradecemos a Gammon India Ltda. la aportación de estos detalles técnicos (*).

EL PUENTE OLAND, SUECIA

Se construye en Suecia el mayor puente de Europa, formado por 155 tramos de hormigón armado o pretensado. De ellos, 149 son de hormigón armado y su longitud es de 35 m, pero los 6 centrales, situados sobre las rutas de navegación, tienen cada uno 130 m y serán construidos en hormigón pretensado.

Hasta ahora, el trabajo se ha concentrado en las cimentaciones y en el problema de alcanzar la roca a una profundidad de unos 11 m bajo el nivel del lecho marino. En las vías de navegación, la profundidad que hay que alcanzar para tocar fondo es de 10 m, pero en el resto es, aproximadamente, de sólo 4 m. Bajo el agua, el hormigón se vierte, sobre el lecho de roca, dentro de moldes de madera con tablestacas metálicas. Existe un problema adicional que es el de los posibles daños originados por el deshielo en la primavera. Cuando el lecho de roca está demasiado profundo se emplean pilotes de cimentación de hormigón y de acero de hasta 10 m de longitud. Se han utilizado unos 4.000 de ellos.

Los seis tramos centrales están en una altura de 36 m sobre el nivel del agua y presentan una gran dificultad para el hormigonado. La solución que se adoptará será el empleo de un andarivel gigante que sirva el hormigón a una cimbra autoportante, especialmente estudiada en Suecia. Las torres del andarivel se situarán sobre dos de las pilas principales.

(*) Este artículo se publicó en el número de enero de 1969 de la Revista *International Construction*, a la cual agradecemos la autorización para su publicación íntegra.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

notas de la F.I.P.

n. 21, abril 1969

FUTURO PRESIDENTE DE LA COMISION F.I.P. SOBRE PREFABRICACION

El Sr. K. G. Bernander (Suecia), actual Co-presidente de la Comisión F.I.P. sobre Prefabricación, será nombrado Presidente de la misma cuando el Sr. New (Inglaterra) la abandone, coincidiendo con el Congreso de la F.I.P. en junio de 1970. El Sr. New ha sido durante diez años Vicepresidente de la F.I.P., ha representado al Grupo británico en el Consejo Administrativo y desde 1956 hasta 1963 fue Miembro del Comité Ejecutivo. El señor New ha sido Presidente de la Comisión sobre Prefabricación desde su creación en 1964.

El Sr. Bernander, nacido en Rodesia del Sur, se matriculó en la Sigtuna Humanistiska Läroverk en el año 1944, obteniendo el título de Ingeniero Civil en 1950, en la Chalmers University of Technology. Durante los cuatro años siguientes fue colaborador del profesor Granhol, en el Instituto de Ingeniería Estructural de la Chalmers University.

En 1954, el Sr. Bernander pasó a AB Strangbeton como Jefe del Departamento Técnico, ocupando en 1962 el cargo de Ingeniero Jefe y el de Director del Departamento en 1966, puesto que ocupa en la actualidad.

RESISTENCIA AL FUEGO DEL HORMIGON PRETENSADO

La F.I.P. ha recibido un informe del Fire Engineering Laboratory sueco, titulado "Resistencia al fuego de elementos doble T de hormigón pretensado", del que es autor Kai Odeen.

En este Informe se presenta un método para determinar, por medio del cálculo, la resistencia al fuego de vigas de hormigón armado o pretensado, con especial aplicación a elementos pretensados de sección en doble T. Este método se basa en el cálculo de los campos de temperatura que se producen dentro de una estructura expuesta al fuego.

Si se conocen las características de resistencia y deformación de los materiales constitutivos, a la temperatura considerada, se puede determinar la capacidad de carga de la estructura a partir de dichos campos de temperatura. Sin embargo, en el Informe se concluye que el conocimiento actual de algunas de estas características es incompleto.

A la vista de esto, y teniendo en cuenta algunas consideraciones críticas relativas al método de ensayo normalmente utilizado para determinar la resistencia al fuego de las estructuras y que es el que sirve de base actualmente para su clasificación a este respecto,

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

solamente se señalan los principios para el cálculo de la capacidad de carga de las estructuras expuestas al fuego, limitándose la evaluación numérica a unos pocos ejemplos característicos.

EMPLEO DEL HORMIGON PRETENSADO EN LA CONSTRUCCION NAVAL

Gainor W. Jackson y M. Morely Sutherland han publicado recientemente, en Londres, un libro titulado: "La construcción de barcos de hormigón; su técnica y su futuro". El libro trata fundamentalmente de la construcción de barcos a base de láminas delgadas de ferrocemento; pero una parte del mismo se dedica a la utilización del hormigón pretensado en la construcción naval. A continuación se incluyen algunos datos tomados del libro en cuestión, así como un comentario del fallecido Sr. Freyssinet, que pueden ser de interés para todos aquellos ingenieros que estudien el hormigón pretensado.

Como resumen del empleo del hormigón pretensado en este campo, los autores afirman: "El pretensado es un método ampliamente ensayado y muy prometedor, que se puede emplear en ciertos tipos de barcos de hormigón. Hasta ahora, el pretensado se ha utilizado principalmente en grandes estructuras y en puentes, en gabarras y pontones, pero su futuro en este campo parece ilimitado. En tanto que la técnica del ferrocemento es la más apropiada para cascos de sección curva, el pretensado es más adecuado en aquellos cascos de fondo plano y paredes verticales, tales como los de las gabarras".

En el libro se dan detalles de firmas neozelandesas con experiencia en la construcción de este tipo de cascos. En Filipinas también se han construido gabarras pretensadas, para emplearlas en el tráfico interinsular. Se dice que estas gabarras "han demostrado que poseen resistencia suficiente para soportar el impacto con un carguero y con varias gabarras de acero". Sus medidas son: longitud, 61 m; anchura, 17 m, y altura, entre 5,66 y 6,27 m. Hasta el momento se han construido varios centenares de gabarras y pontones.

Freyssinet, al celebrar sus Bodas de Oro como Ingeniero dijo: "El pretensado nos permitirá construir barcos de tales dimensiones que las mayores olas serán para ellos tan sólo un mar picado. Inmensos rompeolas flotantes, gracias a los cuales ya no buscaremos cimentaciones fáciles, sino grandes profundidades para nuestros puertos. Estos rompeolas se fijarán a farallones, favoreciendo así a las regiones en las que la construcción de un puerto se consideró imposible. Se harán islas flotantes equipadas con una maquinaria prodigiosa para extraer minerales de los fondos marinos. Será el pretensado el que nos permitirá conseguir la imposible tarea de captar la energía del sol y del viento y este material servirá para construir las rampas de lanzamiento de nuestras aeronaves".

Los autores concluyen diciendo que parece existir un gran futuro para el pretensado como técnica constructiva de grandes barcos de hormigón. Consideran también que algún día podrán construirse con este medio submarinos y cargueros submarinos y que, probablemente, resultará más barato hacer grandes barcos, con forma de cigarro, en hormigón pretensado que en chapa de acero.

Este libro ha sido publicado por: George Allen y Unwin Ltd. Park Lane, Hemel Hempstead, Hertfodshire, England.

PUENTES PREFABRICADOS PRETENSADOS, EN HOLANDA

La nueva zona residencial de Bijlmermeer, en curso de construcción en las afueras de Amsterdam, presenta muchos puntos de interés, tanto en su proyecto como en su ejecu-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

notas de la F.I.P.

n. 21, abril 1969

FUTURO PRESIDENTE DE LA COMISION F.I.P. SOBRE PREFABRICACION

El Sr. K. G. Bernander (Suecia), actual Co-presidente de la Comisión F.I.P. sobre Prefabricación, será nombrado Presidente de la misma cuando el Sr. New (Inglaterra) la abandone, coincidiendo con el Congreso de la F.I.P. en junio de 1970. El Sr. New ha sido durante diez años Vicepresidente de la F.I.P., ha representado al Grupo británico en el Consejo Administrativo y desde 1956 hasta 1963 fue Miembro del Comité Ejecutivo. El señor New ha sido Presidente de la Comisión sobre Prefabricación desde su creación en 1964.

El Sr. Bernander, nacido en Rodesia del Sur, se matriculó en la Sigtuna Humanistiska Läroverk en el año 1944, obteniendo el título de Ingeniero Civil en 1950, en la Chalmers University of Technology. Durante los cuatro años siguientes fue colaborador del profesor Granhol, en el Instituto de Ingeniería Estructural de la Chalmers University.

En 1954, el Sr. Bernander pasó a AB Strangbeton como Jefe del Departamento Técnico, ocupando en 1962 el cargo de Ingeniero Jefe y el de Director del Departamento en 1966, puesto que ocupa en la actualidad.

RESISTENCIA AL FUEGO DEL HORMIGON PRETENSADO

La F.I.P. ha recibido un informe del Fire Engineering Laboratory sueco, titulado "Resistencia al fuego de elementos doble T de hormigón pretensado", del que es autor Kai Odeen.

En este Informe se presenta un método para determinar, por medio del cálculo, la resistencia al fuego de vigas de hormigón armado o pretensado, con especial aplicación a elementos pretensados de sección en doble T. Este método se basa en el cálculo de los campos de temperatura que se producen dentro de una estructura expuesta al fuego.

Si se conocen las características de resistencia y deformación de los materiales constitutivos, a la temperatura considerada, se puede determinar la capacidad de carga de la estructura a partir de dichos campos de temperatura. Sin embargo, en el Informe se concluye que el conocimiento actual de algunas de estas características es incompleto.

A la vista de esto, y teniendo en cuenta algunas consideraciones críticas relativas al método de ensayo normalmente utilizado para determinar la resistencia al fuego de las estructuras y que es el que sirve de base actualmente para su clasificación a este respecto,

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

solamente se señalan los principios para el cálculo de la capacidad de carga de las estructuras expuestas al fuego, limitándose la evaluación numérica a unos pocos ejemplos característicos.

EMPLEO DEL HORMIGON PRETENSADO EN LA CONSTRUCCION NAVAL

Gainor W. Jackson y M. Morely Sutherland han publicado recientemente, en Londres, un libro titulado: "La construcción de barcos de hormigón; su técnica y su futuro". El libro trata fundamentalmente de la construcción de barcos a base de láminas delgadas de ferrocemento; pero una parte del mismo se dedica a la utilización del hormigón pretensado en la construcción naval. A continuación se incluyen algunos datos tomados del libro en cuestión, así como un comentario del fallecido Sr. Freyssinet, que pueden ser de interés para todos aquellos ingenieros que estudien el hormigón pretensado.

Como resumen del empleo del hormigón pretensado en este campo, los autores afirman: "El pretensado es un método ampliamente ensayado y muy prometedor, que se puede emplear en ciertos tipos de barcos de hormigón. Hasta ahora, el pretensado se ha utilizado principalmente en grandes estructuras y en puentes, en gabarras y pontones, pero su futuro en este campo parece ilimitado. En tanto que la técnica del ferrocemento es la más apropiada para cascos de sección curva, el pretensado es más adecuado en aquellos cascos de fondo plano y paredes verticales, tales como los de las gabarras".

En el libro se dan detalles de firmas neozelandesas con experiencia en la construcción de este tipo de cascos. En Filipinas también se han construido gabarras pretensadas, para emplearlas en el tráfico interinsular. Se dice que estas gabarras "han demostrado que poseen resistencia suficiente para soportar el impacto con un carguero y con varias gabarras de acero". Sus medidas son: longitud, 61 m; anchura, 17 m, y altura, entre 5,66 y 6,27 m. Hasta el momento se han construido varios centenares de gabarras y pontones.

Freyssinet, al celebrar sus Bodas de Oro como Ingeniero dijo: "El pretensado nos permitirá construir barcos de tales dimensiones que las mayores olas serán para ellos tan sólo un mar picado. Inmensos rompeolas flotantes, gracias a los cuales ya no buscaremos cimentaciones fáciles, sino grandes profundidades para nuestros puertos. Estos rompeolas se fijarán a farallones, favoreciendo así a las regiones en las que la construcción de un puerto se consideró imposible. Se harán islas flotantes equipadas con una maquinaria prodigiosa para extraer minerales de los fondos marinos. Será el pretensado el que nos permitirá conseguir la imposible tarea de captar la energía del sol y del viento y este material servirá para construir las rampas de lanzamiento de nuestras aeronaves".

