

ASOCIACION  
TECNICA ESPAÑOLA  
DEL PRETENSADO

INSTITUTO  
EDUARDO TORROJA  
DE LA CONSTRUCCION  
Y DEL CEMENTO

COSTILLARES - CHAMARTIN  
MADRID - 33

# HORMIGON y acero

Nº 106

## MIEMBROS PROTECTORES DE LA ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO

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

AGRUPACION DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA. — Eduardo Dato, 17. Madrid-10.  
CANTERAS Y AGLOMERADOS, S. A. — Casanova, 46, entlo. 1.<sup>a</sup>. Barcelona-11.  
CARLOS FERNANDEZ CASADO, S. A. — Grialba, 9. Madrid-6.  
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACION DE O. P. — Alfonso XII, 3. Madrid-7.  
CENTRO DE TRABAJOS TECNICOS, S. L. — Consejo de Ciento, 304. Barcelona-7.  
ELABORADOS METALICOS, S. A. (EMESA). — Apartado 553. La Coruña.  
FOMENTO DE OBRAS Y CONSTRUCCIONES, S. A. — Balmes, 36. Barcelona-7.  
FORJADOS DOMO. — Hermosilla, 64. Madrid-1.  
IBERING, S. A. — Plaza Gala Placidia, 5-7. Barcelona-6.  
INDUSTRIAS GALYCAS, S. A. — Portal de Gamarra, 46. Vitoria.  
INGENIERO JEFE DE LA SECCION DE ESTRUCTURAS Y TUNELES. — Ministerio de Obras Pú-  
blicas, Dirección General de Carreteras. Madrid-3.  
INTEMAC, S. A. — Monte Esquinza, 30. Madrid-4.  
JOSE ANTONIO TORROJA, OFICINA TECNICA. — Sánchez Pacheco, 61. Madrid-2.  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION. — Alfonso XII, 3. Madrid-7.  
MEDITERRANEA DE PREFABRICADOS, S. A. — Apartado 34. Benicarló (Castellón).  
NUEVA MONTAÑA QUIJANO, S. A. — P.<sup>o</sup> de Pereda, 32. Santander.  
PACADAR, S. A. — Castelló, 48. Madrid-1.  
PROCEDIMIENTOS BARREDO. — Raimundo Fernández Villaverde, 45. Madrid-3.  
PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL. — General Perón, 20. Madrid-20.  
S. A. ECHEVARRIA. — Apartado 46. Bilbao-8.  
S.A.E. BBR. — Rosellón, 229. Barcelona-8.  
SICOP, S. A. — Princesa, 24. Madrid-8.  
TRENZAS Y CABLES DE ACERO, S. A. — Monturiol, 5. Santa María de Bárbara (Barcelona).

La Asociación Técnica Española del 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 (Santiago de Chile).  
La Facultad de Arquitectura de la Universidad del Valle de Calí (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 (Lima).  
La Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (Caracas).  
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 (República Argentina).  
La Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia (Medellín).  
La Universidad Autónoma - Guadalajara, Jalisco (Méjico).  
El Departamento Técnico y Laboratorios de Aprovence, Caracas (Venezuela).  
El Instituto de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura de la Universidad de la República del Uruguay (Montevideo).  
El Centro Impulsor de la Habitación, A.C., de México.  
El Departamento de Investigación de la Dirección General de Tecnología del Ministerio del Bienestar Social de la República Argentina (Buenos Aires).  
El Departamento de Obras Civiles de la Universidad de Chile (Santiago de Chile).

**ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO**



# **h**ormigón y **a**cero

**n. 106**

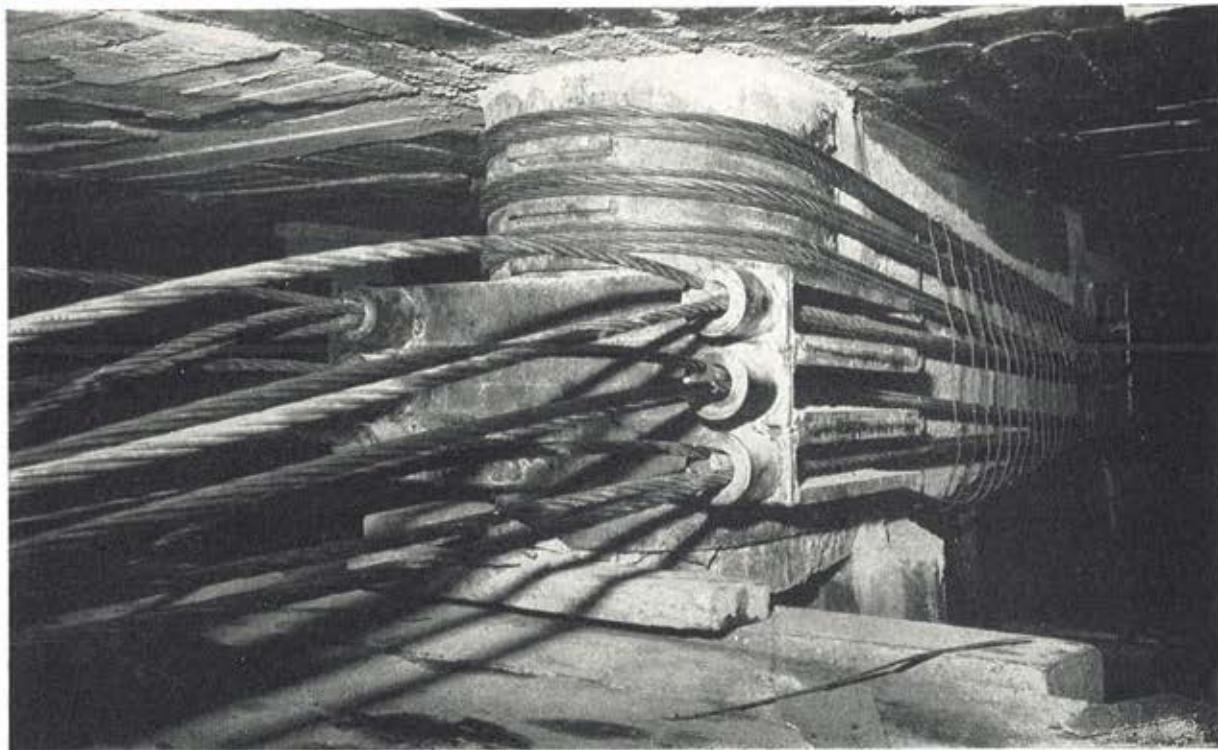
**1.er trimestre 1973**

INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO.—COSTILLARES—CHAMARTIN—MADRID-33

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

**PROCEDIMIENTOS**

# **BARREDO, S.A.**



REFUERZO DE ESTRUCTURÁ. Esfuerzo Introducido: 600 Tn.

**Sistemas Barredo y Multi - B  
de hormigón postensado.**

**Cimbras para lanzamientos de vigas.**

**Anclajes.**

**Refuerzos en estructuras de hormigón.**

**Patentes nacionales y extranjeras.**

**vigas • losas • placas • puentes • estructuras, etc.,  
depósitos para agua, vino, aceites, gases, etc.,  
reparaciones y apeos especiales.**

## asociación técnica española del pretensado

CUOTA ANUAL	ESPAÑA	EXTRANJERO
	Pesetas	Dólares
Miembros protectores .....	5.000	100,--
Miembros colectivos .....	2.000	40,--
Miembro personal, no adhes- rido al I. E. T. e. c. ....	600	12,--
Miembro personal, adherido al I. E. T. e. c. ....	300	6,--

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

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

# hormigón y acero n. 106

## índice

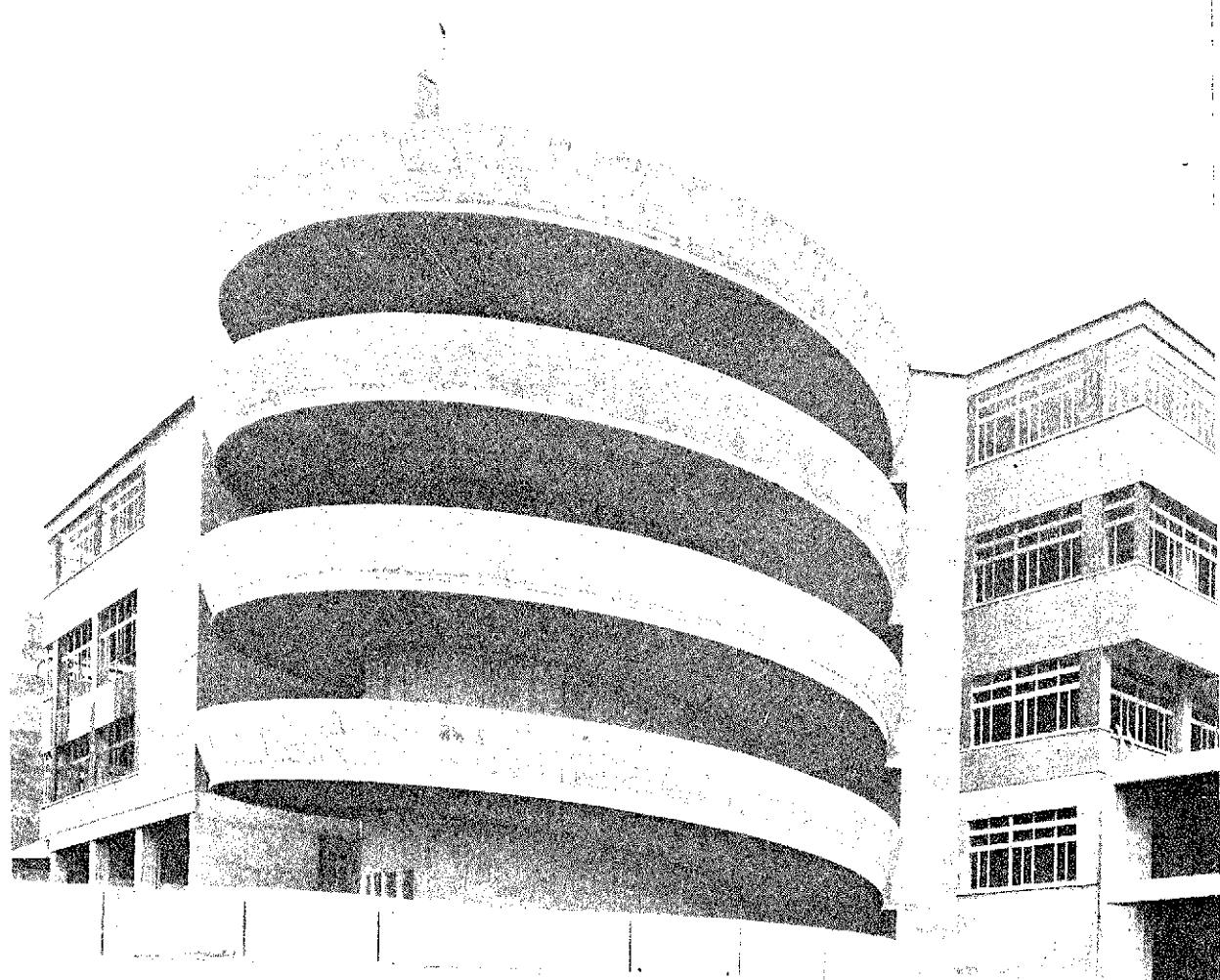
Páginas

### Comité de Redacción de la Revista Hormigón y Acero

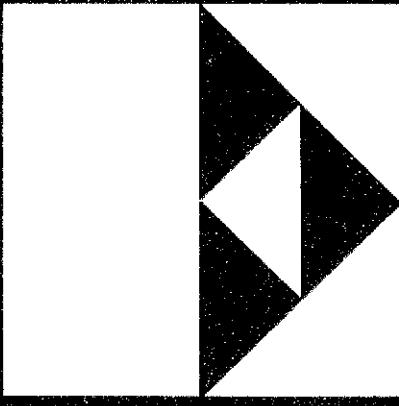
AROCA, Ricardo  
BARREDO, Carlos  
CUVILLO, Ramón  
FERNANDEZ TROYANO, Leonardo  
FERNANDEZ VILLALTA, Manuel  
JODAR, Juan  
MANTEROLA, Javier  
MARTINEZ SANTONJA, Antonio  
MONEO, Mariano  
MORENO TORRES, Juan  
PIÑEIRO, Rafael  
ROMERO, Rafael

<b>Resumen de actividades de la ATEP durante el año 1972 . . .</b>	15
Résumé des activités de l'ATEP, au cours de 1972. Summary of the activities of the ATEP, during 1972. R. Piñeiro.	
<b>457 - 0 - 50 Contribución al establecimiento de unas recomendaciones sobre alambres para armaduras postesas . . . . .</b>	31
Contribución à l'établissement de quelques recommandations sur des fils pour des armatures précontraintes. Contribution to the establishment of recommendations on post-tensioned reinforcements. M. Raspall.	
<b>457 - 2 - 16 Cálculo simplificado de las acciones ovalizantes en las tu- berías de hormigón pretensado colocadas en zanjas . . . . .</b>	39
Calcul simplifié des actions ovalisantes dans les tuyaux en béton précontraint placées en fossés. Simplified analysis of oval efforts on prestressed concrete pipes placed in trench. G. Turazza.	
<b>457 - 6 - 4 Influencia del procedimiento de destesado sobre las ten- siones en las zonas de anclaje y sobre la longitud de trans- misión, en elementos de hormigón pretensado con arma- duras pretensas . . . . .</b>	49
Influence du procédé de relâchement sur les contraintes dans les zones d'ancrage et sur la longueur de transmission, dans les éléments en béton précontraint munis d'armatures précontraintes. The effect of the method of transfer on the end-zone stresses and transmission lenght in pre-tensioned concrete members. D. Krishnamurthy	
<b>457 - 8 - 42 Ensayos sobre un tipo especial de unión viga-losa para puentes o viaductos de hormigón pretensado . . . . .</b>	67
Essais sur un type spécial d'union poutre-dalle pour des ponts ou viaducs en béton précontraint. Test on a special type of beam-slab joint for prestressed concrete bridges. E. Matera.	
<b>Notas de la F.I.P. números 41, 42 y 43 . . . . .</b>	93
Nota de la A.T.E.P. Intercambio de publicaciones . . . . .	139

**P O R T A D A : Puente del Generalísimo, Molins de Rey. Proyecto de José Antonio Torroja, Oficina Técnica. Construida por Huarte y Cia, S. A.**



**construye**



**ENTRECAANALES  
Y TAVORA, S.A.**

**obras y proyectos**

JUAN DE MENA, 8 – MADRID 14

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

**E S P A Ñ A**

AEDIUM, S. A. — Basauri (Vizcaya).  
AGRUPACION NACIONAL DE LOS DERIVADOS DEL CEMENTO. — Madrid.  
AGUSTI, S. L. — Gerona.  
ALBISA, S. A. — Algeciras.  
ASOCIACION TECNICA DE DERIVADOS DEL CEMENTO. — Barcelona.  
AUTOPISTAS, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S. A. — Barcelona.  
AZMA, S. A. — Madrid.  
BAGANT. — Castellón.  
BUTSEMS, S. A. — Barcelona.  
BUTSEMS, S. A. — Madrid.  
CAMARA, S. A. — VIGUETAS CASTILLA. — Valladolid.  
CAMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACION. — Barcelona.  
CAMINOS Y PUERTOS, S. A. — Madrid.  
CASA GARGALLO, S. A. — Madrid.  
CEMENTOS MOLINS, S. A. — Barcelona.  
CENTRO DE ESTUDIOS C.E.A.C. — Barcelona.  
CERAMICA RUBIERA. — Gijón (Oviedo).  
CIDESA, CONSTRUCCION INDUSTRIAL DE EDIFICIOS, S. A. — Barcelona.  
CIMACO, S. A. — Madrid.  
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES. — La Coruña.  
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CANARIAS. — Sta. Cruz de Tenerife.  
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS VASCO-NAVARRO. — Bilbao.  
COMPANIA AUXILIAR DE LA EDIFICACION, S. A. — Madrid.  
CONSTRUCCIONES BIGAR, S. L. — Aranda de Duero (Burgos).  
CONSTRUCCIONES COLOMINA, S. A. — Madrid.  
CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S. A. — Madrid.  
CONSTRUCTORA MAXACH, S. A. — Madrid.  
COTECOSA. — Bilbao.  
CUBIERTAS Y TEJADOS, S. A. — Barcelona.  
CUBIERTAS Y TEJADOS, S. A. — Madrid.  
CUPRE. — Valladolid.

DIREC. GENERAL. FORTIFICACIONES Y OBRAS. — MINIST. DEL EJERCITO. — Madrid.  
DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S. A. — Madrid.  
EDES, S. A. — Madrid.  
ELABORADOS DE HORMIGON, S. A. — Burgos.  
ELKAR, S. A. — Pamplona.  
EMPRESA AUXILIAR DE LA INDUSTRIA. — AUXINI. — Madrid.  
ENAGA, S. A. — Madrid.  
ENTRECANALES Y TAVORA, S. A. — Madrid.  
ESTEBAN ORBEGOZO, S. A. — Zumárraga (Guipúzcoa).  
ESTRUCTURAS CUMBRE. — Olesa de Montserrat (Barcelona).  
ESTUDIOS Y PROYECTOS TECNICOS INDUSTRIALES, S. A. — Madrid.  
E. T. S. ARQUITECTURA. — Barcelona.  
E. T. S. ARQUITECTURA. — Sevilla.  
EUROESTUDIOS, S. A. — Madrid.  
FABRICADOS PARA LA CONSTRUCCION, S. A. — FACOSA. — Madrid.  
FERGO, S. A. DE PRETENSADOS. — Valencia.  
FERNANDEZ CONSTRUCTOR, S. A. — Madrid.  
FERROLAND, S. A. — Madrid.  
FORJADOS "DOL". — Esquivias (Toledo).  
FORMO, S. A. — Barcelona.  
GABINETE DE ORGANIZACION Y NORMAS TECNICAS. — MINIST. DE O. P. — Madrid  
GIJON E HIJOS, S. A. — Motril (Granada).  
HEREDIA Y MORENO, S. A. — Madrid.  
HIDAQUE, S. A. — Granada.  
HIERROS FORJADOS Y CEMENTOS, S. A. — HIFORCEM. — Sevilla.  
HORMYCER, S. L. — Madrid.  
HORSA, S. A. — Barcelona.  
HUARTE Y CIA., S. A. — Madrid.  
IBERDUERO, S. A. — Bilbao.  
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 REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO. — Madrid.  
INTERNACIONAL DE INGENIERIA Y ESTUDIOS TECNICOS, S. A. — INTECSA. — Madrid.  
JEFATURA PROVINCIAL DE CARRETERAS. — Almería.  
JEFATURA PROVINCIAL DE CARRETERAS. — Salamanca.  
JEFATURA PROVINCIAL DE CARRETERAS. — Valencia.  
3.<sup>a</sup> JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. — SERVICIO DE CONSTRUCCION. — Bilbao.

5.<sup>a</sup> JEFATURA REGIONAL DE CARRETERAS. — Barcelona.

JOSE MARIA ELOSEGUI. — CONSTRUCCIONES. — San Sebastián.

JUNTA DEL PUERTO DE ALMERIA. — Almería.

LABORATORIO DE INGENIEROS DEL EJERCITO. — Madrid.

LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO. — Madrid.

LAING IBERICA, S. A. — Madrid.

LIBRERIA RUBIÑOS. — Madrid.

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

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

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

MATUBO, S. A. — Madrid.

OTEP INTERNACIONAL, S. A. --- Madrid.

V. PEIRO, S. A. — Valencia.

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

POSTENSA, S. A. — Bilbao.

PREFABRICADOS ALAVESES, S. A. — PREASA. — Vitoria.

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

PREFABRICADOS NAVARROS, S. A. — Olazagutia (Navarra).

PREFABRICADOS POUSA, S. A. — Santa Perpetua de Moguda (Barcelona).

PREFABRICADOS STUB. — MANRESANA DE CONSTRUC., S. A. — Manresa (Barcelona).

PRETENSADOS AEDUM, S. L. — Pamplona.

PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO, S. L. — Valladolid.

PROTEC, S. L. — Gijón (Oviedo).

REALIZACIONES Y ESTUDIOS DE INGENIERIA, S. A. — Pinto (Madrid).

RENFE. — Madrid.

RUBIERA PREFLEX, S. A. — Gijón (Oviedo).

S. A. E. M. — Valencia.

SAINCE. — Madrid.

SALTOS DEL SIL, S. A. — Madrid.

SEAT. — Barcelona.

SENER, S. A. — Las Arenas (Vizcaya).

SERVICIO MILITAR DE CONSTRUCCIONES. --- Barcelona.

SIKA, S. A. — Madrid.

SOCIEDAD ANONIMA ESPAÑOLA TUBO FABREGA. — Madrid.

SOCIEDAD ANONIMA FERROVIAL. — 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.

SUCO, S. A. — Amposta (Tarragona).

TEJERIAS "LA COVADONGA". — Muriedas de Camargo (Santander).  
TENSYLAND, S. A. — Gironella (Barcelona).  
TEPSA. — Tarrasa (Barcelona).  
TOSAM, S. L. — Segovia.  
TUBERIAS Y PREFABRICADOS, S. A. — TYPSA. — Madrid.  
UNION MADERERA CACEREÑA, S. L. — Cáceres.  
VALLEHERMOSO, S. A. — Madrid.  
VEYGA, S. A. — Tarrasa (Barcelona).  
VIAS Y OBRAS PROVINCIALES. — San Sebastián.  
VIGAS REMARRO. — Motril (Granada).  
VIGUETAS ASTURIAS, S. L. — Oviedo.  
VIGUETAS BORONDO. — Madrid.  
VIGUETAS FERROLAND, S. A. — Santa Coloma de Gramanet (Barcelona)  
VIGUETAS ROSADO, S. A. — Cáceres.

#### **EXTRANJERO**

B.K.W.Z. "RUCH". — Warszawa (Polonia).  
CACERES & PIAGGIO, CONTRATISTAS GENERALES, S. A. — Lima (Perú).  
DAVILA & SUAREZ ASSOCIATES. — Río Piedras (Puerto Rico).  
ESCUELA DE CONSTRUCCION CIVIL. — Valparaíso (Chile).  
FACULTAD DE INGENIERIA (BIBLIOTECA). — Caracas (Venezuela).  
FACULTAD DE INGENIERIA. — Universidad Católica de Salta. — Salta (Rep. Argentina).  
INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY (BIBLIOTECA). — Monterrey N. L. (Méjico).  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. — DIRECCION DE VIALIDAD. — DIV. BIBLIOTECA Y PUBLICACIONES. — La Plata (Prov. de Buenos Aires), República Argentina.  
NATIONAL REFERENCE LIBRARY OF SCIENCE AND AVVENTION. — Londres (Inglat.).  
UNIVERSIDAD CATOLICA MADRE Y MAESTRA. — Santiago de los Caballeros (República Dominicana).  
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO (BIBLIOTECA). — Mayaguez (Puerto Rico).

NOTA INFORMATIVA - 0104 - 4-1-73

## **LA INVESTIGACION ENSALZA A LA INDUSTRIA**

Bajo la presidencia del Excmo. Sr. Ministro de la Vivienda y Presidente del Patronato Juan de la Cierva, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, D. Vicente Mortes Alfonso, se celebró el pasado día 15 de diciembre, en el Instituto Eduardo Torroja, un entrañable acto de hermandad.

En el transcurso del mismo, distinguidos hombres de empresa y personas muy afectas al Instituto recibieron el título de Miembros de Honor del Instituto Eduardo Torroja.

Los homenajeados fueron los siguientes: Excmo. Sr. D. José M.<sup>a</sup> Aguirre Gonzalo, Excmo. Sr. D. Manuel Lora Tamayo, Excmo. Sr. D. Eugenio Calderón Montero-Ríos, Excmo. Sr. D. Patricio Palomar Collado, Ilmo. Sr. D. Julián Rezola Izaguirre e Ilmo. Sr. D. Marcelo Lumbier Lecea.

En el mismo acto, el Sr. Mortes Alfonso entregó al Excmo Sr. D. Jaime Nadal Aixalá y a los Sres. D. Antonio Comyn Avial, D. Angel Entrena Martínez; D. Andrés Gracia González y D. José Sánchez Rueda placas conmemorativas a sus 25 años de trabajo en el Instituto Eduardo Torroja.

El Presidente del Consejo Técnico Administrativo, Sr. Aguirre, hizo la semblanza de dichas personas, y a continuación el Ministro se refirió, brevemente, a la personalidad del Sr. Aguirre, y agradeció la inestimable ayuda que la Industria presta a la Investigación en este campo de la Construcción y del Cemento.

---

NOTA INFORMATIVA - 0105 - 22-1-73

## **INAUGURACION DE CEMCO - 73**

El día 15 de enero se celebró, en el Salón de Embajadores del Instituto de Cultura Hispánica de Madrid, el solemne acto de inauguración del Curso de Estudios Mayores de la Construcción, Cemco-73.

Asisten a este curso, cuyo desarrollo tiene lugar en el Instituto Eduardo Torroja, 30 arquitectos e ingenieros civiles de países hablisanos, estando representados: Argentina, Colombia, Costa Rica, Chile, Ecuador, España, Méjico y Perú.

El acto fue presidido por el Ilmo. Sr. D. Juan I. Tena, Secretario General del Instituto de Cultura Hispánica y por el Ilmo. Sr. D. Francisco Arredondo, Director del Instituto Eduardo Torroja.

El Sr. Arredondo expresó su total complacencia por esta actividad, a la que el IET aporta no sólo sus conocimientos científicos y técnicos, sino también un calor humano que los asistentes al curso aprecian durante su convivencia en el Instituto. El Sr. Tena les dio la bienvenida a España y ofreció la colaboración de Cultura Hispánica para cuanto pudieran precisar.

Este Curso monográfico, dedicado a la Construcción Industrializada que ha despertado gran interés, durará hasta el 15 de junio, con cinco clases diarias, de 9 de la mañana a 5½ de la tarde, complementadas con visitas y viajes técnicos y artísticos.

# VI premio LUXAN 1972

El VI premio LUXAN, ofrecido por la Compañía Española de Puzolanas, S. A., para trabajos que se ajustaran al tema de las puzolanas naturales o artificiales y/o al de los cementos u hormigones, en cuya preparación interviniieran las puzolanas, ha recaído en la persona de don Pedro Rey y Vázquez de la Torre.

Formaron el jurado: don Francisco Arredondo Verdú, en representación del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; don Miguel de Oriol e Ibarra, del Colegio de Arquitectos de Madrid; don Antonio Sarabia González, que ostentó la de la Agrupación de Fabricantes de Cementos de España, y don Francisco Soria Santamaría, don José Calleja Carrete, don Julio Pérez Alonso, don Fernando del Río y don Pablo García de Paredes como ganadores, individualmente o en equipo, de los cinco premios anteriores. Figuró en la presidencia don Manuel de Luxán Baquero, doctor Ingeniero de Caminos.

El trabajo que ha sido objeto del premio LUXAN lleva por título "Estudio de las puzolanas catalanas y sus aplicaciones en morteros y hormigones".

Se ha desarrollado, en tres capítulos, el estudio de la piedra pómez con actividad puzolánica, localizada en los yacimientos volcánicos de la provincia de Gerona.

El primero tiene carácter geológico y detalla los orígenes de los distintos afloramientos zonales.

En el segundo se realizan los análisis químico, difractométrico y microscópico de las muestras.

El tercero se dedica a determinar las ventajas del empleo de la piedra pómez, molida como filler en los hormigones hidráulicos, apoyándose precisamente en sus cualidades puzolánicas.

---

## NUEVA PUBLICACION DE LA ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE LA PRECONTRAINTE

La Association Scientifique de la Précontrainte acaba de editar un nuevo catálogo de los distintos tipos de armaduras para pretensado (alambres, torzales, cables, etc.) que, hasta el 30 de septiembre de 1972, han sido homologados en Francia.

En dicho catálogo se resumen todos los distintos tipos de armaduras que se fabrican, indicándose sus características geométricas y mecánicas.

Los interesados en adquirir este catálogo, de 37 páginas y cuyo precio es de 36,90 francos franceses, más gastos de envío, deberán pasar el pedido correspondiente a:

Monsieur F. Dumas  
Presidente de la A.S.P.  
1, Place Genevières  
59000-Lille (Francia)

## **nota de la A.T.E.P.**

En la Asamblea General de la F.I.P., celebrada en Tbilisi (Rusia), en septiembre del pasado año 1972, se acordó, entre otros asuntos, clasificar a los diversos Grupos nacionales afiliados a la Federación, en tres categorías con arreglo al volumen anual de su actividad constructiva. Como base para esta clasificación se tomaron los datos del consumo de cemento en cada país, relativos al año 1971, que aparecen en las estadísticas elaboradas por los correspondientes Organismos internacionales.

De acuerdo con este criterio, España ha quedado incluida en el primer grupo entre los países de alta actividad constructiva con un consumo anual de cemento superior a los 15 millones de toneladas.

El segundo grupo lo integran aquellas naciones de actividad constructiva media, a las que corresponde un consumo anual de cemento comprendido entre 5 y 15 millones de toneladas.

Por último, en el tercer grupo figuran los de baja actividad constructiva, cuyo consumo de cemento es inferior a los 5 millones de toneladas por año.

Las cuotas anuales que deben pagar a la F.I.P. cada uno de los países a ella afiliados son:

- 5.000 francos suizos los encuadrados en el primer grupo.
- 3.000 francos suizos los encuadrados en el segundo grupo.
- 1.300 francos suizos los encuadrados en el tercer grupo.

Por consiguiente, la Asociación Técnica Española del Pretensado, a partir de 1973, deberá abonar a la F.I.P. 5.000 francos suizos como cuota anual.

Con independencia del sacrificio económico que para la Asociación pueda representar esta reclasificación, constituye un orgullo para nosotros, como españoles, el comprobar cómo internacionalmente nos vamos situando en primera línea, entre los diversos países, por el volumen creciente de nuestras actividades técnicas e industriales.

Por estimarlo de interés para nuestros lectores, a continuación se reproduce la lista, por orden alfabético, de los diversos Grupos nacionales afiliados a la F.I.P., agrupados en las tres citadas categorías, y con indicación de su consumo anual de cemento expresado en toneladas. Cuando, por falta de datos, no se conocía la cantidad de cemento consumida en algún país se ha tomado, como base para su clasificación, la cifra correspondiente a su producción anual. En estos casos, la cantidad aparece entre paréntesis.

## **PAISES DE ALTA ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA**

(Más de 15 millones de toneladas.)

(Cuota anual, 5.000 francos suizos.)

Alemania Occidental ...	39.602.000	Gran Bretaña .....	17.680.000
España .....	16.526.000	Italia .....	31.669.000
Estados Unidos .....	70.978.000	Japón .....	57.135.000
Francia .....	28.060.000	Rusia .....	(97.443.000)

## **PAISES DE ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA MEDIA**

(Entre 5 y 15 millones de toneladas.)

(Cuota anual, 3.000 francos suizos.)

Africa del Sur .....	6.005.000	India .....	14.756.000
Alemania Oriental .....	(8.230.000)	Méjico .....	7.355.000
Argentina .....	(5.575.000)	Polonia .....	13.553.000
Austria .....	5.207.000	Rumania .....	(7.823.000)
Bélgica .....	5.373.000	Suiza .....	5.276.000
Canadá .....	7.563.000	Turquía .....	6.521.000
Checoslovaquia .....	(8.167.000)	Yugoslavia .....	6.066.000
Holanda .....	5.993.000		

## **PAISES DE BAJA ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA**

(Inferior a 5 millones de toneladas.)

(Cuota anual, 1.300 francos suizos.)

Australia .....	4.837.000	Israel .....	1.568.000
Bulgaria .....	(3.855.000)	Líbano .....	1.103.000
Colombia .....	(2.600.000)	Noruega .....	1.546.000
Chile .....	(1.383.000)	Nueva Zelanda .....	826.000
Dinamarca .....	2.379.000	Portugal .....	2.468.000
Egipto .....	(2.985.000)	Siria .....	(989.000)
Finlandia .....	1.717.000	Sudán .....	192.000
Grecia .....	4.886.000	Suecia .....	3.778.000
Hungría .....	(4.291.000)	Taiwan .....	4.069.000
Irlanda .....	1.427.000	Venezuela .....	(2.439.000)

Por último, debemos señalar también que, en virtud de otro de los acuerdos adoptados en la Asamblea General antes citada, todos los Miembros inscritos en los diversos Grupos nacionales, a partir de esta fecha se consideran, asimismo, Miembros directos de la Federación Internacional del Pretensado y con derecho, por tanto, a utilizar este título cuando lo estimen conveniente para sus intereses.

# **Reunión de la “comisión de prefabricación” de la FIP**

El lunes 13 de noviembre, y aceptando la invitación en su día cursada por el Grupo español, se reunió en Sevilla, en los locales de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, la Comisión de Prefabricación de la Federación Internacional de Pretensado (FIP).

Actuó como Presidente el que lo es de la Comisión, Mr. Bernander (Suecia), y asistieron a esta Reunión, además de la mayor parte de los Miembros que la componen (representantes de los diversos Grupos nacionales europeos de la FIP), Mr. Janssonius, Presidente de la Federación, y Mr. Crozier, Secretario Técnico. España estuvo representada por los Sres. Calavera y Piñeiro.

Todos los puntos del apretado orden del día previsto fueron ampliamente discutidos. Por su especial interés deben destacarse los acuerdos adoptados en relación con los Informes que la Comisión está preparando para su presentación en el próximo Congreso Internacional que, en 1974, celebrará la FIP en Estados Unidos. En la elaboración de estos informes la representación española está colaborando intensamente, sobre todo en lo que respecta a los temas siguientes:

- Tolerancias (geométricas y de calidad de los materiales).
- Características de los materiales utilizados en prefabricación.
- Curado de piezas prefabricadas.
- Control de calidad de los elementos prefabricados.

Se acordó celebrar una última reunión, antes del Congreso, en mayo del próximo año 1973, designándose, en principio, Noruega, como sede de la misma.

Algunos de los Miembros de la Comisión permanecieron en Sevilla para participar en la VII Asamblea Técnica Nacional de la ATEP, que se celebraba a continuación, durante los días 14 al 18 del citado mes de noviembre, en los mismos ya citados locales de la Escuela de Arquitectura de Sevilla.

# **Premio "Emilio Gimeno" para trabajos relacionados con la corrosión y protección de los materiales**

La revista "Corrosión y Protección" convoca un concurso destinado a premiar trabajos relacionados con la corrosión y con la protección de los materiales.

Este concurso estará dotado con los siguientes premios:

- Un primer premio de 50.000 pesetas.
- Dos accésits de 10.000 pesetas cada uno.

Las bases generales por las que se regirá este concurso son las siguientes:

1. Podrán tomar parte en él los científicos y técnicos españoles, portugueses, iberoamericanos y filipinos.
2. El plazo para la entrega de los trabajos que opten a estos premios comenzará a la publicación del presente anuncio y terminará el 31 de diciembre de 1973, durante cuyo período se admitirán en la Redacción de la revista, calle de Londres, 41, Madrid-28.
3. Los trabajos deberán presentarse en doble ejemplar, mecanografiado a dos espacios, firmados con un lema y acompañados de un sobre cerrado, en cuyo exterior figura únicamente este lema y el título del trabajo; en el interior del sobre se incluirá una cuartilla, en la que se hará constar, además del título del trabajo y del lema bajo el que se presenta, el nombre del autor o autores y su dirección completa. En el momento de su recepción se entregará un recibo, en el que figurará la fecha de presentación y el número de orden correlativo correspondiente.
4. No se admitirán trabajos que hayan sido presentados a otros concursos o publicados con anterioridad.
5. El fallo de este concurso se dará a conocer en la revista "Corrosión y Protección", en su número correspondiente a marzo-abril de 1974.
6. La revista "Corrosión y Protección" se reserva el derecho de publicación de los trabajos premiados, que quedarán de su propiedad.
7. Aquellos trabajos que no resulten premiados serán devueltos a los autores que así lo soliciten; no obstante, "Corrosión y Protección" podrá convenir con ellos la publicación de los que por su calidad técnica puedan merecer el interés de sus lectores.

# **resumen de actividades de la asociación técnica española del pretensado durante el año 1972**

**R. PIÑEIRO**  
**Vocal Secretario de la ATEP**

Termina el año 1972. Sus últimos días se nos escapan fugaces, y a través de las pocas hojas que aún faltan por arrancar en nuestro almanaque, entreveímos ya el inicio de 1973 que nos abre, prometedor, sus puertas, invitándonos a ascender sus 365 escalones con espíritu abierto y optimista, con renovadas energías e ilusiones, con el ánimo bien dispuesto para enfrentarnos con los problemas que, indefectiblemente, habrá de plantearnos nuestro desarrollo a lo largo del próximo año; sin olvidar los que, procedentes de actividades ya iniciadas y no concluidas, tenemos pendientes de resolver.

Durante la última semana de cada año y la primera del que le sigue, se suceden unas a otras, casi sin solución de continuidad, una serie de fiestas grandes, de carácter podríamos decir que universal, que rompen el ritmo de nuestro normal trabajo cotidiano. Son fiestas alegres, íntimas, que quizás por su singular significación todos queremos celebrar, y celebramos, con un espíritu nuevo, diferente, que exige de nosotros una dedicación especial. Y así, entre prepararlas, disfrutarlas y olvidarlas para poder recuperar nuestro estado de ánimo normal que nos permite sumergirnos de nuevo en el tráfico de la diaria labor, transcurren sin darnos apenas cuenta esas dos semanas-puente entre el año que acaba y el que comienza. ¡Feliz anormalidad que rompe la monotonía de nuestro humano vivir! Y puesto que, paradójicamente, sólo en circunstancias extraordinariamente graves y anormales dicha anormalidad no se produce, pidamos todos sinceramente que nunca nos veamos obligados a prescindir de ella, comprometiéndonos a que para lograr este objetivo pondremos siempre nuestro máximo empeño, nuestra mejor intención; que cada uno, dentro de su campo particular de actividad y en la medida de sus posibilidades, ponga a contribución toda su voluntad para conseguir que todos los años, y durante muchos años, podamos seguir disfrutando de tan feliz anormalidad.

Es ya habitual para nosotros que, aprovechando esta interrupción de la normalidad laboral, dediquemos algunas de estas horas libres a realizar un análisis de nuestra actuación durante el año que acaba. Del mismo modo que, tanto los departamentos oficiales como las empresas e incluso los individuos, hacen sus balances cada doce meses, con el objeto de comprobar la marcha de sus negocios y fijar las directrices que deben seguir en el futuro inmediato, también a nosotros nos gusta echar la vista atrás y, haciendo un alto en nuestra marcha, meditar un poco sobre lo que se ha hecho y cómo se ha hecho;

sobre lo que se está haciendo y cómo se está haciendo; sobre la inmediata labor que tenemos que realizar y cómo debemos realizarla.

Naturalmente que no puede ser éste un examen exhaustivo. Únicamente nos interesa analizar aquellos hechos fundamentales que, a modo de hitos o mojones, han quedado hincados, destacados, a lo largo del camino recorrido. Cuando ahora, desde lo alto del otero que marca el término de este ciclo anual, miramos hacia atrás, dichos hitos son los que nos permiten, en ésta a modo de visión panorámica, darnos cuenta de si hemos caminado rectamente por la senda adecuada o nos hemos desviado de ella, metiéndonos por desvíos que a ningún sitio conducían, o perdiéndonos por revueltas o recovecos innecesarios, con el consiguiente desperdicio de tiempo y retraso en nuestra marcha.

Examinemos primero, por tanto, los hechos más destacados acaecidos en el último año. Antes de empezar debemos advertir que el orden de su enumeración no significa, en absoluto, una jerarquización de valores, que demos más importancia a unos que a otros. Consideramos que todos ellos han sido, cada uno en su aspecto, análogamente trascendentales en la vida de nuestra Asociación, por lo que merecen un especial comentario. Como consecuencia, en la ordenación de estos comentarios no se ha seguido otro criterio que el estrictamente cronológico.

Con arreglo a lo previsto, y según ya anunciábamos en el resumen de las actividades desarrolladas durante 1971 (véase el núm. 102 de HORMIGON Y ACERO), correspondía celebrar, en el año que ahora acaba, la VII Asamblea Técnica Nacional de la Asociación.

Repetidamente, la mayoría de los Miembros de la ATEP han expresado su opinión de que estas Asambleas, que regularmente se vienen organizando cada tres años, constituyen una de las actividades fundamentales de la Asociación, toda vez que con ellas se cubren varios de los más importantes objetivos que en nuestros Estatutos se señalan. En primer lugar, suponen una magnífica ocasión para establecer o reanudar contactos personales, siempre interesantes, ya que en las mismas suele participar un elevado porcentaje de los Miembros de la Asociación. Por otra parte, para su estudio en estas Asambleas se procura seleccionar aquellos temas que, por su actualidad o influencia en el desarrollo de la técnica del pretensado, pueden ofrecer mayor interés. En todas ellas, además, se dedican varias sesiones de trabajo a pasar revista a las diversas estructuras pretensadas construidas en España desde la reunión anterior, lo que permite a todos los participantes formarse una idea exacta de los avances que se van logrando, de las nuevas técnicas que se van introduciendo, de las nuevas tendencias adoptadas en cuanto a métodos constructivos; en definitiva, de la real situación del pretensado, en ese momento, en nuestro país. Finalmente, con independencia de las sesiones de trabajo, siempre se programan visitas técnicas y diversos actos sociales que constituyen un aliciente más de estas reuniones, especialmente porque a los mismos asisten también las señoritas de los Asambleístas, las cuales, con su habitual donaire y simpatía hacen que todo resulte más grato.

Esta VII Asamblea se celebró durante los días 14 al 18 de noviembre, en los locales de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, amablemente cedidos a tal efecto por la Dirección de dicha Escuela.

A lo largo del año se trabajó intensamente en la organización de todo lo necesario para procurar el mayor éxito en las reuniones, buscando las colaboraciones precisas para poder desarrollar el programa previsto. Constituye realmente para nosotros una sincera satisfacción, reconocer públicamente el entusiasmo y entrega con que todos a quienes nos hemos dirigido han aceptado prestarnos su incondicional apoyo sin el cual, eviden-



Pasarela en la plaza de Las Glorias (Barcelona).

temente, nunca hubiésemos podido salir adelante en nuestro empeño. Como quiera que en este breve comentario nos resulta imposible enumerarlos a todos, permitidnos que, por el momento, sólo hagamos una mención especial del Comité organizador local, integrado por la Dirección y varios de los miembros del claustro de la citada Escuela de Arquitectura. Ellos han sido quienes con un excepcional espíritu de colaboración y robando horas a su habitual trabajo y a su descanso, han sabido allanar nuestro camino y solventar cuantas dificultades se iban presentando, hasta conseguir ese éxito final que todos buscábamos y que a todos tanto nos satisface.

Como ya es habitual, se dedicará un número extraordinario de nuestra Revista a la Asamblea. En él se describirá con detalle todo lo relativo a la misma y se incluirán los textos íntegros, tanto de los informes preparados por los ponentes generales de las diferentes sesiones de trabajo como de las treinta y dos comunicaciones particulares presentadas y leídas por sus autores en el curso de dichas sesiones.

Era nuestra intención que este primer número del año 73 fuese el dedicado a la Asamblea. Pero en intento se quedó la idea a causa de que todavía no nos han sido entregados varios de los originales de los trabajos que deben incluirse. Y como no queremos retrasar la salida de la Revista, se ha decidido publicar ahora un número normal y dejar para el segundo trimestre el extraordinario.

Por consiguiente, por el momento nos limitaremos a hacer una muy breve y superficial reseña de lo que fue esta VII Asamblea Técnica Nacional de la ATEP.

Los temas seleccionados para las distintas sesiones de trabajo fueron: "Control del tesado mediante armaduras postesas", "Ejecución y control de la inyección", "Forjados pretensados" y "Realizaciones".

Aunque normalmente estas asambleas tienen un carácter exclusivamente nacional, por excepción, en la de este año participaron también algunos especialistas extranjeros miem-

bros de la "Comisión de Prefabricación" de la Federación Internacional del Pretensado (FIP), que por invitación del grupo español celebró su correspondiente reunión anual el día 13 de noviembre en la ya citada Escuela de Arquitectura de Sevilla. Entre los delegados extranjeros que participaron en la Asamblea debe destacarse a los señores Janssonius, Presidente de la FIP; Bernander, Presidente de la mencionada Comisión de Prefabricación, y Crozicr, Secretario técnico de la FIP. De éstos, el Sr. Janssonius dirigió unas palabras en español, a los asambleístas, en la sesión de apertura, y el Sr. Bernander presentó una interesante comunicación al tema III, "Forjados pretensados", en la que expuso las principales características de algunos de los sistemas utilizados en su país, Suecia.

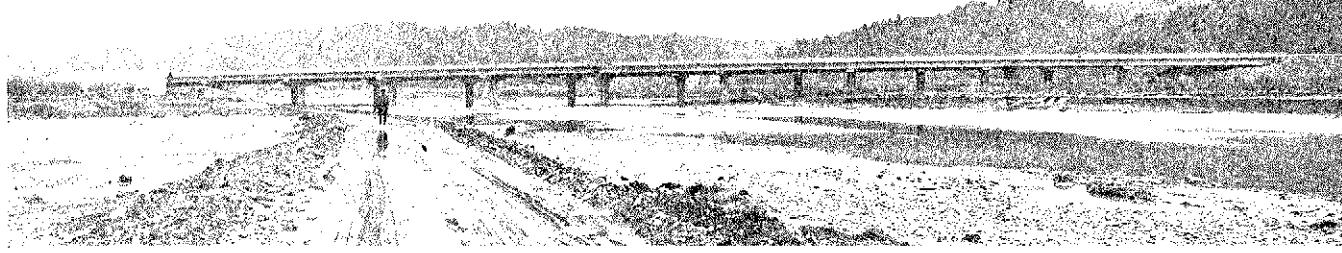
En la sesión de apertura, además del Sr. Janssonius, hicieron uso de la palabra D. Aurelio Gómez de Terreros, Presidente del Comité organizador de la Asamblea y Catedrático y ex Director de la Escuela de Arquitectura de Sevilla, y el Excmo. y magnífico Rector de la Universidad de dicha capital, D. Manuel F. Clavero Arévalo. A continuación pronunció una interesante conferencia sobre la cúpula del "Palau Blau-Grana" el autor del proyecto, Dr. Ing. Sr. del Pozo, y se procedió a la inauguración de la exposición de maquinaria y materiales utilizados en la técnica del pretensado, montada en el vestíbulo de acceso al salón de sesiones.

En el acto de clausura intervinieron los Sres. Cassinello, Presidente de la ATEP, y López Palanco, Vicerrector de la Universidad de Sevilla y Catedrático de la Escuela de Arquitectura, que ostentaba la representación del Rector y del Director de la citada Escuela.