Los autores concluyen diciendo que parece existir un gran futuro para el pretensado como técnica constructiva de grandes barcos de hormigón. Consideran también que algún día podrán construirse con este medio submarinos y cargueros submarinos y que, probablemente, resultará más barato hacer grandes barcos, con forma de cigarro, en hormigón pretensado que en chapa de acero.

Este libro ha sido publicado por: George Allen y Unwin Ltd. Park Lane, Hemel Hempstead, Hertfodshire, England.

PUENTES PREFABRICADOS PRETENSADOS, EN HOLANDA

La nueva zona residencial de Bijlmermeer, en curso de construcción en las afueras de Amsterdam, presenta muchos puntos de interés, tanto en su proyecto como en su ejecu-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

ción. De particular interés es la utilización masiva de vigas en T invertida para construir unos 50 viaductos.

Bijlmermeer se construye en zona de "polders" robada al mar hace unos trescientos años. Sin embargo, desde aquella fecha se han producido frecuentes inundaciones. Un primer paso para evitarlas fue recubrir toda la superficie (de unos 4 km²) con 2 m de arena, para lo que se empleó el método de relleno hidráulico.

Una característica esencial de la planificación del nuevo distrito fue separar, en lo posible, los ciclistas y peatones del resto del tráfico rodado. Para ello se ha organizado el tráfico en tres niveles: a nivel del suelo, ciclistas y peatones; tráfico local en el segundo nivel y una nueva autopista en el nivel superior.

Los 50 viaductos a los que anteriormente se hizo referencia, forman parte del sistema local de carreteras y tienen longitudes de 18 a 700 m, siendo la longitud total de 3,2 km. Con objeto de construir estos viaductos en el mínimo tiempo y lo más económicamente posible, se utilizó un tipo normalizado de elementos prefabricados pretensados. La anchura de los viaductos es de 23,50 m con dos calzadas de 3 carriles.

Debido a las características del terreno, los viaductos se cimentan sobre pilotes pretensados cuyas cabezas se encepan con bloques prefabricados de hormigón. Cada una de estas cepas sostiene tres pilas, espaciadas a lo ancho del viaducto, y como cabezal de las pilas se coloca una viga Preflex.

El tablero está formado por vigas en T invertida de hormigón pretensado, colocadas en contacto y con una longitud de hasta 20 m. Se colocan armaduras de acero con el fin de obtener continuidad para resistir las sobrecargas. Finalmente, se hormigona *in situ*, para formar el tablero, una losa monolítica. En el conjunto del proyecto se emplearon en total 4.000 vigas prefabricadas, con armaduras pretesas, y con un hormigón de 600 kp por centímetro cuadrado de resistencia, en probeta cúbica, a los veintiocho días.

La carretera elevada de Bijlmermeer está siendo construida por la División de Puentes del Departamento de Obras Públicas de Amsterdam, bajo la supervisión de su Director, Dr. Ing. G. F. Janssonius.

EDIFICIOS PARA APARCAMIENTOS EN HORMIGON PRETENSADO

En Estados Unidos se han construido recientemente tres aparcamientos de varias plantas, en los que se hizo amplio uso del hormigón pretensado. La F.I.P. agradece al Prestressed Concrete Institute, los datos que han servido para preparar las breves descripciones que se incluyen a continuación.

Edificio para aparcamiento de la General Motors, en Michigan.

Este proyecto, finalizado en abril de 1968, dispone de 51.000 m² de superficie útil de aparcamiento. La estructura está formada por 119 soportes prefabricados, de sección cuadrada de 50 × 50 cm, y con una longitud de 17 m, unidos por 295 vigas en T prefabricadas, con armaduras pretesas. Estas vigas tienen, normalmente, 1,80 × 0,95 × 17 metros y el conjunto de la estructura se rigidizó posteriormente mediante el postesado.

Las placas de forjado, con un espesor de 14 cm, fueron hormigonadas *in situ* y postensadas, consiguiéndose así un espesor mínimo y reduciendo al mismo tiempo el peligro de fisuración.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Para conseguir un acabado arquitectónico exterior aceptable, se emplearon paneles prefabricados de hasta 7 metros de altura.

Terminal de autobuses y garaje de la Compañía Continental, en Georgia.

Esta obra se terminó en diciembre de 1968 y constituyó un destacado ejemplo de rapidez constructiva (trescientos diez días). Se consiguió empleando ampliamente elementos prefabricados pretensados, tanto para la estructura como para los paneles de cerramiento.

El edificio consta actualmente de 6 plantas, con una superficie útil de 37.000 m², pero se ha previsto una ampliación futura de dos plantas más. La estructura está constituida por vigas principales y soportes, ambos elementos prefabricados y pretensados y además lleva dos vigas perimetrales de 95 m que se hormigonaron y postensaron *in situ*. Estas vigas sirven para soportar las vigas principales pretensadas prefabricadas.

Los forjados están constituidos por vigas en T pretesas, de 20 m de luz, 90 cm de canto y alas de 3 m de anchura. Todos los elementos se proyectaron como estructura simplemente apoyada para las cargas permanentes y como elementos mixtos continuos para las cargas permanentes más las sobrecargas.

El pretensado también se empleó en los paneles exteriores de hormigón de cemento blanco. El objeto principal de pretensar estos elementos fue darles mayor resistencia durante las operaciones de transporte y colocación.

Aparcamiento en el Condado de Almeda, California.

Lo más notable de esta estructura son los elementos de forjado, que tienen la forma poco usual de sectores de círculo y están realizados en hormigón ligero. El área de aparcamiento es una rampa oval continua que alcanza una altura de 9 plantas y que posee capacidad para 900 coches. En la parte superior se ha instalado un helipuerto.

La parte externa de la rampa se construyó con elementos prefabricados. Cada elemento tiene una longitud de 17 m, teniendo dos espigas en el perímetro exterior y una en el interior, para situarlo correctamente.

Estos elementos se fabricaron en hormigón ligero pretensado, con un peso unitario de 12 toneladas. La anchura varía de 3,35 m, en la parte exterior, a 1,20 m en la interior. El espesor es sólo de 9 cm, más 7 cm de hormigón añadido *in situ*.

PUBLICACIONES QUE PUEDEN OBTENERSE DE LA F.I.P.

Informe especial de la F.I.P. número 6 (abril, 1969).

El Informe especial de la F.I.P. número 6 ("La producción de hormigón autopretensado"), por G. I. Berdicevskij, puede adquirirse al precio de 10 chelines, dirigiéndose a la Secretaría de la F.I.P., en Londres.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

notas de la F.I.P.

n. 22, mayo - junio 1969

REUNION DEL CONSEJO ADMINISTRATIVO DE LA F.I.P., EN DRESDEN

Los Miembros del Consejo Administrativo de la F.I.P. fueron acogidos calurosamente a su llegada a Dresden, el 26 de mayo de 1969, al comienzo de dos días de reuniones. Estas tuvieron lugar en el bellísimo emplazamiento del Dresdner Club, lugar de retiro de Profesores de Universidad y colaboradores. Los Miembros sentían frecuentes tentaciones de salir a dar una vuelta por la terraza y admirar la vista del río que desde la misma se divisaba.

La F.I.P. dio la bienvenida al nuevo Grupo Miembro, Hungría, con lo que el número de Grupos Miembros asciende a 41, en 38 países diferentes. Es inminente la incorporación de Pakistán, esperándose su confirmación antes del Congreso de Praga en 1970.

El Consejo Administrativo tuvo también la satisfacción de elegir tres Vicepresidentes más para el Comité Ejecutivo: el Profesor Brondum-Nielsen, que sucedió en diciembre de 1968 al Dr. Ostenfeld como Vicepresidente de la F.I.P en Dinamarca; el Profesor Klimes, Vicepresidente de la F.I.P en Checoslovaquia, desde que su Grupo es Miembro (1958) y Presidente del Congreso de 1970, y el Profesor J. A. Torroja, Vicepresidente de la F.I.P. en España, sucediendo a su padre, profesor E. Torroja, Presidente de la F.I.P. desde 1958 hasta su muerte, en 1961.

El Consejo Administrativo ha decidido recomendar a la Asamblea General de la F.I.P., en junio de 1970, la concesión del nombramiento de Miembro Honorario a personas que hayan prestado largos y fructíferos servicios a las tareas de la F.I.P. Igualmente, el Consejo Administrativo discutió la concesión de la Medalla Freyssinet, que se presentará por primera vez en el VI Congreso de la F.I.P.

El galardonado con la primera Medalla de la F.I.P., que también será presentado en el Congreso, no ha sido elegido aún, pidiéndose a los Grupos Miembros que envíen al Secretario General los nombres de los candidatos propuestos lo antes posible y, en todo caso, antes del 1 de diciembre de 1969.

Teniendo que modificar los Estatutos de la F.I.P. en la próxima reunión de la Asamblea General, con motivo de la creación de la figura de Miembro Honorario, se decidió que era el momento adecuado para revisarlos, discutiéndose diversas enmiendas propuestas con el fin de ponerlos en línea con la que ha llegado a ser práctica aceptada de la F.I.P. En un plazo breve, la redacción provisional de los nuevos Estatutos propuestos será enviada a los Grupos Miembros para que puedan comentarlos o hacer enmiendas adicionales antes de la próxima reunión de la Asamblea General en junio de 1970.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

El Consejo Administrativo acordó a su pesar la recomendación de incrementar el importe de la suscripción anual a la F.I.P. en un 40 por 100. El aumento de las actividades técnicas de las Comisiones, que llevan anejos mayores gastos de secretaría, gastos postales y otros, ha hecho inevitable el aumento. Al mismo tiempo se considera que, al existir un mayor intercambio de información técnica y de investigación entre los Grupos Miembros, la F.I.P. está llevando a cabo un servicio cada vez más amplio a sus Miembros. La propuesta original era aumentar estas cuotas en un 50 por 100, pero el Consejo Administrativo quiso que el incremento fuera lo más bajo posible para que los Grupos Miembros no encontraran excesiva la carga de la suscripción.

Mr. Crozier, Secretario Técnico de la F.I.P., describió las actividades actuales de las Comisiones F.I.P. Se informó que casi todas las Comisiones estaban facilitando gran cantidad de información para su posible incorporación en las Recomendaciones F.I.P.-C.E.B. para el Cálculo de Estructuras de Hormigón, que se publicarán, en 1970, y se presentarán para discusión en el VI Congreso. En el próximo número de las Notas de la F.I.P. se ampliarán detalles sobre el trabajo de estas Comisiones y sobre el texto de las Recomendaciones F.I.P.-C.E.B.

Teniendo en cuenta el éxito de los Simposios inter-Congreso, que tuvieron lugar en Madrid en junio de 1968, la F.I.P. se propone continuar esta política de celebrar reuniones técnicas sobre temas de especial interés cada cuatro años, en el período entre dos Congresos. El Profesor K. V. Mikhailov, Vicepresidente de la F.I.P. en Rusia, propuso que los próximos Simposios, en octubre de 1972, se celebren en Tbilissi, a orillas del Mar Negro. Esta invitación fue aceptada entusiásticamente por el Consejo Administrativo, que pasó a considerar varios temas posibles para la reunión, entre los que figuran: cálculo sísmico, estructuras flotantes y sumergidas, pretensado parcial, cimentaciones en hormigón pretensado para máquinas y hormigón ligero. No se pudo tomar una decisión inmediata en relación con el número de temas a incluir en los Simposios, pero se espera que será posible organizar dos Simposios sobre los dos primeros temas mencionados.

En relación con el Congreso de 1974, el Consejo Administrativo fue informado de la sumamente efectiva entrevista que tuvo lugar en Londres entre el Secretario General y el Dr. Janssonius por una parte, y el señor Gale M. Spowers, Educational Director del Prestressed Concrete Institute de Chicago por otra. El señor Spowers pertenece al Comité Organizador del VII Congreso de la F.I.P. a celebrar en 1974 en Nueva York. Ya se han hecho las reservas, en el famoso hotel Walfordf Astoria, de aquellas salas y espacios requeridos para el Congreso; también se han hecho allí y en hoteles cercanos reservas de alojamiento para los Delegados. El Comité Organizador piensa incluir información sobre el VII Congreso en la Documentación que habrá de entregarse a los Delegados asistentes al Congreso de Praga de 1970, y además enviará varios representantes para dar toda la información previa posible.

Los Miembros quedaron complacidos al comprobar que los preparativos para el VI Congreso progresan de forma satisfactoria. Una gran parte del espacio dedicado a exposición ha sido ya adjudicado y se siguen recibiendo solicitudes. El Profesor Klimes había preparado un informe detallado de la situación en que se encuentran los preparativos de organización y detalles administrativos, incluyendo el programa de seis atractivos viajes postCongreso a diferentes puntos de Checoslovaquia.

Por la noche, el Consejo Administrativo fue invitado a una cena dada por la Kammer der Technik en Waldschänke, Moritzburg, y la noche siguiente asistieron todos los Miembros del Consejo Administrativo y de la Comisión F.I.P. sobre Prefabricación a una recepción en el hotel Astoria, invitados por el Rector de la Universidad de Dresden.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

La reunión del Consejo Administrativo comenzada el 27 de mayo continuó el día 29, en el que la mayoría de los Miembros salieron de Dresden en autocar, a las seis de la mañana, hacia Praga para ver personalmente el Centro de Congresos y discutir más detalladamente algunos de los preparativos de tipo administrativo.

Inspeccionaron el Palacio de Congresos con sus dos alas anejas, una de las cuales albergará la exposición de la F.I.P., y la otra los servicios de información del Congreso, Banco, Información sobre viajes, etc. La visita a Praga del Consejo Administrativo continuó con un almuerzo dado por la Sociedad Técnica y Científica Checa para la Construcción en el hotel Internacional. A continuación se visitó el puente Nusle, en curso de construcción, en Praga.

El ingeniero consultor del proyecto ha sido el profesor Klimes. Sobre este puente pasará la carretera principal y, en el interior de la viga cajón, las nuevas líneas del Metro de Praga. Para completar la muy extensa, aunque fascinante, gama de actividades del día se hizo una visita turística a la ciudad en autocar, visitando el bello castillo de Praga con la catedral de San Vito, donde se celebrarán algunas de las recepciones del Congreso. Finalmente, los Miembros asistieron a una cena de la que eran anfitriones el profesor y la señora Klimes.

VI CONGRESO F.I.P. (PRAGA, 6-13 DE JUNIO DE 1970)

La segunda circular en la que figuran los Boletines de inscripción para Delegados y señoras acompañantes, información sobre viajes postCongreso, visitas técnicas y alojamiento será enviada, en breve, a los Grupos Miembros.

COMISION F.I.P. SOBRE DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON PRETENSADO

La Comisión F.I.P. sobre Durabilidad se reunió en Londres el 31 de marzo y el 1 de abril, visitando el día 2, obras en curso en el área de Londres. La reunión presidida por el señor Dumas (Francia) tuvo una nutrida concurrencia por parte de los Miembros y de representantes de otras Comisiones, en particular de las de acero para pretensado y hormigón ligero. También estuvo presente un Miembro de enlace del C.E.B., en vista de los diversos informes que se preparan para el C. E.B. y los Comités conjuntos F.I.P.-C.E.B.

Como continuación de los informes presentados a la Comisión en la reunión de Praga en octubre de 1967, el profesor Baus (Bélgica) presentó nuevos informes sobre la durabilidad de las estructuras pretensadas sometidas a cargas dinámicas y efectos de fatiga, y sobre la influencia de las resistencias máxima y mínima del hormigón en la durabilidad. Ambos informes son el resultado de una amplia investigación y del estudio de otros trabajos, y ambos terminan haciendo las siguientes recomendaciones:

Cuando sea probable que las estructuras puedan ser afectadas por la fatiga se tendrán en cuenta en el cálculo, los incrementos de tensión bajo cargas dinámicas, así como el aumento de las pérdidas de pretensado, a partir de una cuidadosa consideración de las amplitudes de oscilación de las tensiones. Estas amplitudes se toman como funciones de las tensiones permanentes en el acero y en el hormigón.

Con respecto al segundo tema, la recomendación dice que se debe alcanzar una resistencia mínima del hormigón para limitar las pérdidas debidas a la fluencia, y no sobrepasar una determinada resistencia máxima para eliminar la posibilidad de rotura brusca del acero.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

El profesor Szilard (Honolulú) presentó un informe completo sobre el tema "Durabilidad de las estructuras de hormigón pretensado en Estados Unidos, Canadá, países del Pacífico y lejano Oriente". Este trabajo, cuidadísimo, estudia cerca de 60.000 estructuras de todos los tipos. La proporción de las que muestran indicios de fallos es realmente muy pequeña, pero además, el profesor Szilard señala que la mayoría de estos fallos fueron motivados por defectos de ejecución o de cálculo.

La Comisión ha preparado cuatro resúmenes de trabajo que serán distribuidos entre los Grupos Miembros para su comentario; el envío se efectuará en breve.

Los Miembros de la Comisión han hecho un estudio completo de las medidas de precaución que deben tomarse para conseguir una satisfactoria inyección de la lechada. En la actualidad se está preparando un borrador de la redacción final de la "Recomendación" que, sobre este tema, se piensa publicar.

La comisión tiene prevista una reunión antes del Congreso de Praga de 1970, aunque aún no se ha decidido el lugar.

El 2 de abril se visitaron dos grandes obras cerca de Londres: el nuevo Municipio del Gran Londres, en Thamesmead, y los muelles de Tilbury. En Thamesmead, fue mostrada a los asistentes la gran factoría erigida para producir los paneles prefabricados que se emplean en el sistema Balency de edificación, visitando también diversos bloques de viviendas de varias plantas en construcción. En Tilbury, como las obras estaban prácticamente acabadas, se explicó mediante maquetas el procedimiento adoptado para la construcción del nuevo muelle. Se utilizaron grandes bloques celulares de hormigón que se hincaban abiertos por el fondo excavando desde dentro de las células. Al alcanzar la cota requerida se taponaba el fondo de los bloques.

La noche del 31 de marzo asistieron los Miembros a una cena ofrecida por la Design and Development Division de la Concrete Society, y presidida por Mr. P. Ahm.

COMISION F.I.P. SOBRE ACEROS PARA PRETENSADO Y GRUPO DE TRABAJO SOBRE ANCLAJES

Aprovechando que muchos de sus Miembros estaban en Munich para la Sesión Plenaria F.I.P.-C.E.B., la Comisión F.I.P. sobre aceros y el Grupo de Trabajo sobre anclajes se reunieron allí los días 18 y 19 de abril de 1969.

En primer lugar se reunió la Comisión sobre aceros, presidida por Mr. Bruggeling (Holanda). La asistencia total a las dos reuniones fue de una docena de Miembros y buen número de observadores.

El profesor Franco Levi, Presidente de la F.I.P., pudo distraer algún tiempo de sus otras reuniones para asistir a éstas.

Comisión sobre aceros para pretensado.

Se ha avanzado considerablemente en la redacción de algunos informes y recomendaciones, que la F.I.P. prepara para las "Recomendaciones Prácticas F.I.P.-C.E.B. para el proyecto de estructuras de hormigón" incluyendo aquellas que tratan de las especificaciones técnicas para el "Agrement" de los aceros. Las versiones finales de los informes sobre este tema y sobre las recomendaciones para la realización de ensayos de recepción se reunirán en un documento único para ser considerado por el Comité conjunto que prepara las Recomendaciones Prácticas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

En la reunión de Wiesbaden, en noviembre de 1968, se prepararon unas curvas típicas tensión-deformación de aceros de pretensado para su empleo exclusivo en los cálculos de comprobación a rotura.

En Munich discutió la Comisión la posibilidad de establecer una fórmula para el "diagrama de servicio" de los aceros obtenidos, uniendo las partes rectas fundamentales de la curva tensión-deformación. Se acordó que, en general, cualquier fórmula resultaría inexacta en alguna zona, pero que podrían establecerse fórmulas indicativas en el Manual que acompañará a las Recomendaciones Prácticas. Del mismo modo se darán indicaciones en el Manual, sobre una fórmula para calcular la relajación.

El Presidente hizo un llamamiento solicitando información sobre la tendencia global del consumo de aceros para pretensado, teniendo en cuenta que éste es un índice de la evolución que está experimentando la técnica del pretensado. Cualquier incremento apreciable en el consumo supone un aumento de los trabajos que con ella se ejecutan. Por otra parte, el Presidente expresó su deseo de aumentar la cooperación con los fabricantes de acero, ya que el Simposio de Madrid demostró que los fabricantes efectúan con frecuencia trabajos de investigación, desconocidos para las personas que no pertenecen a la industria.

Grupo de trabajo sobre anclajes.

Como ampliación del informe sobre normas existentes para el ensayo de anclajes presentado en la reunión de Wiesbaden de noviembre último, Mr. Birkenmaier ha preparado un esquema del borrador de las Recomendaciones para el Agrément y el control de calidad de los sistemas de pretensado. A partir de él se redactará un informe para presentar al Comité Conjunto F.I.P.-C.E.B. que se ocupa de las Recomendaciones Prácticas.

La Comisión y el Grupo de Trabajo citados se reunirán en Lieja de nuevo los días 12 y 13 de noviembre de 1969.

COMISION F.I.P. SOBRE CIMENTACIONES DE HORMIGON PRETENSADO PARA MAQUINAS

Se ha decidido que la F.I.P. comenzará de nuevo el estudio de cimentaciones de hormigón pretensado para máquinas, formándose una nueva Comisión sobre el tema, que presidirá el Dr. Thomas Hinckeldey (Alemania Occidental).

Hasta el momento se han recibido propuestas de Miembros para formar parte de la Comisión, de los siguientes países: Australia, Checoslovaquia, Dinamarca, Francia, Alemania Occidental, Alemania Oriental y Rusia.

Para conseguir un mayor abanico de experiencias entre los Miembros de la Comisión sería aconsejable que estuviesen representados más países. Si algún ingeniero desea formar parte de la Comisión debe dirigirse al Secretario de su grupo nacional, quien hará las gestiones necesarias para recabar un nombramiento oficial del Secretario General de la F.I.P.

COMISION F.I.P. SOBRE PREFABRICACION

Acabada la reunión del Consejo Administrativo, en Dresden, se reunió la Comisión sobre prefabricación, en el Dresdner Club, el día 28 de mayo, bajo la presidencia del Sr. New.

En general, el objeto de la reunión era llegar a un acuerdo sobre el contenido del informe a presentar en el Congreso de Praga, en junio de 1970. Se hizo una revisión com-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

pleta del material disponible sobre los diversos temas que ha estudiado la Comisión en los tres años transcurridos desde el último Congreso. En muchos casos, existe ya un número suficiente de contribuciones para incluir en el informe, mientras que en otros, los delegados responsables de estudiar el tema presentarán su contribución final en un futuro inmediato.

Como se informó en las Notas de la F.I.P. de abril, el Sr. Bernander (Suecia) se ha hecho cargo de la Presidencia de la Comisión y se hará lo necesario para formalizar el cambio de Presidencia durante el Congreso de Praga.

El Profesor Franco Levi asistió a parte de la reunión y expuso algunas sugerencias en relación con el futuro de la Comisión. En particular explicó el método propuesto para presentar las "Recomendaciones Prácticas F.I.P.-C.E.B.", que incluirán ahora un Manual de Aplicación y cierto número de Apéndices. Consideró que muchos de los temas estudiados por la Comisión, tales como tolerancias, esfuerzo cortante en las superficies de contacto entre piezas y deformaciones durante el almacenamiento, podrían constituir materia adecuada para los Apéndices.

La Comisión no piensa reunirse de nuevo hasta el Congreso de Praga. Entonces celebrará una breve reunión para preparar la presentación oficial de su informe. En esa reunión se discutirán los programas de trabajos futuros, incluyendo la preparación del tipo de informes sugerido por el Profesor Levi.

PROXIMOS ACONTECIMIENTOS

1970:

Del 28 de febrero al 6 de marzo: 66.ª Convención anual del A.C.I.—New York.

1970:

Del 14 al 19 de septiembre: Simposio A.I.P.C. sobre cálculo de estructuras de hormigón, teniendo en cuenta la fluencia, retracción y cambios de temperatura.—Madrid.