Con el fin de distraer el menor tiempo posible a los participantes de sus habituales ocupaciones, las seis sesiones de trabajo se concentraron en dos días consecutivos, miércoles 15 y jueves 16, y al final de cada una de estas jornadas se proyectaron varias películas documentales (siete en total), relacionadas con la técnica del pretensado.

Dentro del programa de visitas y actos sociales, se celebraron los siguientes:

- Visita al Alcázar de Sevilla, en cuyos jardines las autoridades locales dieron la bienvenida a los asambleístas y sus acompañantes. Al final se sirvió una copa de vino español.
- Recepción ofrecida por D. Joaquín González Barba, Director de la Empresa "Hierros Forjados y Cementos, S. L.", en su magnífica residencia "Santa Ana". En el curso de la misma, los asistentes fueron gentilmente atendidos y obsequiados con una espléndida cena fría.
- Visita a las bodegas Garvey y González Byass, en Jerez de la Frontera, en las cuales los participantes, además de poder apreciar las estructuras en hormigón pretensado construidas en ellas según proyectos de los Sres. Fisac y Torroja, respectivamente, fueron obsequiados con sendas copas de vino español.
- Comida campestre y capea en una finca situada en el término de Las Pajanosas. En dicha capea, en la que cinco pobres y jóvenes vaquillas fueron sometidas al incesante acoso de numerosos y "arrojados" espontáneos, varios de los asambleístas y hasta algunas de las damas acompañantes, hicieron gala de su valor, de sus conocimientos en el arte de la tauromaquia y de su resistencia a los revolcones, entre calurosos aplausos de la asombrada y regocijada concurrencia.
- Visita a la planta de prefabricación de "Dragados y Construcciones, S. A.", en Huelva, y a algunas de las obras realizadas por dicha Empresa en el puerto de



Autopista Barcelona-Tarragona. Viaducto sobre el río Llobregat.

dicha ciudad. A continuación se visitó el Monasterio de la Rábida, y finalmente todos los participantes en estas visitas fueron obsequiados con un magnífico almuerzo ofrecido por la mencionada Empresa.

Para terminar esta breve reseña añadiremos que el número de participantes en la Asamblea ascendió a 240, de los cuales 80 se inscribieron acompañados por sus esposas.

De las impresiones que hemos podido recoger a lo largo de estas jornadas, parece deducirse que, en términos generales, el resultado de la Asamblea puede calificarse como francamente satisfactorio, tanto desde el punto de vista técnico como del humano. Todos los actos se desarrollaron dentro de un ambiente de gran animación y cordialidad; los agasajos recibidos superan a cuento cabía esperar y hasta la hermosa ciudad de Sevilla, con su especial encanto, nos reservó unos días de un tiempo primaveral, sin duda para contribuir a que cuantos hemos participado en estas reuniones podamos conservar siempre el más grato recuerdo de las agradables horas allí vividas.

Para que no se nos pueda nunca tachar de triunfalistas, antes de cerrar este comentario queremos también señalar alguna nota negativa. Quizá, como algunos nos han comentado, las sesiones de trabajo han sido demasiado intensas y el número de intervenciones excesivo dado el poco tiempo disponible.

En nuestro descargo debemos decir lo siguiente: El haber concentrado las sesiones en sólo dos jornadas se debió a las razones que ya antes hemos señalado. A petición de numerosos participantes se programaron los trabajos de forma que tuviesen que abandonar sus ocupaciones habituales el menor tiempo posible.

En cuanto al número de intervenciones hemos de aclarar que el programa estaba ajustado para que, concediendo a cada conferenciante el tiempo que él mismo había señalado, todavía sobraban los minutos necesarios para la celebración de coloquios en los cuales los participantes pudieran solicitar, de los autores de los trabajos presentados, las oportunas aclaraciones. Después, en la práctica, las cosas sucedieron de forma distinta. Esto es cierto. En la mayoría de las sesiones, no sólo no hubo lugar para el coloquio, sino que, en varias ocasiones, el Presidente de Mesa se vio en la obligación de tener que solicitar del conferenciante que cortase su exposición, por falta de tiempo. ¿A qué se debió esto? La razón es muy sencilla y hasta lógica, si queréis. Es muy humano, y a todos nos ha pasado, que nos equivoquemos al calcular lo que va a durar nuestra intervención. *A priori* siempre parece que nos va a sobrar tiempo, pero luego en realidad nos falta. La proyección de diapositivas es más lenta de lo previsto. A última hora, y sobre la marcha, nos surge una nueva idea, se nos ocurre alguna aclaración; y los quince o veinte minutos previstos no nos bastan y necesitamos cinco o diez más. Y esto fue exactamente lo que sucedió en la Asamblea. Nuestro error, por tanto, estuvo precisamente en no haber tenido en cuenta, al preparar el programa, que estos retrasos son inevitables por muy buena intención que pongan todos en ajustarse al horario fijado. Reconocemos nuestra equi-

vocación y procuraremos que en el futuro no se repita. Y lo lamentamos sobre todo por los coloquios, que siempre son interesantes. El que algún conferenciente haya tenido que recortar su intervención, creemos que tiene menos importancia, ya que, como se ha dicho, los textos completos de todas ellas serán publicados en nuestra Revista, quedando así subsanado este inconveniente.

Otra de las labores iniciadas durante 1972, y que consideramos digna de mención especial por su interés y evidente influencia en el desarrollo de la técnica del pretensado en España, es la redacción de una serie de "Recomendaciones" o "Normas de buena práctica" relativas a diversos aspectos concretos del proceso de ejecución de las estructuras pretensadas. Con estos trabajos, iniciados a petición de numerosos miembros de la Asociación y en los que colaboran varios de ellos, se pretende conseguir la publicación de unos manuales en los que se estudien los diferentes problemas que se presentan durante la realización de una obra de hormigón pretensado y se indique la forma adecuada de resolverlos. Se estima que estos manuales pueden ser de gran utilidad para la mejora de la calidad de ejecución del pretensado, ya que en ellos se indicarán, con la mayor claridad y concisión posibles, las medidas que deben adoptarse en la práctica constructiva para lograr un resultado satisfactorio.

La oportunidad de estas publicaciones, por otra parte, parece indiscutible. El número de obras pretensadas que se construyen en España es cada día mayor y, como consecuencia, es frecuente la adjudicación de contratos a empresas que hasta ahora venían desarrollando sus actividades en otros campos. Además, toda obra exige una serie de precauciones, variables muchas veces según las circunstancias, que conviene aparecer reunidas en un manual, de fácil consulta, aunque sólo sea para que sirva de recordatorio o a modo de guía de lo que debe hacerse y cómo debe hacerse.

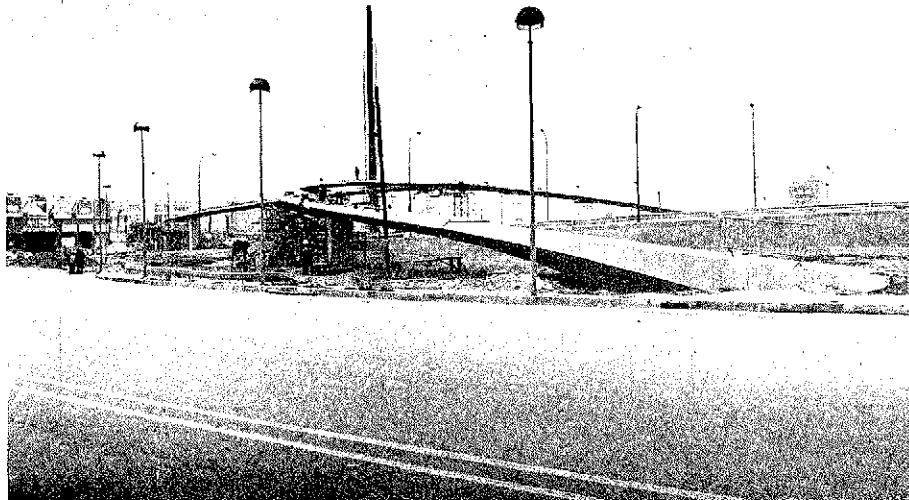
Estos manuales, tan frecuentes en los países extranjeros y, sobre todo, en Estados Unidos, no existen en España. Es cierto que algunas de las firmas suministradoras de los sistemas de pretensado tienen editadas publicaciones de este tipo, labor que consideramos digna del mayor elogio. Pero lo normal es que en ellas sólo se traten algunos aspectos parciales del proceso de ejecución y, como es lógico, con soluciones especialmente adaptadas a las características particulares de su sistema.

Si la Asociación, con todos los asesoramientos necesarios y la colaboración de diversos especialistas en cada tema, es capaz de editar una colección completa de manuales de este tipo en los que se estudien todas las fases sucesivas del proceso de ejecución, con la mayor objetividad y generalidad posible, creemos que habrá realizado una labor realmente eficaz y que será muy apreciada por su trascendencia para el futuro de nuestra técnica.

Con esta idea en la mente, durante el año que ahora concluye se ha trabajado en la redacción de dos de estos manuales.

El primero, cuya versión definitiva ya ha sido discutida y aprobada por una amplia Comisión de técnicos, se refiere a la realización y control del tesado mediante armaduras postesas. En sus líneas generales ha sido expuesto en la primera sesión de trabajo de nuestra ya comentada VII Asamblea Técnica Nacional. En estos momentos se trabaja en la ordenación de sus apartados y en la revisión de su léxico y sintaxis, por lo que se prevé que en los primeros meses del 73 se podrá proceder a su publicación.

El segundo estudia la ejecución y control de la inyección. Su redacción, en primera versión, está ya también concluida y fue comentada ampliamente por el ponente gene-



Pasarela en la plaza de Las Glorias (Barcelona).

ral, Sr. Cuvillo, de la segunda sesión de trabajo de la Asamblea. Antes de proceder a su publicación, que está prevista para fecha próxima, se someterá, como en todos los casos, a discusión en la correspondiente Comisión de expertos.

La Junta de Gobierno de la ATEP está decidida a proseguir esta labor, en la medida de sus posibilidades, y contando desde luego con que no ha de faltarle la necesaria colaboración por parte de los miembros de la Asociación especializados en cada uno de los temas que vayan a ser objeto de estudio para la redacción del respectivo manual, hasta completar la serie necesaria para cubrir todos los problemas específicos de la técnica del pretensado.

Finalmente, antes de iniciar la reseña habitual de las actividades normales de la Asociación durante el pasado año, vamos a comentar brevemente otro tema, también de gran importancia, aunque de carácter totalmente distinto. Se trata de la cuestión económica.

Como sabéis, el importe de las cuotas no ha sufrido alteración desde el año 1967, a pesar del aumento importante de todos los gastos en general, y muy especialmente de los originados por la publicación de nuestra Revista HORMIGÓN Y ACERO. Quisiéramos seguir manteniendo esta postura el mayor tiempo posible, por lo antipática que toda subida nos resulta. Hasta ahora lo venimos consiguiendo, en primer lugar, gracias a la generosa ayuda que, como en numerosas ocasiones hemos explicado, nos viene prestando el Instituto Eduardo Torroja. Por otra parte, también ha contribuido a solucionarnos el problema el hecho de que, afortunadamente, en estos últimos años y especialmente en el que ahora termina, el número de miembros inscritos en la Asociación va en constante aumento y, sobre todo, el que un grupo importante de ellos haya decidido incluirse en la categoría especial de miembro protector, lo que representa una sensible aportación económica, con la que se han incrementado de un modo sustancial nuestros tradicionalmente escasos recursos. Todos estos factores nos han permitido mantener invariable el importe de las cuotas.

Pero un nuevo hecho ha surgido ahora que ha venido a complicarnos aún más la situación. En la última reunión de la Asamblea general de la Federación Internacional del Pretensado, celebrada en Tbilisi (Rusia) en septiembre último, a propuesta de su Comité ejecutivo y de acuerdo con el Consejo de Administración se aprobó una nueva clasificación de los grupos nacionales afiliados a la FIP (agrupándolos en tres categorías, en función de la actividad constructiva del país correspondiente), y un importante aumento de las cuotas anuales que se venían pagando.

En virtud de estos acuerdos España ha quedado encuadrada, junto con otras siete naciones solamente, en la primera categoría correspondiente a los países de alta actividad constructiva y, a partir de 1973 deberá abonar 84.300 pesetas anuales, en lugar de las 28.500 pesetas que hasta ahora venía pagando.

Como podéis ver, la subida es considerable. Y si bien, por un lado, siempre resulta satisfactorio comprobar que España se va situando internacionalmente entre los países más avanzados por el volumen e importancia de sus actividades técnicas e industriales, por otro resulta evidente que, en este caso concreto, ello representa para la ATEP una nueva y fuerte inversión que viene a agravar su ya tan precaria situación económica.

¿Qué solución podemos dar a este problema? Hemos de partir de la base de que en ningún caso procede reducir las actividades de la Asociación, sino que, por el contrario, debemos procurar ir siempre aumentándolas, como venimos haciendo. Tampoco cabe pensar en rebajar la calidad de presentación o el volumen de nuestra Revista. Tratar de conseguir una reducción de gastos por cualquiera de estos procedimientos resulta inadmisible. En esto estamos todos de acuerdo.

Por consiguiente, no quedan más que dos caminos. O aumentar las cuotas, cosa que como ya hemos dicho nos repugna, o lograr nuevas colaboraciones económicas mediante aportaciones voluntarias o nuevas inscripciones, especialmente en la categoría de miembros protectores. Parece que lo más asequible es conseguir que unas cuantas empresas se sientan generosas y, siguiendo el ejemplo de cuantas ya lo han hecho hasta la fecha, se inscriban como miembros protectores. En realidad no parece excesivo el sacrificio que se les pide. Para cualquier empresa, cinco mil pesetas anuales representa un tanto por ciento despreciable de la cifra global de sus inversiones normales.

Esperamos, pues, confiados que todo podrá resolverse satisfactoriamente sin tener que recurrir a otras medidas. Para ello contamos con la colaboración de todos; unos acogiéndose a dicha categoría especial y otros promocionando, entre sus compañeros y amigos, nuevas inscripciones a la Asociación.

Iniciamos el año 1973 con más de 900 miembros, de ellos 22 protectores. Si entre todos conseguimos llegar a los 1.000 y que los protectores aumenten hasta 30 ó 40, tendremos resuelto el problema, por el momento. ¡Animo y a ver si lo logramos! Si, como dice el diccionario, esperanza es el estado de ánimo en el cual se nos presenta como posible lo que deseamos, podemos aseguraros que, contando con vuestra cooperación, nuestra esperanza de obtener un resultado satisfactorio no puede ser más firme. No nos defraudeis.

Y pasemos ya a reseñar esquemáticamente las actividades normales de la Asociación durante el año 1972.

## 1. REUNIONES PUBLICAS ORGANIZADAS POR LA ASOCIACION

7 de marzo.

El Dr. Ingeniero de Caminos D. José Antonio López Jamar pronunció, en el salón de actos del Instituto Eduardo Torroja, una interesante conferencia, ilustrada con la proyección de diapositivas y planos sobre "Realizaciones en la autopista Sevilla-Cádiz". En ella comentó los principales detalles relacionados con la construcción de dicha autopista,



Sr. López Jamar



Sr. Páez

deteniéndose especialmente en el estudio de los diversos puentes y pasos superiores, a base de elementos prefabricados y pretensados, que forman parte de la misma.

El texto de esta conferencia se publicó en el número 104 de nuestra Revista HORMIGÓN Y ACERO.

### 13 de marzo.

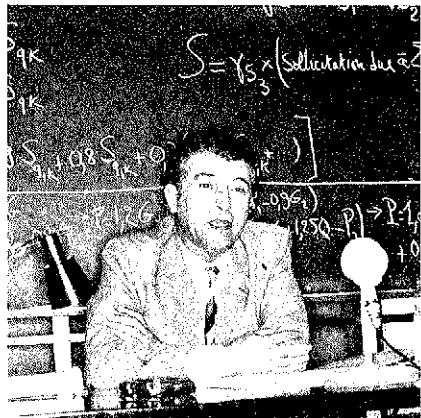
En un acto celebrado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona, el Sr. Páez repitió la conferencia sobre "Vibraciones en puentes pretensados", que anteriormente había pronunciado en Costillares. El acto, organizado conjuntamente por la Dirección de la citada Escuela y la ATEP, resultó de gran interés para los que a él asistieron.

### 23 de marzo.

El Ingeniero francés Sr. Grattesat pronunció, en francés, en el salón de actos del Instituto Eduardo Torroja, una conferencia sobre el tema "La introducción de los modernos principios de seguridad en las normas técnicas y el proyecto de nueva Instrucción francesa para hormigón pretensado". Dado lo especializado del tema, la asistencia no fue muy numerosa, pero la exposición del Sr. Grattesat fue realmente interesante para cuantos participaron en la reunión, quienes felicitaron efusivamente al conferenciante al finalizar su intervención.

El texto íntegro, en español, de la misma, se publicó en el número 104 de HORMIGÓN Y ACERO.

Conviene también destacar que el mismo día, por la mañana, el Sr. Grattesat celebró en el Instituto un coloquio, con varios de los miembros del grupo de trabajo que está re-



Sr. Grattesat



Sr. del Pozo

dactando la Norma española para hormigón pretensado, durante el cual se cambiaron impresiones sobre los criterios mantenidos por las Comisiones análogas francesa y española, pudiéndose comprobar que, en líneas generales, la orientación que siguen ambas en sus trabajos es muy semejante, aunque con algunas diferencias respecto a puntos concretos, especialmente por lo que respecta a las bases de cálculo. En definitiva, puede afirmarse que este cambio de impresiones ha resultado muy provechoso.

#### 16 de junio.

Como clausura del ciclo de conferencias correspondiente al curso 1971-72, el 16 de junio pronunció el Sr. del Pozo, en el salón de actos del Instituto, una muy interesante conferencia sobre "La cúpula del Palau Blau-Grana", de Barcelona. Lo espectacular de la estructura descrita y la amenidad con que fue expuesto el tema, contribuyeron al éxito de esta última reunión. Al final, se entabló un animado coloquio y el conferenciante fue calurosamente felicitado por los numerosos asistentes al acto.

#### 14-18 de noviembre.

Como ya se ha comentado anteriormente, durante los días 14 al 18 de noviembre se celebró en Sevilla la VII Asamblea Técnica Nacional de la Asociación.

Con este motivo, durante el último trimestre del año que ahora concluye no se ha organizado ninguna otra reunión pública. Se tiene previsto reanudar esta actividad en los primeros meses de 1973. Para ello, como siempre, confiamos en vuestra colaboración. Todo aquel que tenga algo interesante que contar, y sabemos que sois muchos los que os encontráis en estas condiciones, no tiene más que comunicarlo a la Secretaría de la Asociación, para que ésta se encargue de programar su intervención dentro del ciclo de reuniones correspondiente al curso actual.

## 2. PUBLICACIONES

Afortunadamente, durante el año que estamos comentando, nuestra Revista HORMIGÓN Y ACERO ha seguido publicándose con toda normalidad. Continuando por el buen camino ya iniciado, el número de artículos originales, todos ellos francamente interesan-

tes, sigue aumentando. Agradecemos muy sinceramente a todos los autores su valiosa colaboración y confiamos en que no habrá de faltarnos vuestra ayuda para poder seguir manteniéndonos en esta línea. También seguimos incluyendo traducciones de algunos artículos aparecidos en revistas extranjeras, que por su especial interés para amplios grupos de nuestros asociados, y previa selección por el correspondiente Comité de redacción, se considera deben ser divulgados publicándolos en HORMIGÓN Y ACERO.

De acuerdo con la costumbre establecida, incluimos a continuación los índices de los cuatro números distribuidos durante el año.

#### Número 102. Primer trimestre de 1972.

- “Resumen de actividades de la ATEP durante el año 1971”, por R. Piñeiro.
- “Vibraciones en puentes”, por A. Páez.
- “Ensayos a torsión y a esfuerzo cortante de vigas cajón pretensadas”, por F. Leonhardt y R. Walther.
- “Dimensionamiento y optimización de forjados prefabricados”, por J. Vasconcelos.
- “Nuevo hangar Alitalia, para el Boeing 747, en el acropuerto Fiumicino, en Roma”, por R. Morandi.
- “¿Por qué debe colaborar un Arquitecto en la construcción de un puente?”, por R. Pierry.
- “Nuevo tipo de puente prefabricado”, por M. Aguiló, J. A. Fernández Ordóñez y J. Martínez Calzón.
- Notas de la FIP, números 34, 35 y 36.

#### Número 103. Segundo trimestre de 1972.

- “Momento de agotamiento de vigas de hormigón pretensado con armaduras sin adherir”, por F. N. Panell.
- “Notaciones unificadas CEB-FIP-ACI aprobadas en Copenhague, mayo 1971”.
- “Expresión plástica de las estructuras *vonferppianas*”, por F. Pérez Peris.
- “Viaducto de Chonta. Proceso constructivo de pilas”, por G. Aparicio.
- “Puente sobre el río Drende, en Ninove (Bélgica)”, por A. Dobruszkes.
- “Los depósitos de hormigón pretensado”, por L. Plinskin.
- “Reparación de diversas estructuras mediante el pretensado”, por D. Jevtic.
- Notas de la FIP, números 37 y 38.
- Nota de la ATEP. Intercambio de publicaciones. Referencias bibliográficas de los artículos de mayor interés incluidos en las revistas recibidas en la Asociación a través del programa de intercambio de publicaciones organizado por la FIP.

#### Número 104. Tercer trimestre de 1972.

- “Trenes de carga en puentes de carretera”, por R. Cuvillo.
- “La introducción de los nuevos principios de seguridad en la reglamentación técnica y el proyecto de la nueva Instrucción de hormigón pretensado francesa”, por G. Grattesat.

- “Algunas características del proyecto de nuevas normas soviéticas para el estudio y cálculo de estructuras de hormigón (en masa, armado o pretensado)”, por A. A. Grozdev.
- “Coeficiente de seguridad a la rotura en los postes para líneas eléctricas” por J. A. Fernández Ordóñez.
- “Distancia entre fisuras y anchura de fisuras debidas a fuerza normal o a momento flector”, por A. Holmberg y S. Lindgren.
- “Realizaciones en la autopista Sevilla-Cádiz”, por J. A. López Jamar.
- “Curado a elevada temperatura del hormigón pretensado”, por P. W. Keene.
- Nota de la ATEP. Intercambio de publicaciones. Referencias bibliográficas de los artículos de mayor interés incluidos en las revistas recibidas en la Asociación a través del programa de intercambio de publicaciones organizado por la FIP.

#### Número 105. Cuarto trimestre de 1972.

- “La sección transversal en los puentes de hormigón pretensado”, por J. Manterola.
- “Riesgo de fisuración del hormigón pretensado curado por calor”, por P. W. Keene.
- Notas de la FIP, números 39 y 40.

Por otra parte, no se ha abandonado la recopilación de los datos necesarios para poder preparar el segundo volumen del libro “Hormigón pretensado. Realizaciones españolas”, en el que habrá de incluirse la descripción de las distintas obras pretensadas construidas en España durante el cuatrienio 1969-1972.

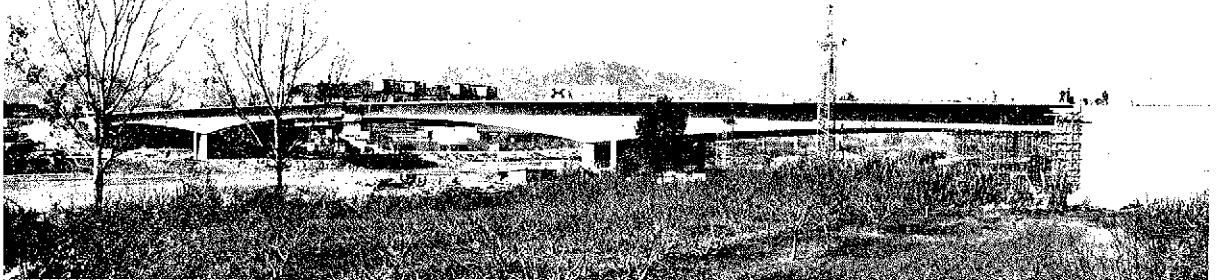
Como ya se ha indicado en numerosas ocasiones, estas publicaciones se editan para su distribución en los Congresos internacionales que cada cuatro años organiza la FIP. El primer tomo se presentó en el Congreso de 1970 celebrado en Praga, y este segundo va destinado al próximo Congreso de 1974, en Nueva York.

Con todos los datos disponibles se va a iniciar la redacción y el montaje del nuevo tomo. A tal objeto, en fecha próxima se convocará una reunión de todos los interesados, en la cual se establecerán las directrices para la realización de este trabajo. Esperamos vuestra colaboración.

Anteriormente hemos comentado ya también la labor efectuada con vistas a la publicación de una serie de manuales de la ATEP, relativos a las diferentes operaciones que constituyen el proceso de ejecución de las obras pretensadas. Estimamos que, por consiguiente, resulta innecesario volver a insistir en el tema.

### 3. DISTRIBUCION DE LIBROS

Se indican en este apartado los libros que durante el año han sido distribuidos entre nuestros Asociados, correspondientes a ofertas recibidas a través de la FIP, a precios especiales. Esta labor iniciada hace pocos años por la ATEP ha tenido una aceptación francamente extraordinaria, como se deduce del número cada día en aumento de peticiones recibidas.



Puente del Generalísimo. Molins de Rey.

En el año 1972 se han entregado:

- 109 ejemplares del libro en inglés "The theory and practice of bearings and expansion joints for bridges", cuyo autor es el Ingeniero D. J. Lee.
- 61 ejemplares de los "Proceedings of the VI Congress FIP".
- 97 ejemplares de las "Recomendaciones internacionales para el cálculo y construcción de estructuras de hormigón", del Comité Mixto FIP-CEB, aprobadas en junio de 1970 en el Congreso de Praga. De esta publicación se habían repartido ya 183 ejemplares durante el año anterior, pero atendiendo el ruego de numerosos Miembros de la Asociación, se volvió a hacer una nueva distribución.
- 173 ejemplares del libro de F. Walley y S. C. C. Bate titulado "A Guide to the British Standard Code of Practice for Prestressed Concrete CP115".

#### 4. OTRAS ACTIVIDADES

Se han iniciado los estudios necesarios para la preparación de un programa de ensayos con el fin de determinar las longitudes de anclaje de los diferentes tipos de aceros, de fabricación nacional, utilizadas en la construcción de elementos de hormigón pretensado con armaduras pretensas ancladas por adherencia. Se tiene previsto comenzar estos trabajos experimentales durante los primeros meses de 1973.

Se continuó la colaboración con los grupos de trabajo encargados de redactar las Normas nacionales para hormigón pretensado, cuya primera versión se espera quede concluida el próximo año, y las Normas UNE correspondientes a los distintos tipos de armaduras utilizadas para el pretensado. De éstas se ha terminado la de alambres y se está discutiendo la de torzales.

También está representada la ATEP en la Comisión encargada de la gestión y puesta en marcha del Sello de Conformidad CIETAN para viguetas pretensadas, con el que se intenta implantar un sistema de control que garantice la calidad de estos elementos resistentes prefabricados industrialmente. Esta labor, que estimamos presenta un extraordinario interés en el campo de la edificación, va muy avanzada y se confía en que, próximamente, empezarán a ofrecerse en el mercado nacional los primeros productos con el Sello de Conformidad CIETAN.

Finalmente, y en el plano internacional y en el de nuestras relaciones con la Federación Internacional del Pretensado, cada día más intensas, durante el año que acaba la ATEP ha estado representada en las siguientes reuniones:

- Jornadas de la FIP, en Amsterdam (Holanda) durante los días 6 y 7 de abril. Asistió un elevado número de Miembros de la ATEP, siendo la española la delegación extranjera más numerosa, por lo que recibió una felicitación especial.
- Reunión del Comité Ejecutivo de la FIP, celebrada con ocasión de las Jornadas antes citadas.
- Reunión de la Comisión de la FIP sobre “Práctica constructiva”, celebrada en París a continuación de las Jornadas de Amsterdam, y de la que forman parte dos representantes españoles.
- Segundos Simposios de la FIP, en Tbilisi (Rusia), y reuniones del Comité Ejecutivo, Consejo Administrativo y Asamblea General de la FIP. Los temas de estos segundos Simposios internacionales fueron “Estructuras marítimas pretensadas” y “Comportamiento de las estructuras pretensadas sometidas a acciones sísmicas”. También se reunió la Comisión de la FIP sobre “Acciones sísmicas”, en la que participó un representante español que forma parte de dicha Comisión.

La ATEP estuvo representada en los Simposios por ocho de sus Miembros, y las Sesiones se celebraron durante los días 25 al 30 de septiembre. Participaron en total 496 delegados de 35 países diferentes.

Entre los acuerdos adoptados en la reunión de la Asamblea General destacan por su interés los relativos a la modificación de cuotas y clasificación de los diversos Grupos nacionales, que ya hemos comentado. También se aprobó añadir a la actual denominación de la FIP la siguiente nota aclaratoria que define resumidamente su carácter y actividades fundamentales: “International Organisation for the Development of Prestressing, Concrete, and related Materials and Techniques”:

- Invitada por el Grupo español, se reunió en Sevilla el 13 de noviembre, víspera de la inauguración de nuestra VII Asamblea, la Comisión de Prefabricación de la FIP. A esta reunión asistieron los dos miembros españoles que forman parte de dicha Comisión. Como ya se ha dicho, varios de los componentes de la misma prolongaron su estancia en Sevilla para participar en la Asamblea.

Antes de cerrar este apartado debemos aclarar que las Jornadas de la FIP de Amsterdam son las primeras reuniones de esta clase que se celebran. Se tiene previsto organizarlas anualmente, cada vez en un país distinto, con el objeto de mantener los contactos internacionales entre los diversos Grupos afiliados a la FIP, en aquellos años en los cuales no vayan a celebrarse Congresos. Se trata de unas reuniones de dos o tres días de duración, como máximo, durante las cuales se pronuncian varias conferencias sobre temas de actualidad, por destacados especialistas, y se visitan algunas realizaciones pretensadas interesantes, de reciente terminación o en avanzada fase de construcción.

\* \* \*

Termina aquí nuestro comentario a las actividades desarrolladas por la ATEP durante los últimos doce meses. ¿Qué nos reserva 1973? Como siempre hemos dicho, la Asociación no será nunca más que lo que todos sus Miembros, que son los que la forman, quieran que sea. Sólo podrá hacer aquello que todos queramos que haga. Su labor forzosamente no puede ser otra que la que entre todos realicemos. Su Organismo directivo, la Junta de Gobierno, podrá proponer directrices, líneas de actuación; pero, en definitiva, tendrá que limitarse a encauzar y programar las actividades para las cuales cuente con

las imprescindibles colaboraciones que permitan llevarlas a buen término. A todos los Asociados les corresponde hacer llegar a la Junta sus sugerencias y nuevas ideas; plantear temas de interés que estimen deben ser objeto de estudio, indicando la forma en que pueden ser abordados y proponiendo y facilitando las fórmulas y medios adecuados para su resolución.

A lo largo de este resumen han quedado citados una serie de trabajos, en los cuales se están ocupando actualmente, o se ocuparán en un futuro inmediato, diversos Grupos y Comisiones al efecto organizados en el seno de la Asociación. Todos ellos aparecen bien orientados, y sin pecar de optimismo puede confiarse en que serán concluidos con éxito.

Es de esperar que, a lo largo del año que ahora se inicia, nuevos proyectos irán surgiendo, susceptibles de ser abordados con fundadas esperanzas de ser resueltos satisfactoriamente.

De acuerdo con nuestros Estatutos, durante el próximo abril corresponde celebrar elecciones para la renovación de la mitad del número de Vocales que integran la Junta de Gobierno. Pronto recibiréis noticias sobre el particular.

Por otra parte, queremos recordaros que en 1974 celebrará la Asociación sus bodas de plata. Estos veinticinco años de ininterrumpida actuación, en constante progreso, quisieramos festejarlos de un modo digno, con algo especial de lo que pudiésemos guardar imborrable y agradable memoria.

Quizá os parezca un poco pronto para empezar a pensar en ello. Pero no debéis olvidar que cualquier cosa que se organice necesita su preparación y que esta preparación requiere mucha atención y muchos meses si se aspira, como es lógico, a que todo resulte, si no perfecto, puesto que en lo humano no cabe perfección, sí al menos lo mejor posible. Por ello, ya desde ahora quedamos a la espera de vuestras propuestas y sugerencias. A ver si conseguimos algo bueno de verdad.

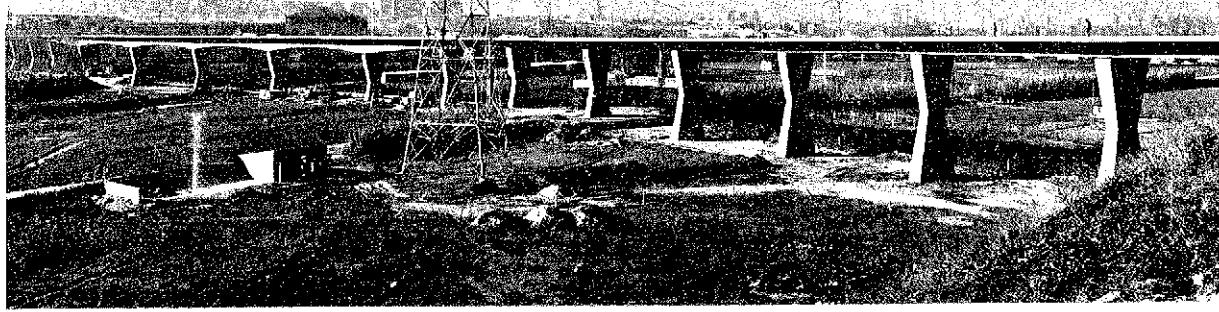
Coinciendo con nuestras bodas de plata se celebrará el VII Congreso Internacional de la FIP, en Nueva York. Nos han anunciado que, de un momento a otro, nos enviarán los primeros folletos con los programas de las reuniones, en las cuales se han introducido numerosas innovaciones en relación con las celebradas en Congresos anteriores. Según las noticias recibidas, el programa incluye conferencias por personalidades de categoría mundial especializadas en la técnica del pretensado; discusión de los trabajos realizados por las diferentes Comisiones de la FIP; informes sobre las más destacadas obras pretensadas últimamente construidas en los distintos países; comunicaciones técnicas previamente seleccionadas; una magna exposición de equipos y materiales utilizados en el pretensado y varias visitas técnicas.

Bajo el título general de "Perspectivas para el futuro" se estudiarán el previsible desarrollo de los hormigones de muy alta resistencia; los viaductos urbanos y los problemas que plantean; la creciente contaminación atmosférica, el control de la calidad de las estructuras y la necesidad de facilitar el cada día más intenso y rápido tránsito de vehículos.

Las comunicaciones técnicas se presentarán individualmente, por escrito, y se agruparán en cuatro apartados: "Construcción"; "Nuevos materiales y nuevas técnicas"; "Cálculo, uniones y recomendaciones prácticas", y "Trabajos de investigación".

Se celebrarán reuniones especiales dedicadas al estudio de los siguientes temas:

- Cimentaciones y anclajes al terreno.
- Construcción industrializada de edificios.



Viaducto del ferrocarril, en Villaverde.

- Promoción del hormigón pretensado.
- Reactores nucleares.
- Resistencia al fuego.
- Construcción de puentes (por dovelas; por voladizos sucesivos; nuevos métodos de ejecución).
- Prefabricación en serie de elementos de hormigón pretensado.

Además de las Sesiones técnicas, se tienen programados diversos actos sociales, tales como visitas turísticas, recepciones oficiales, banquetes, viajes post-Congreso, etc.

Para facilitar el transporte de los participantes en el Congreso y sus acompañantes, se van a organizar varios vuelos "charter". Por el momento está previsto que estos vuelos partan de Londres, Frankfurt y, probablemente, también desde París.

La fecha fijada para estas reuniones es del 25 al 31 de mayo, y se espera que el número de asistentes supere ampliamente el de todos los anteriores Congresos.

Nos gustaría que la representación española fuese lo más amplia posible y que pudiésemos presentar un elevado número de contribuciones técnicas de interés. Aparte de esto, confiamos en que podrá distribuirse el segundo volumen del libro "Hormigón pretensado. Realizaciones españolas", del que ya hemos hablado. También se prepararán los correspondientes informes nacionales sobre las obras más destacadas construidas en España desde el Congreso anterior, para ser expuestos en las Sesiones especialmente destinadas a este objeto.

Ya comprenderéis que es éste también un tema al que debemos prestar una atención particular durante el próximo año, con el fin de poderlo resolver de un modo adecuado.

Como resumen de cuanto queda expuesto, se deduce que trabajo no falta. Lo que se necesita es empuje y decisión para realizarlo y la eficaz colaboración de todos. Si tomamos como punto de partida la experiencia de los muchos años que ya llevamos de labor conjunta, a lo largo de los cuales son numerosos e importantes los éxitos logrados, resulta obligado considerar, como consolidada de modo definitivo y total, la vía que ha de guiar nuestro camino hacia un prometedor futuro, en el que confiamos plenamente porque confiamos en vosotros.

Y estamos seguros de que no nos equivocamos.

# **contribución al establecimiento de unas recomendaciones sobre alambres para armaduras postesas**

**M. RASPALL**

Debido a la creciente disparidad de criterios entre fabricantes, proyectistas, contratistas y consumidores, que redundan en una gran diversidad de exigencias, pliegos de condiciones, redacción de pedidos, etc., parece conveniente establecer unas recomendaciones para unificar las diversas tendencias existentes en nuestro país.

Basándonos en la experiencia de ya muchos años que nos llevó a crear nuestro propio pliego de condiciones, y en diferentes normas y recomendaciones existentes en otros países proponemos las que a continuación se indican.

Antes, sin embargo, nos parece oportuno establecer dos conceptos: tensión máxima de sobretensado momentáneo y resistencia característica a la rotura del acero.

## **Tensión máxima de sobretensado momentáneo.**

En las "Recomendaciones para la ejecución y el control del tesado de las armaduras postesas" (\*) se define la tensión máxima de tesado como el valor de la tensión de anclaje que debe adoptarse, para que deducidas todas las pérdidas estimadas resulte la tensión de cálculo en una determinada sección.

No existe ningún valor prefijado que limite la tensión máxima de tesado, si bien la normativa habitual prácticamente ha uniformado este valor al 70 por 100 de la resistencia a la rotura del acero. Este valor parece muy aconsejable, ya que el coeficiente de seguridad a rotura es de 1,43 y hay suficiente margen con respecto al límite elástico convencional.

Existe otra práctica muy extendida: el tensar momentáneamente el acero por encima de la tensión máxima para luego reducir la tensión hasta este valor característico antes de bloquear el anclaje. Es lo que llamamos tensión de sobretensado momentáneo que permite, principalmente, compensar parte de las pérdidas por rozamiento con la consiguiente economía de acero. Con este tesado y aflojado no se aumentan las pérdidas por relajación del acero, ya que la tensión a lo largo del tendón viene afectada en gran medida por las pérdidas por rozamiento y la tensión media se habrá incrementado sólo muy ligeramente.

Parece por todo ello muy aconsejable propugnar la práctica antedicha pero limitando el valor de esta tensión máxima de sobretensado. En tendones cortos es evidente que no debe aplicarse este sobretensado y subsiguiente aflojado, ya que se corre el riesgo de perder excesivamente tensión como en el caso de penetración de cuñas. En tendones de mayor longitud con mayores pérdidas por rozamiento debe tenerse en cuenta por otro lado, que

---

(\*) NOTA DE LA REDACCIÓN. --- Estas Recomendaciones serán editadas por la A.T.E.P. en el año 1973.

los sistemas de pretensado tienen sus cabezas de anclaje y equipos de tesado diseñados para unos determinados esfuerzos nominales y que las exigencias de una sobrecarga reducen la seguridad de aquéllas y la vida de uso de éstos.

A pesar de que diversos autores y proyectistas admiten sobretensiones de hasta el 80 por 100 e incluso el 85 por 100 de la resistencia a rotura creemos más aconsejable, de acuerdo con la mayoría, fijar este valor al 75 por 100 de dicha resistencia a la rotura.

### Resistencia característica a la rotura.

De un tiempo a esta parte se ha venido exigiendo una resistencia mínima a la rotura del alambre de pretensado. Ello sin embargo no nos parece lógico cuando el concepto de resistencia característica es de aplicación usual en otros materiales como, por ejemplo, en el hormigón, mientras que además dificulta el suministro de los fabricantes de acero al tener que ajustar su producción a unos mínimos, lo que les obliga a rechazar cierto porcentaje de rollos; de este modo, evidentemente, se encarece el producto y creemos que el establecimiento de una resistencia característica permitiría reducir el precio de venta.

Puesto que la resistencia a la rotura de los alambres tiene una cierta dispersión, la introducción del concepto de resistencia característica a la rotura define con más precisión las propiedades reales del acero que el exigir un valor mínimo garantizado. De todos modos, y a fin de eliminar valores demasiado altos y demasiado bajos, es aconsejable introducir unas tolerancias adicionales que limiten la resistencia a la rotura del material suministrado. Se propone por ello suprimir todos los rollos cuya resistencia sea menor de un 3 por 100 o mayor de un 10 por 100 de la resistencia característica a la rotura.

Dicha resistencia característica a la rotura se determina a partir de un gran número de muestras tomadas de un gran lote.

Veamos un ejemplo para mayor claridad.

Sea un acero de diámetro 7 mm y con resistencia característica a la rotura indicada por el fabricante de 170 Kg/mm<sup>2</sup>:

Valor mínimo admisible (tolerancia — 3%) .....	164,9 kg/mm <sup>2</sup>
Valor máximo admisible (tolerancia + 10%) .....	187,0 kg/mm <sup>2</sup>
Peso de acero del lote .....	124,4 Tm
Número de rollos .....	311

A partir de los valores de las muestras se puede determinar la desviación tipo y la media:

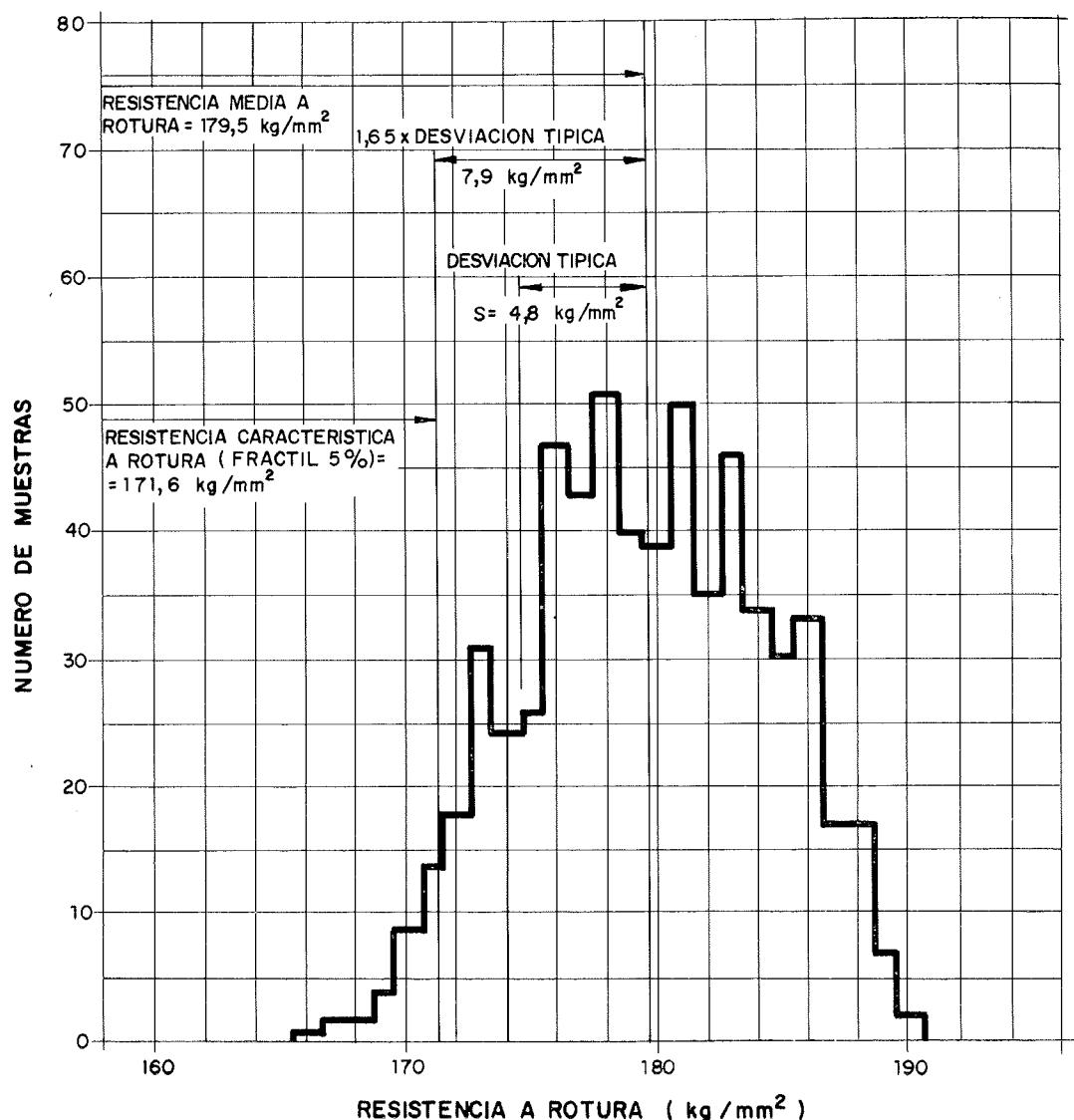
Valores de las muestras .....	$X_i$ (para $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )
Número de muestras .....	$n$
Valor medio .....	$m = \frac{\sum X_i}{n}$
Desviación del valor de la muestra respecto del valor medio .....	$(m - X_i)$
Desviación típica .....	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (m - X_i)^2}{n - 1}}$
Coefficiente de variación % .....	$v = \frac{\sigma}{m} \cdot 100$

Suponiendo una distribución normal o de Gauss de los valores de las muestras, el valor de la resistencia característica  $X_c$  puede determinarse por:

$$X_c = m - 1,65 \sigma$$

En este caso el 5 por 100 de los valores son menores que el valor  $X_c$ , por lo que decimos nos basamos en un fractil 5 por 100.

Resultados estadísticos:



Número de muestras .....	622
Valor menor de las muestras .....	167,0 kg/mm <sup>2</sup>
Valor mayor de las muestras .....	190,4 kg/mm <sup>2</sup>
Desviación tipo .....	4,8 kg/mm <sup>2</sup>
Coeficiente de variación .....	2,67 %
Resistencia característica a la rotura (fractil 5 %) .....	$179,5 - 1,65 \times 4,8 = 171,6 \text{ kg/mm}^2$

NOTAS:

1. La resistencia característica a la rotura obtenida es mayor que el valor garantizado por el fabricante.
2. El valor menor de las muestras está por encima del valor mínimo admisible (tolerancia, — 3 por 100).
3. Varios de los valores de las muestras superan el valor máximo admisible (tolerancia, + 10 por 100). Los rollos de acero correspondientes deben, en principio, ser rechazados. Caso de ser aceptados es necesario establecer de forma especial que dichos rollos presentan mejores valores en relación con las otras propiedades que los requerimientos específicos mínimos.

**Recomendaciones para el alambre.**

1. *Propiedades.*
  - 1.1. Diámetro en mm: 6, 7 u 8.  
Tolerancias en mm: + 0,10; — 0,5.
  - 1.2. Resistencia característica a la rotura.  
Basada en un fractil 5 por 100 con valores admisibles entre tolerancias — 3 por 100; + 10 por 100:
    - φ 6 mm: 180 Kg/mm<sup>2</sup>.
    - φ 7 mm: 170 Kg/mm<sup>2</sup>.
    - φ 8 mm: 160 Kg/mm<sup>2</sup>.
  - 1.3. Límite elástico al 0,2 por 100.  
Entre 0,85 y 0,95 de la resistencia a la rotura real de cada rollo.
  - 1.4. Alargamiento después de rotura:  
Medido en probeta de  $L = 10 \times \phi$ : mín. 5 por 100.  
Alargamiento uniforme medido fuera de la rotura: mín. 2 por 100.
  - 1.5. Estriccción.  
Reducción de la sección real del alambre en la zona de rotura: mín. 30 por 100.
  - 1.6. Resistencia a la fatiga.  
El alambre debe resistir sin rotura al menos 2 millones de ciclos de carga entre un mínimo de  $0,55 \times$  resistencia característica y un máximo de  $0,70 \times$  resistencia característica a la rotura.
  - 1.7. Relajación.  
La pérdida por relajación en un ensayo con una tensión inicial de  $0,65 \times$  resistencia característica y a temperatura de 20° C, no debe ser superior al 4 por 100.
  - 1.8. Doblado.  
El número de doblados alternativos a 90° + 90° sobre mandril de diámetro = = 10 φ debe ser 10 como mínimo antes de rotura.

## *2. Condiciones de entrega.*

### *2.1. Condiciones generales.*

El alambre se suministrará en lotes de 10 Tm como mínimo y 100 Tm como máximo.

Con cada lote se enviarán los certificados de colada indicados en el apartado 4.2.

El alambre debe suministrarse en rollos que cumplan las condiciones del apartado 2.2.

### *2.2. Exigencias de los rollos.*

Diámetro interior, 170 cm.

Diámetro exterior máximo, 200 cm.

Peso mínimo, 200 Kg.

Peso máximo, 800 Kg.

No deben existir soldaduras en el alambre.

El rollo debe desenrollarse en el sentido de las agujas del reloj con una velocidad de hasta 6 m por segundo sin interrupciones debidas a entrecruzamiento de espiras u otras causas, desde el principio al final del mismo. El extremo por donde debe iniciarse el proceso debe estar marcado.

Cada rollo debe llevar una etiqueta claramente legible que lo identifique, con los siguientes datos:

- Fabricante del acero.
- Número del rollo y, a ser posible, de la colada.
- Diámetro nominal del alambre.
- Resistencia característica a la rotura.
- Peso del rollo.

## *3. Condiciones especiales.*

### *3.1. Enderezado.*

El alambre desenrollado libremente en una superficie de hormigón liso debe quedar dentro de una banda de 20 cm de anchura independientemente de su longitud.

### *3.2. Graftado.*

Caso de que así se solicite, la superficie del alambre debe ir provista de ligeras muescas o corrugaciones cuya profundidad no será mayor de 0,1 mm. Dichas muescas deben estar espaciadas y no deben afectar a las propiedades del alambre en comparación con las del liso equivalente.

### *3.3. Procesos particulares.*

En algunos sistemas de pretensado el alambre es sometido a una deformación especial que debe ser admitida y comprobada previamente. Así, por ejemplo, con el sistema BBRV deben poderse efectuar los remaches característicos.

#### *4. Certificados e información.*

##### **4.1. Certificado general de calidad del alambre suministrado.**

El fabricante entregará certificados de ensayos para probar que los valores garantizados en el apartado 1, "Propiedades del alambre", se cumplen en sus productos.

##### **4.2. Certificados de colada.**

Con cada lote entregado deberán enviarse certificados de colada con los siguientes datos:

Para cada rollo:

- Resistencia a la rotura real.

Para uno de cada veinte rollos:

- Diámetro real del alambre.
- Límite clástico al 0,2 por 100.
- Alargamiento después de rotura.
- Ensayos de doblado.
- Diagrama tensión-deformación.
- Módulo elástico.
- Estricción.

##### **4.3. Datos adicionales.**

Además del certificado general y los certificados de colada, el fabricante facilitará los siguientes datos adicionales:

- Límite de proporcionalidad al 0,005 por 100.
- Valores de la relajación. Pérdidas de tensión al cabo de 120 y 1.000 horas en ensayos con tensiones iniciales de 0,65, 0,70, 0,75 de la resistencia característica a la rotura a 20° C.
- Resultados de ensayos de corrosión.

**S.A.E. BBR**

**Sistema para pretensar  
hormigón**



**Juntas de dilatación  
para puentes**



**Obra: Puente de Molins de Rey sobre el Llobregat, en la CN-II.**

**Propietario: Ministerio de Obras Públicas.**

**Contratista: Huarte y Cía , S. A.**

**Proyectista: J. A. Torroja, Oficina Técnica.**

**Acero empleado: 400 Tm.**

**Tendones: 45 ø 7 y 12 ø 7.**

**Oficinas:**

Rosellón, 229, 1.<sup>o</sup>, 2.<sup>o</sup>-Tels. 227 46 49 / 227 88 24  
BARCELONA - 8

**Fábrica:**

Polígono Industrial Barcelonés - Teléf. 29 y 31  
ABRERA (BARCELONA)

**TUBOS**

**BORONDO**

S. A.

**FORJADOS AUTORRESISTENTES Y SEMIRRESISTENTES**

**SISTEMAS PATENTADOS**

**VIGUETAS DE HORMIGON PRETENSADO**

**FORJADOS**

**AJUSTADOS A LAS ESPECIFICACIONES  
DE LA**

**NORMA M. V. 101-1.962**

**"ACCIONES EN LA EDIFICACION"**

**AUTORIZACIONES DE USO**

Núm. 061-66

Núm. 540-67

Núm. 932-69

— PARA ESTUDIOS DE FORJADOS

— CARGADEROS

— CONSULTAS, ETC

**A SU DISPOSICION NUESTRO  
GABINETE TECNICO DE  
HORMIGON PRETENSADO**



ESTUDIOS CENTRALES DE TV.E., EN PRADO DEL REY (MADRID), CON FORJADO TIPO "BORONDO"

OFICINAS: AVDA. DE LA ALBUFERA, 134 - TELS. 478 81 00 - MADRID-18

FABRICA: CTRA. VICALVARO A VALLECAS, s./n. - TELS. 203 00 17-203 13 50 - VALLECAS-PUEBLO

# cálculo simplificado de las acciones ovalizantes en las tuberías de hormigón pretensado colocadas en zanjas

G. TURAZZA (\*)

## SINOPSIS

El autor expone unas fórmulas simplificadas que permiten determinar de un modo rápido los momentos flectores y los esfuerzos normales en las secciones características de las tuberías de hormigón pretensado dispuestas en zanjas. Se tienen en cuenta las acciones originadas por el peso propio, el del agua contenida en la tubería, el peso y el empuje del terreno de relleno de la zanja y las reacciones de los apoyos.

## 1. HIPOTESIS DE PARTIDA

En el presente estudio se exponen unas fórmulas, de aplicación rápida, para el cálculo de las acciones de ovalización en las tuberías de hormigón pretensado colocadas en zanjas. Estas expresiones se deducen de las fórmulas generales de la Resistencia de Materiales, de acuerdo con los esquemas y los principios expuestos por el autor en su libro "Tuberías de gran diámetro en hormigón armado y hormigón pretensado" (Dunod-París, 1962), al cual, por tanto, se hace a menudo referencia (1).

Como quiera que la fuerza radial de pretensado es constante, se estudian sólo las secciones en las cuales los momentos flectores son máximos, que son, precisamente, la situada a  $105^\circ$  a partir de la generatriz superior del tubo, en la cual el momento alcanza, prácticamente, su valor máximo positivo, es decir, el que origina esfuerzos unitarios de tracción en la superficie exterior de la pared del tubo, y la situada a  $180^\circ$ , en la cual el momento alcanza su máximo valor negativo. Además de los momentos, se dan también los valores de los esfuerzos normales; el proyectista puede así determinar las máximas tensiones en las superficies interior y exterior de la pared del tubo, debidas a las acciones de ovalización.

(\*) NOTA DE LA REDACCIÓN.—Agradecemos muy sinceramente al Prof. Ing. G. Turazza su amabilidad al facilitarnos el original italiano de este interesante artículo y su necesaria autorización para incluir en nuestra Revista la versión española del mismo.

(1) En el número 101 de nuestra Revista HORMIGÓN Y ACERO se incluye un resumen de los principios y fórmulas fundamentales recogidos en la obra mencionada.

Para estas acciones, el esquema supuesto corresponde a las condiciones normales de colocación de los tubos en zanja, con el fin de conseguir una utilización correcta y económica.

Estas condiciones son las siguientes:

- a) El tubo se coloca en una zanja excavada en terreno estable.
- b) Se apoya sobre una capa continua de material suelto, bien nivclado, con un ángulo de apertura en el centro de  $120^\circ$  y con una compacidad tal que quede asegurada la uniformidad de las reacciones radiales.
- c) El material de relleno queda bien nivelado y compactado, especialmente en las partes laterales en contacto con los taludes de la zanja. Se supone que este material tiene un peso específico de  $\gamma_t = 1.800 \text{ kg/m}^3$  y un ángulo de rozamiento de  $35^\circ$ . Para estar siempre del lado de la seguridad, se considera que sólo actúa el empuje activo del terreno.

Las anteriores condiciones aparecen esquematizadas en las figuras 1 y 2. Para el cálculo del peso del material de relleno que grava sobre el tubo, son aplicables las fórmulas de Marston-Spangler (\*).

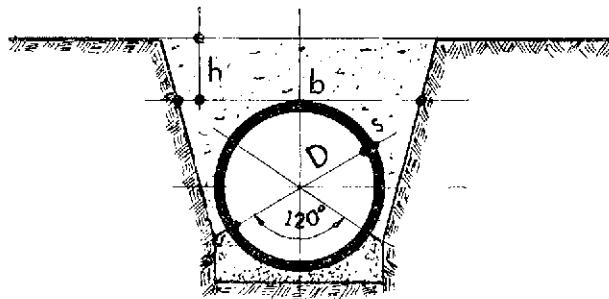


Figura 1.

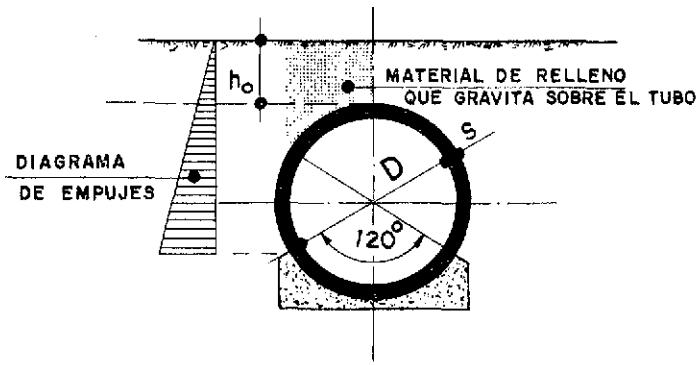


Figura 2.

Basándose en estas hipótesis, a continuación se exponen primero las fórmulas generales que definen los momentos flectores y los esfuerzos normales en las secciones características, introduciendo en ellas los valores numéricos de los correspondientes pesos es-

(\*) Véase apéndice.

pecíficos, del coeficiente de empuje del relleno y de las cargas que actúan sobre la capa de base que sirve de apoyo a la tubería.

De las fórmulas anteriores se deducen, posteriormente, las expresiones simplificadas que en el presente trabajo se propugnan para un cálculo rápido.

## 2. FORMULAS GENERALES

Se designan con:

$D$	el diámetro interior del tubo.	Se expresa en m
$s$	el espesor de la pared.	Se expresa en m
$r = \frac{D}{2}$	el radio interior del tubo.	Se expresa en m
$r_i = r + \frac{s}{2}$	el radio correspondiente a la mitad del espesor de la pared.	Se expresa en m
$r_2 = r + s$	el radio exterior del tubo.	Se expresa en m
$M$	el momento flector, positivo si produce tracciones en la superficie exterior de la pared.	Se expresa en m kg
$N$	el esfuerzo normal, positivo si es de tracción.	Se expresa en kg/m l

Para las distintas acciones de ovalización, los momentos flectores y los esfuerzos normales son los siguientes:

### I. Peso propio.

De la tabla 3 del texto citado (\*) y suponiendo que el peso específico del hormigón es  $\gamma_c = 2.500 \text{ kg/m}^3$ , se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{a } 105^\circ \quad M &= + 1.600 s r_1^2 \\ N &= - 4.750 s r_1 \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= - 3.750 s r_1^2 \\ N &= - 1.250 s r_1 \end{aligned}$$

### II. Agua contenida.

De la tabla 5 (\*), y siendo el peso específico del agua  $\gamma = 1.000 \text{ kg/m}^3$ , se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{a } 105^\circ \quad M &= + 320 r^2 r_1 \\ N &= + 180 r^2 \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= - 750 r^2 r_1 \\ N &= + 1.250 r^2 \end{aligned}$$

(\*) Véase apéndice.

### III. Peso del relleno.

Designando por  $Q$  (kg/m.l.) el peso del relleno que gravita sobre el tubo, y siendo, como ya se ha indicado,  $\gamma_t = 1.800 \text{ kg/m}^3$ , se define una altura virtual:

$$h_0 = \frac{Q}{2 \cdot r_2 \cdot \gamma_t} = \frac{Q}{3.600 r_2}$$

Y se adoptan los valores de la tabla 6 (\*), que pueden considerarse como conservadores con respecto a los espesores normalmente utilizados en los tubos de hormigón pretensado.

La introducción del valor virtual  $h_0$ , que generalmente no difiere mucho del valor real  $h$ , es necesaria para el correcto empleo de la citada tabla 6 (\*) y, posteriormente, de la tabla 10 (\*).

De esta forma se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{a } 105^\circ \quad M &= + 95 r_2 + 510 r^2_2 h_0 \\ N &= - 395 r^2_2 - 1.790 r_2 h_0 \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= - 195 r^3_2 - 1.000 r^2_2 h_0 \\ N &= - 85 r^2_2 - 210 r_2 h_0 \end{aligned}$$

### IV. Empuje del relleno.

Para un ángulo de rozamiento interno de  $35^\circ$  y el peso específico  $\gamma_t = 1.800 \text{ kg/m}^3$ , el coeficiente de empuje resulta:

$$z = 1.800 \times \tan^2 \left( \frac{90^\circ - 35^\circ}{2} \right) = \sim 500$$

con lo cual, de la tabla 10 (\*) se deduce:

$$\begin{aligned} \text{a } 105^\circ \quad M &= - 90 r^3_2 - 85 r^2_2 h_0 \\ N &= - 30 r^2_2 - 40 r_2 h_0 \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= + 85 r^3_2 + 85 r^2_2 h_0 \\ N &= - 285 r^2_2 - 265 r_2 h_0 \end{aligned}$$

### V. Reacciones en la base de apoyo.

El peso total  $P$  que actúa sobre la capa de base que sirve de apoyo a la tubería, viene dado por

$$\begin{aligned} \text{Peso del tubo} \dots \dots \dots \quad P_1 &= 2 \pi r_1 s \times 2.500 & = 15.700 r_1 s \text{ kg/m} \\ \text{Peso del agua} \dots \dots \dots \quad P_2 &= \pi r^2 \times 1.000 & = 3.140 r^2 \text{ kg/m} \\ \text{Peso del relleno} \dots \dots \dots \quad P_3 &= 2 \times 0,2146 \times 1.800 \times r^2_2 + Q & = 770 r^2_2 + Q \text{ kg/m} \\ \text{Finalmente} \dots \dots \dots \dots \quad P &= P_1 + P_2 + P_3 \end{aligned}$$

(\*) Véase apéndice.

De la fórmula 59' y de las tablas 15 y 16 (\*) se obtiene:

$$\begin{array}{ll} \text{a } 105^\circ & M = -0,0496 P r_1 \\ & N = +0,0163 P \\ \text{a } 180^\circ & M = +0,1925 P r_1 \\ & N = -0,2258 P \end{array}$$

A partir de los valores parciales que quedan indicados, se pueden deducir los valores del momento flector y del esfuerzo normal que actúa en las secciones características consideradas.

### 3. FORMULAS SIMPLIFICADAS

Introduciendo en las fórmulas generales el valor definido por la relación  $s/r$  entre el espesor de la pared y el radio interior del tubo es posible obtener fórmulas simplificadas en las cuales aparecen sólo los valores  $r$ ,  $h_0$  y  $Q$ . Estas expresiones permiten, por tanto, calcular de un modo rápido los valores de  $M$  y  $N$  en las secciones características situadas a  $105^\circ$  y a  $180^\circ$ .

Suponiendo  $s/r = 0,10$  se obtiene:

$$\begin{aligned} s &= 0,10 r \\ r_1 &= 1,05 r & r^2_1 &= 1,1025 r^2 \\ r_2 &= 1,10 r & r^2_2 &= 1,21 r^2 & r^3_2 &= 1,331 r^3 \end{aligned}$$

y entonces:

Para el peso propio

$$\begin{array}{lll} \text{a } 105^\circ & M = +176 r^3 & N = -499 r^2 \\ \text{a } 180^\circ & M = -413 r^3 & N = -131 r^2 \end{array}$$

Para el agua contenida

$$\begin{array}{lll} \text{a } 105^\circ & M = +336 r^3 & N = +180 r^2 \\ \text{a } 180^\circ & M = -788 r^3 & N = +1,250 r^2 \end{array}$$

Para el peso del relleno

$$\begin{array}{ll} \text{a } 105^\circ & M = +126 r^3 + 617 r^2 h_0 \\ & N = -478 r^2 - 1,969 r h_0 \\ \text{a } 180^\circ & M = -259 r^3 - 1,210 r^2 h_0 \\ & N = -103 r^2 - 231 r h_0 \end{array}$$

(\*) Véase apéndice.

Para el empuje del terreno

$$\begin{aligned} \text{a } 105^\circ \quad M &= -120 r^3 - 103 r^2 h_0 \\ N &= -36 r^2 - 44 r h_0 \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= +113 r^3 + 103 r^2 h_0 \\ N &= -345 r^2 - 292 r h_0 \end{aligned}$$

Para las reacciones de la capa de apoyo

$$\begin{aligned} P &= 5.720 r^2 + Q \\ \text{a } 105^\circ \quad M &= -298 r^3 - 0,052 Q r \\ N &= +93 r^2 + 0,016 Q \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= +1.156 r^3 + 0,202 Q r \\ N &= -1.292 r^2 - 0,226 Q \end{aligned}$$

Los valores finales son, por tanto, los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{a } 105^\circ \quad M &= +220 r^3 + 514 r^2 h_0 - 0,052 Q r \\ N &= -740 r^2 - 2.013 r h_0 + 0,016 Q \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= -191 r^3 - 1.107 r^2 h_0 + 0,202 Q r \\ N &= -621 r^2 - 523 r h_0 - 0,226 Q \end{aligned}$$

Estas son las indicadas fórmulas de rápida aplicación, objeto del presente trabajo.

Los momentos flectores y los esfuerzos normales para los valores de  $s/r$  comprendidos entre 0,10 y 0,16 se recogen en las tablas que a continuación se incluyen. Debe hacerse notar que los coeficientes numéricos tienen una variación prácticamente lineal y que, por consiguiente, resulta lícito interpolar para reducir los valores intermedios.

TABLA I

$s/r$	Momentos flectores en las secciones a $105^\circ$		
0,10	$M = +220 r^3 + 514 r^2 h_0 - 0,052 Q r$		
0,11	$M = +232$	$+523$	$-0,052$
0,12	$M = +241$	$+533$	$-0,053$
0,13	$M = +251$	$+542$	$-0,053$
0,14	$M = +261$	$+553$	$-0,053$
0,15	$M = +271$	$+562$	$-0,053$
0,16	$M = +284$	$+572$	$-0,054$

TABLA II

$s/r$	Esfuerzos normales en las secciones a $105^\circ$			
0,10	$N = -740 r^2 - 2.013 r h_0 + 0,016 Q$			
0,11	$N = -799$	$-2.031$	$+0,016$	
0,12	$N = -858$	$-2.050$	$+0,016$	
0,13	$N = -917$	$-2.068$	$+0,016$	
0,14	$N = -978$	$-2.087$	$+0,016$	
0,15	$N = -1.039$	$-2.105$	$+0,016$	
0,16	$N = -1.101$	$-2.122$	$+0,016$	

TABLA III

$s/r$	Momentos flectores en las secciones a $180^\circ$		
0,10	$M = -191 r^3 - 1.107 r^2 h_0 + 0,202 Q r$		
0,11	$M = -201$	- 1.127	+ 0,203
0,12	$M = -211$	- 1.147	+ 0,204
0,13	$M = -219$	- 1.168	+ 0,205
0,14	$M = -230$	- 1.190	+ 0,206
0,15	$M = -240$	- 1.211	+ 0,207
0,16	$M = -249$	- 1.232	+ 0,208

TABLA IV

$s/r$	Esfuerzos normales en las secciones a $180^\circ$		
0,10	$N = -621 r^2 - 523 r h_0 - 0,226 Q$		
0,11	$N = -685$	- 527	- 0,226
0,12	$N = -751$	- 532	- 0,226
0,13	$N = -818$	- 536	- 0,226
0,14	$N = -883$	- 541	- 0,226
0,15	$N = -952$	- 547	- 0,226
0,16	$N = -1.019$	- 551	- 0,226

## EJEMPLO NUMERICO

Se considera un tubo que tiene un diámetro interno de 2 m y un espesor de pared de 16 cm. La carga  $Q$  que sobre él gravita es de 6.500 kg/m.

Se calcula:

$$h_0 = \frac{6.500}{3.600 \times 1,16} = 1,55$$

y entonces, de las tablas anteriores se deduce, para  $s/r = 0,16$ :

$$\begin{aligned} \text{a } 105^\circ \quad M &= + 284 \times \overline{1,00^3} + 572 \times \overline{1,00^2} \times 1,55 - 0,054 \times 6.500 \times 1,00 = + 820 \\ N &= - 1.101 \times \overline{1,00^2} - 2.122 \times 1,00 \times 1,55 + 0,016 \times 6.500 = - 4.290 \\ \text{a } 180^\circ \quad M &= - 249 \times \overline{1,00^3} - 1.232 \times \overline{1,00^2} \times 1,55 + 0,208 \times 6.500 \times 1,00 = - 810 \\ N &= - 1.019 \times \overline{1,00^2} - 551 \times 1,00 \times 1,55 - 0,226 \times 6.500 = - 3.340 \end{aligned}$$

## APENDICE

### FORMULA DE MARSTON-SPANGLER

$$Q = k \cdot \gamma_t \cdot d_e \cdot h$$

siendo:

$Q$  = carga sobre el tubo, por unidad de longitud;

$k$  = coeficiente de valor variable;

$\gamma_t$  = peso específico de la tierra de relleno;

$d_e$  = diámetro exterior del tubo =  $2 r_2$ ;

$h$  = altura del relleno sobre la generatriz superior del tubo.

## TABLAS

TABLA 3.—Peso propio del tubo.

Sección	Momentos flectores	Esfuerzos normales
0°	$M = -0,5$	$N = +0,5$
15°	— 0,4493	+ 0,4152
30°	— 0,3052	+ 0,1712
45°	— 0,0911	— 0,2018
60°	+ 0,1569	— 0,6569
75°	+ 0,3938	— 1,1350
90°	+ 0,5708	— 1,5708
105°	+ 0,6408	— 1,8996
120°	+ 0,5638	— 2,0638
135°	+ 0,3125	— 2,0196
150°	— 0,1240	— 1,7420
165°	— 0,7376	— 1,2283
180°	— 1,5	— 0,5
	$g r_1^2$	$g r_1$

TABLA 5.—Empuje hidrostático a sección llena.

Sección	Momentos flectores	Esfuerzos normales
0°	$M = -0,25$	$N = +0,75$
15°	— 0,2246	+ 0,7246
30°	— 0,1526	+ 0,6526
45°	— 0,0456	+ 0,5455
60°	+ 0,0785	+ 0,4215
75°	+ 0,1969	+ 0,3031
90°	+ 0,2854	+ 0,2148
105°	+ 0,3204	+ 0,1796
120°	+ 0,2819	+ 0,2181
135°	+ 0,1563	+ 0,3437
150°	— 0,0620	+ 0,5620
165°	— 0,3688	+ 0,8688
180°	— 0,75	+ 1,25
	$\gamma r^2 r_1$	$\gamma r^2$

TABLA 6.—Relleno superior de tierras, con  $k = 1,05$ .

Sección	Momentos flectores	Esfuerzos normales
0°	$M = -0,0343 \gamma_t r_2^3 - 0,2774 \gamma_t r_2^2 h$	$N = +0,0480 \gamma_t r_2^2 + 0,1167 \gamma_t r_2 h$
15°	-0,0326 -0,2433	+0,0456 +0,0457
30°	-0,0261 -0,1494	+0,0307 -0,1489
45°	-0,0121 -0,0187	-0,0116 -0,4175
60°	+0,0090 +0,1175	-0,0851 -0,6916
75°	+0,0321 +0,2271	-0,1667 -0,9028
90°	+0,0491 +0,2861	-0,2146 -1
105°	+0,0539 +0,2825	-0,2197 -0,9961
120°	+0,0445 +0,2141	-0,2098 -0,9244
135°	+0,0215 +0,0858	-0,1857 -0,7896
150°	-0,0136 -0,0938	-0,1488 -0,6011
165°	-0,0583 -0,3124	-0,1019 -0,3716
180°	-0,1096 -0,5551	-0,0480 -0,1167

TABLA 10.—Empuje de tierras, con  $\beta = 120^\circ$  y  $k = 1,05$ .

Sección	Momentos flectores	Esfuerzos normales
0°	$M = +0,1667 z r_2^3 + 0,2116 z r_2^2 h$	$N = -0,5585 z r_2^2 - 0,9668 z r_2 h$
15°	+0,1486 +0,1823	-0,5389 -0,9010
30°	+0,0962 +0,1027	-0,4759 -0,7213
45°	+0,0166 -0,0054	-0,3646 -0,4765
60°	-0,0754 -0,1119	-0,2167 -0,2334
75°	-0,1562 -0,1871	-0,0734 -0,0548
90°	-0,1985 -0,2092	0 0
105°	-0,1801 -0,1707	-0,0605 -0,0756
120°	-0,0954 -0,0803	-0,2833 -0,2666
135°	+0,0164 +0,0249	-0,4006 -0,3770
150°	+0,1021 +0,1056	-0,4906 -0,4618
165°	+0,1560 +0,1563	-0,5472 -0,5150
180°	+0,1744 +0,1736	-0,5665 -0,5332

TABLA 15.—Apoyo continuo en  $120^\circ$ .

Sección	Momentos flectores	Esfuerzos cortantes
0°	$M = +0,0513 w_0 r_1 r_2 + 0,0395 n r_1 r_2$	$N = -0,1090 w_0 r_2 - 0,0845 n r_2$
15°	+0,0476 +0,0366	-0,1053 -0,0816
30°	+0,0367 +0,0282	-0,0944 -0,0732
45°	+0,0194 +0,0147	-0,0771 -0,0598
60°	-0,0032 -0,0028	-0,0545 -0,0423
75°	-0,0295 -0,0232	-0,0282 -0,0219
90°	-0,0577 -0,0450	0 0
105°	-0,0859 -0,0669	+0,0282 +0,0219
120°	-0,1121 -0,0873	+0,0545 +0,0423
135°	-0,1007 -0,0721	+0,0430 +0,0271
150°	-0,0181 -0,0015	-0,0396 -0,0435
165°	+0,1299 +0,1018	-0,1896 -0,1468
180°	+0,3333 +0,2129	-0,3910 -0,2579

TABLA 16.—Apoyo continuo en  $90^\circ$ . Momentos flectores y esfuerzos normales en función de la relación  $w_0/w_1$ .

$w_0/w_1$	Sección a $0^\circ$	Sección a $90^\circ$	Sección a $180^\circ$	
Momentos flectores				
0	+ 0,0971	- 0,1116	+ 0,5332	$P r_1$
0.2	+ 0,0835	- 0,0949	+ 0,4737	»
0.4	+ 0,0745	- 0,0843	+ 0,4405	»
0.5	+ 0,0710	- 0,0802	+ 0,4247	»
0.6	+ 0,0679	- 0,0767	+ 0,4167	»
0.8	+ 0,0631	- 0,0711	+ 0,3988	»
1	+ 0,0592	- 0,0666	+ 0,3849	»
Esfuerzos normales				
0	- 0,2077	0	- 0,6328	$P$
0.2	- 0,1784	0	- 0,5686	»
0.4	- 0,1588	0	- 0,5248	»
0.5	- 0,1511	0	- 0,5080	»
0.6	- 0,1447	0	- 0,4935	»
0.8	- 0,1341	0	- 0,4969	»
1	- 0,1259	0	- 0,4515	»

Traducido por R. PiÑERO.

## **influencia del procedimiento de destesado sobre las tensiones en las zonas de anclaje y sobre la longitud de transmisión, en elementos de hormigón pretensado con armaduras pretesas (\*)**

Dr. DOMMALAPATI KRISHNAMURTHY

### **RESUMEN**

En este artículo se describen e interpretan los ensayos desarrollados sobre treinta y dos pequeñas vigas, de sección en I, de hormigón pretensado con armaduras pretesas constituidas por alambres grafilados de 5 mm de diámetro, con objeto de determinar la influencia del destesado brusco sobre la longitud de transmisión y sobre las tensiones verticales de tracción que aparecen en los extremos de las vigas en el instante de la transferencia del esfuerzo de pretensado al hormigón. Estas tensiones, como es sabido, son las que originan la fisuración horizontal de las zonas de anclaje de las vigas de hormigón con armaduras pretesas que frecuentemente se observan, tanto en obra como en las plantas de fabricación. Del resultado de estos ensayos se deduce que, para el tipo de alambre en ellos empleado, el destesado brusco aumenta en un 20 por 100, aproximadamente la longitud de transmisión y en un 40 por 100 las tracciones verticales, en comparación con los correspondientes valores obtenidos cuando el destesado se hace de forma paulatina. También se discute en el artículo la influencia de otros importantes factores sobre la longitud de transmisión, cuando se utilizan otros diferentes tipos de armaduras.

Desde que empezó a emplearse el hormigón pretensado, el problema de la longitud de transmisión y la incertidumbre sobre lo que ocurre en las zonas de anclaje de los alambres de pequeño diámetro, ha atraído la atención de muchos técnicos. Es sabido que en los elementos con armaduras pretesas, la transmisión del esfuerzo de pretensado se hace gracias a la adherencia entre los alambres y el hormigón. La distancia a lo largo de la cual tiene lugar la transferencia total del esfuerzo de pretensado del alambre al hormigón, se denomina longitud de transmisión del alambre dado.

Se sabe que son varios los factores que influyen sobre la longitud de transmisión, para un determinado alambre. Dichos factores son: la resistencia del hormigón en el momento de la transferencia, la tensión del acero, las características superficiales del alambre y el

---

(\*) Traducción del artículo publicado en el número 3, volumen 44, correspondiente al mes de marzo de 1970, de la revista *The Indian Concrete Journal*. Nos complace expresar nuestro sincero agradecimiento, tanto a Mr. J. Datt, editor de la citada revista, como a Mr. D. Krishnamurthy, autor de este interesante trabajo, por su amable autorización para publicar en *Hormigón y Acero* esta traducción. — La Redacción.

método de destesado utilizado, que puede ser gradual o brusco. El efecto de dichos factores puede aumentar o disminuir la longitud de transmisión para un alambre dado.

Ensayos realizados han demostrado que si se transmite el esfuerzo de pretensado de forma brusca, se aumenta la longitud de transmisión hasta en un 100 por 100, en algunos casos (1), mientras que utilizando otros tipos de alambres no se observa influencia alguna (2).

Arthur y Ganguli afirman que un destesado brusco produce fisuras importantes en las zonas de anclaje (3). Por consiguiente, resulta preciso e interesante conocer el efecto que realmente produce el destesado brusco, sobre la longitud de transmisión, para los distintos tipos de tendones normalmente utilizados en los elementos de hormigón pretensado mediante armaduras pretesas ancladas por adherencia. También es importante determinar el efecto de dicho procedimiento de destesado sobre las tracciones verticales que aparecen en las secciones extremas de las vigas, tracciones que son las responsables de la fisuración horizontal de las zonas de anclaje.

La transferencia brusca de tensiones al hormigón afecta a la adherencia entre éste y el acero, como consecuencia del impacto de la fuerza concentrada en el extremo, sobre la viga. También influye sobre la longitud de transmisión y la fisuración de las zonas de anclaje.

En algunas factorías dedicadas a la prefabricación de elementos de hormigón pretensado no se emplean métodos de destesado lento y, por consiguiente, es de vital importancia el conocimiento de la longitud real de transmisión cuando se emplea un método brusco para la transferencia del esfuerzo de pretensado al hormigón. Hasta ahora, la investigación sobre este tema se ha desarrollado casi exclusivamente en Alemania y utilizando accros alemanes (1). En los ensayos que se describen en este artículo, se han empleado unos alambres de uso corriente en Inglaterra como armaduras pretesas. Durante muchos años se han empleado en Inglaterra y otros varios países, alambres de superficie lisa o grafilados, de 5 mm de diámetro. Por ello, los ensayos descritos en este artículo se han realizado con objeto de determinar el efecto del destesado brusco, utilizando los alambres grafilados de 5 mm de diámetro normalizados en la BS 2691/2, con grandes rebundidos elípticos (tipo B, de patente belga).

## OBJETIVOS Y ALCANCE

El principal objetivo de este trabajo de investigación es determinar el efecto de un destesado brusco sobre la longitud de transmisión de los alambres grafilados de 5 mm de diámetro. Asimismo, se estudia el efecto del citado método de transmisión, sobre las tensiones verticales de tracción en las zonas extremas de las vigas y sobre la aparición de fisuras horizontales en dicha zona. También se comentan, brevemente, algunos trabajos experimentales desarrollados por otros autores, con objeto de conocer los diversos factores que se considera afectan a la longitud de transmisión de los tendones.

En el desarrollo del trabajo presentado se ensayaron ocho tipos de vigas de secciones transversales de distintas dimensiones. De cada tipo se fabricaron cuatro piezas, por lo que, en total, se ensayaron 32 vigas. El valor de la fuerza total del pretensado introducida fue el mismo en todas las vigas. Se intentó también que la resistencia del hormigón, en el momento de la transferencia, fuese constante en todas las vigas; no obstante, en la práctica se observaron algunas pequeñas variaciones.

Con objeto de determinar la longitud de transmisión para un destesado lento, éste se realizó en ocho etapas, transmitiéndose en cada una incrementos de tensión aproximadamente iguales. Para estudiar la variación de la longitud de transmisión con la velocidad de transferencia de la fuerza de pretensado, el destesado se hizo también, en cada tipo de viga, en cuatro y en dos etapas, con incrementos de tensión aproximadamente iguales en cada una. Finalmente, para estudiar el efecto del destesado brusco, se ensayó una viga de cada tipo transmitiendo toda la fuerza de pretensado de una sola vez.

Se determinó así la relación entre la velocidad de transferencia (en función del número de etapas del destesado) y la longitud de transmisión y entre la citada velocidad y las tensiones transversales de tracción en las zonas extremas de las vigas.

## TRABAJOS PREVIOS

Ensayos de Munich. Rüsch y Rehm realizaron una serie de ensayos con los aceros fabricados en Alemania empleados comúnmente para la construcción de elementos de hormigón pretensado con armaduras pretensadas. Dichos ensayos tenían como fin la determinación de la longitud de transmisión para dichos aceros, así como estudiar la influencia de una transferencia brusca de la fuerza de pretensado sobre la mencionada longitud de transmisión (1).

En la mayor parte de los ensayos, la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón se realizó cortando los alambres previamente tensos, uno a uno, mediante una ciarella. En algunas de las piezas ensayadas, en uno de los extremos se cortaron los alambres en la forma indicada, para conseguir el destesado brusco, y en el otro se transfirió el esfuerzo de forma paulatina, aflojando poco a poco los anclajes. Así, en una misma pieza se realizaba, en cada extremo, un tipo de destesado y se obtenía la mayor longitud posible de transmisión, correspondiente al destesado brusco en uno de los extremos, y en el otro, la mínima longitud posible, correspondiente al procedimiento de destesado gradual. Los resultados que dichos investigadores obtuvieron, para los distintos casos utilizados en sus ensayos, se resumen en la tabla 1 y muestran que el destesado brusco conduce invariablemente a un aumento de la longitud de transmisión en la mayoría de los aceros ensayados. Sin embargo, el acero número 16 presenta un descenso del 9 por 100 en la longitud de transmisión para el sistema de destesado brusco. Esto indica que algunos alambres nervados pueden dar lugar a una longitud de transmisión menor y que, por consiguiente, el efecto del destesado brusco depende de la naturaleza y de la forma de la superficie del alambre utilizado.

Algunos aceros, como por ejemplo el número 7, muestran un incremento de la longitud de transmisión de aproximadamente el 200 por 100. El acero número 10 empleado en estos ensayos es similar al alambre corrugado de 5 mm de diámetro, y el aumento en la longitud de transmisión en el caso de estos alambres es, aproximadamente, del 19 por 100 cuando el destesado se realiza de un modo brusco en lugar de en forma gradual.

Algunos técnicos son de la opinión de que cuanto más bruscamente se transmite la fuerza de pretensado al hormigón, menor es la longitud de transmisión. Esto puede ser cierto para algunos tipos de aceros, tales como el número 16 indicado en la tabla 1. Pero, como puede observarse, de un total de diecisésis aceros ensayados, sólo uno presentó tales características.

TABLA 1.—*Variación de la longitud de transmisión, como consecuencia del destesado brusco* (según Rüsch y Rehm).

Acero n. <sup>o</sup>	Aumento de la longitud de transmisión (en tanto por ciento), para resistencias del hormigón de (en kg/cm <sup>2</sup> )			Forma de la sección de la pieza (R = rectangular, S = cuadrada)
	160 a 190	220 a 265	305 a 350	
1	9	—	34	R
2	—	—	35	R
3	33	15	42	R
4	—	—	89	S
5	21	12	15	S
6	74	70	—	S
7	210	—	15	R
8	96	—	49	R
9	14	0	40	S
10	—	—	19	S
11	54	—	71	S
12	—	26	16	R
13	19	40	40	R, S (una de cada)
14	22	13	—	R
15	—	—	22	R (1), S (3) (4 piezas)
16	—	—	—9	R (2) (2 piezas)
			(disminución)	

Ensayos realizados por N. W. Hanson: Los ensayos se realizaron sobre piezas prismáticas de 5×5 cm de sección y 2,40 m de longitud, pretensadas axialmente mediante alambres de 5 mm de diámetro, de superficie lisa y limpia, tesos a 10.500 Kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia del hormigón, en probeta cilíndrica, en el momento de la transferencia al hormigón de la fuerza de pretensado era de 306 Kg/cm<sup>2</sup>.

En una de las probetas el destesado se hizo lentamente, para conseguir una transferencia gradual de la fuerza de pretensado, mientras que en las otras tres se cortaron los alambres a las distancias de 2,5, 90 y 180 cm, respectivamente, del extremo de cada una de las probetas, consigiéndose así un destesado brusco.

Se compararon las longitudes de transmisión obtenidas en los cuatro casos. De dicho estudio comparativo se dedujo que había poca diferencia entre dichas longitudes de transmisión para el tipo de alambres utilizado. De estos ensayos, por consiguiente, se deduce que la influencia del sistema de destesado empleado, utilizando como armadura alambres de 5 mm de diámetro, de superficie lisa y limpia, es realmente insignificante.

Base, partiendo de trabajos experimentales realizados sobre piezas prefabricadas industrialmente, deduce que, al cortar los alambres de pretensado mediante soplete (transmisión brusca), se obtienen longitudes de transmisión de varias decenas de centímetros.

## TRABAJOS EXPERIMENTALES PROPIOS

### Probetas.

Las secciones transversales de las vigas utilizadas son las que se representan en la figura 1. Todas las vigas tenían una longitud de 1,35 m. Las vigas se construyeron de dos en dos, utilizando los métodos de fabricación en serie normalmente empleados en la in-

9 ALAMBRES GRAFILADOS Ø 5, TIPO B, BELGA

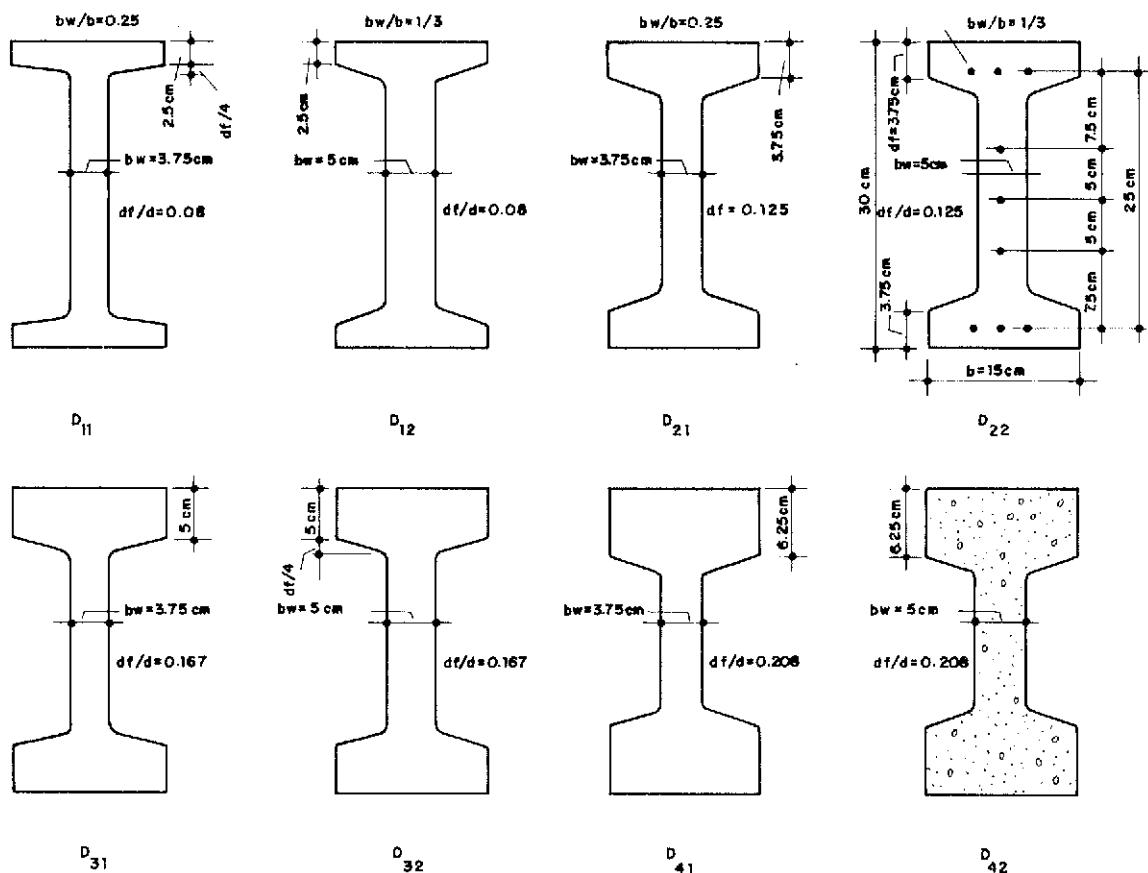


Fig. 1.— Secciones transversales de las vigas.

dustria. Los costeros y testas de los moldes se retiraron unas diez horas después de terminado el hormigonado. Para cada uno de los tipos de vigas, el esfuerzo de pretensado se transmitió en ocho, cuatro y dos etapas, con incrementos aproximadamente iguales de tensión, y en una sola etapa, con objeto de determinar experimentalmente la longitud de transmisión en cada caso y para estudiar también la variación de dicha longitud en función de la velocidad de transferencia del esfuerzo de pretensado al hormigón.

Las vigas se curaron, durante tres días, manteniéndolas cubiertas con sacos de yute húmedos. Junto con cada par de vigas se construyeron tres probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura y seis probetas cúbicas de 10 cm de lado, con destino a los ensayos de control. Tres probetas cúbicas y las tres cilíndricas se curaron en las mismas condiciones que las vigas, con objeto de determinar la resistencia a compresión, la resistencia a tracción y el módulo de elasticidad del hormigón en el momento de la transferencia. Las tres probetas cúbicas restantes se curaron en tanques, a la temperatura normalizada, para obtener la resistencia a veintiocho días del hormigón en probeta cúbica.

En todas las vigas la armadura estaba constituida por nueve alambres de 5 mm de diámetro, distribuidos en la forma indicada en la figura 1.

Las vigas se pretensaron todas uniformemente, con una fuerza total, inicial de pretensado de 20.000 kg.

### **Hormigón.**

Se estudió la dosificación que debía utilizarse para conseguir un hormigón de 460 kilogramos/cm<sup>2</sup> de resistencia en el momento de la transferencia del esfuerzo de pretensado (aproximadamente a los siete días). Se emplearon grava y arena lavadas de Mid-Ross. El tamaño medio de la grava era de 9,5 cm. El cemento era de tipo portland, de endurecimiento rápido.

### **Acero.**

Se utilizaron alambres grafilados de acero del tipo B belga, de 5 mm de diámetro, con grandes rebundidos elípticos, suministrados en rollos de 2,40 m de diámetro, que satisfacían las prescripciones de la norma BS 2691/2. Dicho acero tenía una carga unitaria de rotura de 160 a 170 kg/mm<sup>2</sup>, y su módulo de elasticidad era de  $2 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>.

Los alambres se tesaron a 106 kg/mm<sup>2</sup>, dándoles inicialmente una sobretensión del 10 por 100, durante dos minutos.

### **Tesado de los alambres.**

Los alambres se tesaron en una bancada de pretensado, mediante gatos que apoyaban en estribos móviles extremos. Los alambres se tesaron primero, individualmente, uno a uno, hasta una tensión de 7.000 kg/cm<sup>2</sup>, aproximadamente, empleando gatos del tipo Gifford-Udall y anclándolos mediante cuñas CCL sobre los estribos móviles.

En los extremos de cada alambre se dispusieron anillos, con puntos de referencia, situados cada 20 cm.