1971:

Del 21 al 23 de abril: Deutsche Betontag.—Berlín.

1972:

Del 15 al 19 de mayo: 7.º Congreso del B.I.B.M.—Barcelona.
Octubre o noviembre: Simposios F.I.P.—Tbilissi (Rusia).

1974:

VII Congreso de la F.I.P.—New York.

GALERIA DE HORMIGON LIGERO CONSTRUIDA EN CAMBERWELL, VICTORIA

A finales de 1964 se construyó una galería en una sala de reuniones ya existente en Camberwell, Victoria. No es una estructura grande ni llamativa, pero sí es una aplicación poco frecuente del pretensado, para conseguir una estructura económica y funcional.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

La sala existente es de planta circular con una cubierta laminar esférica de un diámetro aproximado de 37 m, apoyada en soportes periféricos. El piso del edificio es ligeramente cóncavo estando los asientos situados alrededor de un punto focal, excéntrico al edificio principal.

Para aumentar el aforo se propuso construir una galería alrededor de todo el perímetro de la sala, con una distribución similar de asientos en torno al punto focal.

La forma de la galería puede describirse geométricamente como un cono truncado invertido, y para mantener libre de soportes la parte inferior de la sala, se adoptó una estructura laminar (véase fig. 1).

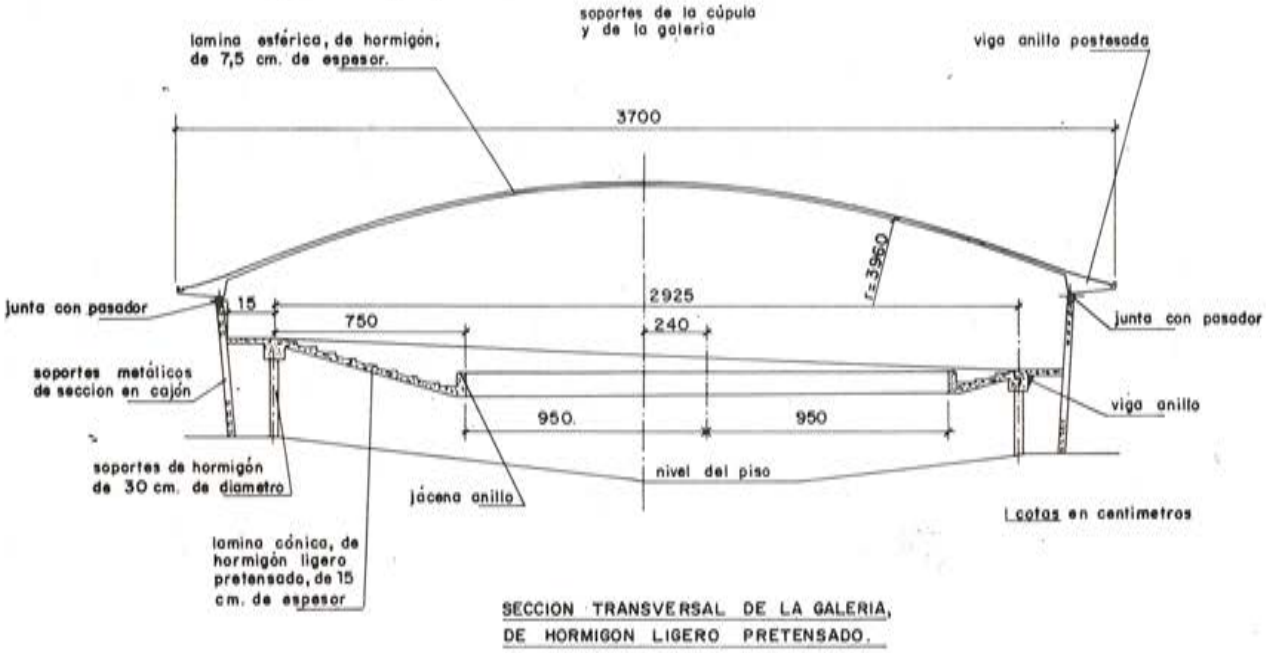


Figura 1.

La lámina cónica está sostenida en su perímetro exterior por una serie de doce soportes y cuatro muros de carga, distribuidos alrededor de una viga circular en pendiente, de un diámetro de 28 m. El espesor de la lámina es de 15 cm; el borde interior está rigidizado por una viga-anillo que forma parte de la balaustrada. El espesor de la lámina se determinó en función de las dimensiones físicas requeridas para alojar las armaduras y los cables de pretensado y para proporcionar un recubrimiento adecuado contra el fuego; no influyeron las consideraciones tensionales.

La totalidad de la lámina fue postesada para compensar los esfuerzos membrana de tracción, y se construyó con hormigón de áridos ligeros, de 280 kp/cm² de resistencia. El adoptar este tipo de hormigón supuso un ahorro sustancial en el postesado, soportes y zapatas.

Se emplearon en total 72 cables de postesado, distribuidos a través de la lámina, en forma de "tejido de cesto", siendo estos cables rectos en planta y tangenciales a la viga que forma el anillo interior. Se eligió esta disposición por su sencillez y la facilidad de colocación de los cables.

Los cables son de media pulgada de diámetro y van envueltos en "denso-tape", habiendo sido suministrados y puestos en tensión por la "Australian B.B.R. Company Pty Limited".

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Se calculó la lámina para los esfuerzos membrana, y los efectos locales de flexión en las vigas-anillo interior y exterior, producidos por las cargas permanentes, las sobrecargas y el pretensado. A efectos de cálculo, cada cable de postensado se consideró como una carga vertical, y la equivalente carga variable distribuida aplicada a la lámina. El esfuerzo membrana radial total en la viga-anillo exterior, multiplicado por un coeficiente de seguridad, determinó el número total de cables requeridos y el esfuerzo de pretensado se calculó de manera que asegurara el que no hubiese tracciones en ningún punto de la lámina, para cualquier hipótesis de carga.

Como no se disponía de experiencia sobre este tipo de estructura, existía cierta preocupación en relación con la posible flexibilidad bajo cargas asimétricas o puntuales. Para obtener alguna indicación sobre la flexibilidad de la lámina se construyó un pequeño modelo a escala, que fue sometido a ensayo en la División de Edificación del C.S.I.R.O.

Los resultados de estos ensayos no fueron muy definitivos, pero indicaron que la flexibilidad no sería un grave problema. La estructura terminada ha respondido de forma satisfactoria y no ha dado señales de exceso de flexibilidad.

El montaje del encofrado del intradós resultó no ser tan caro o tal difícil como se pensó inicialmente. Se construyeron una serie de cimbras radiales ajustables con el perfil requerido y forradas con una lámina de madera de pino de una pulgada de espesor y luego se recubrió toda la superficie con contrachapado. El acabado de la superficie así obtenida al descimbrar no exigió más tratamiento que una simple mano de pintura.

El postesado se efectuó en tres fases, alternativamente desde cada extremo del cable. Durante la puesta en tensión y a lo largo de un cierto período después de acabada la estructura, se midieron los movimientos verticales de la viga-anillo interior, así como las deformaciones en la lámina, por parte de la División de Edificación del C.S.I.R.O.

El coste total de la estructura fue de unos 24.000 dólares, de los cuales en el postesado se invirtieron, aproximadamente, 2.300 dólares.

ELEMENTOS DE TUNEL CON PRETENSADO PROVISIONAL

Los detalles que se dan a continuación sobre un nuevo túnel bajo el Oude Maas, al sur de Rotterdam, construido para el Ministerio de Obras Públicas de Holanda, muestran las ventajas del pretensado en obras de esta naturaleza.

La sección transversal del túnel, que aparece en la figura 2, está formada por dos cajones, cada uno de los cuales lleva una calzada de dos carriles (7,25 m de anchura) para circulación rápida y una carretera (3,90 m de anchura) para circulación lenta.

La altura de gálibo de los cajones es de 4,50 m, siendo las dimensiones totales del túnel de 8,62 m de alto por 30,70 m de ancho. La parte del túnel que queda bajo el río está formada por cinco elementos de 115 m de longitud cada uno.

Cada uno de los citados elementos se prefabricó en un dique de construcción. Una vez terminado se le ajustaron unas cabezas de cierre en ambos extremos y se llevaron por flotación hasta el lugar de ubicación. Después se hundieron en la zanja previamente excavada en el lecho del río, se retiraron las cabezas y se unieron entre sí los distintos elementos, por medio de bandas de goma.

El túnel está cimentado sobre arena y para permitir el movimiento del mismo sobre el fondo, se dividió cada elemento de 115 m, en seis secciones, unidas entre sí también por bandas de goma-metal. De esta forma hay 30 secciones que apoyan sobre el lecho del río, como si fuesen eslabones de una cadena.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Para facilitar el transporte por flotación de los elementos, se unieron entre sí las distintas secciones de cada elemento, mediante el pretensado, empleando 16 cables BBRV (54 — 6 mm ∅). En la figura se aprecia la situación de los conductos para los cables. Estos cables se retiraron una vez que las secciones del túnel quedaron situadas en el lecho del río.

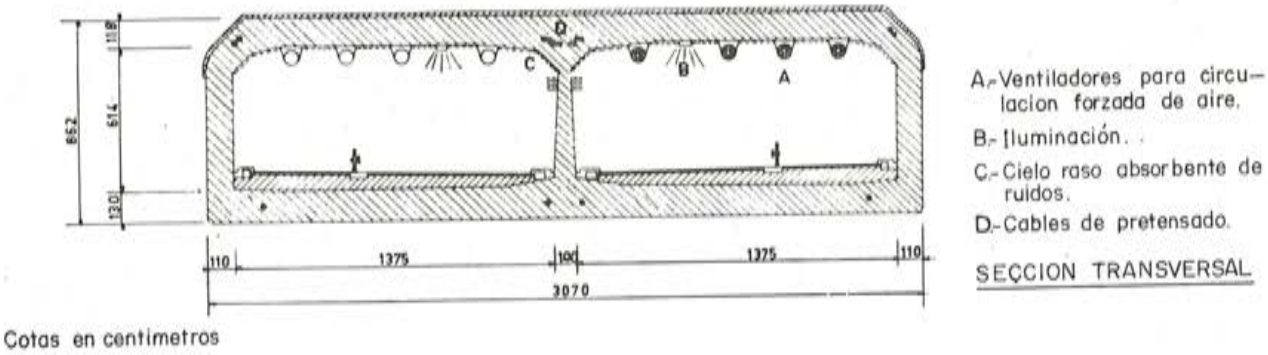


Figura 2.

PUBLICACIONES QUE PUEDEN OBTENERSE DE LA F.I.P.

"Hormigón pretensado de áridos ligeros para pavimentos", por J. J. de Heer. Puede adquirirse al precio de 10 chelines.

DUCTILIDAD DE LOS ELEMENTOS PRETENSADOS

Los programas de investigación sobre diversos aspectos de la tecnología del cemento y del hormigón, comenzados por varios laboratorios en Nueva Zelanda, han sido publicados en el *Journal of the N. Z. Portland Cement Association,* "N. Z. Concrete Construction", del 12 de febrero de 1969.

En estos programas se incluye una investigación sobre la ductilidad de los elementos de hormigón pretensado. El objeto de esta investigación es "estudiar teórica y experimentalmente la ductilidad de los elementos de hormigón pretensado sometidos a cargas sísmicas y, en particular, el comportamiento de las juntas entre elementos prefabricados postesados".

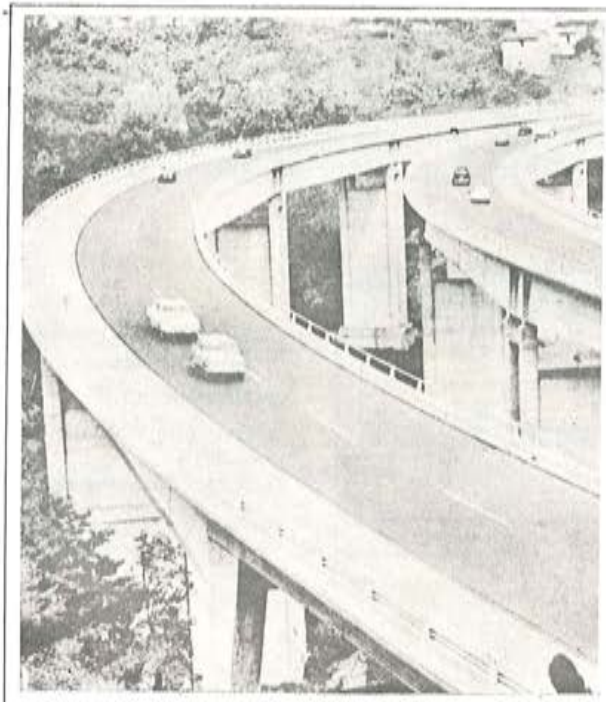
SIMPOSIOS DE LA F.I.P., EN MADRID (JUNIO DE 1968)

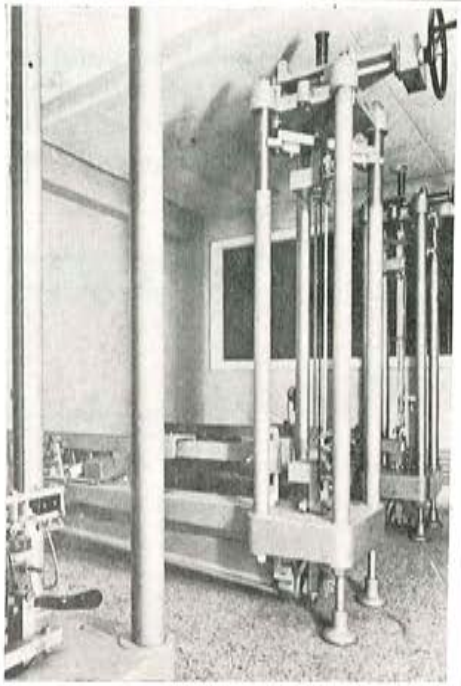
El Grupo Español de la F.I.P. (Asociación Española del Hormigón Pretensado), ha traducido todos los Informes Generales presentados a los dos Simposios que tuvieron lugar en Madrid el pasado año, sobre "elementos prefabricados de hormigón pretensado" y "aceros para pretensado".

Estas traducciones figuran en el número 88-89 de la Revista de la Asociación, HORMIGÓN Y ACERO.

Información complementaria puede obtenerse dirigiéndose al Secretario de la Asociación Española del Hormigón Pretensado, D. Rafael Piñeiro, en el Instituto Eduardo Torroja, Avda. de Pío XII, s/n., Costillares, Chamartín, Madrid-16.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025





EN EL MUNDO DE LOS POSTENSADOS S.A. ECHEVARRIA le ofrece su alambre de acero "STABILIZED" con una RELAJACION inferior al 2%

Mil horas de ensayo con carga inicial del 75 % de la carga de rotura mínima garantizada a 20 °C, son las credenciales que S. A. ECHEVARRIA le ofrece para aumentar a largo plazo la estabilidad de su obra de hormigón postensado, eliminando las pérdidas de relajación del acero.

Procedimientos G. K. N. SOMERSET WIRE CO. LTD.

CONTRASTADA LA CALIDAD, NUESTRO LEMA ES EL SERVICIO

ACEROS HEVA

FABRICADOS POR SOCIEDAD ANONIMA ECHEVARRIA

ZONA NORTE
Avda. José Antonio, 19
Teléfono 41 60 00
BILBAO-13
Badaya, núm. 10
Telfs. 224362 - 220639
VITORIA

ZONA ARAGON
Polígono Industrial Cogullada
Calle E - Nave C
Teléfono 29 71 00
ZARAGOZA

ZONA CATALUÑA
Bolivia, núm. 227
Teléfonos 2 07 25 62
2 07 28 58
BARCELONA-5

ZONA NOROESTE
Carretera de Bens (La Moura)
Telfs. 250404 - 02 - 06
LA CORUÑA

ZONA CASTILLA LA VIEJA
Carretera de Madrid - Km. 186
Telfs. 23 38 01 - 02 - 03
VALLADOLID

ZONA CENTRO
Antonio López, 245
Teléfono 26 90 00
MADRID-19

ZONA LEVANTE
Carrera de Malilla, 103
Teléfono 33 82 00
VALENCIA-13

ZONA SUR
Avda. Santa Clara de Cuba, s/n
Polígono Industrial Carretera Amarilla
Teléfono 25 73 00
SEVILLA

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

nota de la asociación española del hormigón pretensado

intercambio de publicaciones

Dentro del programa de intercambio de publicaciones organizado por la F.I.P. entre las diversas Asociaciones Nacionales que la integran, hemos recibido, últimamente, las que a continuación se mencionan. En ellas aparecen, entre otros, los trabajos que en esta nota se comentan, relacionados con la técnica del hormigón pretensado.

Para mayor comodidad de nuestros lectores, los títulos de todos los artículos se han traducido al español.

Recordamos a todos los Asociados que estas publicaciones se encuentran a su disposición, para consulta, en nuestros locales del Instituto Eduardo Torroja, Costillares, Madrid.

Publicaciones enviadas por el "Prestressed Concrete Institute", Estados Unidos.

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 13, núm. 3, junio 1968.

1. "Nuevo tipo de empalme en vigas prefabricadas, calculado para resistir esfuerzos cortantes y cargas axiles", por R. Loov.

   Sinopsis: Se describen los ensayos realizados para determinar el comportamiento, resistencia a rotura y los criterios de cálculo que deben utilizarse en un nuevo tipo de unión, muy sencillo, para vigas prefabricadas de hormigón. En los ensayos se simula el esfuerzo axil producido sobre una viga por la retracción, los cambios térmicos, las cargas de viento o las cargas sísmicas. Se deduce que el comportamiento de este tipo de unión es satisfactorio, tanto bajo las cargas de servicio como en rotura, que es fácil de calcular y que resulta económico comparado con otros tipos de uniones.

2. "Programa para el empleo de computadores en el proyecto y cálculo de puentes para carretera o ferrocarril, de un solo tramo, construidos a base de vigas prefabricadas pretensadas", por C. L. Freyermuth.

   Sinopsis: Se describe un programa utilizable para la aplicación de los computadores electrónicos al cálculo de puentes de carretera o ferrocarril, de un solo tramo, con distintos tipos de vigas pretensadas con o sin tablero. Basándose en el método normal de cálculo, el programa mecaniza todas las operaciones de rutina y proporciona una sensible reducción en tiempo y costo del proyecto.

3. "Método americano para el proyecto y construcción de pilas de hormigón pretensado para reactores nucleares", por F. Kullka y H. W. Wahl.

   Sinopsis: En Norteamérica, el 50 por 100 de la energía eléctrica que en la actualidad se consume está suministrada por centrales nucleares. El cálculo y construcción de dichas centrales constituye uno de los principales problemas que los ingenieros deben resolver en nuestros días. El hormigón pretensado proporciona una solución idónea capaz de cumplir todos los requisitos que este tipo de estructuras exige. En el presente artículo se dan detalles sobre los métodos de cálculo y construcción uti izados en los Estados Unidos.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

4. "Método directo para el cálculo de placas de hormigón pretensado", por CH. WANG.

Sinopsis: Se propone un método directo para el cálculo de placas de hormigón pretensado que sustituye al procedimiento normal por aproximaciones sucesivas. En este nuevo método se tiene en cuenta el comportamiento de las placas y la necesaria distribución en ellas de los esfuerzos de pretensado. Se proponen las ecuaciones que deben utilizarse en este cálculo directo y se incluyen algunos ejemplos para aclarar los conceptos expuestos en el artículo.

5. "Programas para la aplicación de los computadores electrónicos al cálculo del hormigón pretensado", por I. R. STUBBS.

Sinopsis: En el cálculo del hormigón pretensado intervienen, necesariamente, un considerable número de variables y factores importantes, muchos de los cuales son función del tiempo. En general, el cálculo riguroso de estos factores exige un gran número de operaciones. Por consiguiente, los proyectistas demuestran actualmente un gran interés por la aplicación de los computadores electrónicos a estos cálculos. En el presente artículo se señalan algunos de los métodos utilizables con este fin.

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 13, núm. 4, agosto 1968.

6. "Informe previo sobre ensayos estáticos y bajo cargas mantenidas", por P. W. ABELES y otros.

Sinopsis: En este artículo se describen los ensayos estáticos y bajo cargas mantenidas realizados sobre vigas de sección rectangular sometidas a un pretensado parcial o total.
Se ensayaron 16 vigas, diez de las cuales eran de hormigón semiligero y seis de hormigón ordinario. Se discuten los resultados obtenidos en los ensayos bajo carga estática, considerándose especialmente las deformaciones y fisuras. Se hacen también algunos comentarios con respecto a los primeros resultados obtenidos en los ensayos bajo cargas mantenidas, los cuales continúan en la actualidad.

7. "Los Simposios Internacionales de la F.I.P. hacen prever un gran desarrollo de la industria del hormigón pretensado", por B. C. GERWICK.

Sinopsis: La Federación Internacional del Pretensado ha celebrado dos Simposios en Madrid, durante los días 3 a 7 de junio de 1968, en los cuales se han discutido los últimos avances en la técnica de la prefabricación y las últimas experiencias y progresos en los aceros para pretensado. Las discusiones mantenidas durante dichos Simposios evidencian el notable avance conseguido durante los últimos años en los métodos de fabricación y equipos utilizados en la industria del pretensado y que conducirán a una economía creciente en la construcción de las estructuras pretensadas.

8. "Diagramas momentos-giros en las vigas de sección en T y I con armaduras postesas, no adheridas", por E. G. NAWY y F. SALEK.

Sinopsis: Se comentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados sobre vigas de hormigón pretensado de sección en T y I, con armaduras postesas, con el fin de determinar la influencia de las distintas cuantías de cercos en espiral, sobre la magnitud de los giros experimentados por las rótulas plásticas en las estructuras de hormigón pretensado.

9. "Puente sobre el río Yakima", por A. GRANT.

Sinopsis: Se describe el procedimiento de cálculo y construcción utilizado en un puente de tres tramos con luces de 37-58-37 metros. El empleo de vigas prefabricadas en todos los tramos, y la introducción del esfuerzo de pretensado en dos etapas, una de ellas en obra, ha permitido conseguir una estructura esbelta, ligera y eficazmente resistente, mediante un proceso constructivo de gran economía.

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 13, núm. 5, octubre 1968.

10. "Propuesta de recomendaciones para el cálculo de soportes de hormigón pretensado", por el Comité del P.C.I. sobre soportes de hormigón pretensado.

Sinopsis: Estas recomendaciones constan de tres partes: Recomendaciones para el cálculo, comentarios, y comparación entre valores calculados y resultados obtenidos mediante ensayos. El método de ensayo propuesto está basado en el método de las tensiones admisibles. El Comité sabe que la tendencia actual es contraria a este método. Sin embargo, considera que por

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

el momento no es posible proponer un procedimiento basado en el cálculo en rotura, de acuerdo con las tendencias actuales.

11. "Hormigón químicamente pretensado", por S. Aroni y otros.

Sinopsis: Se estudian las principales características de las estructuras y elementos de hormigón autopretensados mediante el empleo de cementos expansivos. Se señalan los principales detalles de los problemas que plantea el empleo de estos cementos y las aplicaciones, en las cuales su uso resulta ventajoso en comparación con los sistemas normales de pretensado.

12. "Desarrollo y distribución de fisuras en vigas rectangulares pretensadas, bajo cargas estáticas y de fatiga", por P. W. Abeles y otros.

Sinopsis: Se escribe el desarrollo, distribución y anchura de las fisuras producidas en las vigas de sección rectangular total y parcialmente pretensadas, fabricadas con hormigón semi-ligero. En los ensayos realizados como base para este estudio se fueron anotando las distintas fisuras observadas en las vigas durante los ensayos bajo carga estática y antes y después de varios ciclos de carga. Se discuten los resultados obtenidos y se señalan las conclusiones que de los mismos cabe deducir.

13. "Pilotes de hormigón pretensado", por B. C. Gerwick.