Las lecturas iniciales de estos puntos de referencia se realizaron en todos los alambres mediante un elongámetro Demec de 20 cm de base.

Sobre los estribos móviles se fijaron dos comparadores, con objeto de registrar los movimientos de dichos estribos y comprobar los alargamientos de los alambres.

Mediante gatos adecuados, se corrían después los estribos móviles, con lo cual, todos los alambres anclados en ellos se alargaban, hasta que los comparadores marcaban la deformación prevista.

Se realizaban entonces las lecturas de los elongámetros Demec y, a partir de ellas, se calculaban las deformaciones exactas experimentadas por todos los alambres.

Después de la aplicación de la sobretensión durante dos minutos, se reducía la deformación a los valores finales previamente calculados, correspondientes a una tensión media en los alambres de  $106 \text{ kg/mm}^2$ , utilizando como guía las indicaciones de los comparadores. Finalmente, se quitaban los gatos y se hacían las lecturas de los elongámetros Demec y, a partir de estas lecturas, se calculaban las deformaciones finales medias de los alambres. Mediante este procedimiento se mantenía la tensión en las armaduras en el valor previamente determinado de  $106 \text{ kg/mm}^2$ .

### Transferencia del pretensado.

Para transferir la tensión al hormigón, se destesaban simultáneamente todos los alambres, actuando sobre los estribos móviles extremos. Para ello, se abrían las válvulas de descarga de los gatos, controlándose el movimiento de los estribos mediante los comparadores. Al finalizar cada una de las etapas de transferencia, se median en los nueve alambres, con el elongámetro Demec, las distancias entre los puntos de referencia marcados en los anillos colocados en los alambres. Se calculaban así las deformaciones, y a partir de ellas, los porcentajes de tensión transferida en cada una de las etapas.

El destesado brusco se realizó retirando la presión de los gatos lo más rápidamente posible.

### Medida de las deformaciones en el hormigón.

Las deformaciones del hormigón se midieron mediante elongámetros Demec de 5 centímetros de base. Cuatro a cinco días después de hormigonadas las vigas se colocaban los elongámetros, tal como se indica en la figura 2, sobre los paramentos laterales de las vigas, con el objeto de determinar las deformaciones horizontales y verticales. En cada extremo de la viga se colocaban los elongámetros en los dos paramentos, obteniéndose así cuatro diagramas de deformaciones horizontales para cada viga.

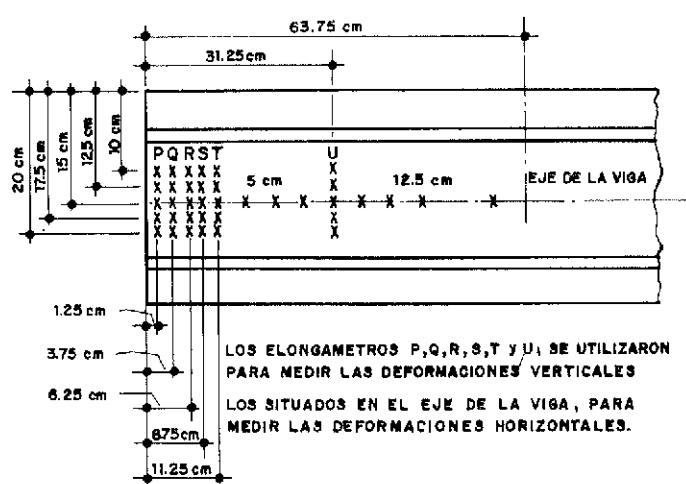


Fig. 2.— Localización de los puntos donde se colocan los elongámetros en los paramentos laterales de las zonas extremas de las vigas.

Las lecturas de las deformaciones horizontales y verticales se hicieron antes del desestado y después de cada una de las etapas de transferencia de la tensión. A partir de la media de las cuatro lecturas de las deformaciones verticales correspondientes a las caras de las vigas, registradas después de cada etapa, se calculaba la distribución de tensiones transversales de tracción a lo largo del eje de la viga.

Las máximas tensiones transversales en las testas o caras extremas de las vigas se dedujeron extrapolando dichos diagramas de distribución de tensiones transversales, ya que las deformaciones en estas caras extremas no se podían medir dada la disposición de los alambres.

La sensibilidad de los elongámetros Demec de 5 cm de base era de  $5 \times 10^{-4}$  por división. Las tensiones se obtuvieron multiplicando las deformaciones medidas por el módulo de elasticidad deducido, en cada caso, en la forma indicada en el párrafo siguiente:

### Módulo de elasticidad.

Para obtener el módulo de elasticidad del hormigón en el momento de la transferencia del pretensado, se ensayó una probeta cilíndrica de hormigón, de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, por cada amasada.

Para medir las deformaciones de las probetas se emplearon elongámetros mecánicos Huggenberger de 10 cm de base. Los ensayos se realizaron de acuerdo con el procedimiento descrito en la Norma BS 1881-1952 para ensayos de probetas de hormigón.

### Longitud de transmisión deducida de los diagramas de deformación

A partir de la lectura de las deformaciones horizontales, se trazaron los diagramas de las deformaciones en las caras extremas de las vigas. En la figura 3 se reproduce una serie de estos diagramas, correspondientes a una viga-tipo.

De la observación de dichos diagramas se deduce que la transmisión del pretensado al hormigón se verifica de acuerdo con una ley que se ajusta aproximadamente a una curva de tipo exponencial, lo que indica que la longitud necesaria para la total transmisión de la fuerza de pretensado es teóricamente infinita. En el presente estudio, sin embargo, se ha deducido la longitud de transmisión, a partir de los diagramas experimentales de deformaciones, de acuerdo con las prescripciones de la norma alemana DIN-4227-1953, según la cual, la distancia desde el extremo de la viga hasta la sección, en la cual se ha alcanzado ya el 80 por 100 de la deformación total ( $l_{e80}$ ), se toma como base para determinar la longitud de transmisión (1). La longitud de transmisión  $l_{te}$  se calcula a partir de esta distancia mediante la relación  $l_{te} = 1,35 l_{e80}$ . Se ha comprobado que, aproximadamente, del 90 al 95 por 100 de la fuerza de pretensado, se ha transmitido a lo largo de esa longitud. En la tabla 2 se designan por  $l_{te}$  las longitudes de transmisión obtenidas, experimentalmente, de la forma indicada.

Las longitudes de transmisión calculadas se dedujeron utilizando la expresión analítica experimental (8):

$$l_{te} = \sqrt{\frac{\Delta_0}{K_t}} \text{ (en pulgadas)}$$

TABLA 2.—Comparación de las longitudes de transmisión, experimentales y teóricas en los casos de destesado brusco y gradual (en diferente número de etapas).

Designación de la viga	Resistencia del hormigón en el momento del destesado	Penetración de los alambres $\Delta_0 \times 10^{-3}$	Longitud de transmisión en mm			Número de etapas de destesado (aproximadamente iguales)
			$l_{te}$ (experimental)	$l_{tc1}$ (en función de $\Delta_0$ )	$l_{tc2}$ (en función de $\sqrt{\mu_t}$ )	
D <sub>11</sub> -B	481,6	609	453	413	543	8 (gradual)
D <sub>11</sub> -B	459	1.362	601	626	518	4
D <sub>11</sub> -B	482	1.624	553	680	651	2
D <sub>11</sub> -B	583	1.152	570	569	570	1 (brusco)
D <sub>12</sub> -B	462	1.379	555	601	538	8 (gradual)
D <sub>12</sub> -B	474	1.642	617	680	543	4
D <sub>12</sub> -B	519	1.990	672	711	556	2
D <sub>12</sub> -B	490	1.310	599	609	548	1 (brusco)
D <sub>21</sub> -B	481	491	438	370	543	8 (gradual)
D <sub>21</sub> -B	389	996	480	528	518	4
D <sub>21</sub> -B	481,6	1.989	560	741	543	2
D <sub>21</sub> -B	583	960	523	523	570	1 (brusco)
D <sub>22</sub> -B	275	685	454	451	472	8 (gradual)
D <sub>22</sub> -B	474	1.112	563	563	543	4
D <sub>22</sub> -B	519	1.435	609	637	556	2
D <sub>22</sub> -B	490	1.329	599	614	548	1 (brusco)
D <sub>31</sub> -B	552	1.107	616	561	563	8 (gradual)
D <sub>31</sub> -B	621	1.182	579	579	584	4
D <sub>31</sub> -B	439	1.524	642	655	533	2
D <sub>31</sub> -B	574	1.072	579	550	571	1 (brusco)
D <sub>32</sub> -B	525	990	518	528	556	8 (gradual)
D <sub>32</sub> -B	508	1.052	528	543	556	4
D <sub>32</sub> -B	486	1.152	561	573	548	2
D <sub>32</sub> -B	497	1.052	510	543	548	1 (brusco)
D <sub>41</sub> -B	552	1.092	543	553	563	8 (gradual)
D <sub>41</sub> -B	621	1.410	609	631	584	4
D <sub>41</sub> -B	439	1.155	573	570	533	2
D <sub>41</sub> -B	574	1.208	502	586	571	1 (brusco)
D <sub>42</sub> -B	525	1.078	540	553	556	8 (gradual)
D <sub>42</sub> -B	508	1.486	609	609	553	4
D <sub>42</sub> -B	486	1.569	573	668	548	2
D <sub>42</sub> -B	497	1.462	624	647	548	1 (brusco)

y la expresión semiempírica (9):

$$t_{t_2} = \sqrt{\frac{V\mu_t}{180}} \times 10^8 \text{ (en pulgadas)}$$

en las cuales:

$\Delta_0$  = penetración de los alambres, en las secciones extremas de las piezas, (en pulgadas);

$K_l$  = coeficiente igual a  $90 \times 10^{-6}$  para los alambres de 3 mm de diámetro

$\mu_t$  = resistencia del hormigón, en probeta cúbica, en lb/m<sup>2</sup>, en el momento de la transferencia.

## DISCUSION DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

### Longitud de transmisión.

Se obtuvieron los diagramas de deformaciones horizontales correspondientes a las 32 vigas ensayadas, y a partir de los mismos se dedujeron las longitudes de transmisión. En la figura 3 se reproducen los diagramas de una de las vigas-tipo.

Los valores de las longitudes de transmisión se han deducido, en cada caso, a partir de la media de cuatro diagramas, como mínimo.

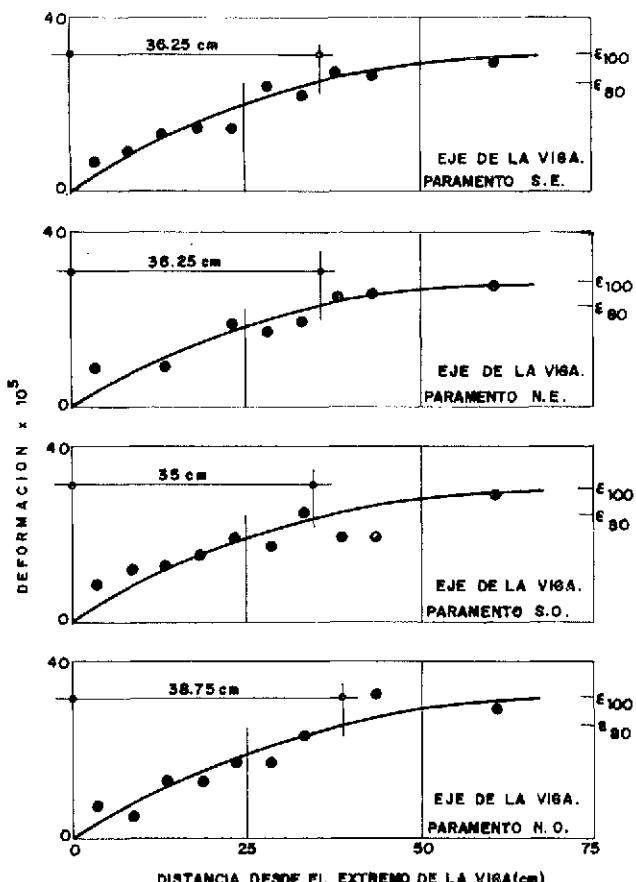


Fig. 3. — Diagramas de deformación, viga Dn-13 (destesado brusco; una sola etapa).

En la tabla 2 se indican las longitudes de transmisión correspondientes al destesado en ocho, cuatro, dos y una etapa.

La relación entre la longitud de transmisión y el número de etapas en que se realizó el destesado se obtuvo para todas las vigas. En la figura 4 se representan, para algunas de las vigas, dichas relaciones.

Se comprueba que, al disminuir el número de etapas de destesado, aumenta la longitud de transmisión, lo que indica que como consecuencia del destesado brusco, para los alambres de 5 mm de diámetro, utilizados en estos ensayos, aumenta la longitud de transmisión.

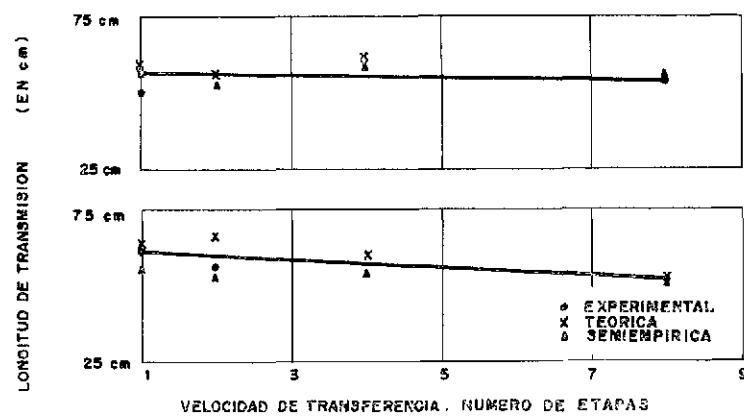


Fig. 4. — Influencia de la velocidad de transferencia en la longitud de transmisión.

Los incrementos de la longitud de transmisión originados por el destesado brusco varían entre el 15 y el 25 por 100 para las ocho vigas, con un valor medio del 17 por 100, en comparación con las longitudes correspondientes a un destesado gradual. De acuerdo con los ensayos desarrollados por Rüsch y Rehm, el destesado brusco produce, invariabilmente, un aumento de la longitud de transmisión. Pero en algunos aceros, tales como el número 16 de la tabla 1, se observa que la longitud de transmisión puede también disminuir cuando se realiza el destesado brusco.

El acero núm. 10, empleado en dichos ensayos, era análogo al grafilado utilizado en el presente estudio. Para el citado acero, el aumento registrado en la longitud de transmisión fue del 19 por 100 (1).

#### Tensiones verticales de tracción.

Guyon afirma que las máximas tensiones de tracción disminuyen rápidamente al aumentar la longitud de transmisión, y que si la longitud de transmisión es pequeña, las tracciones transversales pueden alcanzar valores elevados capaces de producir una fisuración del hormigón en los extremos de la viga (7).

Base de las investigaciones por él desarrolladas deduce que debe tenerse un especial cuidado al calcular las secciones de anclaje de los elementos de hormigón pretensado, con armaduras pretensadas constituidas por gran número de alambres delgados, ya que las pequeñas longitudes de transmisión pueden producir, en estos casos, fuertes tensiones en el hormigón (5).

Marshall y Mattock afirman que cuanto más brusca es la transferencia de tensiones al hormigón mayores son las tracciones verticales en las zonas extremas de las vigas pretensadas con armaduras pretesas (4).

De acuerdo con Rüsch y Rehm, el riesgo de fisuración del hormigón en los extremos de las vigas pretensadas con armaduras pretesas, a causa de las tracciones transversales, aumenta con la acción de la adherencia, es decir, que una reducción de la longitud de transmisión puede suponer un peligro de fisuración del hormigón, como consecuencia de las fuertes tensiones de tracción que aparecen en los extremos de las piezas en el instante de la transferencia de la fuerza de pretensado (1). Como se ve, todas estas opiniones expuestas coinciden en que la reducción de la longitud de transmisión puede conducir a un aumento de las tensiones en los extremos de las vigas pretensadas con armaduras pretesas ancladas por adherencia. Sin embargo, los ensayos descritos en el presente trabajo demuestran que el destesado brusco aumenta las tensiones verticales de tracción en estas zonas y, al mismo tiempo, aumenta también la longitud de transmisión.

Las tracciones verticales o transversales a lo largo del eje de la viga, en las zonas extremas, se representan en la figura 5. Estos diagramas han sido utilizados para deducir las máximas tracciones en el eje de las testas o caras extremas de las vigas.

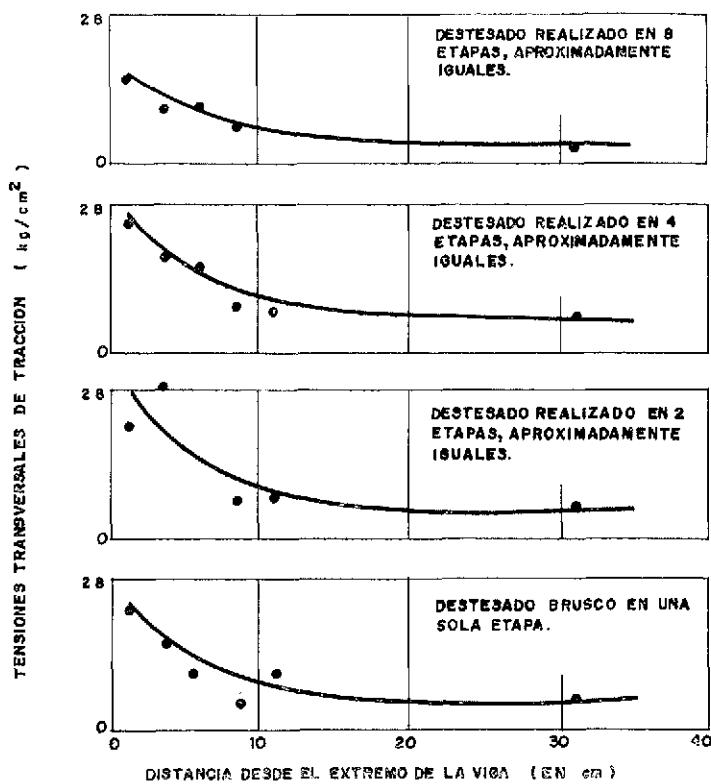


Fig. 5.—Distribución de las tensiones transversales de tracción, medidas a lo largo del eje de la viga.

En la figura 6 se indica la relación entre las tensiones máximas de tracción en las caras extremas de las vigas y la velocidad de transferencia de la fuerza de pretensado, expresada en función del número de etapas del destesado. Como puede apreciarse, la variación es aproximadamente lineal, lo cual indica que el destesado brusco aumenta las tracciones en las zonas extremas. Esto confirma la opinión de algunos técnicos de que cuan-

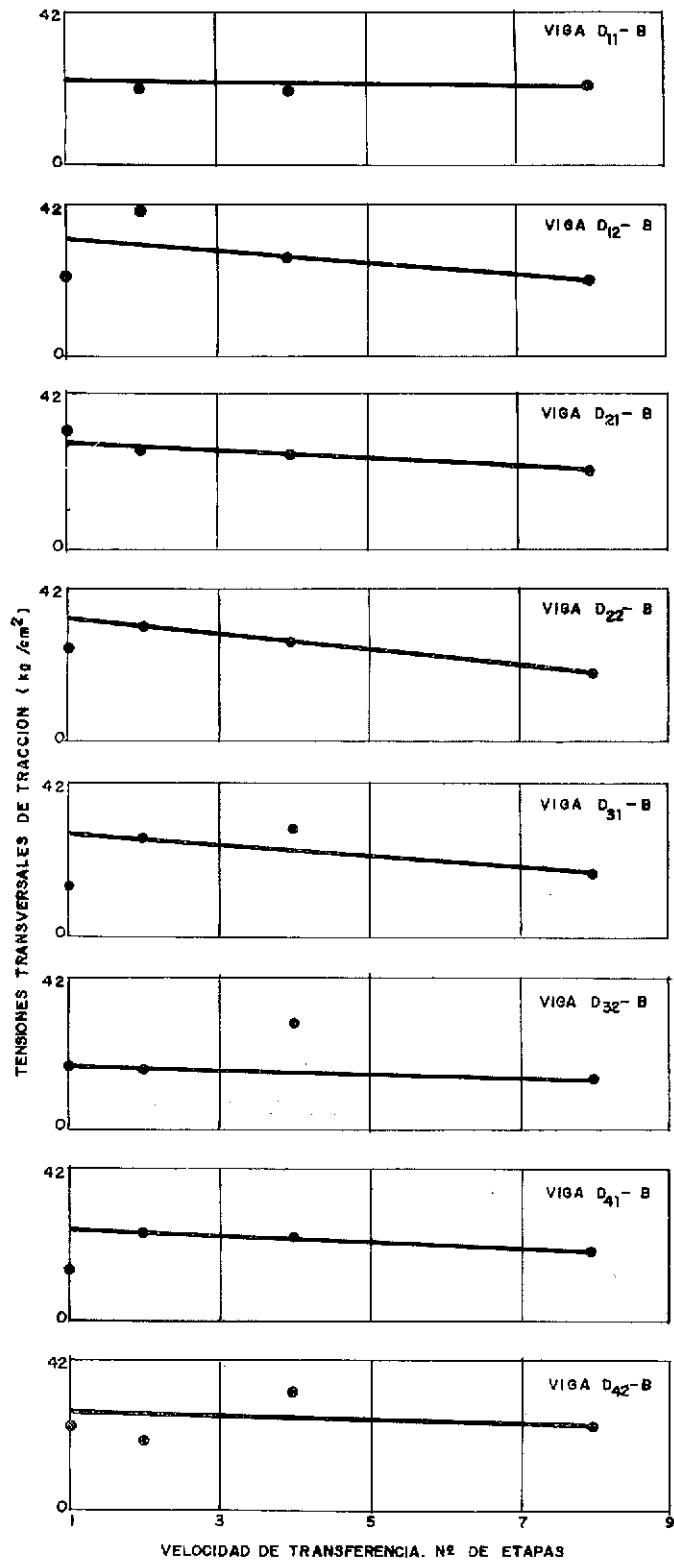


Fig. 6.—Influencia de la velocidad de transferencia en las tensiones transversales de tracción que aparecen en el eje del alma de la cara extrema de la viga.

to más brusca es la transferencia de tensiones al hormigón mayores son las tensiones verticales de tracción y mayores las posibilidades de fisuración de dichas zonas extremas.

## DISCUSION DE OTROS FACTORES QUE AFECTAN A LA LONGITUD DE TRANSMISION

Los diversos factores que se sabe afectan a la longitud de transmisión son:

- I. Resistencia del hormigón en el instante de la transferencia de las tensiones.
- II. Magnitud de la tensión en los alambres.
- III. Características superficiales de los alambres.
- IV. Plazo transcurrido desde que se efectuó la transferencia de las tensiones.
- V. Método o procedimiento de destesado (brusco o gradual).

El efecto del destesado brusco sobre la longitud de transmisión ya ha sido estudiado en el presente trabajo. A continuación se presenta una breve reseña de cómo influyen los restantes factores que afectan a la longitud de transmisión.

### Resistencia del hormigón.

Se sabe que, en general, al aumentar la resistencia del hormigón disminuye la longitud de transmisión para un tipo de armadura dado, y se favorece la aparición rápida de deformaciones. Se cree, sin embargo, que el grado de compactación del hormigón en las zonas extremas tiene una mayor influencia que la propia resistencia del hormigón sobre la aparición de deformaciones. De los ensayos realizados se deduce que, en particular para los alambres de 5 mm de diámetro, la influencia de la resistencia del hormigón se puede considerar insignificante (8). Marshall, utilizando hormigones de muy alta resistencia, del orden de los  $810 \text{ kg/cm}^2$ , obtuvo longitudes de transmisión de unos 63 cm (12).

Muchos otros trabajos de investigación han confirmado que, para alambres de 5 milímetros de diámetro, la influencia de la resistencia del hormigón es despreciable (5 y 6).

De acuerdo con Janney, al aumentar la resistencia del hormigón suele mejorar sus características de adherencia (6). Puesto que la adherencia entre el hormigón y los alambres de las armaduras pretensas se debe, principalmente, al rozamiento, el deslizamiento de los alambres en los extremos de las piezas reducirá considerablemente esta resistencia por rozamiento y, por consiguiente, la influencia de la resistencia del hormigón sobre el valor de la adherencia y, como consecuencia, sobre la longitud de transmisión no debe ser muy importante.

Es también dudoso que el coeficiente de rozamiento entre el acero y la pasta de cemento dependa mucho de la calidad de dicha pasta. Probablemente, la calidad del hormigón ayuda soportando la presión radial que se produce como consecuencia del aumento que experimenta el diámetro de los alambres cuando se destesan.

Rüsch y Rehm, utilizando diferentes aceros y resistencias de hormigón, deducen que los resultados de la influencia de la calidad del hormigón presentan una dispersión considerable (1). Aparentemente, incluso pequeñas deficiencias en la compactación del hormigón pueden dar lugar a diferencias apreciables de las longitudes de transmisión.

Los resultados de los ensayos realizados por Base sobre la longitud de transmisión para diferentes tipos de cables y alambres de 5 mm de diámetro, revelan también que la

influencia de la resistencia del hormigón en la longitud de transmisión de estas armaduras es despreciable (5). Se puede, por tanto, afirmar que, en general, la influencia de la resistencia del hormigón en la longitud de transmisión de los alambres de 5 mm de diámetro no es significativa siempre que se trate de hormigones cuyas resistencias sean las normalmente utilizadas para los elementos de hormigón pretensado.

### **Magnitud de la fuerza de pretensado.**

De una serie de ensayos realizados en Rusia por Ratz y otros autores, se ha deducido que para los tipos de acero empleados en la Unión Soviética la longitud de transmisión aumenta al aumentar la fuerza de pretensado introducida en las armaduras (10). Pero normalmente, en los elementos pretensados los alambres se suelen tesar a la máxima tensión admisible y, como consecuencia, para un tipo de alambre o tendón dado la influencia de la magnitud de pretensado sobre la longitud de transmisión es de orden secundario. Si los tendones no estuviesen tesos, la longitud de transmisión sería menor que la correspondiente a las armaduras tesas a la máxima tensión admisible y, por consiguiente, cualquier error, siempre que no se sobrepase como es lógico dicha tensión admisible, quedará siempre del lado de la seguridad.

### **Características superficiales de los alambres.**

La transferencia de las tensiones de las armaduras de pretensado al hormigón se realiza gracias a la adherencia. Se sabe que los alambres oxidados y corrugados presentan mejores cualidades adherentes que aquéllos cuya superficie está limpia y lisa, y que las propiedades adherentes de los alambres corrugados dependen, principalmente, de la profundidad de las corrugaciones, como indican los ensayos realizados por Ratz y otros (10). Los ensayos de Janney sobre alambres de pequeño diámetro demuestran que en los alambres oxidados la transferencia total de la fuerza de pretensado se verifica a mayor velocidad y en una distancia, medida a partir del extremo de la pieza, algo más corta que en el caso de alambres limpios.

Rüsch y Rehm han estudiado también la influencia de las características superficiales de los alambres sobre la longitud de transmisión, mediante ensayos realizados con distintos tipos de acero, deduciendo que dicha longitud de transmisión depende, fundamentalmente, de la resistencia al deslizamiento (1).

En el caso de alambres lisos de pretensado la acción de la adherencia se destruye aun para pequeños deslizamientos, y la resistencia al deslizamiento de estos alambres es baja. Para alambres corrugados y estriados, el enlace entre el acero y el hormigón es mucho mayor y, por consiguiente, aumenta considerablemente la resistencia al deslizamiento.

### **Factor tiempo.**

Unas primeras investigaciones desarrolladas por Ross y Evans mediante ensayos realizados con alambres de pequeño diámetro indicaban que, después de transcurrido un cierto período de tiempo, se incrementaba notablemente la longitud de transmisión. Pero recientemente, Basé y otros han efectuado ensayos con alambres de 5 mm de diámetro, de los cuales se deduce que la influencia del factor tiempo sobre la longitud de transmisión es

insignificante (3, 5, 8). Las mediciones efectuadas por Base mediante comparadores dispuestos en los extremos salientes de los alambres, así como las realizadas en los ensayos descritos en el presente artículo confirman que la penetración inicial de los alambres, prácticamente, no continúa con el tiempo. Por consiguiente, la influencia del tiempo sobre la longitud de transmisión en los alambres de 5 mm de diámetro puede considerarse despreciable.

## CONCLUSIONES

- I. El aumento de la longitud de transmisión producido por un destesado brusco para los alambres grafilados de 5 mm de diámetro utilizados en los ensayos descritos en el presente trabajo, es aproximadamente de un 17 por 100 con respecto a los valores obtenidos cuando el destesado se realiza en forma gradual (en ocho etapas).
- II. De los ensayos anteriormente citados y de los realizados por otros autores, se deduce que, en general, el destesado brusco da lugar a un aumento de la longitud de transmisión. Sin embargo, con algunos aceros, tales como el tipo 16 de la tabla 1, correspondiente a los ensayos realizados por Rüsch y Rehm, ocurre que dicha longitud de transmisión puede también disminuir cuando la transferencia de la fuerza de pretensado se efectúa bruscamente (1).

De los ensayos realizados por Hanson sobre alambres de superficie lisa de 5 mm de diámetro se deduce que el destesado brusco no influye en la longitud de transmisión de estos alambres (2). Los ensayos descritos revelan que el aumento o disminución de la longitud de transmisión no es independiente del tipo y características superficiales de los alambres empleados.

- III. De todo ello se desprende la necesidad de realizar nuevas investigaciones para estudiar la influencia del destesado brusco en los distintos tipos de tendones utilizados en los elementos de hormigón pretensado con armaduras pretensas ancladas por adherencia.
- IV. Se ha comprobado que el destesado brusco aumenta el valor de las tensiones verticales de tracción en las zonas extremas de las vigas y, por consiguiente, la posibilidad de fisuración de dichas zonas. El aumento de dichas tensiones de tracción varía entre el 15 y el 85 por 100, con un valor medio del 43 por 100, para las ocho vigas ensayadas, en comparación con los valores obtenidos cuando el destesado se efectúa en forma gradual.
- V. Los resultados confirman que cuanto más rápida o brusca es la transferencia de la fuerza de pretensado al hormigón mayores son las tensiones verticales de tracción en las zonas extremas de las vigas; pero no corroboran la opinión de que el destesado brusco conduce a un acortamiento de las longitudes de transmisión (3 y 4).
- VI. Tomando como base los resultados obtenidos en los ensayos descritos, se recomienda que para reducir la magnitud de las tensiones verticales de tracción en las zonas extremas, así como las longitudes de transmisión de los alambres, siempre que ello sea posible, se utilicen en las plantas de prefabricación de elementos de hormigón pretensado con armaduras pretensas, métodos de destesado lento y gradual.

## AGRADECIMIENTO

Esta investigación se ha desarrollado bajo la supervisión del Prof. W. T. Marshall, "Regius Professor" de ingeniería civil de la Universidad de Glasgow, y el autor le agradece sus muy valiosas orientaciones y el interés puesto en el estudio realizado. Asimismo, el autor agradece sinceramente la ayuda, sugerencias y aliento que le prestó el doctor P. D. Arthur, "Senior Lecturer" en el Departamento de Ingeniería Civil de la citada Universidad.

## REFERENCIAS

1. RUSCHI, H., y REHM, G.: "Tests for determining the transmission length of prestressing wires". Library translation no Cj 120. The Cement and Concrete Association, Londres, 1963.
2. HANSON, N. W.: "Discussion on Nature of bond in pretensioned prestressed concrete", by J. R. Janney. Journal of the American Concrete Institute, diciembre 1954, Proc. vol. 50, pp. 736-7-736-10.
3. ARTHUR, P. D., y GANGULI, S.: "Tests on end-zone stresses in pre-tensioned concrete I-beams". Magazine of Concrete Research, junio 1965, vol. 17, pp. 85-96.
4. MARSHALL, W. T., y MATTOCK, A. H.: "Control of horizontal cracking in the ends of pre-tensioned prestressed concrete girders". Journal of the Prestressed Concrete Institute, octubre 1962, volumen 7, pp. 56-74.
5. BASE, G. D.: "An investigation of transmission length in pretensioned concrete". Research report number Rr 5. The Cement and Concrete Association. Londres, 1958.
6. JANNEY, J. R.: "Nature of bond in pre-tensioned prestressed concrete". Journal of the American Concrete Institute, mayo 1954, vol. 50, pp. 717-736.
7. GUYON, Y.: "Prestressed concrete". Vol. 1. Contractors Record Limited. Londres, 1953.
8. MARSHALL, W. T., y KRISHNAMURTHY, D.: "An experimental and analytical investigation of transmission length in pre-tensioned prestressed concrete". Magazine of Concrete Research (próxima publicación).
9. MARSHALL, W. T., y KRISHNAMURTHY, D.: "The transmission length of prestressing tendons from the cube strengths at transfer. The Indian Concrete Journal, julio 1969, vol. 43, pp. 244-253 y 275.
10. RATZ, E. H.; HOLMJANSKI, M. M., y KOLNER, V. M.: "The transmission of prestress to concrete by bond. Third Congress of the Federation Internationale de la Précontrainte". Berlín, 1958, Paper 10, Session III. The Cement and Concrete Association. Londres, 1958, pp. 624-640.
11. RATZ, E. H.; HOLMJANSKI, M. M., y KOLNER, V. M.: "Methods of testing concrete". BS 1881: 1952. British Standards Institution. Londres.
12. MARSHALL, C.: "End anchorage and bond stress in prestressed concrete". Magazine of Concrete Research, diciembre 1949, vol. 1, pp. 123-127.

Traducido por R. Piñeiro

# inhor

s. a.

INDUSTRIAS DEL HORMIGON  
aplicaciones del hormigón pretensado



ACEQUIAS Y CANALES PARA RIEGOS

Vigas y viguetas • Cubiertas • Estructuras

Embajadores, 252 - Teléfono 239 56 00 - MADRID-5

# **ensayos sobre un tipo especial de unión viga-losa para puentes o viaductos de hormigón pretensado**

**E. MATERA (\*)**

## **1. PREAMBULO**

El continuo incremento de la construcción, unido al desarrollo económico, hace cada día más necesario recurrir a la prefabricación y a la construcción en serie.

Esta necesidad, por otra parte, se acentúa cuando se intenta reducir el coste de la construcción limitando la incidencia de la mano de obra no calificada y reduciendo sensiblemente el plazo de ejecución. Con ello, al propio tiempo, se consigue el beneficio adicional que se deduce de la mejor calidad de los elementos prefabricados.

En efecto, toda fabricación de tipo industrial ofrece la posibilidad de realizar un efectivo control de los materiales y conseguir una sensible constancia de calidad y uniformidad de resultados.

\* \* \*

En el campo de la construcción de carreteras y autopistas se han registrado importantes progresos en los últimos años, especialmente en lo que se refiere a la construcción de puentes y viaductos.

Con la utilización, cada vez más extendida, del hormigón pretensado la prefabricación se ha desarrollado de un modo muy notable. Primeramente, se aplicó esta técnica a la construcción de vigas; pero después se fue extendiendo también a la de las traviesas de arriostramiento de dichas vigas e incluso a la de las losas de los tableros.

Varios son los sistemas que para ello actualmente se utilizan. Todos tienen como objetivo común construir estructuras que permitan reducir al mínimo los trabajos en obra, pero que, al propio tiempo, se ajusten lo más posible a las hipótesis de cálculo relativas al comportamiento del conjunto, en especial en lo que se refiere a la colaboración mutua entre los distintos elementos prefabricados independientemente y unidos después entre sí en obra.

---

(\*) *Nota de la Redacción:* Deseamos dejar constancia de nuestro agradecimiento al autor de este interesante trabajo, Ing. Ennio Matera, por su amabilidad al enviarnos el texto original y las figuras que lo ilustran y autorizarnos a incluir en nuestra Revista la versión en español del mismo.

## 2. SISTEMA DE UNION SOMETIDO A ENSAYO

Entre los diferentes sistemas utilizados, ofrece particular interés el que consiste en prefabricar las vigas, las riostras y la losa del tablero. Sus principales ventajas residen en su coste relativamente reducido y el plazo mínimo de ejecución que permite.

En este sistema, representado en la figura 1, la unión y colaboración entre vigas y riostras quedan aseguradas mediante el pretensado introducido una vez colocados en obra los distintos elementos.

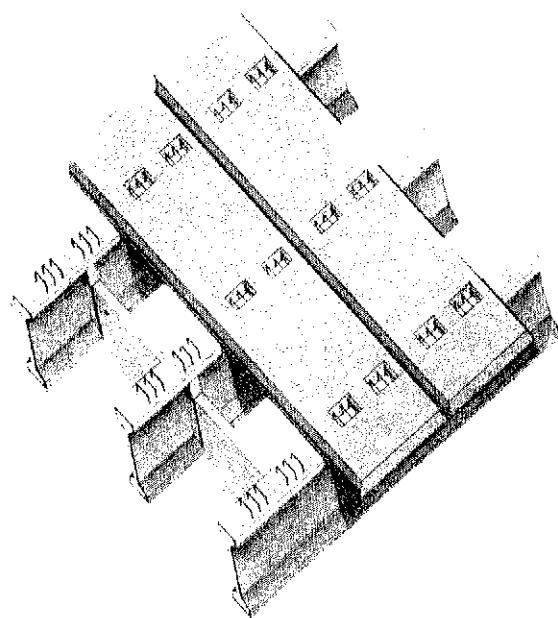


Fig. 1.—Tipo de tablero totalmente prefabricado.

La colaboración entre las placas individuales que forman la losa del tablero queda asegurada mediante el empalme de las mismas, con lo que se logra obtener un solo elemento continuo, tanto en dirección longitudinal como transversal. Por el contrario, la unión vigas-losa, como puede apreciarse en la figura, se efectúa sólo en determinados puntos, mediante un "cosido" discontinuo realizado en huecos oportunamente dispuestos en las placas, en los cuales penetran las armaduras salientes dejadas en la parte superior de las vigas; armaduras que quedan integradas en la losa al hormigonar posteriormente los huecos dejados en las placas.

Por consiguiente, este sistema permite la prefabricación completa del tablero con una sensible reducción del tiempo necesario para su ejecución. En condiciones normales, en una obra de la autopista Salerno-Reggio Calabria se ha logrado construir así, en sólo cuatro días, el tablero completo de un tramo de 31 m de luz.

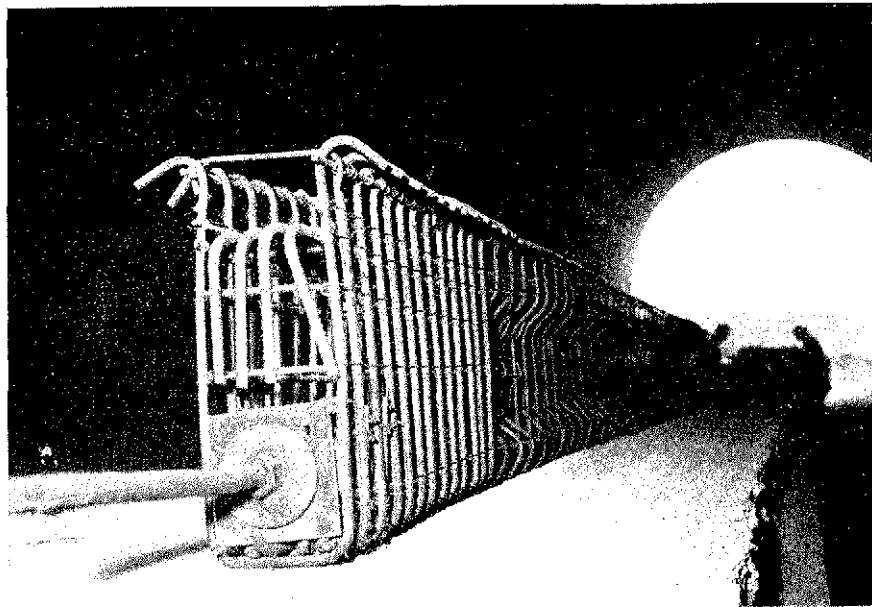
Como consecuencia de las notables ventajas que ofrece, es de esperar que este sistema constructivo adquiera un importante desarrollo en el futuro. Por ello, se ha estimado oportuno someter la unión viga-losa, anteriormente descrita, a una comprobación *experimental-comparativa* con el objeto de confirmar su eficacia (1).

(\*) A juicio del autor, los ensayos hasta ahora realizados (Pellegrino Gallo: "Ensayo de un nuevo sistema de unión entre vigas de puente y losa prefabricada de grandes dimensiones". Publicado en *Autostrade*, número 12, 1964), no han facilitado datos suficientes para poder comparar el comportamiento de los sistemas continuos de unión viga-losa, con el sistema discontinuo que aquí se propugna.

### 3. CARACTERISTICAS DE LOS ENSAYOS

Los ensayos se realizaron con la ayuda de técnicos del Instituto de Ciencias de la Construcción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Bari. Se ensayaron 16 vigas, sometiéndolas a cargas de diferente magnitud, con el objeto de poder investigar su comportamiento, tanto en el campo elástico como en el plástico.

Con estas pruebas se ha intentado comparar el comportamiento del conjunto viga-losa con enlace continuo (vigas prefabricadas y losa hormigonada *in situ*) y con enlace discontinuo (vigas y losa prefabricadas).



Fotografía 1. — Armadura de las vigas tipo D.

Con el objeto de que en los resultados no exista influencia del sistema de pretensado utilizado, en algunas vigas se emplearon, como armaduras activas, cables no adheridos, y en otras, cordones adherentes.

Se utilizaron cables constituidos por  $10\phi 6$ , con anclajes Prebeton tipo B-F y cordones de  $1/2"$  constituidos por  $7\phi 4$  cada uno.

Para obtener resultados comparables, todas las vigas tenían la misma sección e igual momento de inercia.

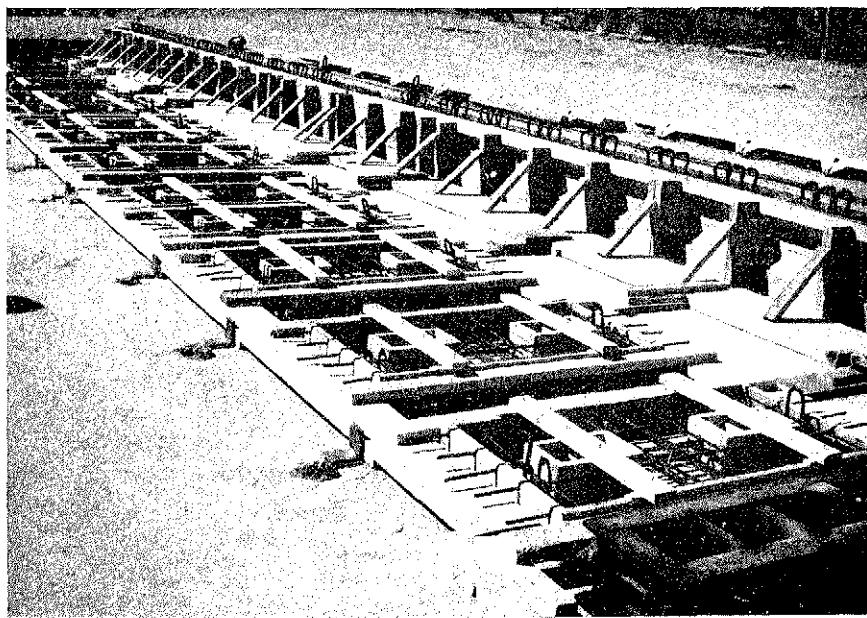
De las 16 vigas construidas, 8 (los tipos A y B) se pretensaron con cordones adherentes (3 cordones de media pulgada) y otras 8 (los tipos C y D) con cables no adheridos (un cable de  $10\phi 6$ ).

Después de introducida en las vigas la fuerza de pretensado se construyó la losa, para unas vigas, hormigonada *in situ*, y para otras, prefabricada y solidarizándola después con las vigas. En este último caso se reprodujo, en cuanto fue posible, el sistema constructivo, cuya eficacia se intentaba demostrar.

En definitiva, se sometieron a ensayo:

- 4 vigas tipo A, con cordones adherentes y losa prefabricada;
- 4 vigas tipo B, con cordones adhrentes y losa hormigonada in situ;
- 4 vigas tipo C, con cables no adheridos y losa prefabricada, y
- 4 vigas tipo D, con cables no adheridos y losa hormigonada in situ.

A continuación se reproducen los esquemas representativos de los distintos elementos, con indicación de las características geométricas y elásticas de las vigas. También se señalan los datos relativos a las tensiones introducidas antes del ensayo.



Fotografía 2.—Hormigonado de las vigas y losa tipo A.

### VIGAS TIPO A y B (cordones adherentes)

- Armadura de pretensado: Cordones de media pulgada. Sección:  $3 \times 0,929 = 2,787 \text{ cm}^2$ .
- Distancia del baricentro de las armaduras al borde superior =  $43,8 \approx 44 \text{ cm}$ .
- Tensión de la armadura de pretensado, a tiempo infinito =  $9.000 \text{ kg/cm}^2$ .
- Pérdida total de la fuerza de pretensado =  $27\%$ .

#### 1.<sup>a</sup> FASE (Viga sola)

$$\begin{aligned}A &= 566,93 \text{ cm}^2 \\J &= 100.541,47 \text{ cm}^4 \\W_{s,t} &= 4.753,73 \text{ cm}^3 \\W_i &= 5.333,76 \text{ cm}^3 \\(1) \quad \sigma_{s,t} &= + 7,71 \text{ kg/cm}^2 \\&\sigma_i = -90,54 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

#### 2.<sup>a</sup> FASE (Viga y losa solidarizadas y sometidas sólo al peso propio de la estructura)

$$\begin{aligned}A &= 1.066,93 \text{ cm}^2 \\J &= 280.492,85 \text{ cm}^4 \\W_s &= 15.158,35 \text{ cm}^3 \\W_{s,t} &= 32.190,20 \text{ cm}^3 \\W_i &= 9.211,99 \text{ cm}^3 \\&\sigma_s = 0 \\&\sigma_{s,t} = -6,17 \text{ kg/cm}^2 \\&\sigma_i = -78,17 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

(1) Con el signo + se representan los esfuerzos de tracción.

VIGA TIPO A CORDONES ADHERENTES - LOSA PREFABRICADA

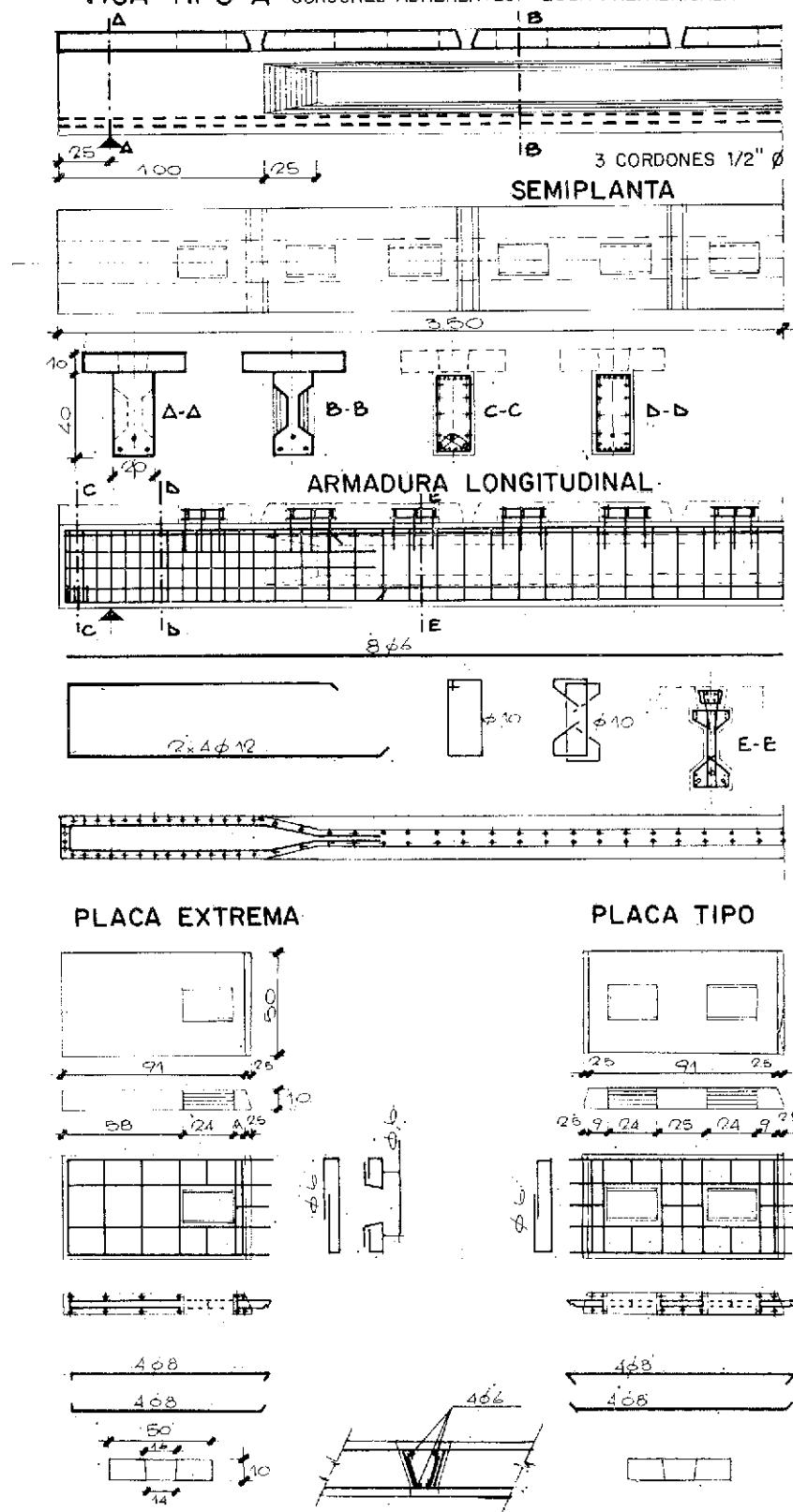
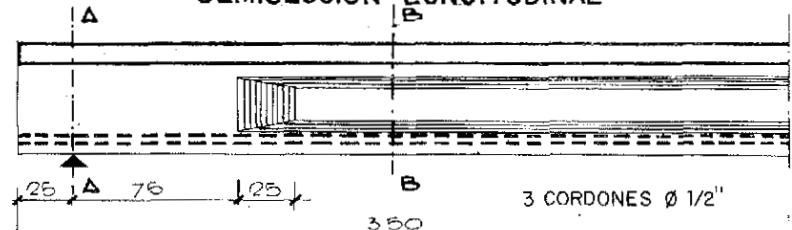


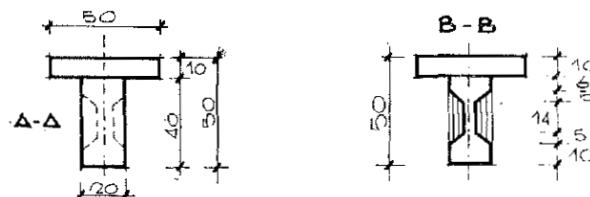
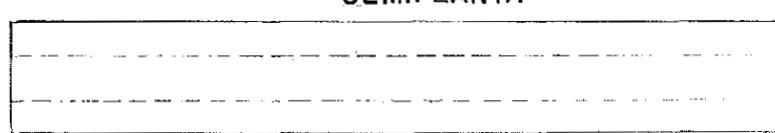
Figura 2.

**VIGA TIPO B CORDONES ADHERENTES.-LOSA CONSTRUIDA IN SITU**

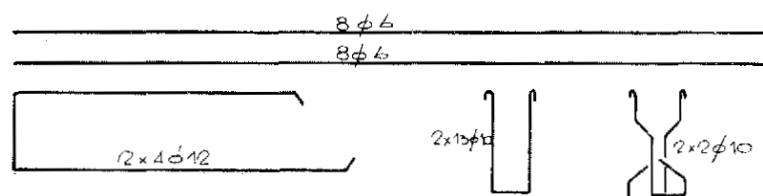
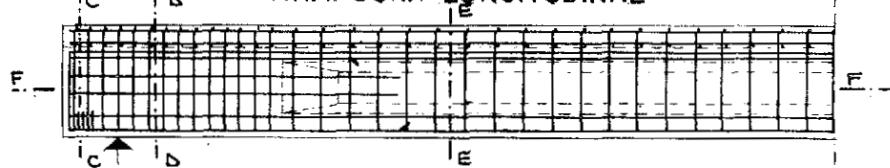
**SEMISECCION LONGITUDINAL**



**SEMIPLANTA**



**ARMADURA LONGITUDINAL**



**F - F**

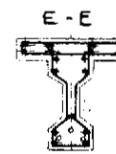
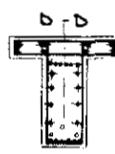
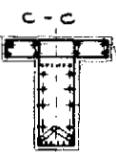
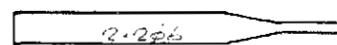
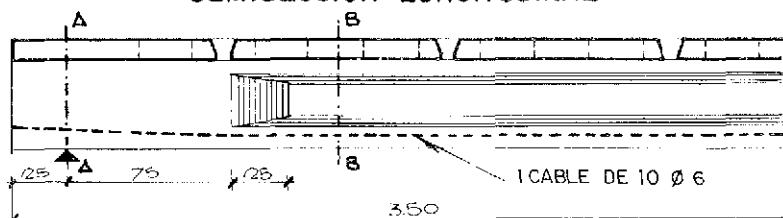


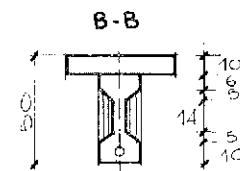
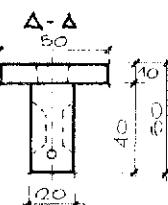
Figura 3.

VIGA TIPO C CABLES NO ADHERIDOS – LOSA PREFABRICADA

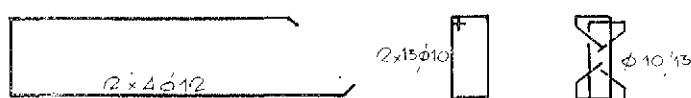
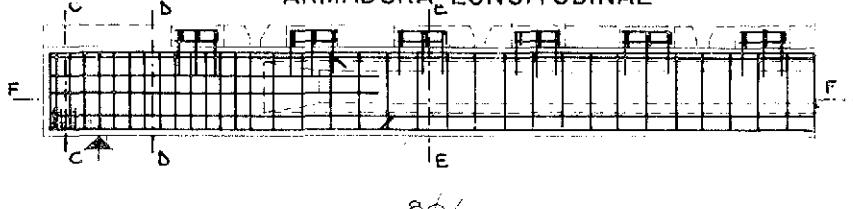
SEMISECCION LONGITUDINAL



SEMIPLANTA



ARMADURA LONGITUDINAL



F - F

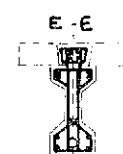
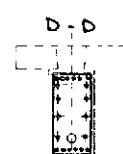
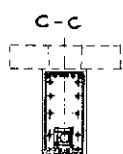
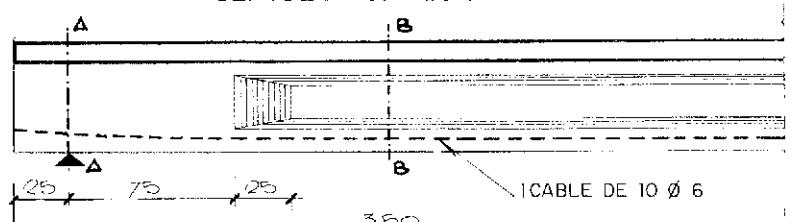


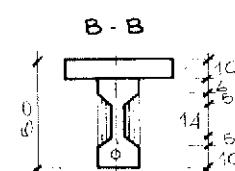
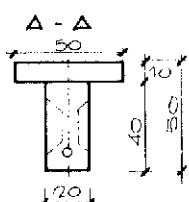
Figura 4.

VIGA TIPO D CABLES NO ADHÉRIDOS - LÓSA CONSTRUIDA IN SITU

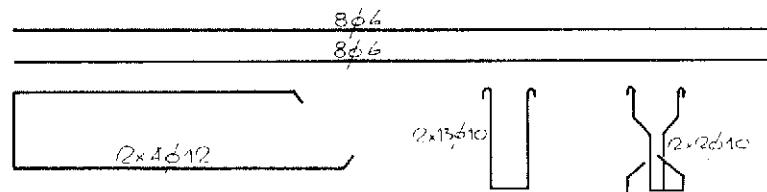
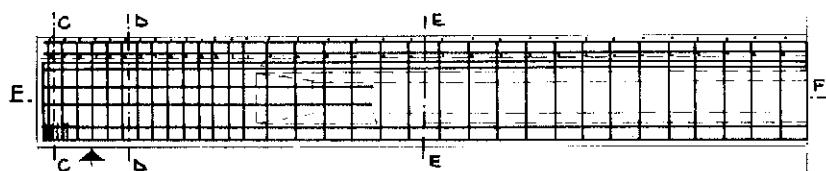
SEMISECCION LONGITUDINAL



SEMIPLANTA



ARMADURA LONGITUDINAL



F - F

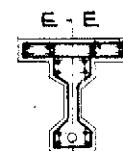
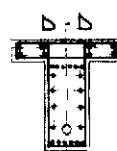
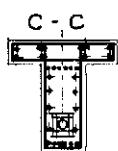
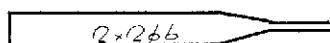
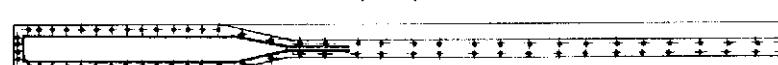


Figura 5.

## VIGAS TIPO C y D (cables no adheridos)

- Armadura de pretensado: 1 cable de  $10 \phi 6$ . Sección =  $2,827 \text{ cm}^2$ .
- Distancia del cable al borde superior = 44 cm.
- Tensión de la armadura de pretensado, a tiempo infinito =  $9.000 \text{ kg/cm}^2$ .
- Pérdida de tensión (excluido el rozamiento y teniendo en cuenta la retracción) =  $\approx 17,65 \%$ .

1.<sup>a</sup> FASE. (Viga sola. Cable no adherido)

2.<sup>a</sup> FASE. (Viga y losa solidarizadas y sometidas sólo al peso propio de la estructura)

$$\begin{aligned} A &= 545,93 \text{ cm}^2 \\ J &= 96.979,79 \text{ cm}^4 \\ W_{s,t} &= 4.691,81 \text{ cm}^3 \\ W_i &= 5.017,06 \text{ cm}^3 \\ \sigma_{s,t} &= + 17,20 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_i &= - 132,83 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 1.067,13 \text{ cm}^2 \\ J &= 286.492,85 \text{ cm}^4 \\ W_s &= 15.158,35 \text{ cm}^3 \\ W_{s,t} &= 32.190,20 \text{ cm}^3 \\ W_i &= 9.211,99 \text{ cm}^3 \\ \sigma_s &= 0 \\ \sigma_{s,t} &= - 4,44 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_i &= - 86,03 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Para la aplicación de las cargas que habían de actuar sobre las vigas, se construyó un pórtico adecuadamente rígido, con perfiles metálicos tipo "Differdingen", contra los cuales se apoyaban dos gatos con pistones de 18,4 cm de diámetro. Los gatos, por tanto, transmitían a la viga dos cargas concentradas de igual magnitud, a través de un sistema de placa rígida y rodillos.

En la figura 6 adjunta se representa el conjunto de este dispositivo de carga.

Para el control de las deformaciones se utilizaron: comparadores centésimales Kasco, para valorar los descensos de los apoyos constituidos por rodillos metálicos; y flexímetros Ferrero, capaces de apreciar 1/20 mm, para valorar las flechas en la sección central y en las secciones a los cuartos de la luz entre apoyos.

Para medir las flechas de valor superior a la capacidad de los flexímetros, se dispusieron reglas metálicas.

Además, en dos vigas de cada tipo se midieron también, con elongómetros eléctricos, las deformaciones en algunos puntos característicos de las vigas, situados precisamente coincidiendo con el borde superior de la viga, en la zona de unión viga-losa, y en el borde inferior de la viga.

Estas mediciones se efectuaron en la sección central y en otras dos secciones situadas, una coincidiendo con el punto en que van dispuestas las armaduras de enlace viga-losa, y otra entre dos puntos de estos consecutivos.

En la figura 7 adjunta se representa el esquema de colocación de estos distintos aparatos de medida.

## RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

A continuación se reproducen los diagramas representativos de las deformaciones registradas en las ocho vigas en las cuales se midieron las deformaciones locales y totales.

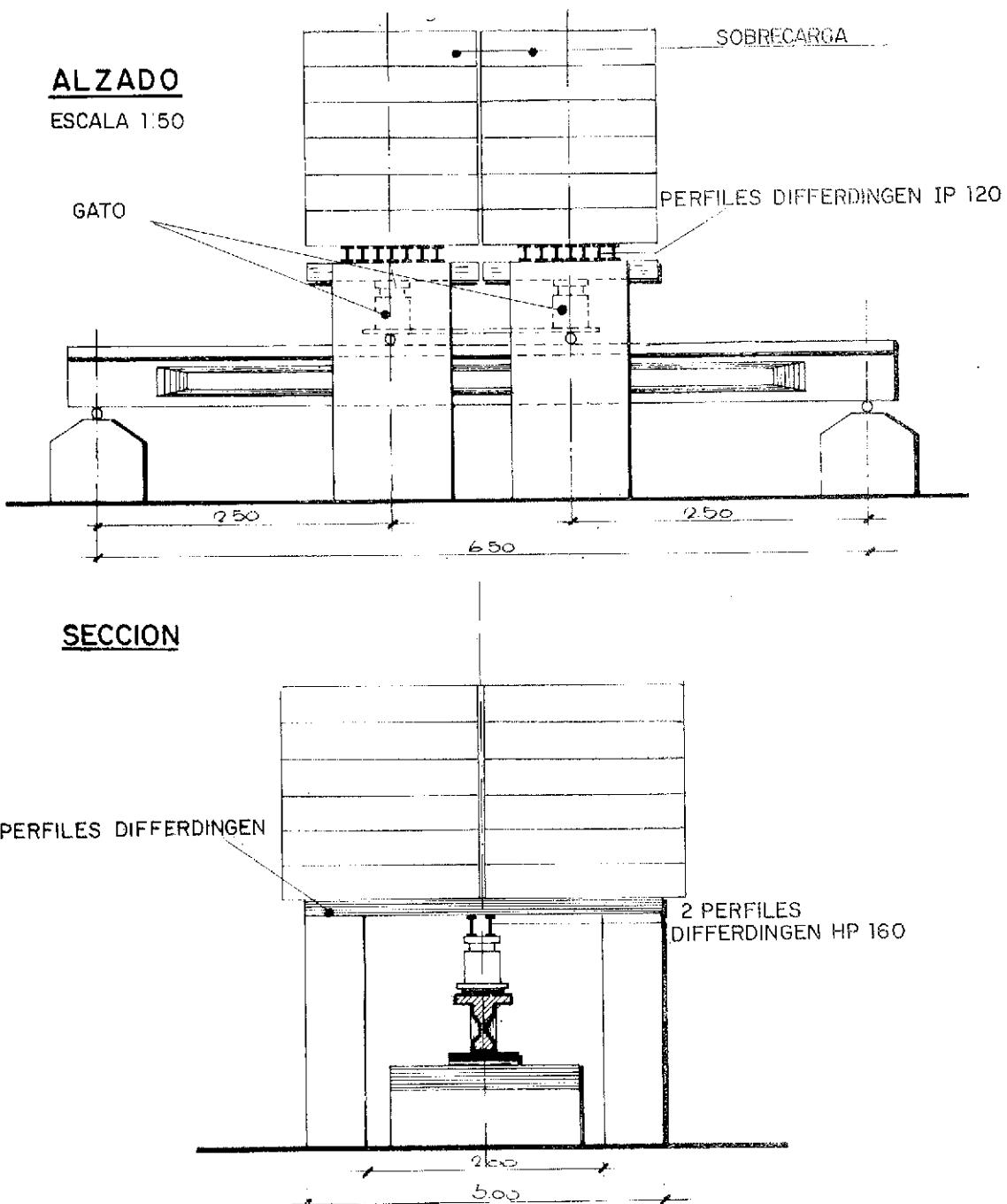
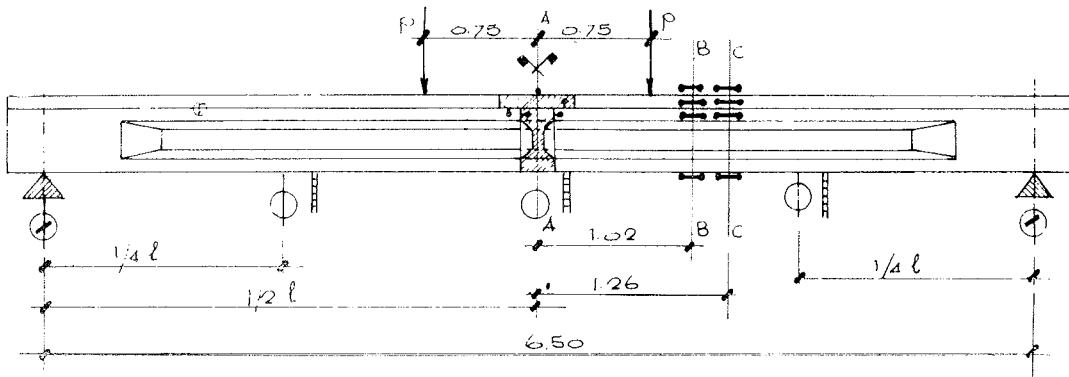


Fig. 6.—Esquema del dispositivo de ensayo.



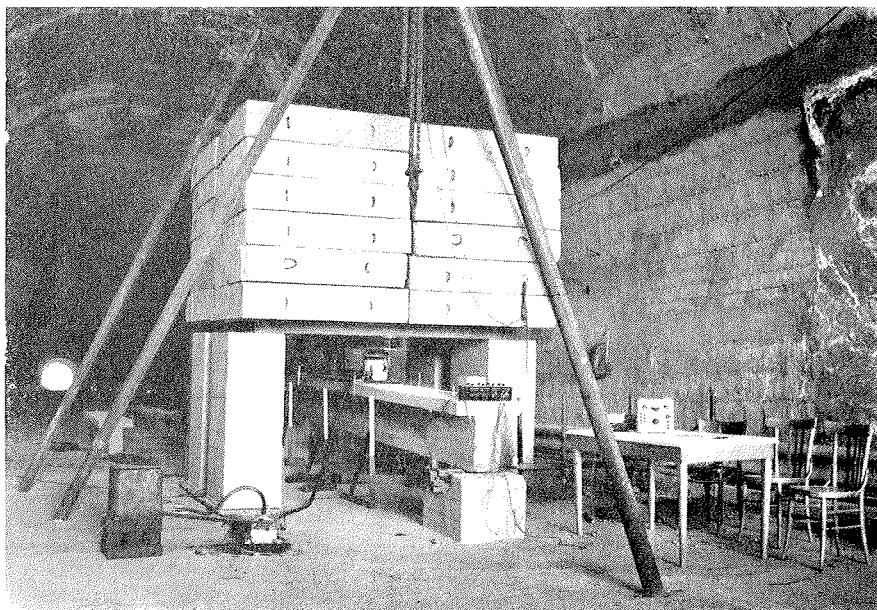
- Ⓐ COMPARADORES CENTESIMALES
- Ⓑ FLEXIMETROS CON UNA PRECISION DE 1/20 mm
- ☰ REGLAS
- ☲ ELONGAMETROS

Fig. 7.— Aparatos de medida.

Seguidamente, se incluye un cuadro en el que se indican los valores de las flechas, en la sección central, para todas las vigas ensayadas, así como también los valores de las cargas bajo las cuales se produjo la primera fisura y la rotura.

Llevando en un gráfico los valores de las flechas en función de las cargas, se comprobó que el diagrama de deformaciones posee un tramo inicial, en el cual dichas deformaciones resultan linealmente proporcionales a las cargas.

Después, a partir de un cierto punto, el diagrama presenta un quiebro, y las deformaciones continúan siendo linealmente proporcionales a las cargas, pero con pendiente mayor.



Fotografía 3.— Equipo dispuesto para el ensayo.

Viga tipo "A". (Cordones adherentes. Losa prefabricada)

	0,665	1,330	1,995	2,660	3,325	3,990	4,665	5,320	5,985	6,650	7,980	9,310	10,640	11,970	13,300	
1	0,79	1,48	2,33	3,17	4,08	5,25	9,27	13,08	—	22,69	34,50	48,00	69,00	114,00	137,50	4,39
2	0,78	1,43	2,27	3,09	3,93	5,00	10,40	14,26	—	24,93	38,00	53,00	82,00	124,00	—	4,40
3	0,66	1,63	2,29	3,21	4,00	5,67	8,96	14,02	—	23,98	34,50	47,50	66,50	105,00	141,00	4,60
4	—	2,49	—	5,86	—	10,45	15,75	—	21,63	30,86	45,51	63,30	—	—	4,50	
																11,500

Viga tipo "B". (Cordones adherentes. Losa construida in situ)

	0,665	1,330	1,995	2,660	3,325	3,990	4,665	5,320	5,985	6,650	7,980	9,310	10,640	11,970	13,300	
1	—	1,16	—	2,93	—	5,48	—	13,49	—	23,66	34,13	51,37	87,25	—	—	
2	0,54	1,23	1,91	2,85	3,78	5,05	7,96	13,38	18,37	23,31	35,28	53,00	82,00	137,00	—	4,50
3	0,64	1,37	2,02	2,90	3,82	4,94	8,06	12,94	—	23,22	35,00	48,00	74,56	110,00	140,00	10,50
4	0,58	1,30	2,03	3,17	4,68	6,66	8,46	11,70	15,28	19,89	29,95	54,00	78,00	135,00	—	4,39
																10,10

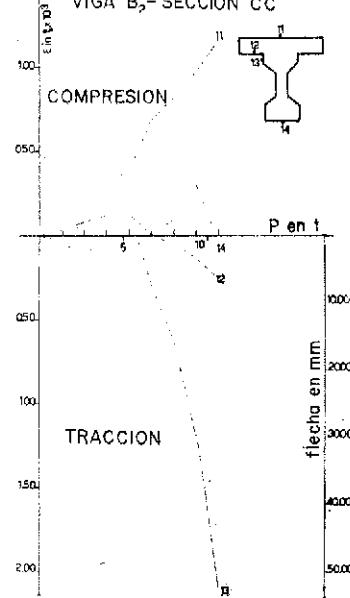
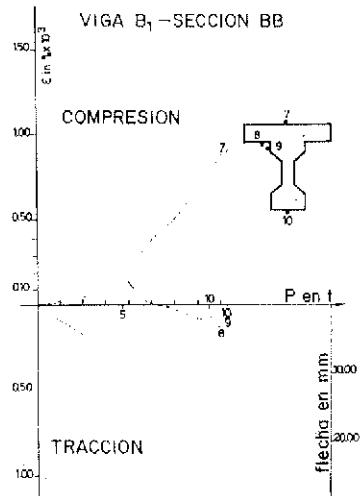
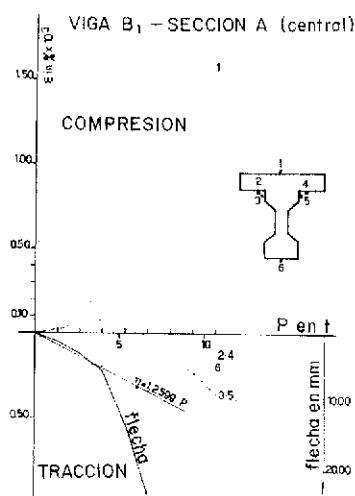
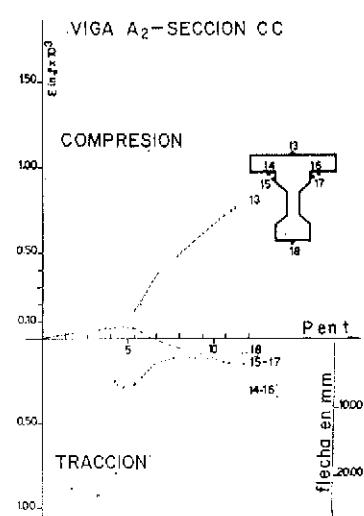
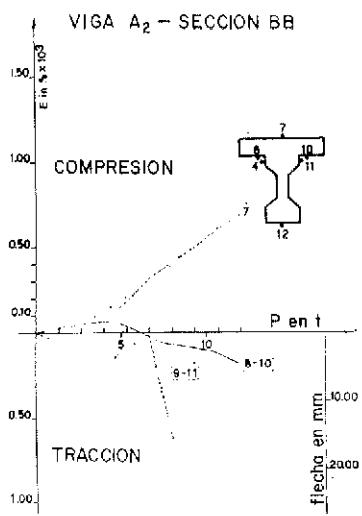
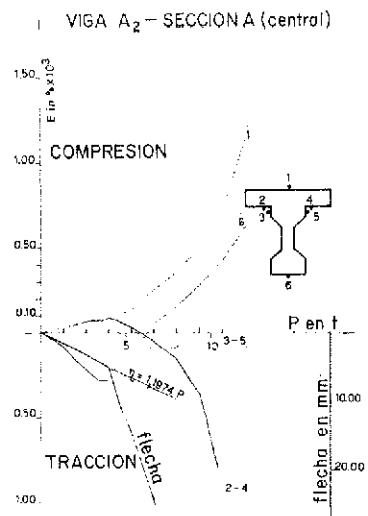
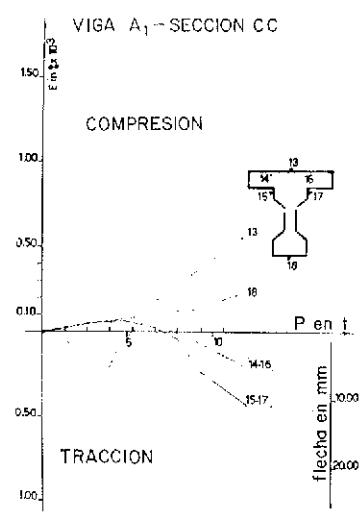
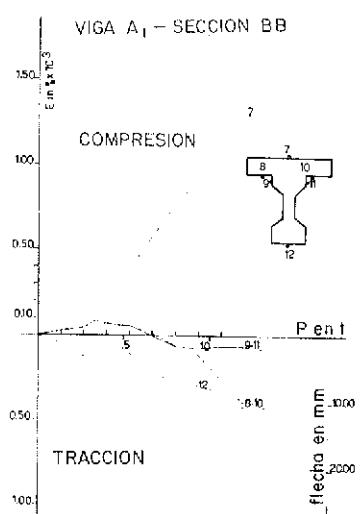
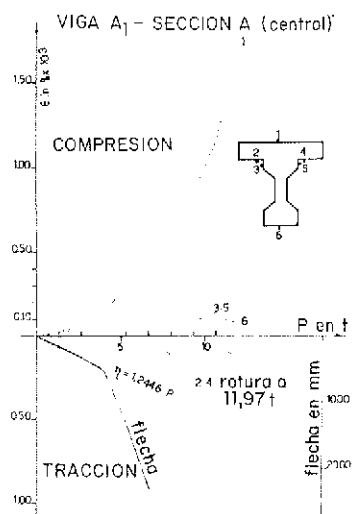
Viga tipo "C". (Cables no adheridos. Losa prefabricada)

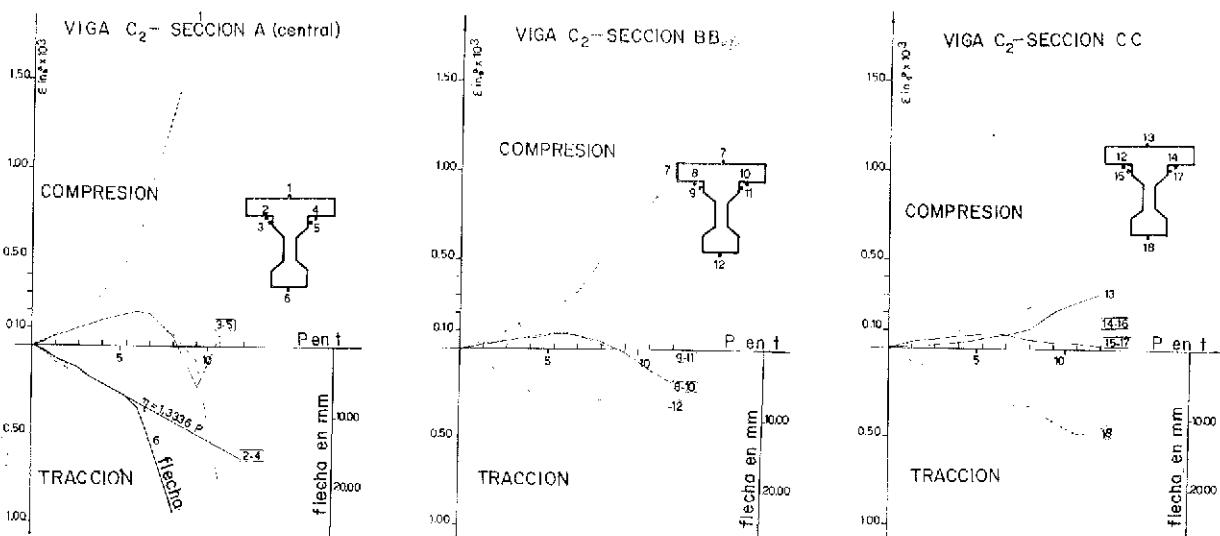
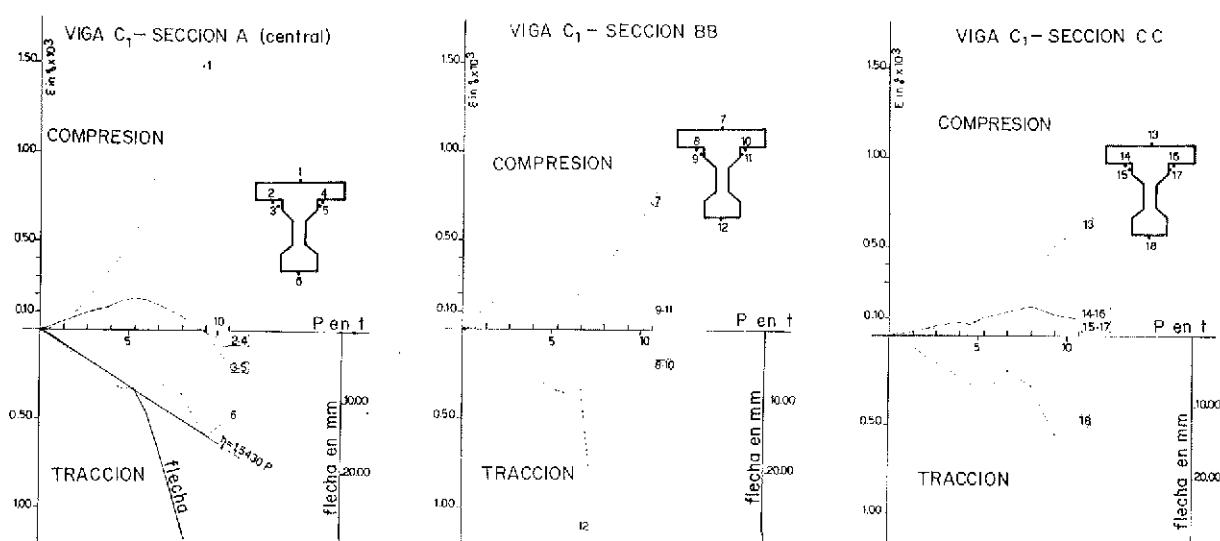
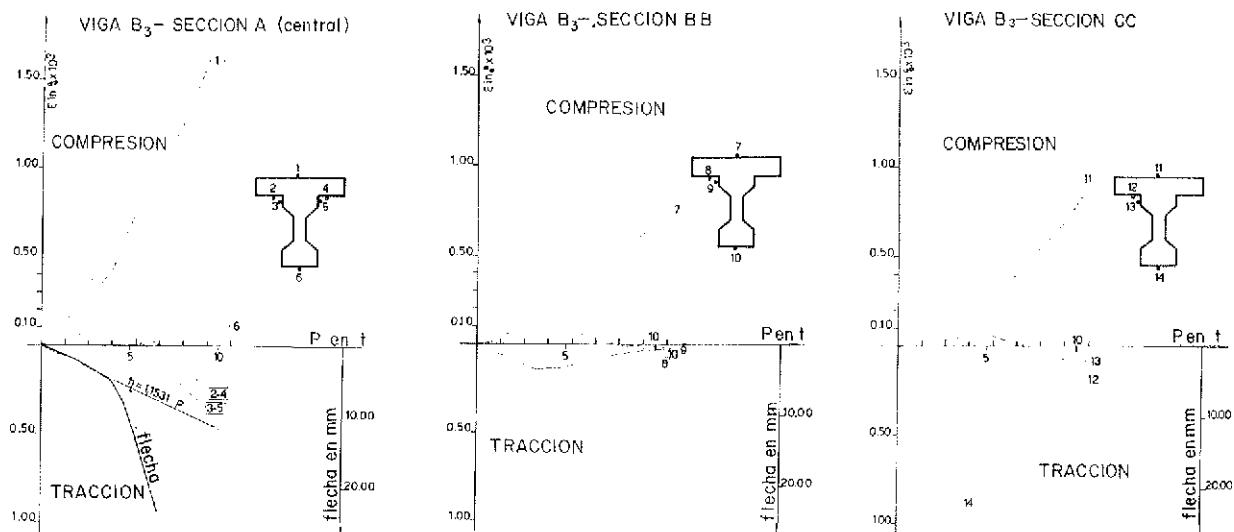
	0,665	1,330	1,995	2,660	3,325	3,990	4,665	5,320	5,985	6,650	7,980	9,310	10,640	11,970	13,300	
1	0,96	2,00	3,12	4,08	5,01	5,12	7,09	8,41	11,43	16,52	27,99	53,00	92,00	—	—	11,970
2	0,69	1,79	2,46	3,24	4,44	5,34	6,18	6,88	8,73	12,85	23,12	40,00	70,00	108,00	142,00	6,250
3	0,67	1,44	2,22	3,08	4,12	5,13	6,12	7,11	9,69	14,28	23,70	43,00	75,00	133,00	—	5,852
4	0,16	1,55	2,41	3,17	4,09	4,90	5,90	7,09	10,64	20,76	36,00	60,50	110,50	—	6,380	11,170
																10,770

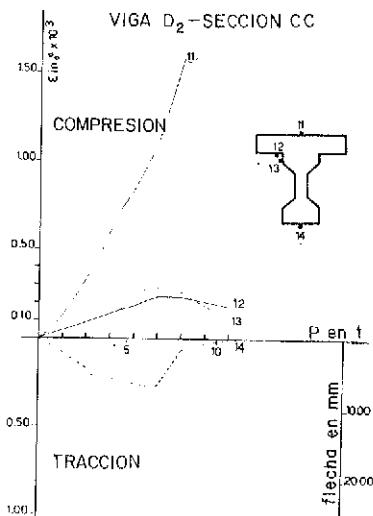
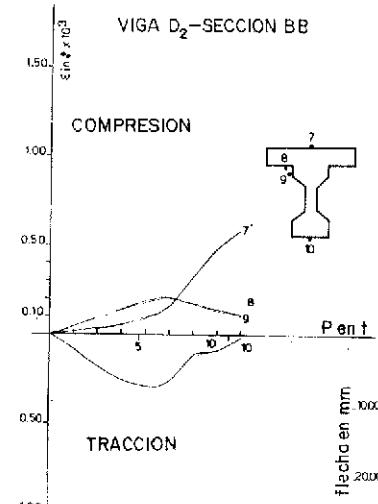
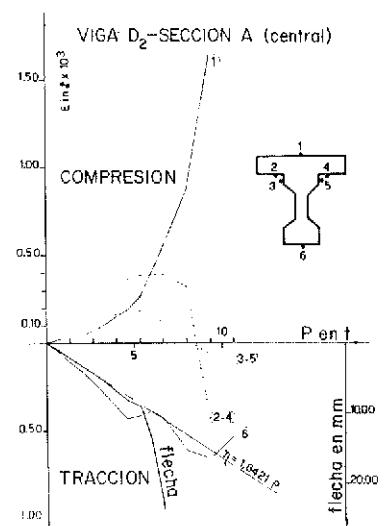
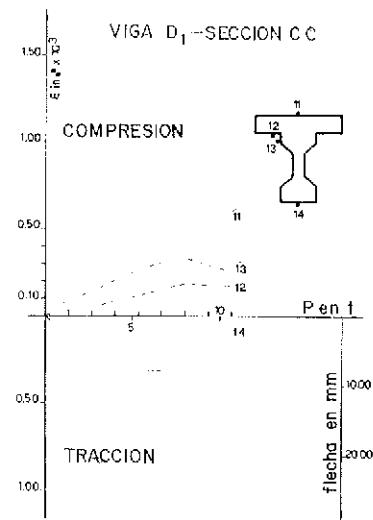
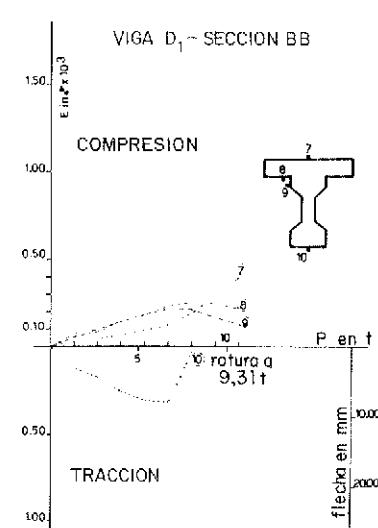
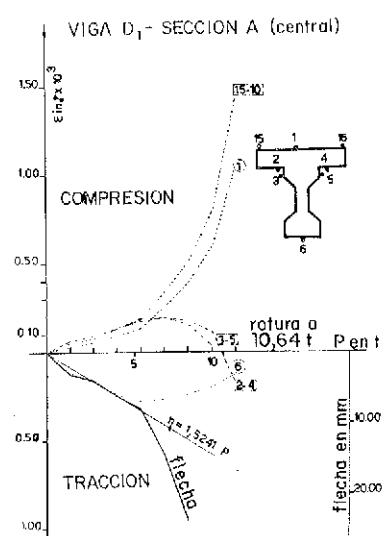
Viga tipo "D". (Cables no adheridos. Losa construida in situ)

	0,665	1,330	1,995	2,660	3,325	3,990	4,665	5,320	5,985	6,650	7,980	9,310	10,640	11,970	13,300	
1	—	3,11	—	3,81	—	6,08	—	7,96	—	14,41	24,08	44,75	82,64	—	—	5,85
2	1,04	2,11	3,23	4,34	5,55	6,84	8,20	8,92	13,86	23,50	35,50	70,50	154,50	—	—	11,172
3	0,53	1,28	2,13	2,89	3,77	4,75	5,62	6,78	8,37	13,44	23,98	39,50	75,50	125,00	—	5,05
4	0,56	1,50	2,36	3,30	4,23	5,22	6,29	7,47	9,45	16,92	23,38	41,00	71,50	134,00	—	10,640
																10,90

Los valores de las flechas se expresan en milímetros.



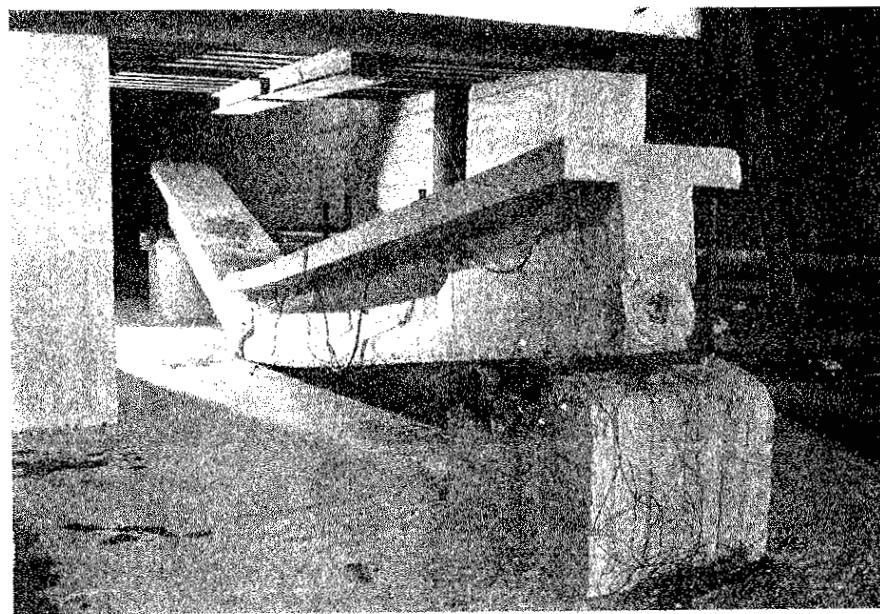




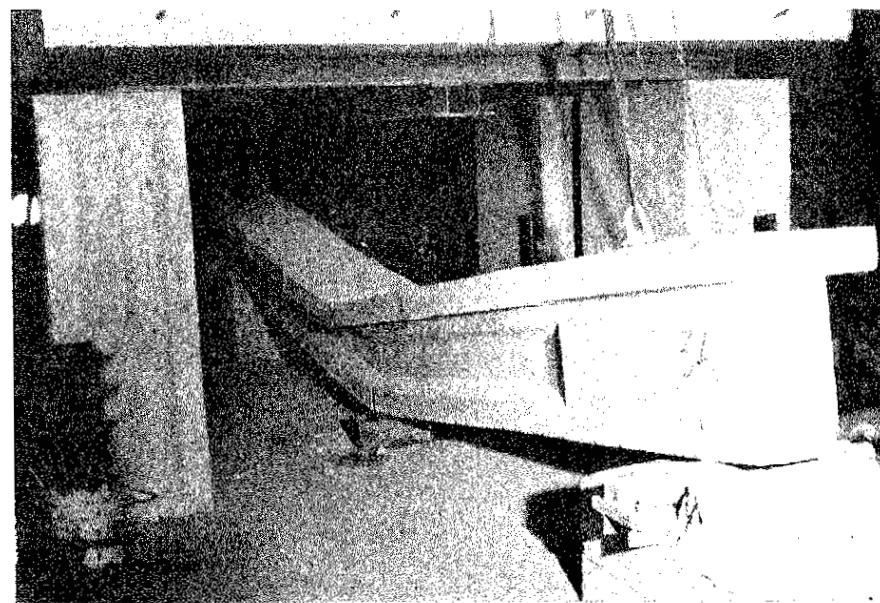
Parece lícito considerar el primer tramo de este diagrama, como representativo del campo elástico-proporcional y constituido por una recta cuya ecuación es de la forma:

$$\eta = a \cdot p$$

en donde  $\eta$  representa los valores de las flechas,  $a$  es el coeficiente angular y  $p$  los valores de las cargas.

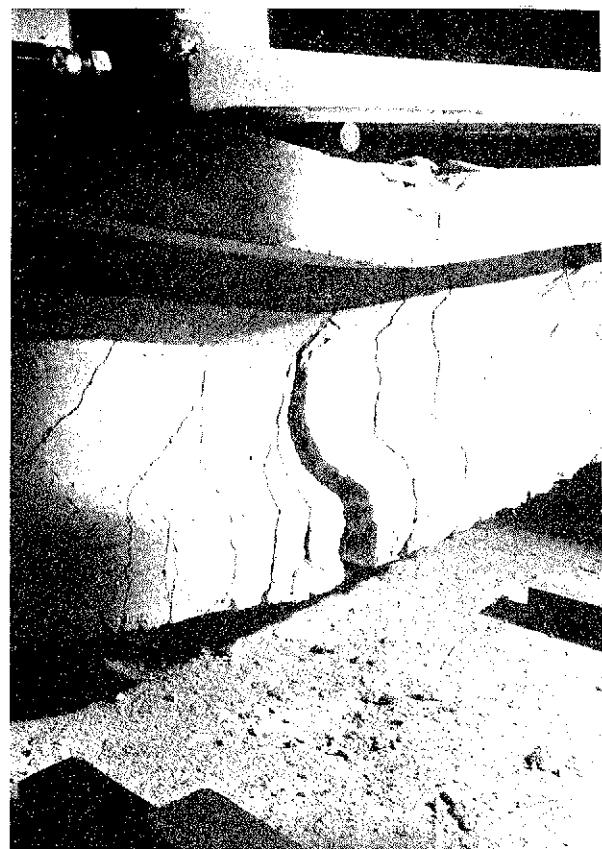


Fotografía 4.— Viga tipo D después de la rotura.

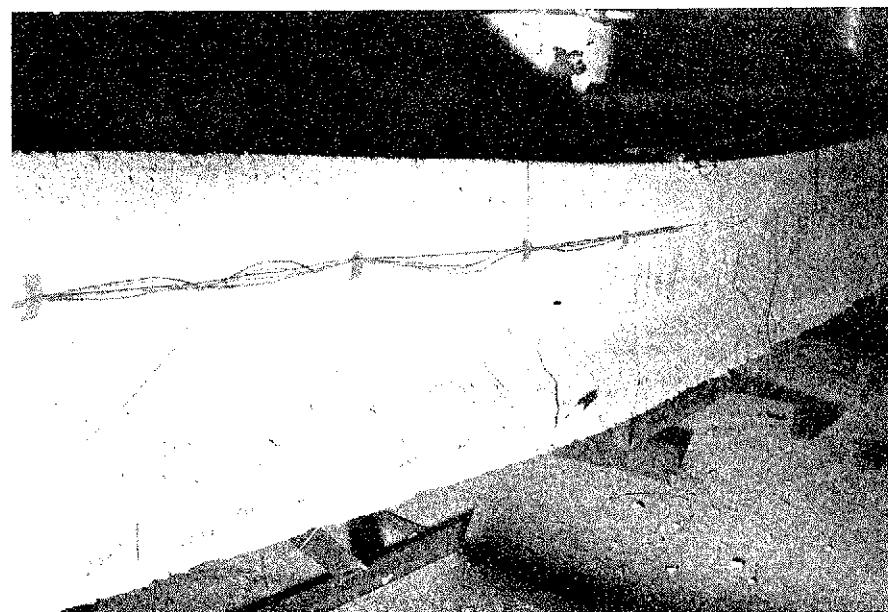


Fotografía 5.— Viga tipo A después de la rotura.