Sinopsis: Se reproduce el Informe General presentado por el autor al Simposio de la F.I.P. sobre "elementos prefabricados de hormigón pretensado", celebrado en Madrid en junio de 1968. En él se hace una breve reseña histórica del desarrollo de los pilotes de hormigón pretensado, en los distintos países se incluyen varios datos útiles para el cálculo de estos elementos y se hacen diversas recomendaciones en relación con las técnicas de fabricación y métodos de colocación. Se discuten algunos problemas capaces de originar fallos en estas piezas y, finalmente, se incluye una completa información bibliográfica sobre los diversos temas comprendidos en este informe.

Revista: *Journal of the Pretressed Concrete Institute*, vol. 13, núm. 6, diciembre 1968.

14. "Placas planas pretensadas", por A. L. Parme.

Sinopsis: La distribución de los momentos y esfuerzos originados por el pretensado en una placa plana para forjados difiere, fundamentalmente, de la producida por las cargas normales. En el presente artículo se discute brevemente el comportamiento de este tipo de estructura y se hace una valoración cuantitativa de los esfuerzos y momentos originados por el pretensado. Finalmente, se incluyen unas tablas en las que se indican los momentos de pretensado originados cuando los cables se distribuyen en direcciones ortogonales y con trazado curvo.

15. "Consideraciones sobre la reducción del costo total en las construcciones a base de elementos prefabricados", por K. Rosenstern.

Sinopsis: Se sugieren algunas innovaciones capaces de reducir el costo en la construcción de estructuras a base de elementos prefabricados de hormigón. Se destaca la importancia, de que la industria de prefabricados se dé cuenta de la importancia de coordinar su producción con el fin de conseguir que el costo total de la edificación resulte lo más bajo posible.

16. "Comportamiento de las uniones tipo "Cazaly Hanger", sometidas a cargas verticales", por J. S. Ife y otros.

Sinopsis: El Instituto Canadiense del hormigón pretensado está realizando, en la Universidad de Toronto, ensayos sobre un tipo especial de unión, conocido con el nombre de "Cazaly Hanger", cuyo uso se encuentra muy extendido en Canadá. En la primera parte de esta investigación se han ensayado 52 uniones con el fin de determinar su comportamiento bajo la acción de cargas verticales.

17. "Carreteras elevadas, de hormigón pretensado, en Inglaterra", por D. J. Lee.

Sinopsis: La construcción de carreteras elevadas en Inglaterra se ha iniciado recientemente, a diferencia de lo que ocurre en otros países, como por ejemplo, Estados Unidos. En Inglaterra se ha empezado a utilizar este tipo de estructuras únicamente hace diez años, y al principio, sólo en escala muy limitada. En este artículo, se comentan algunas de las tendencias seguidas en Inglaterra en el proyecto de estas carreteras elevadas, uno de cuyos principales problemas lo constituye el hecho de tener que quedar incorporadas a los conjuntos urbanos, sin perjudicar su aspecto estético.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 14, núm. 1, febrero 1969.

18. "Influencia del estado superficial de las armaduras de pretensado, sobre su comportamiento a la adherencia", por N. W. Hanson.

Sinopsis: La influencia del estado superficial de las armaduras de pretensado se determina midiendo las longitudes de transmisión, mediante ensayos realizados utilizando armaduras de superficie limpia, parcialmente oxidada, fuertemente oxidada, o corrugada. Mediante estos ensayos se ha comprobado que la longitud de transmisión y la resistencia a rotura por flexión se mejoran sensiblemente utilizando armaduras oxidades o corrugadas.

19. "Traviesas de hormigón pretensado en los Estados Unidos", por J. W. Weber.

Sinopsis: Se estudia la posibilidad de utilizar traviesas de hormigón pretensado y se describen los trabajos realizados con el fin de encontrar un método eficiente y económico para la fijación de los carriles a este tipo de traviesas. Se hace una breve reseña histórica de los ensayos realizados sobre el particular, durante los últimos años, y de los avances conseguidos.

20. "Fórmulas para el cálculo a flexión de elementos de hormigón pretensado", por A. H. Nilson.

Sinopsis: En este artículo el autor propone unas ecuaciones para el cálculo a flexión de los elementos de hormigón pretensado con las cuales, el calculista puede conseguir: 1.º una compresión uniforme bajo las cargas de cálculo; 2.º satisfacer las limitaciones de tensión en las piezas descargadas y bajo las cargas de servicio.
Estas ecuaciones permiten la utilización de la regla de cálculo sin necesidad de tener que recurrir al empleo de tablas o gráficos y son, especialmente, adecuadas para el cálculo mediante computadores electrónicos.

21. "Informe sobre el estado actual de la fabricación de vigas de hormigón pretensado, prefabricadas, de sección en cajón", por F. Bender y W. G. Kriesel.

Sinopsis: En este artículo se comentan los diversos métodos normalmente utilizados en el cálculo, fabricación y construcción de las vigas de hormigón pretensado de sección en cajón. Se discute ampliamente el desarrollo alcanzado en el empleo de los diversos materiales, equipos de fabricación y procedimientos de colocación. Como información complementaria se incluye un ejemplo de cálculo, muy completo y explicado con todo detalle.

Publicaciones enviadas por el "Prestressed Concrete Development Group", Inglaterra.

Revista: *Magazine of Concrete Research*, vol. 20, núm. 65, diciembre 1968.

22. "Soportes esbeltos de hormigón armado sometidos a cargas doblemente excéntricas", por F. N. Pannell y J. L. Robinson.

Sinopsis: Se describen los ensayos realizados sobre 17 soportes esbeltos de hormigón armado. Los resultados indican que la carga de rotura de estos soportes, sometidos a flexión esviada, se puede deducir en función de la carga de rotura de un soporte equivalente axilmente cargado y de la de un soporte análogo, de pequeña longitud, sometido a flexión esviada.

23. "Determinación de las tensiones en las vigas de paredes delgadas y láminas, de hormigón armado y pretensado, en fisuración", por K. F. Zbirohowski-Koscia.

Sinopsis: En este artículo se propone un método para calcular las tensiones en las vigas de paredes delgadas, de hormigón armado o pretensado sometidas a flexión compuesta. La hipótesis de que las superficies planas se mantienen planas, no es aplicable a este tipo de vigas. La distribución de tensiones y deformaciones en una viga de paredes delgadas, no fisurada, concuerda satisfactoriamente con la teoría desarrollada por Vlasov. En el presente artículo se amplía esta teoría para la resolución del problema que plantea la distribución de tensiones en una sección fisurada de una viga de hormigón armado. El estudio se limita a las vigas de "sección abierta", trabajando en régimen elástico. Los resultados obtenidos en una serie de ensayos realizados en Southampton, han confirmado la validez de esta teoría.

Revista: *Magazine of Concrete Research*, vol. 21, núm. 66, marzo 1969.

24. "Resistencia de los hormigones armados con fibra de vidrio", por F. J. Grimer y M. A. Ali.

Sinopsis: La utilización de fibras cerámicas y cementos inorgánicos proporciona nuevos mate-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

riales ligeros, resistentes y de gran durabilidad. Las fibras comerciales de vidrio actualmente en el mercado no son resistentes en medios alcalinos, tales como los que se presentan en la mayor parte de los cementos hidratados. Para obviar esta dificultad la Building Research Station ha desarrollado un nuevo tipo de fibra de vidrio resistente a los álcalis. Este hecho ha renovado el interés que desde hace tiempo existe en el empleo de las fibras de vidrio como armadura de las piezas de hormigón. En el presente artículo se describe la influencia de la edad y características de las fibras de vidrio en la resistencia al impacto, tracción y flexión de los elementos con ellas fabricados. Se destaca que este tipo de piezas presentará grandes ventajas, respecto a las que hasta ahora normalmente se utilizan, en relación con la resistencia al impacto, a la flexión y a la fisuración.

25. "La resistencia a rotura de las vigas de hormigón pretensado, con armaduras no adheridas", por F. N. PANNELL.

Sinopsis: El método indicado en la norma inglesa C.P. 111 : 1959, para la determinación de la resistencia a rotura de las vigas de hormigón pretensado, con armaduras no adheridas, es sencillo pero inexacto. Se han propuesto otros métodos distintos, algo más complicados pero que tienen también el inconveniente de despreciar un factor cuya importancia ha sido comprobada y que es la relación luz/canto de la viga, con lo cual los resultados obtenidos siguen siendo defectuosos. Esto ha sido demostrado mediante los resultados de los ensayos realizados sobre 38 vigas, con los cuales se ha investigado también la validez de una nueva teoría. La aproximación de esta nueva teoría es mucho mayor, según se ha podido confirmar con los resultados de otros 19 ensayos independientes. El método propuesto predice el momento de rotura de las 57 vigas en total ensayadas, de tal forma que el valor analíticamente obtenido resulta igual, como media, al 0,995 de los resultados de los ensayos, con un coeficiente de dispersión del 4,7 por 100.

26. "El esfuerzo cortante en las vigas de hormigón armado", por P. E. REGAN.

Sinopsis: Las hipótesis de compatibilidad y resistencia en rotura generalmente admitidas se utilizan en este artículo para establecer una teoría física sobre la resistencia a esfuerzo cortante de las piezas de hormigón armado. Se tiene en cuenta la resistencia a esfuerzo cortante tanto del hormigón no fisurado como de las armaduras transversales. Esta teoría se utiliza como base para el desarrollo de un método de cálculo más sencillo, pero todavía más analítico que empírico. La aproximación conseguida tanto con el método básico como con el simplificado, se comprueba comparando los valores con ellos deducidos con los resultados obtenidos en más de 100 ensayos recopilados.

Revista: *Magazine of Concrete Research*, vol. 21, núm. 67, junio 1969.

27. "Factores que influyen en la resistencia de las vigas de hormigón armado sometidas a las acciones combinadas de flexión y torsión", por K. T. SUNDARARAJA y B. VIJAYARANGAN.

Sinopsis: Se discuten detalladamente las observaciones deducidas de los ensayos realizados sobre 75 vigas de hormigón armado sometidas a la acción combinada de solicitaciones de flexión y torsión. Los resultados obtenidos en estos ensayos se estudian a la luz de una teoría desarrollada por los propios autores de este trabajo y se observa una buena concordancia entre los resultados teóricos y los experimentales. Los resultados de estos ensayos permiten explicar la real influencia de distintos factores en la capacidad resistente de las vigas.

28. "Tensiones en las zonas de anclaje de las piezas de sección rectangular, uniforme, sometidas a un pretensado axil", por A. L. YETTRAM y K. ROBBINS.

Sinopsis: Las tensiones desarrolladas en las zonas de anclaje de los elementos de sección rectangular, uniforme, sometidos a un pretensado axil, se determinan utilizando un método de elementos finitos para el cálculo elástico de sólidos tridimensionales.
Se llama especialmente la atención sobre la distribución de las tensiones de rotura por aplastamiento, para un amplio campo de variación de las relaciones entre las dimensiones de la placa de anclaje y de la sección transversal del elemento. Los resultados se comparan con los deducidos analíticamente utilizando los métodos convencionales.

Revista: *Concrete*, vol. 3, núm. 5, mayo 1969.

29. "Coeficientes para el cálculo de placas por el método de líneas de rotura", por R. TAYLOR y otros.

Sinopsis: Las placas rectangulares calculadas de acuerdo con los coeficientes indicados en la

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

norma CP 114: 1957, presentan distintos coeficientes de seguridad a rotura. El método de cálculo basado en las líneas de rotura da un coeficiente de seguridad constante y, frecuentemente, permite obtener un ahorro de armaduras; pero, sin embargo, es más laborioso y lento, por lo que pocas veces se utiliza. Para facilitar el empleo de este método, en el presente artículo se incluyen unas tablas que dan directamente los coeficientes de cálculo necesarios para la aplicación de la teoría basada en las líneas de rotura.

Revista: *Concrete*, vol. 3, núm. 6, junio 1969.

30. "Movimientos en las estructuras de hormigón", por J. E. DE COURCY.

Sinopsis: Este trabajo, que se divide en tres partes, estudia las normas existentes en 18 países en relación con el tema del título. Las diferentes prescripciones relativas a los movimientos de las estructuras de hormigón se clasifican en 16 grupos. La parte primera de este trabajo es una introducción al texto. En ella se reseñan los diversos documentos consultados y se inicia la discusión con respecto a las condiciones ambientales y disposición de juntas.