Fotografía 6.— Viga tipo B rota.



Fotografía 7.— Detalle del inicio de la rotura de la losa en la viga tipo D.





Fotografía 8. — Viga tipo C rota.

Fotografía 9. — Detalle de la rotura de la losa en la viga tipo C.



Fotografía 10.—Detalle de la losa. Viga tipo A, en rotura.



Fotografía 11.—Viga tipo A en rotura.



Calculando (1) los valores de  $a$  para cada viga se obtiene:

Para la viga  $A_1$ :  $a = 1,2446$

" " "  $A_2$ :  $a = 1,1974$

" " "  $A_3$ :  $a = 1,2832$

" " "  $A_4$ :  $a = 2,4468$

Para la viga  $C_1$ :  $a = 1,5430$

" " "  $C_2$ :  $a = 1,3336$

" " "  $C_3$ :  $a = 1,2799$

" " "  $C_4$ :  $a = 1,0152$

Para la viga  $B_1$ :  $a = 1,2599$

" " "  $B_2$ :  $a = 1,1457$

" " "  $B_3$ :  $a = 1,1531$

" " "  $B_4$ :  $a = 1,4097$

Para la viga  $D_1$ :  $a = 1,5241$

" " "  $D_2$ :  $a = 1,6421$

" " "  $D_3$ :  $a = 1,1792$

" " "  $D_4$ :  $a = 1,3276$

Eliminando, para cada tipo de viga, el valor máximo del coeficiente angular deducido, y determinando la media de los otros tres, se han obtenido los cuatro valores siguientes que pueden considerarse como representativos del comportamiento, en el campo elástico-proporcional, de los distintos tipos de viga considerados:

Viga tipo "A":  $\eta = 1,2417 \text{ } p$

" " " B":  $\eta = 1,1839 \text{ } p$

" " " C":  $\eta = 1,2095 \text{ } p$

" " " D":  $\eta = 1,3436 \text{ } p$

Con el fin de poder representar gráficamente la variación de las deformaciones locales, las mediciones correspondientes a las secciones centrales se han aumentado en la relación  $K = \frac{a}{a_i}$ , siendo  $a_i$  el coeficiente angular calculado para la viga  $i$ -ésima.

Los resultados así obtenidos son los que se indican en las siguientes tablas:

VIGA  $A_1$

$$K = \frac{1,2417}{1,2446} = 0,9976699$$

CARGAS EN TONELADAS	$\epsilon \times 10^3$				
	1	2-4	3-5	6	
1,33	-0,035	-0,028	-0,022	+ 0,070	
2,66	-0,078	-0,064	-0,047	+ 0,152	
3,99	-0,134	-0,095	-0,064	+ 0,154	
5,32	-0,299	-0,049	+ 0,027	+ 0,020	

(1) El cálculo de los distintos coeficientes angulares se ha realizado aplicando a los resultados experimentales el método de los mínimos cuadrados, o sea, imponiendo la condición de que la función de  $a$ :

$$F = \sum_{i=1}^n (\Delta \eta_i)^2, \text{ sea mínima y, por consiguiente, que } \frac{\partial \sum_{i=1}^n (\Delta \eta_i)^2}{\partial a} = \sum_{i=1}^n p_i^2 \frac{\partial (a_i - a)^2}{\partial a} = 0.$$

De esta forma, para cada viga resulta:

$$a = \frac{\sum p_i \eta_i}{\sum p_i^2}$$

VIGA  $B_1$

$$K = \frac{1,1839}{1,1531} = 1,02671$$

CARGAS EN TONELADAS	$\epsilon \times 10^3$ Alargamientos correspondientes a las lecturas de los elongámetros			
	1	2-4	3-5	6
1,33	— 0,142	— 0,035	— 0,035	+ 0,079
2,66	— 0,293	— 0,084	— 0,078	+ 0,161
3,99	— 0,433	— 0,119	— 0,107	+ 0,103
5,32	— 0,777	— 0,078	— 0,032	— 0,002

VIGA  $C_1$

$$K = \frac{1,2095}{1,3336} = 0,9069436$$

CARGAS EN TONELADAS	$\epsilon \times 10^3$ Alargamientos correspondientes a las lecturas de los elongámetros			
	1	2-4	3-5	6
1,33	— 0,053	— 0,034	— 0,052	+ 0,085
2,66	— 0,127	— 0,068	— 0,092	+ 0,167
3,99	— 0,274	— 0,100	— 0,132	+ 0,262
5,32	— 0,442	— 0,121	— 0,165	+ 0,372

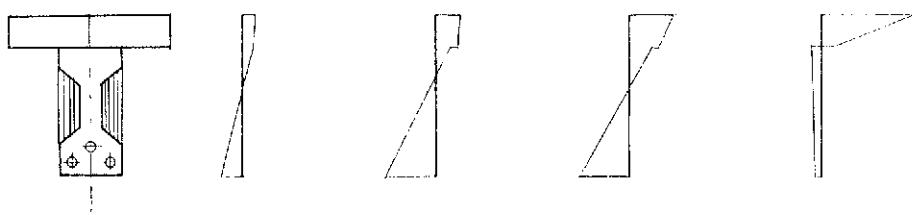
VIGA  $D_1$

$$K = \frac{1,3436}{1,5241} = 0,8815694$$

CARGAS EN TONELADAS	$\epsilon \times 10^3$ Alargamientos correspondientes a las lecturas de los elongámetros			
	1	2-4	3-5	6
1,33	— 0,029	— 0,057	— 0,057	+ 0,103
2,66	— 0,048	— 0,080	— 0,078	+ 0,142
3,99	— 0,081	— 0,119	— 0,115	+ 0,209
5,32	— 0,119	— 0,158	— 0,167	+ 0,245

A partir de los datos indicados en estas tablas, se han dibujado los gráficos de variación de las deformaciones locales para cada uno de los tipos de viga ensayados. Estos gráficos se representan en la figura 9 adjunta.

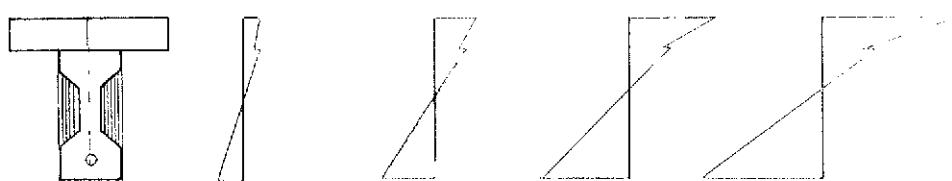
#### VIGA TIPO A CORDONES ADHERENTES – LOSA PREFABRICADA



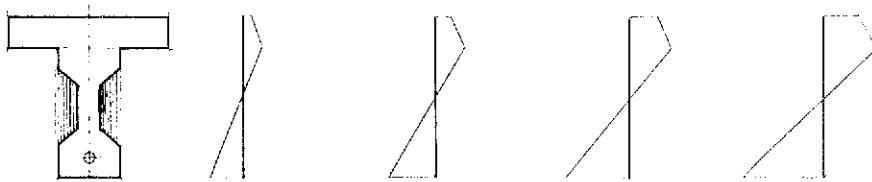
#### VIGA TIPO B CORDONES ADHERENTES – LOSA CONSTRUIDA IN SITU



#### VIGA TIPO C CABLES NO ADHERIDOS – LOSA PREFABRICADA



#### VIGA TIPO D CABLES NO ADHERIDOS – LOSA CONSTRUIDA IN SITU



ESCALA DE DEFORMACIONES  $\epsilon \times 10^3$



Fig. 9.— Deformaciones de las secciones centrales de los distintos tipos de vigas, en función de las cargas, en toneladas, de 1,33, 2,66, 3,99, 5, 32.

Para poder comparar los diferentes resultados obtenidos, se han calculado los momentos teóricos de fisuración y rotura (1). Los valores deducidos fueron los siguientes:

Para las vigas con cordones adherentes:  $M_f = 1.053.096 \text{ cm/kg}$  y  $M_r = 2.462.187 \text{ centímetro por kilogramo}$ .

Para las vigas con cables no adheridos:  $M_f = 1.169.923 \text{ cm/kg}$  y  $M_r = 2.495.627 \text{ centímetro por kilogramo}$ .

Las cargas de ensayo correspondientes a estos valores resultaron ser:

Para las vigas con cordones adherentes: 4.212 y 9.849 kg, respectivamente.

Para las vigas con cables no adheridos: 4.680 y 9.982 kg, respectivamente.

Comparando estos últimos valores con los medidos experimentalmente se deduce:

1. Vigas tipo A (cordones adherentes. Losa prefabricada):

La fisuración se produjo bajo una carga de 4.380 kg, con un error de + 4,03 %; y la rotura, para una carga de 11.411 kg, con un error de + 15,85 %.

2. Vigas tipo B (cordones adherentes. Losa construida in situ):

La fisuración se produjo bajo una carga de 4.560 kg, con un error de + 8,31 %; y la rotura, para una carga de 12.290 kg, con un error de + 24,78 %.

3. Vigas tipo C (cables no adheridos. Losa prefabricada):

La fisuración se produjo bajo una carga de 5.428 kg, con un error de + 15,98 %; y la rotura para una carga de 9.891 kg, con un error de - 0,91 %.

4. Vigas tipo D (cables no adheridos. Losa construida in situ):

La fisuración se produjo bajo una carga de 5.157 kg, con un error de + 10,19 %; y la rotura para una carga de 9.849 kg, con un error de - 1,33 %.

## CONCLUSIONES

De cuanto queda expuesto, el Autor considera que, en cuanto al comportamiento de la vigas, desde un punto de vista global, resulta aceptable el sistema de unión viga-losa propugnado, ya que dicho comportamiento es prácticamente independiente del tipo de unión utilizado.

(1) El momento de fisuración se calculó mediante la fórmula  $M_f = (\sigma_{r,t} + \sigma_p) W_t$ , siendo:  
 $\sigma_{r,t}$  = tensión de rotura, a tracción, del hormigón. Después de un gran número de ensayos realizados con el hormigón utilizado, se dedujó que dicho valor era de 36 Kg/cm<sup>2</sup> para el hormigón de las vigas tipos A y B, y de 41 Kg/cm<sup>2</sup> para el de las vigas de los tipos C y D.  
 $\sigma_p$  = valor de la tensión en el borde inferior de la viga, después de introducido el pretensado y bajo la acción del peso propio.

El momento de rotura se calculó aplicando la fórmula prescrita en la norma italiana vigente:

$M_r = (\gamma \Delta_f \sigma_{f,r} + \Delta'_f \sigma_{f,s}) d$ , en donde para  $\gamma$  se ha adoptado el valor 0,95, ya que la cuantía de armadura, referida a la sección rectangular circunscrita, es de  $0,17 < 0,25$ . Debe señalarse que, calculando dicho momento de acuerdo con la fórmula propuesta por el CEB, el valor obtenido resulta prácticamente igual.

En el curso de estos ensayos se han registrado algunos corrimientos relativos entre el intradós de la losa y el borde superior de la viga; pero estos corrimientos pueden considerarse despreciables, teniendo en cuenta su pequeñísimo valor.

En los citados ensayos se ha podido comprobar también que el campo de comportamiento elástico de las vigas pretensadas con cables no adheridos es ligeramente mayor que el correspondiente a las vigas con armaduras adherentes. En cambio, la rotura se alcanza antes en las vigas con cables no adheridos.

De un modo general, el autor estima necesario llamar la atención sobre el hecho de que las estructuras pretensadas deben considerarse como estructuras, para las cuales los resultados de los cálculos son absolutamente concordantes con su comportamiento real, sin dejar ningún margen de reserva.

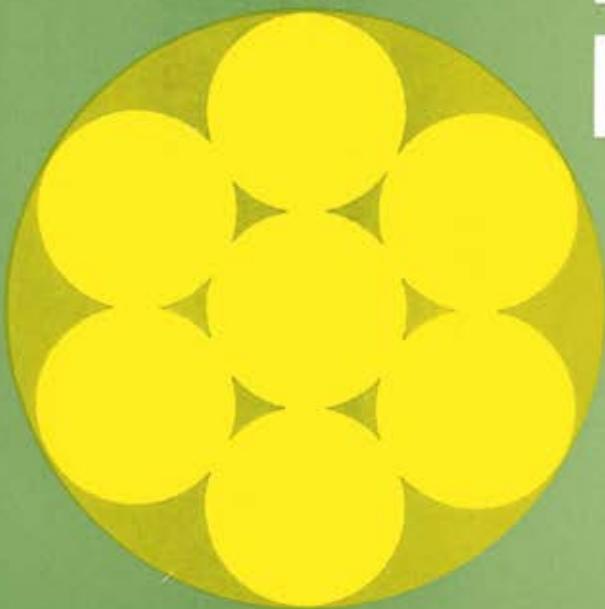
Parece oportuno, por consiguiente, adoptar en los proyectos, especialmente con respecto a la fisuración, coeficientes de seguridad mayores que los mínimos prescritos en las Normas.

De esta forma, las estructuras quedarán aseguradas contra las inevitables imperfecciones de construcción y la presencia de agentes exteriores capaces de perjudicar, en alguna forma, la durabilidad de dichas estructuras.

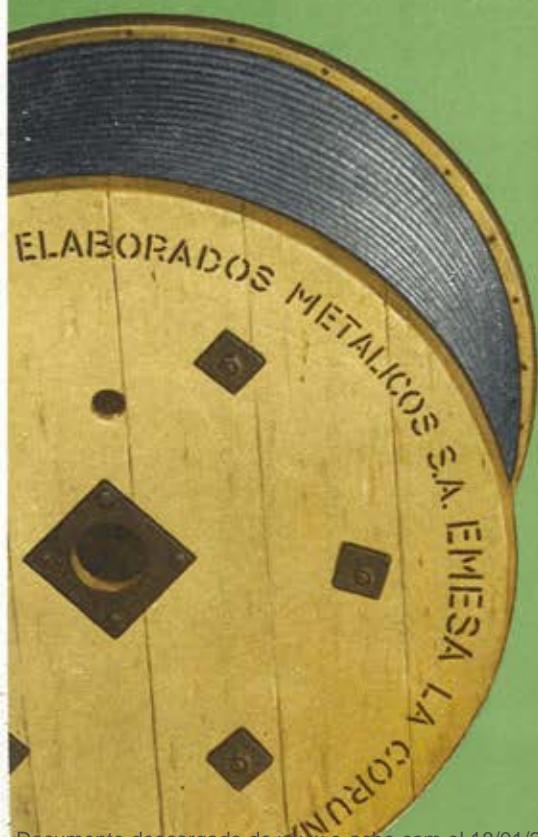
Traducido por R. Piñeiro

# CABLES DE ACERO PARA HORMIGON "POSTENSADO"

# EMESA



STRESS-RELIEVED STRAND FOR  
PRESTRESSED CONCRETE



# **publicación de ANDECE-I.E.T.c.c.**

## **V. P. - 71**

### **Recomendaciones para la Fabricación de Viguetas Autorresistentes y Semi- rresistentes de Hormigón Pretensado**

#### **Anejo: Recomendaciones para la Fabricación de Viguetas con Piezas Cerámicas**

Ha sido redactada, tras numerosas reuniones de trabajo, por un Comité mixto formado por fabricantes de viguetas y personal del Instituto Eduardo Torroja, con la colaboración de ANDECE (Agrupación Nacional de Derivados del Cemento) a través de su Secretaría Técnica. La citada Instrucción es la primera de una serie de ellas que están en curso de elaboración por parte de diferentes comisiones: "Tubos de hormigón en masa", "Bloques de hormigón", así como otras que se iniciarán en breve: "Viguetas mixtas", "Paneles de grandes dimensiones", etc.

La instrucción V.P.-71 se compone de tres documentos bien delimitados:

- Especificaciones.
- Normas relativas al control de calidad (control interno).
- Normas relativas a la inspección (control del control).

Un volumen de 122 páginas, encuadrado en rústica.

Precios: España, 300 pesetas; extranjero, \$ 6.

Puede adquirirse en el I.E.T.c.c. o bien en la Agrupación Nacional de Derivados del Cemento, Avda. General Mola, 211, Madrid-2.

# **notas de la F.I.P.**

**n.º 41, julio-agosto 1972**

## **COMISION DE LA F.I.P. SOBRE "HORMIGONES LIGEROS". REUNION EN LONDRES, 5 DE JUNIO DE 1972**

Inmediatamente después de su elección como presidente del C.E.B., Mr. Andrew Short ha dejado la presidencia de la Comisión de Hormigón Ligero de la F.I.P. para consagrarse todo su tiempo al Comité Europeo del Hormigón.

Dicha Comisión celebró una reunión en Londres el 5 de junio de 1972, la primera desde el Congreso de Praga, dirigida ya por el nuevo Presidente, Mr. Jan Bobrowski.

Desde el Congreso de Praga hasta esta reunión, los miembros de la Comisión solamente habían tenido contactos durante las Asambleas F.I.P./C.E.B. de Moscú y Copenhague.

Los trabajos realizados en la reunión fueron una continuación de los que se venían llevando a cabo en anteriores reuniones. Se aprobó por unanimidad la propuesta realizada por el Prof. Stork para establecer una clasificación de los hormigones ligeros; esta propuesta ha sido también aceptada por el C.E.B.

Se recibió información procedente del R.I.L.E.M. sobre una propuesta de ensayos normalizados para la determinación del módulo de deformación. Durante la reunión se discutió un esquema de trabajo para dar los pasos necesarios hasta convertir en Norma dicha propuesta. Esta se publicará, oficialmente, en la revista *Materiaux et Construction*, acompañada de unos impresos para enviar comentarios; de esta forma, la propuesta se someterá a un estudio completo, y al cabo de un año se publicarán unas recomendaciones que completen el primer trabajo.

Mister Short informó sobre los trabajos de preparación de los manuales del C.E.B., uno de los cuales está dedicado al hormigón ligero. Se publicarán dos tipos de manuales: Manuales de Proyecto, dedicados a los distintos capítulos de las Recomendaciones Internacionales C.E.B./F.I.P. y Manuales Técnicos, entre los que se incluye el de hormigón ligero, que ya está muy avanzado y del que se discutió un esquema en la Asamblea del C.E.B. en Leningrado.

En lo referente a los problemas de la resistencia al fuego del hormigón ligero se recibieron informes del grupo alemán S.T.U.V.O. y de Mr. Malhotra, de la Fire Research Station, Inglaterra, que fue especialmente invitado a estas reuniones.

En posteriores reuniones, entre ellas el Coloquio conjunto C.E.B./F.I.P., en Varsovia en mayo de 1973, se discutirán las condiciones de aislamiento térmico y acústico y, si es posible, se celebrará una reunión con la Comisión de la F.I.P. sobre Resistencia al Fuego.

## TOLERANCIAS EN LAS DIMENSIONES DE LAS PIEZAS DE HORMIGON (NORMAS DANESAS)

Uno de los temas que aparecen con más frecuencia en los programas de trabajo de la Comisión de la F.I.P. sobre Prefabricación es el estudio de las tolerancias dimensionales de las piezas prefabricadas de hormigón:

El tema ha sido muy estudiado y se han elaborado informes en diversos países, entre ellos, Sucia, Polonia, Dinamarca, Rumania, Alemania del Este y Yugoslavia. Sin embargo, estos países aún no han terminado de redactar sus propias normas al respecto, pero están en camino de hacerlo.

En Dinamarca, en 1969, una comisión formada por representantes de las oficinas de proyectos, empresas constructoras y fabricantes de piezas, estudió el problema de las tolerancias y publicó en 1970 unas Recomendaciones en las que trata dicho problema en los términos siguientes:

“Es necesario fijar unas tolerancias en las piezas de grandes dimensiones, dividiéndolas en cuatro grupos:

1. Piezas de serie para edificios de gran altura.
2. Piezas especiales para edificios de gran altura.
3. Piezas pretensadas de grandes dimensiones.
4. Piezas no pretensadas de grandes dimensiones.

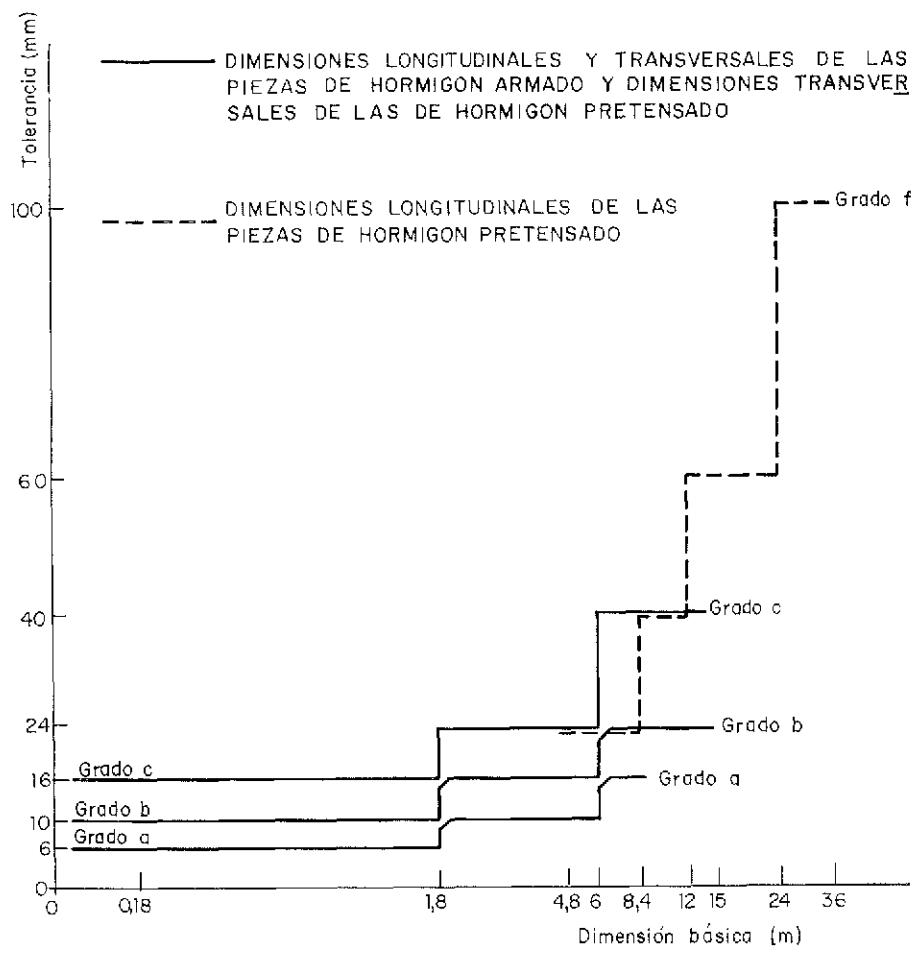


Fig. 1. — Tolerancias en las dimensiones mayores de las piezas de hormigón.

Se señala especialmente que una norma sobre tolerancias dimensionales permitirá mejorar, tanto técnica como económicamente, el proyecto de las uniones entre las piezas de una estructura prefabricada."

Las Recomendaciones incluyen un diagrama de tolerancias (fig. 1) y una tabla con la clasificación de dichas tolerancias según los distintos grados de acabado necesario en las piezas prefabricadas.

En el diagrama de la figura 1 se clasifican las tolerancias en función de las dimensiones de las piezas y del grado de tolerancia (correspondiente al tipo de pieza). Esta clasificación permite aceptar lotes de piezas con un 5 por 100 de unidades defectuosas (2,5 por 100 por exceso y 2,5 por 100 por defecto).

*Tabla de grados de tolerancia en las piezas de hormigón*

PIEZA: GRUPO Y TIPO	GRADO DE TOLERANCIA	OBSERVACIONES
<i>Piezas de serie para edificios de viviendas.</i>		
Losas de forjados:		
Espesor (canto).	<i>b</i>	
Longitud.	<i>b*</i>	* Algunas corresponden al grado <i>a</i> .
Anchura.	<i>a</i>	
Paneles para muros:		
Espesor.	<i>a</i>	
Longitud.	<i>a</i>	
Anchura.	<i>a</i>	
<i>Piezas especiales para edificios de viviendas.</i>		
Fachadas, forjados y muros:		
Espesor.	<i>b</i>	
Longitud y anchura.	<i>b</i>	Las piezas especiales que se vayan a unir con piezas de serie deberán tener las tolerancias de estas piezas de serie.
<i>Piezas pretensadas.</i>		
Vigas y viguetas:		
Longitud.	<i>f</i>	
Dimensiones sección transversal.	<i>c</i>	
Losas de forjado y cubierta:		
Longitud.	<i>f</i>	
Canto.	<i>c</i>	
Anchura.	<i>b</i>	
<i>Piezas no pretensadas de grandes dimensiones.</i>		
Placas de cubiertas y pilares:		
Longitud.	<i>b o c</i>	
Dimensiones sección transversal.	<i>b o c</i>	

NOTA: En algunos casos puede ser necesario pedir tolerancias menores que las recomendadas en el cuadro, pero esto entraña el riesgo de aumentar considerablemente el coste de las piezas. Por este motivo no se recomiendan tolerancias más pequeñas.

## PRIMERAS "JORNADAS DEL PRETENSADO" EN ARGENTINA

Argentina celebró sus primeras "Jornadas del Pretensado" en los días 24 al 27 de abril de 1972. Agradecemos al Ingeniero D. Carlos Ernesto Duvoy, Secretario de la Asociación Argentina del Hormigón Pretensado, la información que nos facilita sobre dichas Jornadas.

Las reuniones tuvieron lugar en Buenos Aires, y participaron en ellas más de 500 delegados de Argentina, así como un grupo de ingenieros de Bolivia. La organización corrió a cargo del Instituto Argentino del Cemento Portland, con la colaboración de las Empresas Establecimientos Metalúrgicos Santa Rosa, S. A. y Acindar, S. A., ambas dedicadas a la fabricación de aceros para pretensado.

A la ceremonia de apertura asistieron el Ministro de Obras y Servicios Públicos, Ingeniero D. Pedro A. Gordillo; el Administrador General del Departamento Nacional de Carreteras, Ingeniero D. Roberto M. Agüero; el Rector de la Universidad Tecnológica Nacional, Ingeniero D. José Colina, y el Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Ingeniero D. Enrique D. Fliess, así como un gran número de ingenieros tanto de la Administración como del Sector privado.

El Ingeniero D. Carlos Ernesto Duvoy, en su calidad de Director Técnico del Instituto Argentino del Cemento Portland, procedió a la apertura oficial. En su alocución dijo: "Fieles a la tradición y al afán de perfección, consecuentes con el progreso en la utilización del cemento y conscientes de que el desarrollo científico y técnico llevarán en el futuro a un uso todavía mayor del cemento Portland y del hormigón, el Instituto se enorgullece de que en este mismo edificio y bajo sus auspicios se fundase la Asociación Argentina del Hormigón Pretensado y ahora se inauguren estas primeras jornadas Argentinas del Pretensado."

El Ingeniero D. Jorge Danni, Vicepresidente de la Asociación, dijo en su contestación: "El gran desarrollo operado en el campo de las estructuras de hormigón en todo el mundo, habla por sí mismo de las extraordinarias posibilidades de este material, sobre el cual no es necesario extenderse. El hormigón es el material plástico por excelencia, desde hace mucho tiempo es barato, y combina de forma extraordinaria sus propiedades de resistencia y durabilidad. Su campo de acción es muy extenso.

Unido al acero, pretensado o no, y gracias a la habilidad de ingenieros y constructores, han podido realizarse estructuras de hormigón de gran belleza. Es un hecho evidente que su progreso aumenta día a día y que los constructores se han acostumbrado ya al nuevo material.

Las primeras estructuras de hormigón pretensado se realizaron en Argentina, en los años 50; desde entonces la utilización del hormigón pretensado se ha ido generalizando de una forma continua."

### Sesiones técnicas.

*Martes 25 de abril.*

Se proyectaron tres películas sobre estructuras de hormigón pretensado, como introducción a los temas de las conferencias, que fueron:

- "Evolución de las Normas sobre Hormigón Pretensado", por el Ingeniero Jorge Danni.

- “Acero para hormigón pretensado”, por el Ingeniero Andrés Sikos.
- “Corrosión del acero de pretensado”, por el Ingeniero Raúl A. Amelong.

*Miércoles 26 de abril.*

Organizada por el Departamento de Carreteras, se realizó una visita a diversas obras de hormigón en la que participaron 150 delegados. Por la tarde se proyectaron unas películas sobre los distintos sistemas de pretensado utilizados en las fábricas de viguetas y otras piezas.

Después se leyeron una serie de comunicaciones sobre:

- Grados de pretensado.
- Efectos sísmicos en las pilas cilíndricas.
- Abacos para el cálculo de piezas de hormigón pretensado.
- Comprobación de secciones y cálculo de deformaciones en estructuras de hormigón pretensado, utilizando ordenadores.
- Influencia del cruzamiento de las armaduras en la fisuración de las vigas de hormigón pretensado.

*Jueves 27 de abril.*

Por la mañana se realizó la segunda visita, en esta ocasión a la fábrica de los Establecimientos Metalúrgicos Santa Rosa, S. A., dedicados a la producción de aceros de pretensado.

Por la tarde se celebró la tercera Sesión de trabajo, con los temas siguientes:

- El primer puente de ferrocarril de hormigón pretensado construido en Argentina.
- La fabricación de piezas de hormigón pretensado con moldes deslizantes.
- Efectos sísmicos en las estructuras de hormigón pretensado. Ensayos y aplicaciones.
- La construcción del edificio Pirelli.

Al final de la Sesión, el Ingeniero Duvoy pasó revista a las diversas estructuras construidas con hormigón pretensado en Argentina, acompañando su disertación con numerosas diapositivas.

La cena de clausura resultó muy brillante. Asistieron a ella distinguidas personalidades, además de los delegados de Argentina, Bolivia y miembros de la Asociación.

En el discurso que pronunció después de la cena, el Ingeniero Duvoy dijo que su país había contribuido de una forma activa al progreso del hormigón pretensado en los últimos años. La labor de los ingenieros argentinos ha sido y es muy amplia, y uno de sus frutos es la creación, en 1962, de la Asociación Argentina del Hormigón Pretensado. Esta Asociación publica la *Revista del Hormigón Pretensado* y, desde su fundación, es Grupo Miembro de la F.I.P.

## **PUENTE DIYALAH, IRAK**

Agradecemos muy especialmente a Mr. Rantanen, de Finlandia, su informe sobre la rotura del puente sobre el río Diyalah, ocurrida durante su construcción, así como de los trabajos realizados para la reparación del mismo.

El puente, de hormigón pretensado, cruza el río Diyalah a unos 1 km al sureste de Bagdad, y ya está abierto al tráfico. Cuando faltaba muy poco para terminarse de construir, sufrió una rotura parcial motivada por una fuerte avenida en el río. Hubo que proceder, entonces, a su reparación, y para ello se utilizó el pretensado mediante un ingenioso sistema.

El tablero está constituido por una viga continua, de sección en cajón multicelular, pretensada longitudinalmente, con cuatro vanos, dos de 37 m y dos de 46 m, y anchura total de 20 m. La construcción se realizó por tramos completos, divididos, para el hormigonado, en dovelas de 1,5 m, partiendo, en cada vano, del cuarto de la luz. El vano final constaba, por tanto, de dos partes, una zona en voladizo construida como parte del tramo anterior y el resto desde el extremo del voladizo hasta el estribo.

Al poco de terminarse el hormigonado de la última dovela del tramo de orilla se presentó una avenida, con nivel de agua 1,5 m superior al previsto en el proyecto.

La zona de apoyo de la cimbra cedió y ésta quedó en parte colgada del puente. La parte del tramo de orilla recién hormigonada adquirió una flecha de 25 a 30 cm, y se produjo la rotura.

Un trozo del tramo se hundió en el río y el otro quedó colgado de la parte en voladizo, por medio de los cables de pretensado. Posteriormente los cables se partieron por la sección final del voladizo.

Para restaurar el puente, se procedió, en primer lugar, a asegurar la parte no dañada, en previsión de nuevas avenidas. Fue necesario cambiar 25 de los 42 cables de pretensado del tramo anterior al hundido. Para conservar el sistema estático mientras se procedía a la reparación, se colocaron sobre la última pila unos pilones, de los que se suspendió el voladizo por medio de cables tesos, anclados en el segundo tramo.

Después se hormigonó el último tramo; se tesarón los 25 nuevos cables, empalmados a los del tramo anterior y se quitaron los pilones auxiliares.

En estas condiciones la estructura podía resistir su peso propio; para resistir los esfuerzos producidos por la sobrecarga de uso se tesarón los 17 cables restantes, con el que el puente quedó en condiciones para ser abierto al tráfico.

## **EL PROYECTO EKOFISK**

Una de las más impresionantes e interesantes estructuras de hormigón pretensado realizadas en el mundo es el depósito para petróleo, auténtica isla, que se construye en el Mar del Norte para la compañía Ekofisk.

Esta estructura se ha comentado en el Simposio de la F.I.P. sobre estructuras marinas, celebrado en Tbilisi, por lo que aquí sólo se hace una breve descripción.

El depósito fue proyectado con una capacidad de 160.000 m<sup>3</sup> de petróleo. Tiene 90 m de altura, 20 de ellos por encima del nivel del agua. Su diámetro mayor es de 95 m.

Se construye en hormigón pretensado y en el cálculo se han tenido en cuenta las condiciones extremadamente rigurosas que pueden presentarse en esta zona del Mar del Norte.

## PUENTE DE TIEL, SOBRE EL RÍO WAAL, EN HOLANDA

El puente de Tiel es una de las obras visitadas durante las primeras "Jornadas de la F.I.P.", celebradas en Holanda en abril de 1972.

En los estudios preliminares se llegó a la conclusión de que una estructura de hormigón pretensado sería la solución más económica, no sólo por la gran longitud del viaducto de acceso, sino también por el propio puente, que es del tipo de cables atirantados.

El viaducto de acceso tiene 807 m de longitud, divididos en diez vanos de 78,5 m y un voladizo de 22 m.

El puente principal está formado por dos partes iguales, simétricas respecto al río; cada una de ellas es un tramo continuo sobre tres apoyos, y se unen entre sí por medio de un tramo simplemente apoyado de 65 m de longitud.

Cada uno de los dos tramos continuos consta de un vano de 77,5 m, simplemente apoyado en uno de sus extremos, otro vano de 95 m, suspendido a mitad de la luz por un tirante, y un voladizo de 101 m suspendido de dos tirantes a distancias de 47,5 y 95 m de la pila.

Así, el puente principal consta de los vanos siguientes: 77,5, 95, 267, 95 y 77,5 m.

El tablero, tanto en el viaducto como en el puente, está formado por dos vigas cajón pretensadas de 3,5 m de canto. La anchura del viaducto es de 27,2 m, y la del puente, de 32,2 m.

Las vigas se prefabricaron por dovelas en las proximidades de la obra. Las dovelas, de 120 t de peso, se colocaban sobre una cimbra por medio de una grúa pórtico; una vez colocadas 15 dovelas a cada lado de una pila se procedía al tesado de los cables.

Las dovelas se pegaban entre sí por medio de una delgada capa de resina epoxi. Las vigas descansan sobre las pilas por medio de apoyos deslizantes de Teflon de 1.100 t de capacidad.

Las dovelas más cercanas a las pilas tienen la losa inferior de mayor espesor que las restantes; sin embargo, tanto la losa superior como las almas tienen el mismo espesor en todas las dovelas.

### Puente principal.

La parte norte del puente no pudo construirse por voladizos sucesivos, como el viaducto de acceso, ya que la zona de apoyo de la cimbra se ve inundada con cierta frecuencia. Por eso, se utilizó una cimbra de tramo completo apoyada en pilas provisionales y sobre ella se colocaban las dovelas, para después realizar el tesado de los cables.

En la parte sur no se utilizaron dovelas prefabricadas, sino que se hormigonaron in situ.

Los voladizos del vano central se hormigonaron in situ sobre encofrados colgados de las pilas principales por medio de cables.

### **Tirantes.**

Los tirantes están formados por elementos prefabricados de 5,15 m de longitud y 10 t de peso, unidos entre sí por medio de juntas de 0,40 m de ancho, hormigonadas in situ. La sección de los tirantes cortos es de  $0,65 \times 1 \text{ m}^2$ , y la de los tirantes largos, de  $0,9 \times 1 \text{ m}^2$ .

Los distintos elementos prefabricados están unidos, además de por armaduras pasivas, por cables pretensados de  $\phi 16 \text{ mm}$ . El esfuerzo de pretensado en cada tirante es tal, que para el peso propio del puente los tirantes se comportan como apoyos fijos y, cuando actúa la sobrecarga máxima, no se producen tracciones en ellos.

La flecha en los tirantes mayores es de 0,7 m en 100 m, cuando solamente actúa el peso del puente; cuando actúa la sobrecarga, la flecha se reduce a 0,55 m.

Este cambio de curvatura provoca momentos flectores en los tirantes, que llegan a tener valores considerables en las secciones extremas de los mismos, por lo que éstas son ligeramente mayores que las restantes.

### **Pilas principales.**

Las torres o pilas principales tienen 57 m de altura; se han construido con encofrados deslizantes, por tramos de 5,75 m. Las armaduras están constituidas por perfiles soldados y barras de acero dulce de 40 mm de diámetro.

### **Tramo central.**

El tramo central, simplemente apoyado, está constituido por cuatro vigas de hormigón ligero, de 425 t de peso. Estas vigas se prefabricaron y se colocaron en su posición definitiva transportándolas en barcazas. La unión de las vigas entre sí se realiza por medio de la losa superior, hormigonada in situ.

### **Cimentación.**

En el cálculo de la cimentación y de las pilas se han considerado, además de los asientos normales del terreno, otros problemas particulares. En invierno, cuando las zonas ribereñas del río se inundan, los esfuerzos horizontales provocados por la presión del hielo llegan a ser tan importantes como los esfuerzos debidos al viento.

El terreno está constituido, principalmente, por depósitos arenosos, sobre capas de arcilla de 1 m de espesor, a profundidad de 6 m; existe la posibilidad de que se produzcan asientos inaceptables. Por este motivo, cada pila se cimentó sobre 20 pilotes de  $\phi 400 \text{ mm}$  de diámetro y 8 m de longitud, coronados por una placa de hormigón armado, en la que se empotra la pila.

## **CONFERENCIA SOBRE INDUSTRIALIZACION DE LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS DE HORMIGON EN NUEVA ZELANDA**

Actualmente está reconocido que para conseguir aumentar la productividad en la industria de la construcción es necesario el conocimiento práctico y el empleo de los me-

dios modernos. Convencidos de que el tema de la industrialización interesa tanto al propietario del edificio como al proyectista y al constructor, la Asociación Neozelandesa del Cemento Portland ha organizado una Conferencia Nacional sobre Industrialización, del 11 al 13 de octubre de 1972.

La idea fundamental de esta Conferencia es convencer a constructores, proyectistas, Administración, fabricantes, investigadores, etc. de que la preparación de una normativa sería altamente interesante para conseguir un fuerte avance en la industrialización de las estructuras de hormigón.

El programa técnico incluye dos puntos distintos: en primer lugar, un examen de la experiencia de los técnicos extranjeros en el campo de la industrialización, y en segundo lugar, un diálogo abierto sobre los trabajos de más de 20 autores neozelandeses.

En la primera parte del programa, tres ponentes extranjeros, dos de Inglaterra y uno de Canadá, presentaron una visión general del tema desde diversos puntos de vista.

## VII CONGRESO DE LA F.I.P. NUEVA YORK (MAYO-JUNIO 1974)

Con el fin de preparar el programa técnico del Congreso se ha realizado una encuesta entre los Grupos Miembros.

### Comunicaciones técnicas.

Se celebrarán varias reuniones simultáneas, en las que se presentarán las comunicaciones técnicas individuales en uno de los cuatro idiomas oficiales del Congreso (inglés, francés, alemán y ruso). En estas reuniones no habrá traducción simultánea.

Las comunicaciones versarán sobre los cuatro temas siguientes:

- Nuevos materiales, desarrollo de productos y técnicas nuevas.
- Construcción.
- Proyecto.
- Investigación.

Cada uno de estos temas se tratará en un día distinto. Las comunicaciones serán seleccionadas y se les adjudicará un espacio de tiempo limitado. A los que presenten comunicaciones, la Secretaría de la F.I.P. les pedirá hacia mediados de noviembre un resumen de cada comunicación. En el último día del Congreso eminentes ingenieros presentarán los resúmenes de las comunicaciones individuales, con traducción simultánea en los cuatro idiomas.

### Estructuras importantes.

Se celebrarán tres sesiones, en las que los Grupos Miembros presentarán las obras más importantes realizadas en sus respectivos países. Estas exposiciones se acompañarán con proyección de diapositivas. Los temas de las Sesiones serán:

- Edificios.
- Puentes.
- Otras estructuras.

A finales de 1973 se celebrará una encuesta entre los Grupos Miembros para seleccionar en calidad y cantidad el material disponible para estas Sesiones.

#### Vuelos "charter".

La F.I.P. espera organizar varios vuelos "charter" a Nueva York, en dos o tres fechas distintas, desde Frankfurt y Londres. Próximamente se darán más detalles, pero se espera que las tarifas oscilen alrededor de las 70-80 libras (10.500-12.000 pesetas), dependiendo del número de pasajeros.

### **AEROPUERTO INTERNACIONAL DE SAN FRANCISCO**

Construcción de pasos elevados utilizando losas prefabricadas de sección en TT invertida

En las carreteras elevadas de acceso al Aeropuerto internacional de San Francisco se ha utilizado un procedimiento de construcción con piezas prefabricadas muy poco corriente.

Es la primera vez que se utilizan en la construcción de puentes lasas nervadas prefabricadas y pretensadas, de sección en TT invertida, colocadas en dirección transversal al puente.

Las ideas básicas que condujeron a la utilización de estas lasas fueron, en primer lugar, el deseo de eliminar el encofrado que hubiese sido necesario en caso de hormigonado *in situ*, y, en segundo lugar, el hecho de que las lasas de sección en TT invertida pueden resistir los momentos negativos que aparecen al trabajar en doble voladizo, apoyadas en su parte central en una viga longitudinal.

Para reducir al mínimo los obstáculos impuestos al tráfico inferior, el puente se sustenta en una fila única de columnas y, sin embargo, presenta voladizos de 6,70 m a ambos lados de la línea central de las pilas.

Por la misma línea de razonamiento se ha llegado a la conclusión de utilizar simultáneamente armaduras pretensas y postes, y se han estudiado todos los detalles típicos de la construcción por dovelas para cumplir las severas condiciones impuestas por el tráfico inferior.

#### Introducción.

El aeropuerto internacional de San Francisco tiene un programa de expansión que comenzó en 1968 y debe terminarse en 1973. Para resolver los problemas del tráfico automóvil se ha construido una autopista de circunvalación totalmente elevada.

Si se hubiesen proyectado pilas convencionales, o sea, formadas por dos o más columnas y un diintel de apoyo de las vigas, se habrían creado serios problemas al tráfico inferior durante y después de la construcción. Por este motivo la estructura se ha construido sobre una fila única de pilas, volando el tablero a ambos lados de ellas.

El exceso de armaduras necesarias en este tablero se compensa con el ahorro conseguido en las pilas.

Evidentemente, la utilización de piezas prefabricadas ofrece ventajas importantes so-

bre el hormigonado in situ, sobre todo en lo referente al ahorro de encofrados y cimbras. Por otra parte, el pretensado facilita tanto la prefabricación como la unión de las piezas prefabricadas.

Además de las ventajas anteriores, la diafanidad y esbeltez de la estructura debidas fundamentalmente, al pretensado, hacen que el conjunto resulte estéticamente agradable, a la vez que económico.

### Proyecto y cálculo de las losas prefabricadas pretensadas.

Como se sabe, un elemento estructural, puesto en posición invertida en un voladizo, puede ser capaz de resistir los momentos negativos debidos a dicho voladizo.

Si ese elemento se hace de canto variable puede pretensarse con armaduras rectas, con lo que se facilita mucho su fabricación en factoría.

En el caso particular a que nos referimos, las losas están sometidas a muy distintos estados de carga: peso propio, peso propio más peso del hormigón vertido in situ, y, finalmente, sobrecarga de uso.

Como no se podían levantar varias losas juntas, fue necesario proyectarlas con flecha nula para el peso propio, y controlar las deformaciones en las secciones extremas, con el fin de comprobar que no se producían deformaciones diferentes entre dichas secciones de losas adyacentes.

El esfuerzo de pretensado se ha utilizado para llevar el control de flechas en las losas. La cantidad de acero de pretensado en los elementos prefabricados es tan sólo de 3,4 kilogramos por metro cuadrado.

Las dimensiones de las losas estaban condicionadas por la limitación de peso para el transporte y por la necesidad de que la unión losa-viga fuese lo más sencilla posible. La anchura de los nervios de las losas, así como la distancia entre ellos, son constantes. La anchura de dichos nervios podría ser un obstáculo en la unión con la viga, dada la gran cantidad de armaduras de enlace que hay en ella. La unión se realiza por medio de cuatro barras de 25 mm de diámetro, que pasan a través de orificios verticales en los nervios de las losas; unas tuercas niveladoras permiten el ajuste de las losas, antes del hormigonado del resto de la unión.

Los momentos negativos producidos por el peso del hormigón colocado in situ son resistidos por las armaduras de pretensado. Para resistir los esfuerzos producidos por las sobrecargas de uso se colocan armaduras pasivas en la parte superior de las losas.

Las losas se fabricaban de cuatro en cuatro. Las tolerancias dimensionales fueron de 25 mm; las juntas se sellaban con cinta adhesiva, y después, con el hormigón vertido in situ.

### Cálculo del pretensado de la viga central.

La viga longitudinal, central, se hormigonó in situ; la longitud de los vanos es variable, y su canto, una vez colocadas las losas, es de 1,20 m. La cantidad de acero de pretensado en la viga es de 4,7 kg/m<sup>2</sup> de puente.

Las armaduras de pretensado, en planta, coinciden con el centro de gravedad de la estructura. Para que el esfuerzo de pretensado compense los esfuerzos debidos a los dife-

rentes estados de carga, el tesado se realizaba por grupos de cinco tendones. El número total de tendones es superior a 300, con longitudes variables de 24 a 110 m.

### Pilas.

En el sentido longitudinal, las pilas y la viga central forman un pórtico rígido; los esfuerzos horizontales originan momentos flectores en las cabezas y pies de las pilas. En el sentido transversal, las pilas trabajan como ménsulas empotradas en la cimentación. La sección se calculó teniendo en cuenta las dos formas de trabajo, y las torsiones producidas en la viga central por las cargas descentradas. Asimismo, en el cálculo se tuvieron en cuenta los esfuerzos sísmicos prescritos en las normas nacionales, que son muy exigentes para esta zona.

### Prefabricación, transporte y colocación de las losas.

Las losas nervadas, de sección en T invertida, se fabricaban en una bancada de 52 m de longitud, utilizando moldes metálicos. Todas las armaduras de pretensado son rectas. En los nervios se dejaron orificios de 25 mm de diámetro para pasar por ellos las armaduras de unión de las losas entre sí.

El hormigón utilizado es de árido ligero Basalita de 1,7 t/m<sup>3</sup> de peso específico; la resistencia a compresión era de 400 kg/cm<sup>2</sup> a los veintiocho días.

Las losas se transportaron en posición similar a la que habrían de tener una vez colocadas en obra; para la descarga y colocación se utilizó una grúa de 65 t de capacidad.

Las barandillas están constituidas por piezas prefabricadas de hormigón, que se unieron a las losas por medio de las armaduras del tablero y el hormigón colocado in situ. Este hormigón tenía una resistencia, a veintiocho días, de 350 kg/cm<sup>2</sup>, y es también de áridos ligeros.

### Juntas de dilatación.

Están situadas cada 76 m, separadas 3 m de la pila más próxima. Permiten el movimiento longitudinal, pero están armadas para transferir los momentos torsores y los esfuerzos cortantes.

La longitud total de la estructura es de 1.630 m, con luces variables de 18 a 22 m. La superficie del tablero es de 22.600 m<sup>2</sup>, sin incluir las aceras. La cantidad de acero de pretensado utilizado es de 8,1 kg/m<sup>2</sup>, y la de armaduras pasivas, 68 kg/m<sup>2</sup>.

El número de pilas es de 98; en cada una de ellas se utilizaron, aproximadamente, 14 m<sup>3</sup> de hormigón.

Agradecemos al Prof. T. Y. Lin la información facilitada sobre esta obra.

## ANCLAJES DE LA CUBIERTA DEL ESTADIO OLÍMPICO

En las Notas de la F.I.P., núm. 38, se daban algunos detalles del equipo de tesado utilizado en la construcción de la original estructura de cubierta del estadio Olímpico de Munich (\*).

(\*) *Nota de la Redacción.*—En aquella información se decía que los anclajes eran de la marca VSL, cuando en realidad, como se ve por esta nueva información, su verdadera marca es BBRV.

La cubierta, de 80.000 m<sup>2</sup>, está constituida por una red de cables de acero sustentados por 24 pilones tubulares, también de acero; sobre los cables se colocan paneles translúcidos de plástico.

La fabricación de los 488 anclajes especiales necesarios se confió a la empresa Stahlton AG.

Los cables están formados por grupos de alambres galvanizados de  $\phi\ 0,6''$ , en número de 31, 55, 85 ó 109. El diámetro de los cables varía de 10 a 18 cm, y la carga máxima de rotura es de 2.600 t; la carga máxima admisible es de 1.160 t.

Debido a las fuertes variaciones de tensión a que están sometidos los cables por efecto del viento, ha sido necesario utilizar anclajes especiales del tipo BBRV/HiAm (alta amplitud). Consisten en una pieza cónica metálica, en la que se anclan los extremos de los alambres recalcando sus cabezas y pegándolos con un material sintético especial; el conjunto se rellena con resina epoxi y se sella con polvo de cinc.

Este tipo de anclaje resulta muy eficaz ante los esfuerzos dinámicos y es muy resistente a la corrosión.

## PUENTE SOBRE EL RÍO COLORADO EN COSTA RICA

Agradecemos al Prof. T. Y. Lin, de la Universidad de Berkeley, California, USA, el informe sobre la construcción de este puente, que a continuación reproducimos.

Esta estructura tiene 146 m de longitud y salva una garganta de 100 m de anchura. En ella se han combinado la prefabricación y las armaduras postesas para llegar a una solución satisfactoria, tanto desde el punto de vista económico como desde el estético.

Para construir el tramo central se tendieron unos cables cruzando el cañón. El tesado de estos cables se realizó colocando sobre ellos 30 placas prefabricadas, que servían también para estabilizarlos y crear una plataforma de trabajo. Sobre esta plataforma se construyeron cuatro pilas-pórtico separadas entre sí 24,4 m; sobre ellas se colocaron las 20 vigas que forman el tablero del tramo central. Las vigas están unidas entre sí por una losa de 15 cm de canto, hormigonada *in situ*.

Este tipo de puente, que podría denominarse "puente colgante sin torres", es muy adecuado cuando no hay limitaciones de gálibo en el obstáculo a salvar, y cuando no hay necesidad de mantener los cables por encima del tablero. Si se disponen los cables bajo el tablero, apoyándose en ellos se puede colocar una buena plataforma de trabajo.

Este método, además, proporciona un gran ahorro de encofrados y ciembras. En Costa Rica es necesario importar el acero para armar, y por supuesto, el de pretensado; por este motivo, en el puente del Río Colorado, se admiten en los cables unas tensiones muy fuertes.

Se calculó que la flecha de los cables debida al pretensado producido por el peso de las placas prefabricadas, sería de 1,2 a 1,6 m. La rigidez era suficiente para resistir los esfuerzos laterales de viento.

Se estudiaron comparativamente las soluciones de pilas prefabricadas y pilas construidas *in situ*; se adoptó, como más económica, la solución de pilas prefabricadas. Asimismo, las vigas del tablero, de sección en T, son también prefabricadas.

La estructura se construyó con la ayuda de un andarivel de 40 t. Las dos pilas en las que se anclan los cables se construyeron en posición vertical, después se giraron hasta colocarlas con la inclinación adecuada, que supuso una reducción de 22 m en la luz del

tramo central. Esta inclinación de las pilas origina unas reacciones horizontales en su base, que tiende a reducir la posibilidad de deslizamiento; las pilas están articuladas en su base.

## PREMIOS PARA ESTRUCTURAS PRETENSADAS EN LA INDIA

La Federación Internacional de Asia y las Asociaciones de Constructores del Pacífico Oeste conceden premios a las estructuras más sobresalientes construidas con hormigón pretensado.

En 1971 estos premios fueron concedidos de la forma siguiente: Medalla de oro a unos silos para fertilizantes, que se describen a continuación, y Medalla de plata al puente de Thana Creek.

### Silos pretensados.

Estos silos se han construido, en gran número, en varias zonas de la India, utilizando elementos prefabricados unidos por armaduras postesas.

El peso de los elementos prefabricados es de 10 t; la unión se realiza por armaduras postesas en dos direcciones, así pueden resistir momentos debidos a la carga asimétrica.

Uno de estos silos, situado en Kalol, tiene 219 m de longitud, con vanos de 37 m. Su altura es de 18,5 m y las conducciones internas están colgadas de la cubierta y paredes laterales.

## NUEVAS PUBLICACIONES

### Ensayos sobre hormigón polimerizado.

En el Technical Report, núm. R753, editado por US Naval Civil Engineering Laboratory en diciembre de 1971, se describen los ensayos realizados con esferas huecas de hormigón polimerizado sometidas a cargas hidrostáticas.

Las probetas eran ocho esferas de 40 cm de diámetro exterior y espesor variable de 2,5 a 5 cm, fabricadas con hormigón polimerizado de 1.450 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión. Se sometieron a procesos de carga de corta duración, de larga duración y cíclicas.

Los resultados de los ensayos demuestran que las esferas responden a las cargas hidrostáticas con un comportamiento elástico lineal y que la rotura por presión se produce con carga mayor en un 40 por 100 a la que produciría la rotura en esferas de hormigón normal.

Pudo comprobarse, además, que cuando la relación espesor de pared/diámetro exterior varía de 0,063 a 0,125 las cargas de rotura, en ensayos de corta duración, varían de 340 a 600 kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados obtenidos coinciden con los dados por la teoría elástica clásica, en lo referente a las deformaciones y cargas de rotura.

Puede conseguirse este informe en:

National Technical Information Service  
Sills Building  
5285 Port Royal Road  
Springfield, VA 22151, USA

Traducido por J. Pujó  
Revisado por J. JÓDAR

# **notas de la F.I.P.**

**n. 42, septiembre-octubre 1972**

## **PROGRAMA DE LAS COMISIONES F.I.P.**

En general, las Comisiones de la F.I.P. se trazan planes cuatrienales de trabajo coincidentes con los intervalos entre congresos. De esta forma, en cada congreso, en reuniones abiertas, se discuten los trabajos realizados en los cuatro años anteriores y se elaboran los planes correspondientes a los cuatro próximos años.

Con vistas al próximo Congreso de Nueva York, en mayo de 1974, todas las Comisiones están celebrando las últimas reuniones del presente período. Con objeto de que los trabajos realizados puedan publicarse en los cuatro idiomas de la F.I.P., aquéllos deben estar terminados hacia finales de agosto de 1973.

El programa de las Comisiones durante los meses que faltan hasta el Congreso, se describe a continuación.

### **Acero para pretensado y Grupo de Trabajo sobre anclajes.**

Se ha enviado a todos los miembros, para su aprobación, la última versión del proyecto de "Recomendaciones para la aplicación y el control de los sistemas de pretensado".

La Comisión ha sido invitada a celebrar su próxima reunión en Budapest (Hungria), del 4 al 7 de abril de 1973. En esta reunión se estudiará la propuesta de los presidentes de la Comisión y del Grupo de Trabajo, Prof. Bruggeling y Dr. Birkenmaier, respectivamente, para reorganizar la Comisión. La nueva Comisión actuará como receptor de todas las actividades internacionales en el campo del acero y los sistemas de pretensado.

### **Práctica constructiva.**

Los cinco grupos de trabajo de esta Comisión han preparado y enviado a los respectivos miembros, para su comentario, unos esquemas relativos a los temas de estudio encomendados a cada grupo.

Estos cinco informes constituyen un documento de gran interés técnico que será enviado a Nueva York por la Comisión. La última reunión antes del congreso tendrá lugar en Suiza en abril de 1973.

### **Prefabricación y Subcomité de Principios Básicos.**

Por invitación del grupo español esta Comisión celebró su última reunión en Sevilla el 13 de noviembre de 1972, coincidiendo con la VII Asamblea Técnica Nacional de la A.T.E.P.

El informe que enviará al Congreso contiene un estudio sobre los progresos realizados en el campo de las estructuras construidas con elementos prefabricados (tolerancias, materiales, curado rápido y control de la prefabricación).

El Subcomité de Principios Básicos ha empezado a estudiar los problemas de los viaductos, de la misma forma en que lo hizo con los edificios de una sola planta (véase "Notas de la F.I.P.", núm. 37).

### **Grupo de Trabajo sobre plásticos.**

Obligado por sus múltiples ocupaciones, Mr. Warris (Suecia) ha tenido que dejar la presidencia del Grupo; su puesto ha sido ocupado por M. Kavyrchine (Francia).

Es muy probable que el tema de los plásticos se una a otros, como el hormigón polimerizado, y se cree una nueva Comisión de la F.I.P. en el próximo Congreso de Nueva York.

### **Hormigón ligero.**

Esta Comisión ha continuado su costumbre de celebrar reuniones conjuntas con el C.E.B.; la próxima tendrá lugar en Varsavia en mayo de 1973. Después de esta reunión, se celebrará un coloquio sobre condiciones del hormigón ligero de cara al aislamiento térmico y acústico.

Igualmente, el 22 de marzo de 1973, se reunirán las Comisiones de Hormigón Ligero y Resistencia al Fuego para estudiar conjuntamente los problemas de la resistencia al fuego del hormigón ligero.

### **Resistencia al fuego.**

Ha sido enviado a todos los miembros de la Comisión la versión final de las "Directrices para el proyecto de elementos de hormigón armado y pretensado teniendo en cuenta su resistencia al fuego". Estas recomendaciones, una vez aprobadas, constituirán la base del informe que la Comisión enviará a Nueva York.

En la actualidad se está tratando de evaluar la resistencia al fuego de edificios completos, teniendo en cuenta la de los elementos estructurales que los forman. La falta de datos estadísticos sobre este tema es muy grave, por lo que resulta necesaria la colaboración de todos.

### **Estructuras antisísmicas.**

Esta Comisión se reunió por última vez en Tbilisi (Rusia) el 27 de septiembre de 1972. Se redactó un informe que será presentado en el Congreso de Nueva York. Antes del Congreso se redactará otro informe sobre los movimientos sísmicos ocurridos después de la reunión de Tbilisi.

### **Estructuras y cimentaciones para máquinas.**

El trabajo de esta Comisión ha sido suspendido temporalmente debido a la lentitud de los progresos realizados en este campo.

En estas mismas Notas de la F.I.P. se publica un informe del presidente de la Comisión sobre el estado actual de los conocimientos en esta materia.

En Nueva York se analizará la situación y se procederá a una ordenación de los temas de trabajo de esta Comisión.

### **Estructuras marinas.**

Durante los Simposios de Tbilisi, septiembre de 1972, se celebraron reuniones informales para estudiar la posibilidad de formar una nueva Comisión de la F.I.P. sobre el tema de las estructuras marinas.

## **ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES PRETENSADAS PARA MAQUINAS**

Durante el VI Congreso de la F.I.P., celebrado en Praga en 1970, se creó una Comisión para que se ocupase de la utilización del hormigón pretensado en estructuras y cimentaciones para maquinaria. Esta Comisión se reunió posteriormente, el año 1971, en Londres y Amsterdam.

En estas reuniones se vieron claramente las múltiples ventajas que presenta el hormigón pretensado en estos tipos de estructuras, pero también se hizo notar que el progreso en este campo es muy lento.

Por este motivo, la Comisión acordó suspender temporalmente sus trabajos y celebrar un coloquio sobre dicha decisión durante el Congreso de Nueva York.

En el informe que reproducimos a continuación, el presidente de la Comisión, doctor Thomas Hinckeldey, de Dortmund, pasa revista brevemente a la situación actual del tema.

“Antes de celebrarse, en 1964, un Simposio en Londres sobre el tema que nos ocupa ya se habían estudiado y realizado diversas estructuras y cimentaciones en hormigón pretensado para prensas, treves de laminación y otras máquinas pesadas.

La utilización del hormigón pretensado en cimentaciones de grandes máquinas presenta un desarrollo muy similar a su uso en reactores nucleares y estructuras marinas. Es lógico, puesto que el pretensado presenta cuatro grandes ventajas:

1. En estas estructuras, el hormigón pretensado es más barato que el acero.
2. El pretensado puede realizarse *in situ*. Esto es muy importante en estructuras de grandes dimensiones, ya que las medidas de los elementos estructurales pueden ser un problema para el transporte.
3. Las dimensiones de los elementos pueden plantear graves problemas de fabricación si son de acero.
4. El hormigón pretensado ofrece mayor durabilidad y rigidez que el hormigón armado normal.

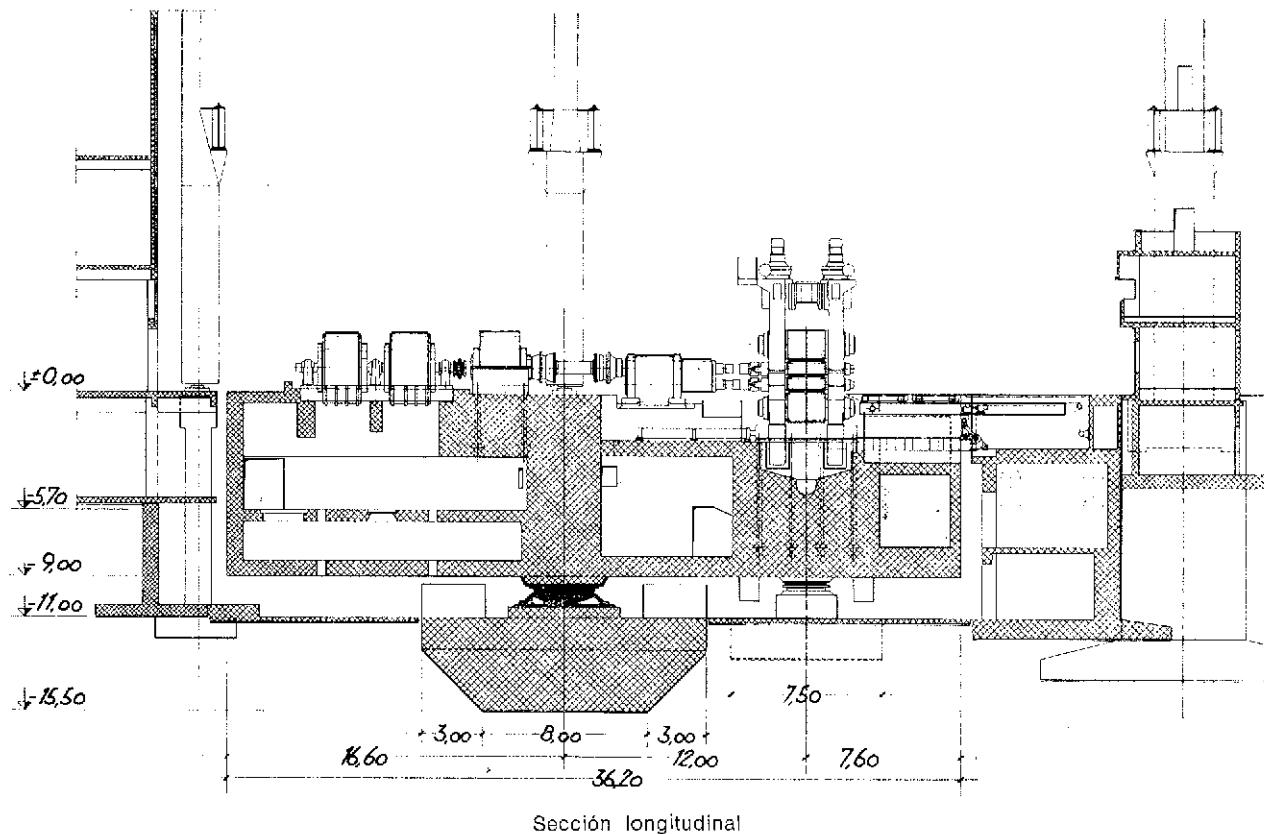
En los casos de grandes máquinas, como por ejemplo, prensas de más de 50.000 t, bombas de gran tamaño, turbinas, etc., la única solución económica de cimentación la ofrece el hormigón pretensado.

Pero el uso del pretensado en estas estructuras es bastante más complicado que en las estructuras normales, ya que las secciones de los elementos estructurales no pueden elegirse libremente, sino que hay que respetar las fuertes exigencias impuestas por la máquina y su forma de trabajo.

En particular debe prestarse gran atención a la resistencia a la fatiga del hormigón y a la posibilidad de deformaciones plásticas, puesto que se va a ver sometido a tensiones alternadas de alta frecuencia según 1, 2 ó 3 ejes.

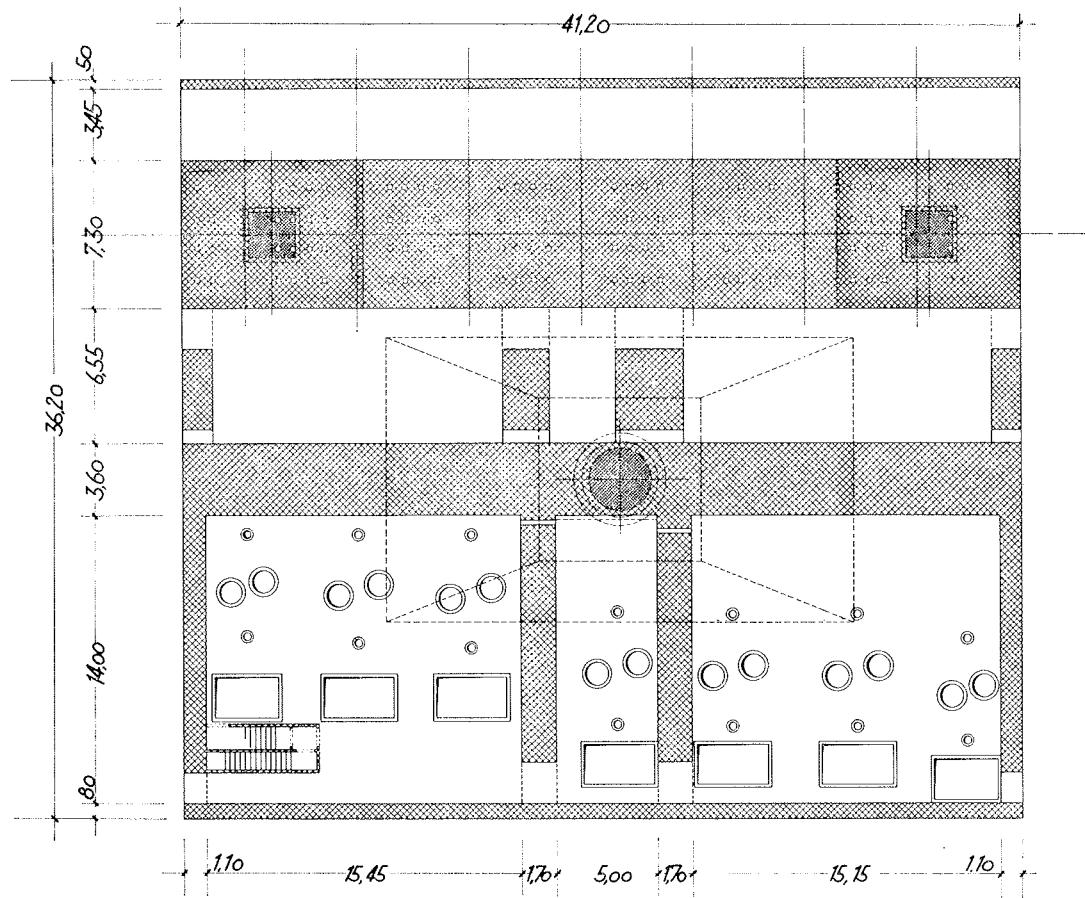
Si se compara con el hormigón armado, el pretensado tiene un efecto amortiguador mucho más pequeño. Deben estudiarse elementos con la gran capacidad de amortiguamiento exigida por la fuerte vibración de las máquinas.

El avance en este sentido dependerá de la cooperación con los ingenieros mecánicos y del desarrollo de las grandes máquinas.



Como ejemplo de todos los problemas expuestos se muestran algunos detalles de la cimentación de un tren continuo de laminación en caliente, construido por la empresa Krupp, en Bochum, Alemania occidental.

Una de las condiciones era que los movimientos de la cimentación habían de ser casi nulos; además, los errores en la dimensión longitudinal no podían ser mayores de 1 mm, incluyendo en esta tolerancia los cambios de longitud por fluencia y retracción.



Planta de la cimentación

Otra condición impuesta era que no pudiesen presentarse fenómenos de resonancia entre las 300 y 1.500 r.p.m.

Para que pudiesen cumplirse simultáneamente todas estas condiciones era necesario utilizar hormigón pretensado. La cimentación tiene unas dimensiones de  $42,2 \times 36,2 \times 9$  metros cúbicos y van incluidas en ella las conducciones para suministro de aceite y las del sistema de refrigeración.

Los momentos flectores, originados por las 3 cargas apoyadas en la cimentación, son de igual magnitud a los máximos producidos en el puente de hormigón pretensado sobre el Rin, cerca de Koblenza.

#### Datos técnicos:

Peso propio .....	19.000 Mp.
Peso de la máquina .....	9.000 Mp.
Valor máximo del impulso .....	24.000 Mp.
Número de tendones .....	730
Esfuerzo total de pretensado .....	43.000 Mp.
Momento flector máximo .....	105.000 m.Mp.

## ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MUY ALTA RESISTENCIA, ZUNCHADOS HELICOIDALMENTE CON ALAMBRE

Este artículo fue escrito por el profesor Ludkovsky y Mr. Volkov (Rusia), de la Comisión de la F.I.P sobre estructuras y cimentaciones de máquinas.

Muchos miembros de las Comisiones de la F.I.P. han manifestado su interés por este trabajo, por lo que ahora se reproduce aquí de modo especial.

"Los progresos realizados en el campo de la construcción conducen a un aumento constante de las tensiones en los materiales, debido al aumento de las cargas y de las luces de los vanos, en las estructuras y edificios. En las construcciones industriales, la evolución es paralela a la de las máquinas. En estas estructuras, los esfuerzos se miden, con frecuencia, por cientos de toneladas y, a veces, deben ser resistidos por elementos de pequeña sección. Además es necesario tener en cuenta que la eficacia de estos elementos estructurales no estriba solamente en su resistencia, sino también en su comportamiento clástico.

Teniendo en cuenta todas estas exigencias se han realizado estudios y ensayos sobre piezas zunchadas helicoidalmente con alambre de pretensado y sobre elementos pretensados en dos o tres direcciones.

En estos ensayos se buscaba, especialmente, determinar las tensiones longitudinales y transversales, las tensiones máximas, en fase elástica y no elástica, y establecer la influencia del espesor del revestimiento de acero inoxidable y los efectos de la fatiga.

Los resultados han demostrado que los elementos estructurales de hormigón no pretensado, revestidos de metal, presentan aumentos de resistencia de 4,2 a 7,8 veces sobre los normales. Los valores máximos de la resistencia a compresión son del orden de 2.470 kg/cm<sup>2</sup>.

Sin embargo, como los resultados obtenidos para los demás aspectos estudiados no eran siempre satisfactorios se realizaron ensayos sobre elementos de hormigón pretensado en dos y tres direcciones.

Estos elementos se comportan clásticamente bajo grandes tensiones y están formados por un hormigón especial de muy alta resistencia y zunchados helicoidalmente.

Los componentes del hormigón son esferas y cilindros de los más variados materiales y mortero de cemento, que rellena los huecos entre aquéllos. Los cilindros se colocan paralelamente al eje del elemento, y las esferas, utilizando un método por el cual cada una toca a otras doce; de este modo se ocupa el 74 por 100 del volumen total.

El contacto entre esferas o cilindros tiene una parte muy importante en la resistencia final obtenida, así como la propia resistencia del material constituyente de dichas esferas y cilindros.

Este material suele ser vidrio, piedra especialmente pulida, sitall, etc., y, en general, materiales artificiales."

"La resistencia a compresión del sitall es de 10.000 kg/cm<sup>2</sup>, y el módulo de elasticidad es, aproximadamente, 10<sup>6</sup> kgc/m<sup>2</sup>. La capacidad de carga de estos elementos aumenta considerablemente por la acción de un pretensado triaxil. El pretensado se introduce zunchando perimetralmente el elemento con alambre liso y limitando el alargamiento del elemento con barras longitudinales ancladas en los extremos. Cuando los elementos van a trabajar en medio altamente agresivo pueden utilizarse como armaduras fibras de vidrio que no son afectadas por la corrosión.

En el Instituto de Investigación del Hormigón y del Hormigón Armado, de Moscú, se han realizado investigaciones sobre las propiedades físicas y mecánicas de elementos de muy alta resistencia pretensados en tres direcciones.

Utilizando probetas cilíndricas de 160 y 300 mm de altura y 300 mm de diámetro, zunchadas helicoidalmente con alambre de pretensado de 4 mm de diámetro, se estudiaron la influencia del diámetro de las esferas y de la naturaleza de los materiales.

Para los ensayos de cálculo de la influencia de la resistencia de los materiales en la resistencia del elemento se utilizaron esferas de vidrio, piedra y escoria de sitall. En dos probetas, el núcleo estaba formado por cilindros de escoria de sitall de 280 mm de altura y 50 mm de diámetro. Además se ensayaron algunas probetas con núcleo de hormigón.

La figura adjunta muestra la variación de deformaciones transversales y longitudinales, y el módulo de deformación transversal en una probeta con núcleo de esferas de sitall. El estudio de estas relaciones muestra que, a excepción del primer ciclo de carga, que se caracteriza por la aparición de deformaciones plásticas, existe una relación lineal entre tensiones y deformaciones hasta un valor máximo de aquellas de 1.370 kg/cm<sup>2</sup>.

Las deformaciones plásticas que aparecen en el primer ciclo de carga se deben a defectos estructurales del núcleo debido a que el mortero de cemento se ha introducido en las zonas de contacto de las esferas. Este ciclo de carga preliminar hace posible la eliminación de cualquier defecto estructural, y de hecho evita que posteriormente aparezcan deformaciones no clásicas.

Una probeta con esferas de vidrio rompió bajo carga de 2.270 toneladas, que corresponde a una tensión de 3.100 kg/cm<sup>2</sup>. Esta rotura se produjo por fallo del alambre.

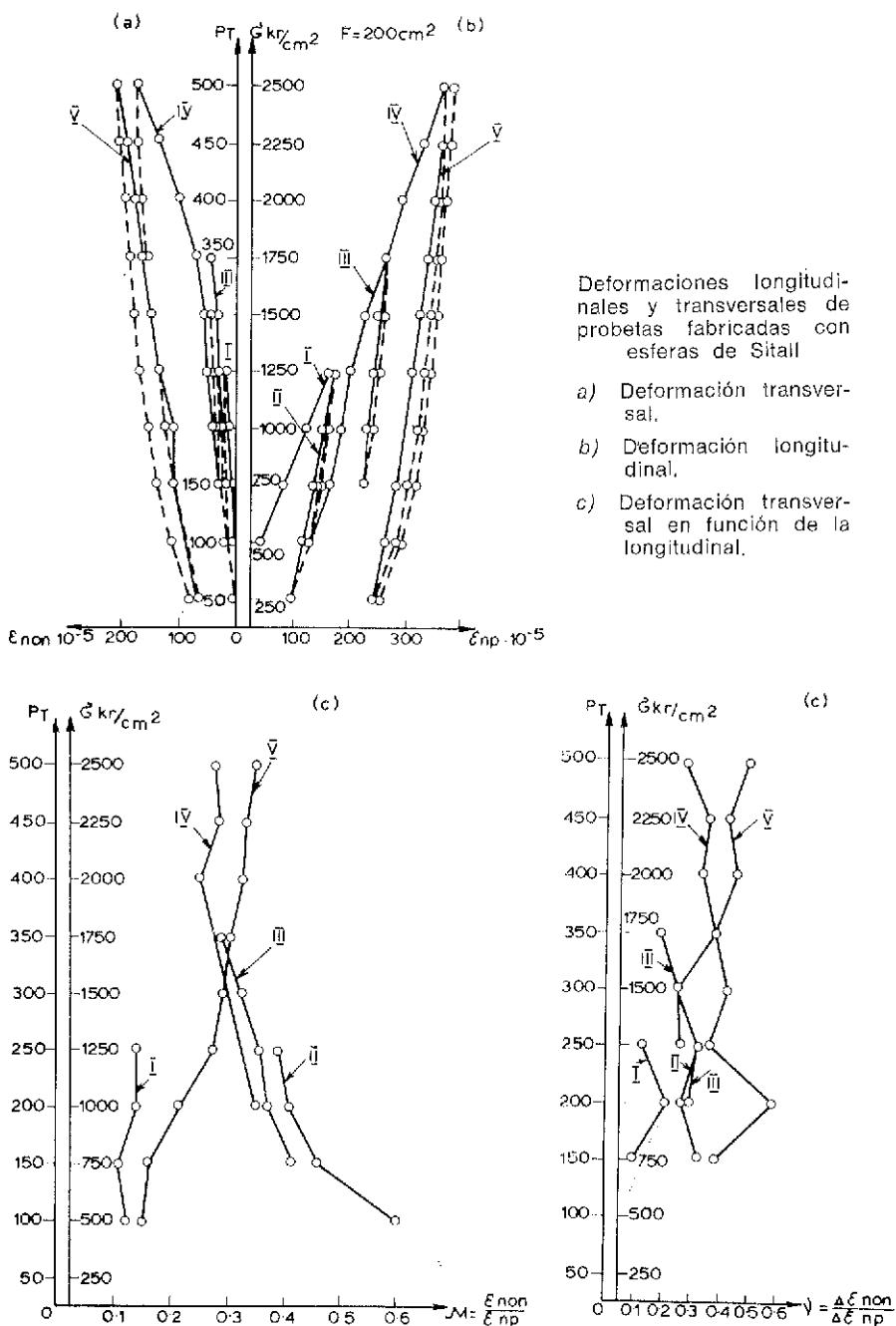
Los resultados de los ensayos con áridos de esferas de piedra pulida son iguales a los anteriores. En el primer ciclo de carga se produjeron algunas deformaciones plásticas debidas a la presencia de mortero en las zonas de contacto de las esferas.

La tensión de rotura fue aproximadamente de 3.060 kgf/cm<sup>2</sup>.

La tabla 1 da los resultados en los ensayos con los distintos materiales componentes del núcleo.

TABLA 1.

Material del núcleo	Tensión transversal kg/cm <sup>2</sup>	Límite de elasticidad kg/cm <sup>2</sup>	Relación límite alástico tensión de rotura
Esferas de vidrio .....	450	1.860	0,6
Esferas de piedra pulida .....	300	1.530	0,5
Esferas de Sitall .....	585	2.400	0,8
Cilindros de Sitall .....	585	4.000	0,8
Hormigón de 500 kg/cm <sup>2</sup> de resistencia en probeta cúbica .....	575	—	No rompió
Hormigón de 600 kg/cm <sup>2</sup> de resistencia en probeta cúbica .....	275	—	No rompió



### Conclusiones.

1. Las probetas zunchadas helicoidalmente con alambre y con núcleos de esferas de piedra pulida y de vidrio tienen alta resistencia a compresión. La rotura de estas probetas zunchadas con dos capas de alambre de alta resistencia se produce con tensiones superiores a 3.000 kg/cm<sup>2</sup>.
2. El material más efectivo para llenar el núcleo de las probetas es el sitall en forma de esferas o de cilindros. En estos casos, la tensión de rotura puede llegar a 4.000 kg/cm<sup>2</sup>.

## ESTADIO DEL PARQUE DE LOS PRINCIPIES (PARÍS)

El nuevo estadio del Parque de los Príncipes, de París, es un ejemplo importante del uso del pretensado en la unión de elementos prefabricados.

Tiene capacidad para 50.000 espectadores y está situado junto al Bosque de Bolonia, entre éste y el nuevo Ring Boulevard. Su planta es elíptica, con ejes de 251 y 191 m, y se ha proyectado poniendo especial atención en que la visibilidad sea perfecta desde cualquier parte. La cubierta tiene doble curvatura y ofrece un aspecto muy agradable. La estructura está constituida por 50 pescantes, de altura variable entre 22 y 31 m, y voladizo de longitud entre 35 a 45 m. Tanto los soportes como los voladizos de los pescantes están constituidos por piezas prefabricadas, unidas entre sí por medio de armaduras pretensadas; se han utilizado 1.200 piezas huecas. La viga perimetral que une los extremos de los voladizos está formada también por piezas prefabricadas, unidas de la misma forma.

Asimismo, los pórticos que soportan las gradas son prefabricados de hormigón armado.

## ENSAYOS DE RESISTENCIA AL FUEGO DE VIGAS DE HORMIGÓN PRETENSADO

Recientemente ha surgido una polémica sobre los ensayos realizados en Holanda por el Comité del CUR con vigas pretensadas con 7 alambres y sometidas al fuego.

En la última reunión de la Comisión de la F.I.P. sobre Resistencia al Fuego del Hormigón Pretensado, Ir. H. Van Tongerel presentó un informe en el que se describen las condiciones y resultados de estos ensayos. A continuación se da un resumen de dicho informe. También se presta atención en este informe a los ensayos realizados con el fin de determinar la armadura necesaria para los cortantes, dato de gran interés para los proyectistas de vigas de hormigón pretensado.

### a) Rotura instantánea.

Hace unos diez años, el Comité CUR publicó el informe número 13, que trataba de los resultados de 41 ensayos de resistencia al fuego de vigas de hormigón pretensado.

En 5 casos de los 41, las curvas flecha-tiempo eran diferentes. En esas vigas, la rotura fue instantánea; en la mayor parte de los casos, la fisuración del alma, debida a las tensiones verticales de tracción, fue la causa de la rotura de las vigas (fig. 1). La mayoría de estas roturas instantáneas se presentaron en vigas en T.

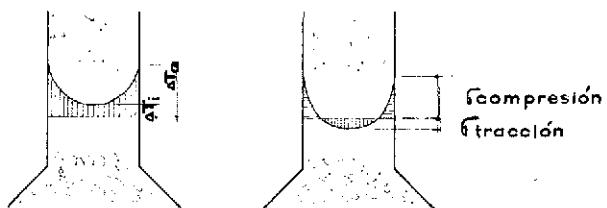


Figura 1

Para profundizar en el estudio de esa forma de rotura se practicaron en el alma de las vigas unos cortes horizontales como muestra la figura 2. Los ensayos de resistencia al fuego realizados en estas vigas dieron como resultado la rotura instantánea de forma exactamente igual a la producida en las vigas ensayadas anteriormente.

A la vista de estos resultados, el Comité decidió seguir los ensayos con vigas que hubiesen sido fisuradas artificialmente introduciendo láminas de cobre en el alma y con distintos tipos de armadura de cortante. La influencia de la forma de armado se demostró claramente.

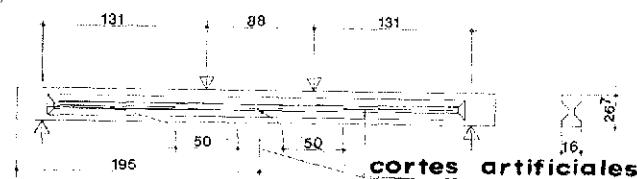


Figura 2

Utilizando cuantías de 0,15 y 0,23 por 100 de la superficie del alma, la resistencia al fuego de estas vigas variaba entre el 50 y el 75 por 100 de la resistencia de las vigas sin fisuración artificial.

Las vigas sin armadura se rompieron como las tomadas como modelo. En un esfuerzo por hallar un modelo teórico de esta clase de rotura, los programas de trabajo del Comité incluyen una serie de ensayos con carga normal en vigas con fisuración artificial.

La relación buscada entre la rotura de las vigas por la carga de fuego y carga vertical normal conducirá seguramente a un mejor conocimiento de las causas de rotura.

#### b) *Resistencia al fuego de vigas en T.*

Para realizar el estudio de la resistencia al fuego de vigas en T se unieron al Comité los representantes de las fábricas de elementos de hormigón de Dinamarca y Bélgica.

Se ensayaron vigas en T de 8 m de luz. La resistencia del hormigón a los veintiocho días, en probeta cúbica, era de 600 kg/cm<sup>2</sup>. La edad del hormigón en el momento de los ensayos era de dos o tres meses.

El esfuerzo de pretensado se introdujo con cables 7φ 0,5" y 7φ 3/8" de calidad QP 190. El recubrimiento mínimo de las armaduras era de 46 mm. Los resultados previos del CUR y las tablas F.I.P. daban una resistencia al fuego de ochenta minutos, basándose en el aumento de temperatura sobre la crítica del acero.

En los casos en que no había armaduras de cortante se registró una resistencia al fuego de cuarenta minutos, con deslizamiento de los cables pretensados de 1 ó 2 cm.

La figura 3 muestra la relación entre la cuantía de armadura de cortante y la resistencia al fuego en minutos.

En todos los casos se produjo un deslizamiento de los cables de valor considerable.

En las vigas armadas en toda su longitud con malla de alambre, se encontraba una resistencia al fuego mayor, pero aumentaba el deslizamiento de los cables (véase 4 en la figura 3).

Además se realizó otro ensayo sobre una viga con armaduras postesas; la resistencia al fuego de esta viga alcanzó el valor previsto.

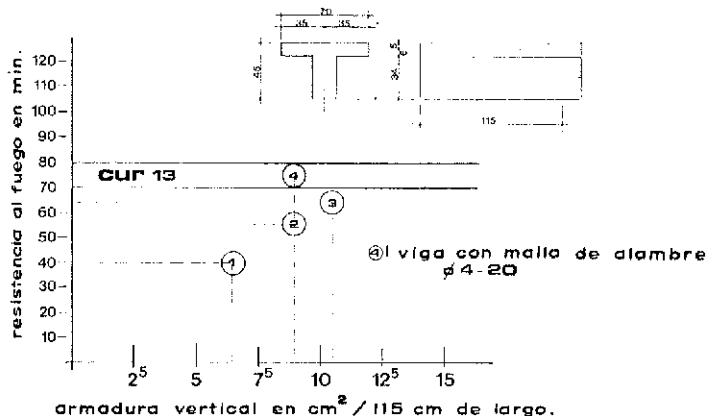


Figura 3

Antes de sacar conclusiones es conveniente llamar la atención sobre una importante diferencia entre el método de ensayo utilizado en estas series últimas y el utilizado en las anteriores. Las últimas vigas fueron ensayadas con sus extremos dentro de la cámara de fuego, mientras que en las anteriores, los extremos permanecían más o menos fríos.

En la figura 4 se presenta el resultado de un ensayo por el método tradicional en el que no hubo deslizamiento de los cables y se alcanzó la resistencia al fuego prevista.

Los deslizamientos son mayores en los cables  $\phi 0,5''$  que en los cables  $\phi 3/8''$ .

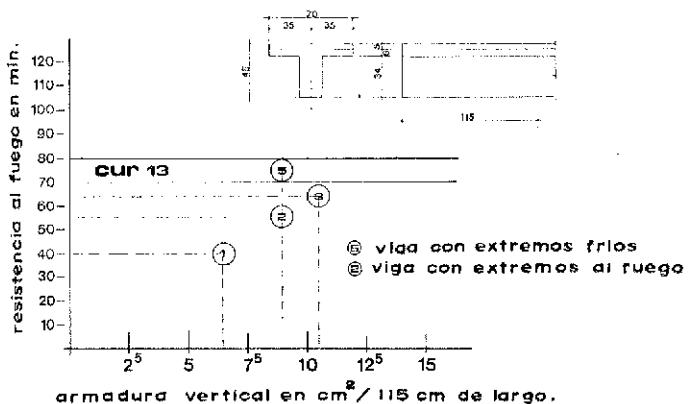


Figura 4

Se observaron fisuras horizontales en los extremos de las vigas y al nivel de las armaduras, lo que facilitaba el deslizamiento de los cables (fig. 5).

Si se concentran las armaduras en los extremos de las vigas y se atan con un zuncho en espiral, disminuye el deslizamiento y, al mismo tiempo, aumenta el recubrimiento, con lo que se consigue una resistencia al fuego de unos ciento diez minutos (fig. 6).

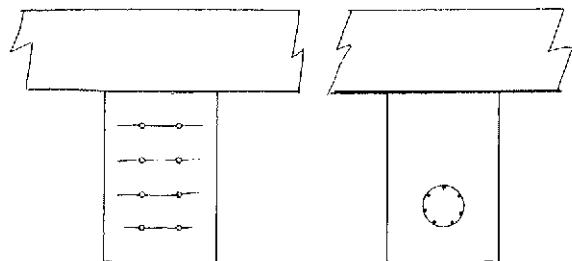


Figura 5

Figura 6

## CONSTRUCCION DE TUNELES POR DOVELAS PREFABRICADAS

En Holanda y en otros muchos países se construyen, para el cruce de ríos y vías marítimas, tramos de túnel prefabricados en un dique seco. Estos tramos se transportan por flotación y, una vez situados en la vertical de su posición definitiva, se sumergen. La longitud de estos tramos varía entre 90 y 120 m. Las juntas entre tramos se impermeabilizan por medio de perfiles de goma y, normalmente, una segunda capa, que puede ser también de goma o de acero.

No solamente han de ser impermeables las uniones, sino también el propio túnel.

El método de construcción tradicionalmente empleado consiste en hormigonar, primariamente, la losa inferior y, posteriormente, los muros laterales y la losa superior. De esta forma se presentan juntas de construcción entre las distintas zonas hormigonadas, y esas juntas ocasionan inevitablemente fisuras de retracción en los muros. Para impermeabilizar el túnel es necesario sellar esas fisuras; esto se hace normalmente con un producto bituminoso. Este revestimiento suele ser bastante delicado y necesita una protección contra las acciones mecánicas que puedan producirse durante el transporte por flotación o bien por las anclas de los buques.

Por todas estas razones, la impermeabilización de un túnel sumergido requiere normalmente técnicas muy complicadas y, por lo tanto, costosas.

Pero es necesario señalar que la protección impermeabilizante no hay que emplearla porque el hormigón la necesite, sino debido al método de construcción, que requiere juntas de hormigonado.

Para comprobar si con otro método de construcción se haría innecesaria la impermeabilización, el Ministerio de Obras Públicas de Holanda ha construido un túnel experimental.

Este túnel se ha construido para el cruce del canal Amsterdam-Rhine por un canal secundario, al sur de la ciudad de Utrecht. El túnel tiene una longitud de 130 m y una sección transversal en cajón tricelular de 8,89 m de anchura y 2,85 m de alto; la sección de cada célula es de  $2,29 \times 2,59 \text{ m}^2$ .

La construcción se ha realizado por dovelas prefabricadas de 3 m de longitud y 70 t de peso; se han utilizado 40 dovelas. Para evitar las juntas de construcción, las dovelas

se hormigonaban en posición vertical. Para asegurar la perfecta alineación del conjunto del túnel y reducir al mínimo el espesor de las juntas entre dovelas, éstas se hormigonaban cada una contra la anterior.

La unión de las dovelas se realizó en un dique seco utilizando 32 cables longitudinales de pretensado tipo BBRV 55 φ 6 mm de calidad QP 170. Las juntas entre dovelas se pintaron con resina epoxy.

El pretensado se calculó de forma que después de todas las pérdidas y en el caso más desfavorable de carga, la tensión mínima de compresión en las juntas sea de 5 kg/cm<sup>2</sup> para evitar el riesgo de filtración.

Los resultados obtenidos con el túnel experimental son muy satisfactorios; las filtraciones son despreciables. En consecuencia, el Ministerio de Obras Públicas de Holanda tiene en proyecto construir por este método varios túneles de secciones transversales pequeñas.

Entre las ventajas que ofrece este método no figura solamente el prescindir de la capa impermeabilizante de productos bituminosos, sino también que, debido a la prefabricación, se acortan los plazos de construcción.

## PUENTE DE TATARNA, EN GRECIA

Este puente es un ejemplo más de la construcción por voladizos sucesivos, pero con una interesante particularidad.

Tiene una longitud de 490 m, incluyendo los accesos, y consta de tres tramos de 97, 196 y 150 m. La particularidad de esta estructura consiste en que es el primer puente en curva construido por voladizos sucesivos.

La sección transversal es un cajón de 9,40 m de anchura y canto variable; la longitud de las dovelas, hormigonadas in situ, era de 3,50 m.