31. "El empleo de láminas, en forma de paraboloide hiperbólico, para cimentaciones", por S. S. KAIMAL.

Sinopsis: La mayor parte de las formas laminares no son aplicables a la construcción de cimentaciones, debido a su curvatura. El paraboloide hiperbólico, sin embargo, constituye una singular excepción debido a que su superficie de doble curvatura está constituida por la intersección de líneas rectas y puede construirse fácilmente sobre el terreno. El presente artículo se inicia con la descripción de la teoría aplicable al cálculo de las cargas soportadas por las zapatas en forma de paraboloide hiperbólico y se detallan las hipótesis que sirven de fundamento a dicha teoría. Se comentan los métodos de cálculo y construcción generalmente utilizados.

Revista: *Concrete*, vol. 3, núm. 7, julio 1969.

32. "La tribuna del hipódromo de Doncaster. Cubierta laminar, de hormigón pretensado ligero, prefabricada", anónimo.

Sinopsis: En el nuevo hipódromo de Doncaster se ha construido una tribuna cuya cubierta está constituida por una lámina de hormigón ligero pretensado, prefabricada. En el presente artículo se dan detalles sobre el cálculo y construcción de esta estructura, cuya ejecución, dado el procedimiento adoptado, ha durado menos de un año.

33. "Movimientos en las estructuras de hormigón, 2.ª parte", por J. E. DE COURCY.

Sinopsis: Este artículo es continuación del publicado bajo el mismo título en el número anterior de la revista. En esta segunda parte se comentan las recomendaciones vigentes en los 18 países consultados, respecto a las características exigibles a los materiales utilizados en la construcción de estructuras.

34. "La chimenea de la central eléctrica de Drax", anónimo.

Sinopsis: En este artículo se incluyen los detalles más característicos del cálculo y la construcción de una chimenea de 260 metros de altura y 26 metros de diámetro, dividida interiormente en tres conductos independientes.

Revista: *Concrete*, vol. 3, núm. 8, agosto 969.

35. "Almacén resistente al fuego", por J. C. M. FORREST.

Sinopsis: Este artículo describe las principales medidas adoptadas durante el proyecto de unos nuevos almacenes construidos por la firma J. Sainsbury Ltd., en Charltons (Londres), con el fin de conseguir una estructura que, por sí misma, redujese el peligro de incendio. La totalidad de la superficie dedicada a almacén aparece dividida en varios compartimentos independientes, separados unos de otros mediante barreras contra el fuego.

36. "Movimientos en las estructuras de hormigón, 3.ª parte", por J. E. DE COURCY.

Sinopsis: En esta tercera y última parte del artículo que, con el mismo título se ha venido publicando en los dos números anteriores de la revista, se comentan las prescripciones relacionadas con diversos aspectos estructurales, contenidas en las normas de los 18 países consultados.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Revista: *Concrete*, vol. 3, núm. 9, septiembre 1969.

37. "Técnicas utilizadas en los ensayos sobre modelos de las pilas de hormigón pretensado para reactores nucleares", anónimo.

Sinopsis: En julio de 1969, y organizado por la Sociedad de Energía Nuclear, de Inglaterra, se ha celebrado en Londres un Simposio Internacional para el estudio de las diversas técnicas utilizadas en los ensayos, efectuados sobre modelos de pilas de hormigón pretensado para reactores nucleares. Dada la complejidad de este tipo de estructuras, los ensayos sobre modelos adquieren una importancia fundamental.
En el presente artículo se comentan y resumen brevemente las principales comunicaciones presentadas en dicho Simposio.

38. "Evolución de la prefabricación en hormigón), anónimo.

Sinopsis: En el presente artículo se comenta la evolución experimentada en la construcción de grandes edificios a base de elementos prefabricados de hormigón. Como ejemplos se describen dos importantes estructuras. La primera corresponde a la Central de la North Carolina Mutual Life Insurance Company, en Durham, Carolina del Norte, terminado en 1966, cuya característica fundamental consiste en que la estructura prefabricada, en contra de lo que hasta entonces se hacía, aparece claramente destacada en el exterior del edificio. Un método análogo, pero aún más desarrollado, se ha utilizado en la construcción del otro edificio que se describe, un rescacielos de 27 plantas que forma parte del conjunto de oficinas construido en Jacksonville (Francia) para la Gulf-Life Insurance Company.

39. "Selección del régimen óptimo de curado al vapor para grandes piezas de hormigón", por M. S. Thompson.

Sinopsis: Los procedimientos de curado normalmente utilizados en las modernas industrias dedicadas a la prefabricación de elementos de hormigón se basan en los principios establecidos por los trabajos experimentales realizados hasta el presente en distintos países. En el presente artículo se discuten las causas que han motivado la elección de estos procedimientos y se comentan los principios que deben tenerse en cuenta para seleccionar, en cada caso particular, el método óptimo.

40. "Capacidad de carga de placas longitudinales cuya dilatación longitudinal resulta coartada", por E. H. Roberts.

Sinopsis: En el presente artículo se informa sobre los resultados obtenidos en los ensayos realizados sobre 36 vigas (representativas de placas longitudinales), cuya dilatación longitudinal resulta coartada. Se expone una teoría basada en la rigidez plástica, mediante la cual se trata de explicar su comportamiento. Se comprueba que en muchos casos, la máxima carga experimentalmente obtenida resulta superior a la prevista mediante esta teoría, lo cual puede explicarse admitiendo que la resistencia al aplastamiento del hormigón es superior a la medida en los ensayos sobre probetas cúbicas. Esta hipótesis se confirma mediante una serie de ensayos complementarios que también se describen. Se demuestra que la flecha bajo la carga máxima no es proporcional al espesor de la placa como algunas teorías suponen.

Revista: *Concrete*, vol. 3, núm. 10, octubre 1969.

41. "Nuevo sistema para el devanado de alambre en la construcción de pilas de hormigón pretensado para reactores nucleares", anónimo.

Sinopsis: En el presente artículo se describe un nuevo dispositivo utilizado para el devanado de los alambres de pretensado circunferencial de las pilas de hormigón pretensado para reactores nucleares. Como ejemplo de aplicación se describe la central nuclear construida en Hartlepool, en el condado de Durham. La pila del reactor de esta central es cilíndrica, con un diámetro exterior de 26 metros, 29 de altura y paredes de 3,4 metros de espesor. La presión de servicio es de 45,3 kg/cm^2. Se describe también el procedimiento utilizado para proteger los alambres contra la corrosión.

42. "Comportamiento de las armaduras bajo cargas oscilantes", por J. L. Bannister.

Sinopsis: En el presente artículo se comentan los ensayos de investigación realizados para estudiar el comportamiento de las armaduras de piezas de hormigón armado en las condiciones de servicio, bajo cargas oscilantes. En estos trabajos se utilizaban barras con diferentes características superficiales y de distinta calidad. Se indican los límites de variación de las ten-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

siones para las distintas relaciones de peso propio y sobrecarga y se comenta el efecto producido por las tensiones oscilantes en las deformaciones y la fisuración.

43. "Nuevos métodos para el cálculo de estructuras. Reseña histórica", por P. B. Morice.

Sinopsis: El autor describe el desarrollo de los métodos utilizados para el cálculo de estructuras, desde los primeros trabajos de C. Maxwell y Clebsch, hasta los procedimientos actuales basados en los elementos finitos y la relajación dinámica. Se incluye una amplia bibliografía sobre los más importantes trabajos publicados en relación con este tema. Esta reseña histórica va precedida de una introducción en la que se exponen las razones (principalmente el desarrollo de los computadores electrónicos) que han dado lugar a la utilización de los métodos matriciales para el cálculo de estructuras.

Publicaciones enviadas por la "Verkoopassociatie Nederlands Cement", Holanda.

Revista: *Cement*, núm. 5, mayo 1969.

Nota: Este número de la revista va íntegramente dedicado al estudio de los encofrados, analizándose diferentes aspectos de los mismos a través de una serie de artículos, entre los cuales cabe destacar los siguientes:

44. "Materiales utilizados en los encofrados", por Th. J. de Gier (en holandés).

Sinopsis: Se estudian los diversos materiales utilizados en la construcción de encofrados para muros, soportes, forjados y algunos tipos especiales de piezas.

45. "Cargas en los encofrados", por J. Zwart (en holandés).

Sinopsis: Sobre los encofrados actúan distintos tipos de carga. Las cargas verticales son las únicas que se pueden calcular con suficiente aproximación. Teniendo en cuenta que el coste de los encofrados varía entre el 10 y el 40 por 100 del coste total de la estructura de hormigón se comprende que cualquier economía conseguida en la construcción de los encofrados adquiera una importancia económica muy considerable. A principios de siglo existía una gran preocupación por determinar la presión horizontal máxima producida al verter el hormigón. A lo largo de los años se han propuesto un gran número de fórmulas para el cálculo de estas acciones, pero como los factores que en ellas influyen son muy numerosos no ha sido siempre posible valorarlas exactamente. Por ello parece lógico adoptar valores que queden siempre ampliamente del lado de la seguridad. Hay que tener en cuenta además que la velocidad del vertido del hormigón en los encofrados es actualmente muy superior a la alcanzada con los antiguos métodos de hormigonado. Todo ello justifica la conclusión de que deben continuarse, con el mayor interés, los estudios para la determinación de las presiones ejercidas sobre las paredes verticales de los encofrados.

46. "Tensiones admisibles y deformaciones de los encofrados", por P. Vermeyden (en holandés).

Sinopsis: El autor estudia los principales materiales utilizados en la construcción de encofrados: madera, acero y plásticos. Se comentan las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos materiales desde el punto de vista de su resistencia y rigidez.

47. "Aspecto económico de los encofrados", por E. O. Houtsma (en holandés).

Sinopsis: En este artículo se incluyen unos nomogramas preparados por el grupo de trabajo de la Stichting Aberitstechnisch Onderzoek Bounwnijverheid, utilizables para calcular el costo de los diferentes tipos de encofrados, utilizados en la construcción de forjados.

Revista: *Cement*, núm. 6, junio 1969.

48. "Transporte y unión de los elementos prefabricados de hormigón utilizados en la construcción de puentes", por J. J. M. Veraart (en holandés).

Sinopsis: El autor expone las diversas posibilidades que se ofrecen para el transporte y la unión de los elementos utilizados en la prefabricación de puentes. Se incluyen varios ejempos de puentes y viaductos recientemente construidos en Holanda.

49. "Transporte y unión de los elementos prefabricados de hormigón utilizados en la construcción de edificios", por J. C. Snijder (en holandés).

Sinopsis: Partiendo de un cierto número de casos prácticos, el autor explica los diversos méto-

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

dos que pueden utilizarse para el transporte y la unión de elementos prefabricados de hormigón, destinados a la construcción de edificios. Los dos factores que más influyen en la elección del tipo de unión más conveniente son: el número de elementos a unir y las dimensiones de los mismos. También se establece una distinción entre edificios de una sola planta y edificios de gran altura.

50. "Ensayos sobre hormigones ligeros fabricados a base de Berwilit, Korlin y Hollith", por J. F. A. Broeck-hoven (en holandés).

Sinopsis: Se recogen en este artículo los resultados obtenidos en los ensayos efectuados sobre vigas de hormigón ligero fabricadas a base de los áridos denominados Berwilit, Korlin y Hollith. El primer producto es un esquisto dilatado artificialmente, en horno rotativo, de procedencia alemana. El Korlin está constituido por una arcilla, también artificialmente dilatada, en horno rotativo, y el Hollith es un esquisto dilatado y carbonatado. Los resultados obtenidos permiten deducir que todos estos productos pueden ser utilizados en la fabricación de hormigones ligeros capaces de proporcionar una resistencia en compresión de más de 300 kp/cm², si bien existen notables diferencias entre los tres tipos de áridos mencionados.

51. "Ensayos sobre hormigón ligero fabricado a base de Argex S", por H. F. Westerink y K. L. Liem (en holandés).

Sinopsis: Se resumen los resultados obtenidos en los ensayos realizados sobre una viga de hormigón ligero pretensado. El árido utilizado es el Argex S, un producto belga obtenido a base de esquistos artificialmente dilatados. Los resultados obtenidos permiten asegurar que este producto es capaz de proporcionar hormigones ligeros con una resistencia en compresión de más de 400 kp/cm².

52. "La prefabricación en la construcción de puentes de hormigón", por J. Allaart (en holandés).

Sinopsis: En general, no es posible indicar *a priori* cuando la prefabricación está o no justificada. Ello depende de numerosas variables, entre las cuales pueden citarse: los plazos de ejecución, las condiciones del lugar de ubicación de la obra, consideraciones estéticas, etc. No obstante, los principales factores son el transporte, el montaje y la unión. Por consiguiente, el constructor debe tener muy en cuenta todos estos factores desde el mismo momento en que se inicia la ejecución del proyecto, sopesando cuidadosamente las consecuencias que la elección de una u otra técnica de ejecución puede tener en el presupuesto total de la obra.

Revista: *Cement*, núm. 7, julio 1969.

53. "Investigación teórica y experimental realizada en la cátedra de Hormigón Armado de la Escuela Politécnica de Delft", varios (en holandés).

Sinopsis: Con ocasión de la jubilación del profesor A. M. Haas, titular de la cátedra de Hormigón Armado de la Escuela Politécnica de Delft, varios de sus colaboradores publican una serie de artícuos sobre la investigación teórica y experimental que ha sido realizada bajo la dirección del citado profesor Haas.

N. J. Hey y M. Leeuwis comentan los ensayos realizados para estudiar las propiedades del hormigón ligero, comparándolas con las del hormigón ordinario en función de los distintos tipos áridos utilizables.

J. M. Nelissen comenta las nuevas posibilidades que existen para el estudio experimental del hormigón, especialmente en lo que se refiere a su resistencia y deformaciones.

J. Van Leeuwen expone los ensayos realizados sobre las armaduras de hormigón y su influencia en la fisuración.

A. Weustenenk estudia las aplicaciones del hormigón ligero en las estructuras de hormigón pretensado y las características de retracción y fluencia en las piezas mixtas.

G. J. Gantvoort comenta en su artículo los métodos gráficos y tablas que han sido propuestos para el cálculo de las secciones de hormigón pretensado.

Finalmente, B. Kuyt expone las tensiones admisibles en los soportes de las estructuras de hormigón, las cuales, según ha podido comprobarse experimentalmente, pueden ser superiores en muchos casos a las indicadas en las normas actualmente en vigor, especialmente en el caso de estructuras construidas a base de elementos prefabricados.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Publicaciones enviadas por la "Asociación rusa del hormigón pretensado", Rusia.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado,* núm. 8, agosto 1968.

54. "Resistencia de las uniones en las estructuras de edificios de varias plantas, de hormigón armado, sometidas a solicitaciones de tipo sísmico", por A. P. Vassiliev y otros (en ruso).
55. "Estudio de las estructuras prefabricadas de hormigón armado para edificios industriales de una sola planta en regiones sísmicas", por I. S. Arnapolsky (en ruso).
56. "La resistencia a las acciones sísmicas de las estructuras de hormigón pretensado", por T. J. Jounoussov (en ruso).
57. "La eficacia de las juntas coladas en las vigas prefabricadas de hormigón armado construidas a base de dovelas", por Y. M. Mitrofanov y M. E. Karassik (en ruso).
58. "Anclaje de las armaduras de pretensado constituidas por alambres de alta resistencia", por G. S. Ivanov y otros (en ruso).
59. "Métodos de ensayo para determinar la resistencia a la fisuración por retracción de los hormigones", por R. A. Mailyan (en ruso).

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado,* núm. 9, septiembre 1968.

60. "Desarrollo de la prefabricación de elementos de hormigón armado en Moscú", por N. P. Doudorov (en ruso).
61. "La fabricación de estructuras de hormigón pretensado en la fábrica de Glavmospromstroimaterialy", por S. A. Ivanov (en ruso).
62. "Tratamiento térmico de las piezas de hormigón armado en las fábricas de Moscú", por P. F. Davydov y otros (en ruso).
63. "La fabricación de tuberías de hormigón armado en Rusia", por A. M. Gorchkov y otros (en ruso).

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado,* núm, 10, octubre 1968.

64. "Influencia del tratamiento térmico en la calidad de las vigas pretensadas", por G. Martchukaitis (en ruso).
65. "Eliminación de la acción perjudicial de las deformaciones térmicas de los moldes de acero, en la resistencia a fisuración de las piezas de hormigón", por T. V. Yourine y otros (en ruso).
66. "Influencia del transporte en la calidad de los elementos de hormigón pretensado", por N. A. Marjarov y otros (en ruso).
67. "Control de la aparición y desarrollo de las fisuras, en las vigas pretensadas", por S. Y. Tseytline (en ruso).
68. "Respecto a la determinación de las pérdidas del esfuerzo de pretensado en las armaduras, a consecuencia de la fluencia del hormigón, según la norma SNIP P-V. 1-62", por I. I. Graduk (en ruso).
69. "Sobre las ventajas económicas de los métodos de fabricación de las cerchas y vigas de hormigón pretensado", por Y. V. Volkonsky (en ruso).

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado,* núm. 12, diciembre 1968.

70. "Investigaciones sobre la adherencia entre la armadura y el hormigón y sus problemas", por A. A. Grozdiev (en ruso).
71. "Influencia de la retracción, las condiciones de endurecimiento y la acción cíclica de las temperaturas en la adherencia entre el hormigón y las armaduras", por I. N. Akhverdov (en ruso).
72. "Propuesta para la formulación de una teoría sobre la adherencia entre las armaduras y el hormigón", por A. A. Oatoul (en ruso).
73. "Teoría técnica sobre la adherencia entre las armaduras y el hormigón", por N. M. Kholmiansky (en ruso).

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

74. "Datos experimentales sobre la adherencia entre la armadura y el hormigón", por N. M. Mouline (en ruso).

75. "La adherencia entre la armadura y el hormigón, en presencia de cargas cíclicas y dinámicas", por V. M. Kolner (en ruso).

76. "Sobre las posibilidades del empleo de placas de hormigón pretensado en la construcción de cubiertas", por G. K. Brazaouskass y otros (en ruso).

77. "Elementos pretensados fabricados en serie", por Y. C. Volkov (en ruso).

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 1, enero 1969.

78. "Aumento de la eficacia del tratamiento térmico de los elementos de hormigón", por Y. G. Altoukhov (en ruso).

79. "La fluencia del hormigón y la tensión óptima de compresión en las piezas pretensadas", por A. I. Semionov (en ruso).

80. "Ensayo de una placa prismática, plegada, prefabricada, de hormigón pretensado", por A. S. Jiv y otros (en ruso).

81. "Las estructuras de hormigón pretensado en la construcción de edificios industriales, en Bulgaria", por D. Dotchev y otros (en ruso).

Publicaciones enviadas por la "Agrupación Mexicana del Presfuerzo", México.

Revista: Publicación especial núm. 4. Separata de la revista *IMCYC*, vol. 2, núm. 12, enero 1965.

82. "Algunas consideraciones sobre el empleo del hormigón prefabricado y pretensado, en Suecia", por K. G. Bernander.

Sinopsis: Se describe el desarrollo experimentado en Suecia en el empleo de elementos estructurales prefabricados y pretensados. Se incluyen gráficos para el cálculo del aumento de las flechas debido a la retracción y fluencia en vigas de sección en I. Se discute la influencia del pretensado en la resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de las vigas y la resistencia a pandeo de los soportes. Se estudian los fenómenos de fatiga, corrosión y resistencia al fuego. Se discuten algunos aspectos económicos de la prefabricación y las ventajas de los diversos sistemas utilizables. Finalmente, se presentan algunos ejemplos de estructuras prefabricadas y pretensadas.

Revista: Publicación especial núm. 6. Separata de la Revista *IMCYC*, vol. 3, núm. 15, julio-agosto 1965.

83. "Los puentes de hormigón, en México", por V. Guerrero.

Sinopsis: Se describe la evolución de los proyectos de puentes de hormigón en México, desde los primeros, constituidos por losas planas o nervadas, hasta los más modernos de hormigón pretensado. Se indican las principales características de los puentes más importantes construidos en dicho país.

Revista: Publicación especial núm. 7. Separata de la Revista *IMCYC*, vol. 3, núm. 16, septiembre-octubre 1965.

84. "Cálculo de edificios de hormigón prentensado resistentes a los efectos sísmicos", por T. Y. Lin.

Sinopsis: Se indican los requisitos básicos para el cálculo de edificios de hormigón resistentes a los efectos sísmicos. Se discute el comportamiento elástico de los elementos de hormigón pretensado, las tensiones admisibles y los factores de carga en el caso de esfuerzos sísmicos. Se describen los métodos de pretensado utilizados en la construcción de placas, soportes y estructuras rígidas para edificios que deban resistir esfuerzos sísmicos.

Revista: Publicación especial núm. 8. Separata de la Revista *IMCYC*, vol. 3, núm. 18, enero-febrero 1966.

85. "Estructuras prefabricadas para el Instituto Mexicano del Petróleo", por J. M. Riobooo.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

Sinopsis: Se describen los aspectos estructurales y constructivos más importantes de cuatro edificios construidos a base de elementos prefabricados. Se utilizaron tres tipos principales de elementos: soportes rectangulares, vigas de sección en I y placas de forjado.

Revista: Publicación especial núm. 9. Separata de la Revista *IMCYC*, vol. 3, núm. 19, marzo-abril 1966.

86. "Historia de dos cubiertas laminares de grandes dimensiones", por T. Y. Lin.

Sinopsis: El autor relata la historia de dos cubiertas laminares de grandes dimensiones, recientemente construidas utilizando elementos prefabricados y pretensados. Subraya la importancia de que el cálculo de la estructura acompañe siempre al proyecto intuitivo de este tipo de cubiertas.

Revista: Publicación especial núm. 10. Separata de la Revista *IMCYC*, vol. 4, núm. 22, septiembre-octubre 1966.

87. "El nuevo mercado cubierto de Grenoble", por M. Welti.

Sinopsis: Se describe este nuevo mercado que consiste en una amplia nave cubierta que ocupa un área rectangular de 160 $\times$ 95 metros. En particular, se detalla la construcción de la bóveda autoportante de 40 metros de luz y 160 metros de longitud, constituida por 728 elementos prefabricados de hormigón armado. Se comentan la prefabricación y la colocación de estos elementos efectuada mediante una cimbra metálica móvil, articulada.

Revista: Publicación especial núm. 11. Separata de la Revista *IMCYC*, vol. 4, núm. 24, enero-febrero 1967.

88. "Puente curvo pretensado de tramos continuos", por F. Kulka.

Sinopsis: Se describen los aspectos más importantes del cálculo y construcción de un puente pretensado, con planta curva y de tramos continuos. El puente se pretensó en cuatro direcciones para absorber las cargas verticales, los momentos de torsión y flexión y las tensiones y deformaciones dependientes del tiempo.

Revista: Publicación especial núm. 12. Separata de la Revista *IMCYC*, vol. 5, núm. 25, marzo-abril 1967.

89. "Hormigón ligero pretensado. Informe presentado por la Comisión de la F.I.P.".

Sinopsis: En este informe se discuten dos tipos de hormigón ligero pretensado. El primero, fabricado con áridos ligeros de alta calidad, tales como arcillas y pizarras dilatadas, es capaz de desarrollar resistencias, en probeta cúbica, de 280 a 500 kp/cm^2, con un peso unitario de 1,4 a 2,00 kg/m^3. El módulo de elasticidad de estos hormigones es aproximadamente la mitad del correspondiente a los hormigones fabricados con áridos normales de la misma resistencia. La resistencia al fuego y el aislamiento térmico son notablemente superiores que en los hormigones corrientes. Se señalan sus aplicaciones específicas.
El segundo tipo está constituido por los hormigones celulares hechos a base de espuma o gas. Este tipo de hormigón no puede pretensarse directamente. Se utiliza en piezas mixtas con nervios o losas de hormigón pretensado. De esta forma se combinan las ventajas de los hormigones ligeros, de alto aislamiento térmico, con la mayor resistencia y economía de los elementos pretensados. Se utiliza especialmente en la construcción de placas de cubierta y para forjados de naves industriales y de edificios para viviendas.

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025

instituto
eduardo torroja
de la construcción
y del cemento

Documento descargado de www.e-ache.com el 20/08/2025