Las dos pilas tienen 18 y 21,5 m de altura y, cada una, está formada por una pantalla de hormigón armado de 7 m de anchura.

## XXV ANIVERSARIO DE LA I.S.O.

Este año se celebra el XXV Aniversario de la International Organisation for Standardization. Con este motivo se ha publicado, por primera vez, una revista anual, en inglés y francés. A continuación se dan unos resúmenes de la información aparecida en dicha revista.

La I.S.O. es una organización internacional especializada en la normalización; desde 1972 reúne a representantes de 70 países. El trabajo que realiza es un acuerdo mundial sobre Normalización, con el fin de llegar a una expansión del mercado, una mejora de la calidad, incremento de la productividad y una reducción de precios. Este trabajo se lleva a cabo a través de 1.200 delegaciones técnicas. Más de 50.000 expertos de todas las partes del mundo participan en estos trabajos y ya se han publicado unas dos mil normas I.S.O. sobre diversas cuestiones técnicas.

El presidente, Dr. Francis L. La Que (U.S.A.), señala en su informe que en cada día de trabajo del año 1972 la I.S.O. publicó dos normas internacionales. Anteriormente

se publicaban en forma de Recomendaciones, como guías para las distintas normas nacionales, al modo de las Recomendaciones Internacionales C.E.B./F.I.P.

A partir de 1972 los resultados de los trabajos de la I.S.O. se publican como Normas Internacionales. El presidente dice: "Este importante cambio en la filosofía del trabajo de la I.S.O. está en relación con las peticiones mundiales de normas internacionales que cubran todos los aspectos técnicos".

En el campo de la edificación se tiende al uso de elementos prefabricados, que aumentan la velocidad de construcción de casas, fábricas, escuelas y hospitales. Esto conduce necesariamente a una fabricación en gran escala que sólo puede resultar económica si es continua, y para ello es necesario poder exportar los productos prefabricados. De aquí que sea muy urgente una normalización internacional de dichos elementos, que ha comenzado a realizarse con el acuerdo de adoptar un módulo básico para edificación de 100 mm. Se está realizando un gran esfuerzo para llegar a una normalización de las dimensiones de los elementos principales de los edificios. Más adelante se tratará de la normalización de la calidad, métodos de ensayo y otras especificaciones de los materiales.

#### **HOMENAJE A LA MEMORIA DE M. FREYSSINET**

Con motivo del décimo aniversario de la muerte de M. Freyssinet, presidente de la F.I.P., la revista C.I.C. Ingeniería Civil, del Colegio de Ingeniería Civil de Méjico, ha publicado en su número de marzo-abril una nota bibliográfica de este gran ingeniero.

#### **SIMPOSIO DEL C.I.B. SOBRE PLACAS DELGADAS Y PANELES SANDWICH, EN AUSTRIA, 1973**

El International Council for Building Research Studies and Documentation (C.I.B.) proyecta celebrar un simposio sobre "Placas delgadas y paneles Sandwich", en Linz, Austria, del 4 al 7 de junio de 1973.

El avance del programa se ha publicado en julio de 1972; puede obtenerse cualquier otra información escribiendo a: Oesterreichischer Institut für Bauforschung, Dr. Karl Lueger Ring 10. A 1010 Viena (Austria).

Además de los cinco días de sesiones técnicas, se realizarán visitas a fábricas, etc.

Los idiomas oficiales del simposio serán: inglés, francés y alemán. Las personas que tengan interés en contribuir a este simposio pueden mandar un resumen de su comunicación, no mayor de una página, a las señas citadas anteriormente.

#### **PUENTE OLAND (SUECIA)**

En las Notas de la F.I.P. núms. 20 y 37 se publicaron algunos detalles de la construcción del puente más largo de Europa —el puente Oland, en Suecia—. Su longitud total es de 6.070 m, divididos en 155 vanos; la anchura total es de 13 m, de los cuales siete corresponden a la calzada.

La construcción del tramo central, de 910 m de largo, se realizó por voladizos sucesivos avanzando simétricamente desde cada una de las siete pilas. Cada dovela, de 3,4 m de longitud, se realizaba en una semana. Utilizando cuatro carros de avance, fue posible realizar 13,6 m a la semana.

## **MONUMENTO ERIGIDO EN MEMORIA DEL GENERAL DE GAULLE**

La impresionante Cruz de Lorraine, erigida en una colina sobre Colombey-les-deux-Eglises en memoria del general De Gaulle, es un claro ejemplo de la utilización del pretensado en arquitectura.

El monumento tiene 43,5 m de alto, con dos brazos de 19,2 y 14,1 m de largo. Está construida con elementos prefabricados huecos, de  $2,36 \times 4,04$  m<sup>2</sup> de sección, unidos por cables de pretensado. Los elementos prefabricados salían de los moldes con el revestimiento de granito y bronce ya colocado, que había servido como encofrado perdido. El peso de cada elemento era de 20 t; la cruz se compone de 45 unidades, 27 en el mástil, 10 en el brazo inferior y 8 en el superior.

El máximo esfuerzo que debe resistir, por el viento, es de 100 t; se han utilizado 40 cables de pretensado de 12 φ 8 mm para asegurar la estabilidad del mástil.

La cruz se levanta sobre una zapata de cimentación de 12 × 10 m, apoyada en una capa de arcilla. Esta zapata tiene un hueco de acceso a los anclajes de los cables pretensados, que se colocaban al mismo tiempo que se iba construyendo el mástil.

Dentro del mástil existe una escalera que sube hasta la cumbre, con rellanos cada 5 m. En lo alto hay un montacargas para subir el equipo. El hormigonado de los elementos prefabricados se realizó utilizando dos moldes, uno para los del mástil y otro para los de los brazos. El ciclo de fabricación fue de veinticuatro horas, que incluía seis horas para el curado del hormigón. Todos los elementos se fabricaron en seis semanas, a principios de 1972. El montaje se realizó en treinta y dos días. Una vez realizado el tesado se inyectaron los cables. Se tomaron precauciones especiales para conseguir la estanqueidad de las juntas; en ellas se colocaron tiras de neopreno, que quedaron comprimidas por el pretensado.

El boletín de la STUP publicará próximamente un artículo sobre esta obra.

## **FUENTE PROVISIONAL EN HORMIGÓN PRETENSADO, EN MUNICII**

Ha sido construido recientemente en Munich, Alemania, un puente de hormigón pretensado que se puede desmontar y trasladar a otro lugar.

La sección transversal de este puente consta de 10 vigas prefabricadas de hormigón pretensado, unidas lateralmente por cables de pretensado. Las vigas son de sección rectangular, aligerada, de 75 cm de ancho y 90 cm de canto; sus longitudes son de 20 y 30 m, según los vanos del puente.

El vano central de 40 m está formado por dos voladizos laterales de 5 m de luz y un tramo simplemente apoyado en ellos de 30 m.

Las vigas de 20 m de luz se realizaron con hormigón de árido normal, mientras que las de 30 m son de hormigón ligero.

Se eligió la solución en hormigón pretensado por su economía en comparación con la de estructura metálica, porque se puede desmontar fácilmente y porque el canto total es muy reducido, con lo que la estructura presenta gran diafanidad al tráfico que circula por debajo de ella.

El puente consta de 8 vanos, con longitud total de 190 m; el montaje se realizó en

ocho días. En otro puente parecido, en cuya construcción pudo disponerse de mejores medios de transporte, el montaje se realizó en cuatro días.

## NOTAS DE AUSTRALIA

La revista "Newsletter" número 9, publicada por el Concrete Institute de Australia, contiene artículos de gran interés sobre utilización del hormigón pretensado.

Recientemente se ha firmado un contrato para el suministro de 125.000 traviesas de hormigón pretensado para una nueva línea de ferrocarril. También se están estudiando propuestas para un nuevo pedido de 200.000 traviesas más.

## PUENTE EN ALFORDS POINT

Este puente, que se está construyendo actualmente en Sydney, ha sido proyectado teniendo en cuenta la posibilidad de desdoblamiento en breve plazo. Consta de 11 vanos de 44 m de luz.

La cimentación de algunas pilas alcanza una profundidad de 38 m; los pilotes utilizados son de 1,2 m de diámetro. El tablero consta de dos vigas cajón huecas, continuas en toda la longitud del puente, ancladas a un estribo por medio de los cables de pretensado. En el otro estribo hay una junta de dilatación.

Las vigas se prefabrican por dovelas de 1,7 m de longitud y 14 toneladas de peso. Las dovelas se colocan sobre una cimbra y el tesado se realiza por vanos completos, empezando en el cuarto de la luz, aproximadamente.

Las dos vigas están separadas por una junta longitudinal de 15 cm de anchura hormigonada in situ. La unión entre las vigas se completa con un pretensado transversal.

## CINCUENTA ANIVERSARIO DE PHILIP GOODING

El 18 de septiembre de 1972, Mr. Gooding, Secretario General de la F.I.P., ha celebrado su cincuenta aniversario al servicio de la industria del hormigón.

Es por todos conocido el trabajo realizado por Mr. Gooding en el campo del pretensado durante este tiempo. Puede sentirse particularmente orgulloso de haber contribuido a la constitución de la F.I.P. en la reunión celebrada en Cambridge, Inglaterra, en agosto de 1952.

Cuando cesó como Director de Información de la Cement and Concrete Association, Mr. Gooding, acompañado de su esposa, realizó un viaje alrededor del mundo durante el invierno de 1971-72, que le sirvió para estrechar los lazos de amistad adquiridos a lo largo de su vida profesional en muchos países del mundo.

Lamentamos sinceramente que Mr. Gooding, nada más llegar a Londres cayese enfermo, y estamos seguros de que todos sus amigos le desean un completo y rápido establecimiento.

Traducido por C. PITA  
Revisado por J. JÓDAR

# notas de la F.I.P.

n. 43 noviembre-diciembre 1972

## NOTA EDITORIAL POR PHILIP GOODING

La F.I.P. siempre ha mantenido relaciones internacionales, pero hasta 1970 no comenzó a celebrar sus reuniones y demás actividades fuera de Europa occidental. En ese año 1970 se celebró el VI Congreso, en Praga. A continuación se celebraron los dos Simposios sobre estructuras marítimas y sísmicas en Tbilisi, Georgia (Rusia). El VII Congreso se celebrará en Nueva York, en 1974. Para 1976 el grupo miembro australiano está organizando, de acuerdo con el Consejo Administrativo, dos Simposios de la F.I.P. en Sydney.

El VII Congreso, que se celebrará en Nueva York, promete tener gran interés. El programa técnico contendrá, además de los actos tradicionales, un gran número de innovaciones. Y sobre todo, lo que es quizás más importante, la exposición del programa técnico americano será totalmente distinta a lo que se venía haciendo en Congresos previos.

Una parte del programa consistirá en una serie de conferencias pronunciadas por autoridades mundiales, presentación y discusión de los trabajos realizados por las Comisiones de la F.I.P., informes sobre estructuras interesantes, comunicaciones técnicas, exposición de equipos y materiales y visitas técnicas.

Las conferencias bajo el título general de "Desafío al futuro", tratarán del desarrollo del hormigón de alta resistencia, viaductos urbanos y control del ataque que sufren las estructuras por la contaminación y el tráfico intenso y rápido.

Los informes de las Comisiones, entre otros temas, tratarán de poner al día la información sobre los dos últimos Simposios sobre estructuras marítimas y sísmicas. Los informes sobre las realizaciones más importantes de puentes, edificios y otras estructuras, permitirán a los participantes en el Congreso una información única sobre el progreso mundial.

Las comunicaciones técnicas, en cualquiera de los cuatro idiomas del Congreso, pueden ser presentadas por cualquier miembro que deseé contribuir en alguno de los temas siguientes: a) Construcción; b) Desarrollo del pretensado y nuevas técnicas; c) Proyecto, uniones, recomendaciones prácticas, y d) Investigación. Estas sesiones son muy provechosas tanto por el número de miembros que participan como por la información que añaden a los temas.

Sobre la exposición que tendrá lugar en el Centro de Congresos, las visitas técnicas y películas se informará en los próximos números de las "Notas de la F.I.P.".

Entre las nuevas actividades introducidas en el programa del Congreso de Nueva York, figura el discurso de presentación del Congreso que pronunciará durante la sesión de apertura el Profesor F. Leonhardt, de Stuttgart, una de las mayores autoridades en materia de hormigón pretensado y autor de muchas obras importantes.

Otras actividades nuevas son las reuniones sobre:

- Cimentaciones y anclajes al terreno.
- Construcción industrializada de edificios.
- Promoción del hormigón pretensado.
- Reactores y centrales nucleares.
- Resistencia al fuego. Aspectos generales.
- Construcción de puentes: por dovelas, voladizos y nuevos métodos de construcción.
- Prefabricación de grandes series de elementos de hormigón pretensado.

Durante la mayoría de las sesiones habrá traducción simultánea. De las reuniones más especializadas se presentará un resumen, con traducción simultánea, durante el último día del Congreso.

El objetivo de los organizadores americanos es un programa muy práctico, de máximo interés para todos los participantes cualquiera que sea su actividad: la fabricación, la construcción o el proyecto. Se ha decidido que haya un co-presidente americano en cada sesión.

El programa no técnico incluirá la reunión de la Asamblea General, la toma de posesión de los cargos de Presidente de la F.I.P. y del P.C.I., entrega de las medallas Freyssinet y F.I.P., nombramiento de miembros de honor y el programa de las señoras, visitas, un coctel y viajes después del Congreso. Además se celebrarán dos actos especiales: en uno hablará el Secretario del Departamento de la Vivienda y Desarrollo Urbano, de Estados Unidos, y en el otro lo hará el Director de la Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos, sobre el desarrollo del poder nuclear.

Para la organización del Congreso los miembros del Comité Ejecutivo han llegado a un acuerdo con el centro de Congresos Rockefeller. Los Proceedings del Congreso se publicarán y se distribuirán gratuitamente a los participantes, en los cuatro idiomas del Congreso.

Haremos una breve mención sobre los organizadores del Congreso: el grupo nacional americano y el Instituto del Hormigón Pretensado. El Instituto se fundó en 1954 y reúne representantes de la industria del hormigón pretensado y una gran parte de la industria de la prefabricación de Estados Unidos y Canadá. Unas 200 industrias de prefabricados son miembros del P.C.I., además de empresas auxiliares que suministran materiales y otros servicios, y también un gran número de profesionales. El VII Congreso de la F.I.P. proporcionará una gran oportunidad a los grupos miembros para asistir al Congreso y visitar América. La Compañía TWA organizará vuelos charter que saldrán, de momento, desde Frankfurt y Londres, y probablemente también desde París. Se está estudiando la posibilidad de organizar vuelos, a precios reducidos, desde Australia, Nueva Zelanda, África del Sur y Asia Suroriental.

Para que este Congreso se lleve a cabo con éxito, tanto técnico como financiero, es necesaria la ayuda y propaganda de todos los grupos miembros. Estos grupos nacionales deberán anunciar la fecha del Congreso en sus respectivos países (del 25 al 31 de mayo de 1974) y difundir el programa. En breve se informará sobre la presentación de comunicaciones.

El primer avance de programa se publicará en enero de 1973; los grupos miembros deberán darle publicidad y enviar copias a todos los interesados. La información sobre las comunicaciones, viajes, etc., puede obtenerse en el Instituto del Hormigón Pretensado y en las oficinas de la F.I.P.

## SIMPOSIOS DE LA F.I.P., TBILISI, SEPTIEMBRE 1972

Para asistir a los Simposios organizados por la F.I.P., se reunieron en Tbilisi, la capital de Georgia (Rusia), 155 ingenieros de diversos países y 250 de Rusia.

El programa consistía en un Simposio sobre Estructuras Marítimas, que se celebró durante el primer día de la reunión y un Simposio sobre Estructuras Sísmicas, que se celebró durante los dos días restantes. Las comunicaciones presentadas a ambos Simposios sobrepasaron el número de 40 y fueron remitidas al Comité organizador ruso, que se encargó de proporcionar copias a todos los participantes.

Los Ponentes Generales fueron Mr. Ben C. Gerwick, de Estados Unidos, y Mr. Frøde Hansen, de Inglaterra, en el Simposio sobre Estructuras Marítimas, y el Profesor Zavriev, de Rusia; el Dr. Ban, de Japón; M. Despeyroux, de Francia, y el Dr. Zecelj, de Yugoslavia, en el Simposio sobre Estructuras Sísmicas. Sus informes generales fueron traducidos a los cuatro idiomas de la F.I.P., mientras que las comunicaciones individuales se publicaron solamente en el idioma en que fueron escritas.

### Comunicaciones individuales.

El interés despertado por los Simposios se hizo patente desde el principio. Para el de Estructuras Marítimas se presentaron 18 comunicaciones en inglés, 15 en ruso, 3 en francés y una en alemán.

Para el de Estructuras Sísmicas se presentaron 25 comunicaciones en ruso y 10 en inglés. Las comunicaciones provenían de 19 países diferentes.

También hay que mencionar que se recibieron alrededor de una docena de comunicaciones fuera de plazo.

Aunque el Comité organizador prometió que se distribuirían copias de las comunicaciones a todos los asistentes, nadie esperaba que se publicasen dos volúmenes de 500 páginas con dibujos y fotografías. Hay que felicitar al Comité organizador por llevar a cabo este esfuerzo en el escaso tiempo disponible.

### Informes generales.

Estos informes se podían conseguir en uno de los cuatro idiomas de la F.I.P. Se publicarán en los Proceedings de los Simposios y algunos detalles se publicarán también en futuras ediciones de las "Notas de la F.I.P.".

### Programa de actividades.

La semana comenzó con la reunión del Comité Ejecutivo de la F.I.P. y del Consejo Administrativo. En la sesión de apertura, el 26 de septiembre, el Presidente del Comité organizador, I. A. Ganichev, el Presidente de la F.I.P., Dr. G. F. Janssonius, y Mr. Jabankitsa pronunciaron breves discursos.

Las seis sesiones de los Simposios se desarrollaron de la misma forma. El Ponente General presentó su informe en una charla que duró aproximadamente treinta minutos,

extendiéndose a los aspectos importantes del tema; a esto seguían las comunicaciones individuales. Se hizo traducción simultánea a los cuatro idiomas de la F.I.P.

Se espera que los Proceedings se publiquen a primeros de 1973, mientras tanto, la F.I.P. distribuirá 200 copias de las comunicaciones individuales recopiladas en dos volúmenes (Estructuras Marítimas y Estructuras Sísmicas) editados por el Comité organizador ruso.

La venta de estos volúmenes se anunciará en las "Notas de la F.I.P."

### **Kirov Park Chess Club.**

Todas las reuniones se celebraron en el nuevo Chess Club, en el Kirov Park de Tbilisi. La F.I.P. tuvo el honor de estrenar este magnífico edificio. El salón principal de conferencias tiene una capacidad de 520 plazas y está equipado con todos los adelantos necesarios para esta clase de actos, incluyendo pantallas negras para proyecciones, etc. Cada delegado tenía su radio receptor portátil para escuchar las traducciones.

### **Comisión sobre Estructuras marítimas.**

Mientras se celebraban los Simposios se decidió formar una nueva Comisión de la F.I.P. para el estudio de las estructuras marítimas de hormigón. Se nombró presidente a Mr. Frøde Hansen y se acordó, en principio, estudiar cuatro temas. Respecto a las estructuras apoyadas en el mar, se examinarán los aspectos relativos al proyecto, los materiales y los métodos de construcción; otro de los temas a estudiar es la problemática de los barcos de hormigón. Esta comisión celebrará su primera reunión en Suiza, en abril de 1973; en dicha reunión se examinarán los informes presentados por cada grupo de trabajo.

El programa de la semana fue planeado y preparado por el Profesor Mikhailov, de Rusia, Vicepresidente y miembro del Comité Ejecutivo de la F.I.P. La F.I.P. está, verdaderamente, en deuda con el Prof. Mikhailov y el Prof. Tsitsishvili, con todo el Comité organizador y los que presentaron comunicaciones, por su gran interés en los Simposios.

### **Comité Ejecutivo, Consejo Administrativo y Asamblea General.**

Durante la semana de los Simposios de Tbilisi, se celebraron también reuniones de los órganos directivos de la F.I.P. Se hicieron dos nuevos nombramientos para el Comité Ejecutivo: Mr. J. G. Bodhe, de la India, y Dr. M. Birkenmaier, de Suiza. El Prof. J. Klimes, de Checoslovaquia, renunció a la vicepresidencia del Comité Ejecutivo; para sucederle en el cargo se nombró al Prof. Janda, a quien se dio la bienvenida.

Se ha formado en Turquía un grupo miembro de la F.I.P.; su representante en el Consejo Administrativo será Mr. R. Z. Etiman y tendrá un nuevo F.I.P. Observer (Mr. Power), en Fiji. Con este grupo turco, la F.I.P. tiene grupos miembros en 72 países.

El Consejo Administrativo y la Asamblea General discutieron una propuesta de cambiar el nombre de la F.I.P. para que reflejase mejor la amplitud de los trabajos que realiza. La propuesta no fue aceptada y se decidió que en los membretes de las cartas se pu-

siese la siguiente descripción de sus actividades: "Organización internacional para el desarrollo del hormigón pretensado, técnicas y materiales anejos".

La Asamblea General aprobó un aumento de las suscripciones para 1973, también se pensó que las industrias de los diferentes países podrían contribuir con donaciones. Varias firmas holandesas ya han realizado ofertas muy generosas para ayuda de la F.I.P. También se tomó el acuerdo de que una parte de todas las cuotas de Congresos y Simposios se destinaría a la Secretaría de la F.I.P. para los gastos de organización de dichas actividades, aparte de las cantidades destinadas a los gastos de imprenta.

El Consejo Administrativo agradeció la invitación del Grupo miembro Australiano, para celebrar los Simposios de 1976 en Sydney, seguramente en la primera semana de septiembre. Se espera poder organizar vuelos "charter", y también se ha considerado la posibilidad de hacer un viaje a Nueva Zelanda al final de dichos Simposios.

Se ha establecido un "Comité de Cooperación" entre la F.I.P. y el C.E.B., compuesto por el Prof. Levi (Presidente Honorario de ambas organizaciones) como Presidente, una secretaría conjunta y dos miembros de cada organización.

## HORMIGON PRETENSADO EN GRANDES EDIFICIOS

La reseña de la Conferencia sobre edificios de gran altura, celebrada en la Universidad de Lehigh, Estados Unidos, del 21 al 26 de agosto de 1972, que se publica a continuación, fue enviada por M. Kavyrchine, Francia, miembro de la Comisión de la F.I.P. sobre Prefabricación.

"Se ha celebrado en la Universidad de Lehigh un Congreso Técnico sobre edificios de gran altura. Fue organizado por un Comité conjunto de A.S.C.I. e I.B.A.S.E., bajo la presidencia de Lynn S. Beedle, de la Universidad de Lehigh. El Congreso fue presidido por el Dr. Le Wu de esta misma Universidad.

Los 27 grupos de trabajo del Comité Conjunto presentaron sus informes sobre todos los aspectos de la construcción de edificios de gran altura: arquitectónicos, económico, técnicos (ascensores, electricidad, instalaciones sanitarias, aire acondicionado), estructuras, técnicas de construcción, formas de contratación, cimentaciones, acabados (muros-cortina, tabiques, solados, etc.), cargas, efectos de temperatura, efectos del viento, sismos, fuego y explosiones, seguridad y control. Los aspectos técnicos tratan, por una parte, los relativos a las estructuras metálicas, con los diferentes métodos de cálculo y los problemas de fatiga, y, por otro lado, los de las estructuras de hormigón, normativa, comportamiento elasto-plástico, estados límites, estabilidad, fisuración, deformabilidad, retracción y fluencia.

Se estudió la filosofía de los métodos de cálculo recomendados por el C.E.B. y la F.I.P., que atrajeron la atención de los 660 ingenieros participantes.

Los informes presentados al Congreso dieron detalles sobre la investigación actual y algunas nuevas teorías interesantes sobre deformaciones diferidas del hormigón.

El autor de este resumen presentó una comunicación sobre estructuras pretensadas, y hubo otras muchas comunicaciones sobre este mismo tema.

El pretensado con alambres adherentes se utiliza frecuentemente en la construcción de vigas prefabricadas y forjados para edificios de gran altura, donde la reducción del

peso debe ser obtenida sin menoscabo de la capacidad resistente. El pretensado por medio de armaduras postesas se utiliza en correas de cimentación, en las que las luces se pueden agrandar sin riesgo de deformaciones excesivas ni fisuración. Como ejemplos de esta técnica pueden citarse las vigas del Metro de París bajo la torre de Maine-Montparnasse (cada viga tiene un esfuerzo de pretensado de 10.000 t) y las vigas bajo la fachada de Brunswick Building, en Chicago, y el Financial Center Office Building, de Seattle.

Las vigas en voladizo, de las que cuelgan los pisos del edificio del Standard Bank, en Johannesburg, son pretensadas, así como las péndolas de soporte de los forjados.

En la construcción de grandes paneles para viviendas en Melbourne (Park Towers, 30 pisos de altura), para resistir los esfuerzos del viento, se utilizaron cables de pretensado verticales.

En Nueva Zelanda se utilizaron tendones en vainas de plástico contra los seísmos.

Finalmente, la construcción utilizando elementos prefabricados, unidos por pretensado, también se ha empleado en edificios de gran altura. El ejemplo más interesante hasta ahora es el Gulf Life Building, de Jacksonville (Estados Unidos).

Se realizaron visitas técnicas a los edificios más importantes de Nueva York y Chicago."

## **PANELES DE GRAN LONGITUD PARA CIERRE DE EDIFICIOS INDUSTRIALES**

En el núm. 39 de las Notas de la F.I.P. se publicaron una serie de detalles sobre los grandes paneles pretensados, prefabricados, utilizados en la tribuna del Hipódromo de Leopardstown.

Los paneles fabricados por "Concrete Ltd", en Inglaterra, se emplean también para el cierre de edificios industriales. Estos paneles tienen 9 m de largo, 3 m de ancho y 200 mm de espesor. Se fabrican con moldes de urea formaldehído y sus caras presentan un acabado que no necesita tratamiento posterior.

Los paneles pesan 283 kg/m<sup>2</sup>, tienen una resistencia al fuego de dos horas y un valor de  $U = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## **HORMIGON PRETENSADO EN JAPON, NUM. 2.**

El libro "Hormigón Pretensado en Japón, núm. 2" fue publicado en abril de 1972 por la Asociación de la Industria del hormigón pretensado de Japón. Contiene detalles y fotografías de muchas de las estructuras de hormigón pretensado realizadas en dicho país entre los años 1969-1971.

Se pueden destacar entre las más interesantes las siguientes:

### **El puente de Akechi Ohashi (Hokkaido).**

Consta de un tramo central continuo, formado por tres vanos de 74,5, 96 y 74,5 m, y dos tramos laterales, también continuos, de dos vanos cada uno. El tablero está formado por una viga cajón; el pretensado de los vanos centrales se realizó con el sistema Dywidag, y los laterales, con el sistema Freyssinet.

### **Carretera elevada Hanshin, tramo Semba.**

Este tramo de carretera discurre sobre una serie de edificios de oficinas, formando un conjunto con ellos.

Tiene una anchura total de 80 m y cruza sobre las calles en dirección norte sur; debajo de ella se han construido los edificios Semba, y el conjunto forma parte de la remodelación del centro comercial de la ciudad de Osaka. A ambos lados de los edificios se han construido pasos inferiores en la dirección este-oeste.

La carretera se construyó sobre las cubiertas de los edificios, que tienen tres pisos sobre tierra y dos sótanos. Se utilizaron dos tipos de estructura, en uno de ellos vigas de acero apoyadas en las cubiertas de los edificios soportan las vigas de hormigón pretensado del tablero de la carretera.

El otro tipo de estructura utilizado es el clásico de pilas de puente y tablero de vigas de hormigón pretensado.

### **Cubierta para protección del ferrocarril de Kurone.**

Esta cubierta sirve para proteger contra los desprendimientos de tierra una línea de ferrocarril ya existente. Tiene una longitud total de 63 m y ha sido construida con piezas prefabricadas, de tamaño conveniente para su fácil transporte y colocación. El montaje se realizó por la noche y se utilizaron dos grúas automóviles de 32 t.

Los gráficos contenidos en el libro demuestran que la utilización del hormigón pretensado ha aumentado en un 250 por 100 entre 1961 y 1971; la relación entre estructuras a base de hormigón prensado con armaduras postesas y con armaduras pretensadas es de 3 a 1.

## **COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN PRETENSADO EN EL TERREMOTO DE SAN FERNANDO**

El 9 de febrero de 1971 se produjo un terremoto en San Fernando, California del Sur, que ocasionó daños considerables. En la revista del Prestressed Concrete Institute de marzo-abril de 1972, el ingeniero de "California Division of Highways", Mr. A. L. Elliot, publicó un artículo describiendo los daños ocasionados a algunos puentes de hormigón pretensado, y en él se hacen algunas observaciones interesantes.

El epicentro del terremoto fue localizado a gran profundidad y con ángulo de 45°, de forma que los movimientos horizontales y verticales fueron, en muchas de las sacudidas, de la misma intensidad. Esto supuso que, además de recibir una violenta sacudida lateral, las estructuras sufrieron también empujes verticales muy fuertes. Como consecuencia de ellos muchos tableros de puentes perdieron su apoyo y cayeron al suelo. También muchas pilas de hormigón armado estallaron por el centro —"como lo hubiesen hecho en una gran prensa"—.

La primera reacción de las oficinas de proyectos fue elevar los coeficientes de las acciones sísmicas hasta los utilizados por los japoneses, que varían entre 0,10 y 0,35 g.

Para soportar las solicitudes que sufren las pilas se acordó inmediatamente colocar

zunchos helicoidales de paso inferior y mejorar los anclajes de dichos zunchos. Se comprobó que en algunos casos el hormigón de las pilas y su cimentación se desintegraba. Se acordó colocar mayores cuantías de armadura en la cimentación y en pilas de más de 9 m de altura y suprimir los empalmes de armaduras en las pilas de menos de 9 m.

Algunos de los puentes rompieron por las juntas de dilatación, y por este motivo, se revisaron todas las juntas para reparar las que no funcionasen como se había previsto en el proyecto.

Los estribos resultaron seriamente dañados. Como se esperaba, los rellenos de dichos estribos sufrieron fuertes asentamientos, pero además no ofrecieron resistencia al movimiento longitudinal, y en algunos casos, el relleno se hizo líquido, ejerciendo grandes presiones sobre los estribos.

#### **SIMPOSIO INTERNACIONAL DE LA I.A.S.S. SOBRE LÁMINAS PREFABRICADAS. SEPTIEMBRE 1973**

La "International Association for Space and Spatial Structures" celebrará un Simposio sobre Láminas Prefabricadas, en Haifa, Israel, del 10 al 14 de septiembre de 1973.

Las reuniones se celebrarán en el Instituto Tecnológico; la organización corre a cargo de la sección Israelí de la I.A.S.S.

El programa previo se ha hecho público ya (agosto 1972); puede obtenerse más información dirigiéndose a:

Dr. J. Glück  
Faculty of Civil Engineering  
Technion-Israel Institute of Technology  
Haifa (Israel)

Aparte del programa técnico, que consta de cuatro sesiones, habrá otro programa de actividades sociales y un programa para las señoras.

#### **VIGAS ESPECIALES PARA PUENTES EN SUIZA**

La descripción siguiente de la construcción de un nuevo puente en Suiza está tomada del "Cembureau Technical Newsletter", de fecha 16 de junio de 1971. En el comentario de Newsletter se dice que a pesar de que el puente no tiene unas dimensiones especiales ofrece algunos detalles interesantes.

En primer lugar, la forma de la sección transversal de las vigas prefabricadas es rara para este tipo de estructura, y muy utilizada en cubiertas de grandes luces. Las técnicas de construcción empleadas junto con la maquinaria permitieron que la interrupción del tráfico durante la obra fuese mínima.

En agosto de 1970 cedieron, debido a la erosión del lecho del río, las pilas de un puente sobre el Rin, en Suiza. Un mes después las autoridades aprobaron el proyecto de un nuevo puente, y las obras comenzaron el 1 de octubre. El nuevo puente se abrió al tráfico a finales de noviembre y para tráfico pesado una semana después.

Se construyeron nuevas pilas, una a cada lado de la parte más profunda del río, que creaban un vano de 32,7 m de luz. En el tablero se utilizaron vigas prefabricadas, formadas con láminas cilíndricas de hormigón pretensado cerradas con una losa superior. Las láminas tienen unos 8 cm de espesor y la losa superior sólo 5 cm. Una vez colocadas, la losa se completaba con una capa de hormigón de 10 cm de espesor.

El montaje de las vigas prefabricadas y el hormigonado de la losa se realizó en cinco días. Las vigas más pesadas eran de 54 t. Se utilizaron en la construcción grandes grúas, con una capacidad de hasta 135 t.

## DIQUE DE LOUBET, BOULOGNE SUR MER

Para ampliar el puerto de Boulogne sur Mer se está terminando en Francia la construcción de una de las mayores estructuras marítimas del mundo. Se trata del dique de Loubet, con una superficie de  $165 \times 40$  m<sup>2</sup> y una altura de 19,6 m, construido en tierra y llevado por flotación a su posición final.

El dique es una estructura monolítica celular calculada para soportar asientos diferenciales. La base es una losa celular de 3,1 m de canto y los muros también celulares, de espesor variable entre 5 y 7,4 m. Las células tienen 3,5 m de lado.

El pretensado se realizó con cables 12 T 13 y el esfuerzo introducido se calculó para someter al hormigón a una compresión mínima de 5 kgf/cm<sup>2</sup> en el caso de carga normal.

La losa inferior lleva 24 cables longitudinales; cada muro lateral, 23 cables, repartidos en toda su longitud, y los muros frontales, 12 ó 14 cables.

El pretensado transversal es centrado, para que la estructura soporte las inversiones de carga a las que puede verse sometida. Cada célula se pretensa con 12 cables en los muros y 20 en la losa.

Las tensiones en el hormigón varían entre 5 y 30 kgf/cm<sup>2</sup> debido a la flexión longitudinal, y entre 5 y 130 kgf/cm<sup>2</sup> debido a la flexión transversal.

Después de construido el dique fue remolcado unos 500 m hasta su posición final, allí fue colocado sobre una cimentación provisional formada por capas de gravilla. La cimentación definitiva está constituida por 94 pilotes de 1,65 m de diámetro, hincados hasta una profundidad de 24 m; cada pilote puede resistir una carga de 1.000 t.

Agradecemos al Boletín de la S.T.U.P. la información facilitada sobre esta estructura.

## PARABOLOIDE HIPERBOLICO PRETENSADO EN PUERTO RICO

Recientemente se ha terminado de construir en la ciudad de Ponce, Puerto Rico, una cubierta de hormigón con forma de paraboloide hiperbólico de 42 m de luz. La estructura cubre la tribuna de un estadio polideportivo con capacidad para 10.000 espectadores sentados, y tanto la tribuna como la cubierta se han diseñado de forma que favorece la ventilación natural. La cubierta mide  $84 \times 71$  m, y está apoyada en cuatro pilares. El espesor de la lámina es de 10 cm y el hormigón es armado y pretensado. Se utilizó un computador para estudiar y calcular los efectos de las cargas, incluyendo la de viento, de 275 kg/m<sup>2</sup>, actuando hacia arriba en un paraboloide y hacia abajo en el otro.

Agradecemos al Prof. T. Y. Lin su amabilidad al facilitarnos esta información.

## **HORMIGON PRETENSADO EN EL AEROPUERTO DE SCHIPOL.**

El moderno aeropuerto de Schipol, en Amsterdam, está construido sobre un terreno de poca resistencia, en el que se producen frecuentemente asentamientos. Debido a estas condiciones, en las carreteras construidas después de la Segunda Guerra Mundial se utilizó un tipo de firme en forma de "sandwich", compuesto, de arriba abajo, por una capa flexible de aglomerado bituminoso, una losa gruesa y rígida de hormigón, y una capa de arena. En principio se construyeron aproximadamente 1.500.000 m<sup>2</sup> de este tipo de firme, en las carreteras de acceso y en las paradas de taxis del aeropuerto.

Para construir los grandes aparcamientos de aviones, realizados después de 1960, se adoptó un nuevo tipo de firme constituido por una losa flexible de hormigón pretensado de 0,18 m de espesor. Esta losa está calculada para soportar aviones de hasta 300 t de peso, aunque ninguno de los modernos aviones alcanza aún esta cifra.

Se compararon los costes de distintos tipos de firme, encontrándose pequeñas diferencias, pero los gastos de mantenimiento del firme de hormigón pretensado son menores que los de las demás propuestas.

El hormigón utilizado en Schipol tiene una resistencia determinada en ensayos de flexión, de 60 kgf/cm<sup>2</sup>. El valor inicial del esfuerzo de pretensado es de 20 kgf/cm<sup>2</sup>, pero hay grandes pérdidas de pretensado debidas a la relajación, al rozamiento en los conductos y, cuando desciende mucho la temperatura, al rozamiento entre la losa y la capa de sub-base. La losa se ha pretensado en dos direcciones perpendiculares utilizando el sistema Dyckerhoff y Widmann.

La duración calculada para este tipo de firme es de veinte años. La primera realización es del año 1966, y aún no ha sido necesario efectuar trabajos de conservación.

### **LISTA DE NUEVAS PUBLICACIONES**

**Curado por vapor a alta presión. A.C.I. Publicación SP-32.**

La publicación SP-32 del A.C.I. está dedicada al Simposio de Menzel sobre curado por vapor a alta presión. Incluye las comunicaciones presentadas a dicho Simposio, celebrado con motivo de la 65 Convención anual del A.C.I., en 1969.

Las comunicaciones tratan diversos aspectos del curado por vapor, incluyendo los fenómenos físicos y químicos, la influencia de las deformaciones térmicas y los proyectos de maquinaria para el curado por calor.

El curado en autoclave de bloques de hormigón y de productos de amianto-cemento también se trata en esta publicación.

El tomo también contiene la reproducción de tres artículos de Carl. A. Menzel, que tratan de los estudios sobre curado al vapor de bloques, losas y vigas.

Para más información escribir a:

American Concrete Institute  
P.O. Box 4754  
Detroit, Michigan 48219 (U.S.A.)

## **Boletines "A.C.I. de Información Técnica".**

Los "A.C.I. Technical Information Bulletins" contienen información sobre dos publicaciones de interés relativas al hormigón pretensado.

### **Bibliografía 10. Retracción y fluencia del hormigón.**

Esta es la segunda nota bibliográfica que da el A.C.I. sobre el tema de las deformaciones no elásticas del hormigón; comprenden los años 1966 a 1970. La bibliografía se reduce a las publicaciones que tratan del mecanismo de la fluencia en los hormigones, incluyendo el hormigón pretensado y los problemas de proyecto que plantea. Se incluyen 271 citas bibliográficas, entre ellas el primer libro dedicado a la fluencia y sus efectos.

Publicación especial 33. La influencia de los ordenadores en la práctica de las estructuras de hormigón.

En 1970 se celebró un Simposio organizado por el A.C.I. sobre este tema, cuyo resumen exponemos a continuación.

Se trataron tres temas generales:

- Paquetes de programas para ordenador.
- Aplicaciones típicas al proyecto.
- Aplicaciones gráficas del ordenador.

En el Simposio se dijo que en los próximos años se harán grandes progresos en el desarrollo de los paquetes de programas, bancos de datos y normalización de salidas y entradas y que la tendencia actual es ampliar el campo de acción de los ordenadores como herramientas de trabajo.

Se presentaron 17 comunicaciones, incluyendo un apéndice con una lista de la información disponible en el A.C.I. sobre Programas de Ordenador.

Se pueden adquirir escribiendo a:

American Concrete Institute  
P. O. Box, 4754  
Detroit, Michigan 48219 (U.S.A.)

## **Ensayos para la determinación del esfuerzo de pretensado en las viguetas con armaduras pretensadas, utilizadas en forjados.**

Por J. Dardare y J. Y. Le Roy, Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie de Beton manufacture.

Esta publicación técnica ha sido editada en francés por el C.E.R.I.B., tomada de "Bétons Industriels, núm. 38". A continuación se expone un pequeño resumen.

"Por medio de aparatos especiales ha sido posible medir los diferentes valores de los esfuerzos internos en el hormigón de las zonas de anclaje de los elementos pretensados. Las variables consideradas en los ensayos fueron: naturaleza de la superficie de los alambres, esfuerzo inicial de pretensado, resistencia del hormigón y sección transversal de los elementos. Ha sido posible determinar la influencia de cada uno de ellos, y llegar así a

establecer el esfuerzo de pretensado. El presente estudio se completa con un método de cálculo de la variación del esfuerzo de pretensado en función de los diferentes parámetros relacionados con la adherencia entre el alambre y el hormigón.”

El informe lo envía:

C.E.R.I.B.  
B.P. 42  
28 Espernon (Francia).

#### Nueva publicación sobre industrialización de la construcción.

El Prof. Henrik Nissen, de la Academia de Ingenieros de Dinamarca, ha traducido y revisado dos de sus mejores obras: “Praktisk Modulprojektering”, publicada en 1966, y “Modul og Montagebyggeri”, publicada en 1970, editándolas en un solo volumen en inglés, bajo el título “Industrialización de edificios y diseño modular”.

El libro está editado por la Cement and Concrete Association, consta de 21 capítulos y trata de la construcción prefabricada. Doce de los capítulos están dedicados a modulación de proyectos, e incluye ejemplos de edificios de apartamentos, casas unifamiliares, escuelas, una oficina y una fábrica. Se conduce al lector paso a paso por todas las etapas de cada proyecto, desde el estudio preliminar hasta su ejecución. Se incluye también un apéndice, que trata del importante tema de las tolerancias en las estructuras ensambladas, basadas en cálculos estáticos.

Esta publicación es de tamaño DIN A4 y tiene 446 páginas con ilustraciones, 352 diagramas y 84 fotografías. Su precio es de £ 6. Las peticiones se deberán hacer citando la referencia 12.049 a:

Publications Orders  
Cement and Concrete Association  
Wexham Springs  
Slough SL3, 6PL (Inglaterra)

#### El acabado del hormigón en los puentes de carretera.

“En muy pocos casos, los puentes actuales se caen por errores de cálculo, pero en cuanto a su aspecto estético se refiere, dejan mucho que desear. Puede apreciarse que este criterio estético varía mucho en los diferentes países y aun en distintas regiones de un mismo país.”

El párrafo precedente es la nota preliminar de la publicación “Acabado del hormigón en los puentes de carretera”, editada por la Cement and Concrete Association, Londres, y escrita por R. M. Tiller y F. W. Ward.

Esta publicación muestra algunas de las posibilidades de los acabados que se pueden dar al hormigón de los puentes de carretera y cómo elegir el tipo de acabado de acuerdo con las condiciones del entorno. Se describen las tres técnicas normalmente utilizadas para conseguir determinados tipos de acabados, así como los materiales y el proceso de ejecución. Las tres técnicas descritas son: martellina, chorro de arena y cincel. El libro con-

tiene numerosas fotografías en color y blanco y negro, con detalles de los materiales utilizados. También contiene un anexo sobre el acabado de pilas, estribos y muros de contención, así como una breve descripción de los acabados de piezas prefabricadas de hormigón, con fotografías de diversas realizaciones.

Se supone que a los ingenieros que se ocupan en el proyecto de puentes de hormigón pretensado no les interesa caer en lo que se dice en el primer párrafo de este artículo, por lo que el libro puede resultarles de gran interés.

Puede obtenerse al precio de £ 2 en:

Publications Sales  
Cement and Concrete Association  
Wexham Springs  
Slough SL3, 6PL (Inglaterra).

### **Estudio de los puentes construidos con vigas cajón de hormigón.**

La "Cement and Concrete Association" ha publicado un informe técnico titulado "Estudio esquemático de los puentes construidos con vigas cajón de hormigón", por R. A. Swann.

En este informe se estudian con detalle las características de 173 puentes construidos durante los últimos quince años. El objetivo del estudio es hacer unas recomendaciones para los puentes de vigas cajón que se construyan en el futuro. Los datos se presentan en forma de gráficos, que ayudarán a escoger el tipo más conveniente de sección para cada caso.

También se estudian las cantidades de hormigón y acero necesarias por metro cuadrado y se dan fórmulas para el cálculo aproximado del costo de la estructura. (En libras por metro cuadrado.)

En el apéndice se dan detalles de todos los puentes de los que se ha sacado la información. Incluye 76 puentes de Alemania Occidental, 37 de Francia, 8 de Suecia y otras estructuras en Austria, Australia, Canadá, Checoslovaquia, Holanda, Honduras, Italia, Japón, Polonia, Portugal, España, Suiza y Estados Unidos.

Las luces varían desde menos de 20 m a más de 200 m, y las secciones transversales varían desde el simple cajón unicelular a los compuestos por cinco o más células.

Esta monografía se puede adquirir, al precio de £ 2, escribiendo a:

Cement and Concrete Association  
Publications Sales  
Wexham Springs  
Slough SL3, 6PL (Inglaterra).

### **"Beton-Handbuch".**

El "Deutscher Beton-Verein" ha publicado recientemente el "Beton Handbuch", alemán, primera edición, 1972.

Este libro, escrito en alemán, es un verdadero tratado sobre los materiales, la práctica y las propiedades del hormigón. Como título tiene: "Principios para la supervisión y dirección de las construcciones", y se trata de un libro de consulta para todos aquellos interesados en esta técnica.

Los diferentes capítulos tratan de áridos, incluidos los áridos ligeros, cantidad de agua, aditivos, armaduras, colocación, tensiones admisibles y ensayos.

Este tomo, como ya se ha dicho anteriormente, es un libro de consulta para los fabricantes de hormigón, que completa la Norma alemana DIN 1045, recientemente editada.

Se puede adquirir al precio de 20 marcos escribiendo a:

Deutscher Beton-Verein e.V.  
6200 Wiesbaden  
Postfach 543

## N O T A

El Comité Europeo del Hormigón todavía dispone de plazas para el curso internacional sobre Estructuras de hormigón, de once semanas de duración, del 19 de marzo al 1 de junio de 1973.

El curso que se celebrará en Lisboa, Portugal, consta de un programa de cuatro horas diarias de conferencias y seminarios. El idioma oficial es el inglés, y en él se darán cita muchos expertos en estos temas. La finalidad del curso es dar mayor difusión a los nuevos estudios realizados en el campo de la seguridad de las estructuras, teoría de las estructuras, método de elementos finitos y para contribuir al desarrollo de la teoría de las estructuras de hormigón.

Pueden obtenerse más detalles en la Secretaría de:

I.C.S.C.  
Laboratorio Nacional de Engenharia Civil  
Av. do Brasil, Lisboa 5 (Portugal)

Traducido por C. PITA

Revisado por J. JÓDAR

# PREFABRICACION



M A D R I D MONTE ESQUINZA, 30

TELEF. 419 24 12/16

CADE

BARCELONA GERONA, 2

TELEF. 225 30 02/225 94 38

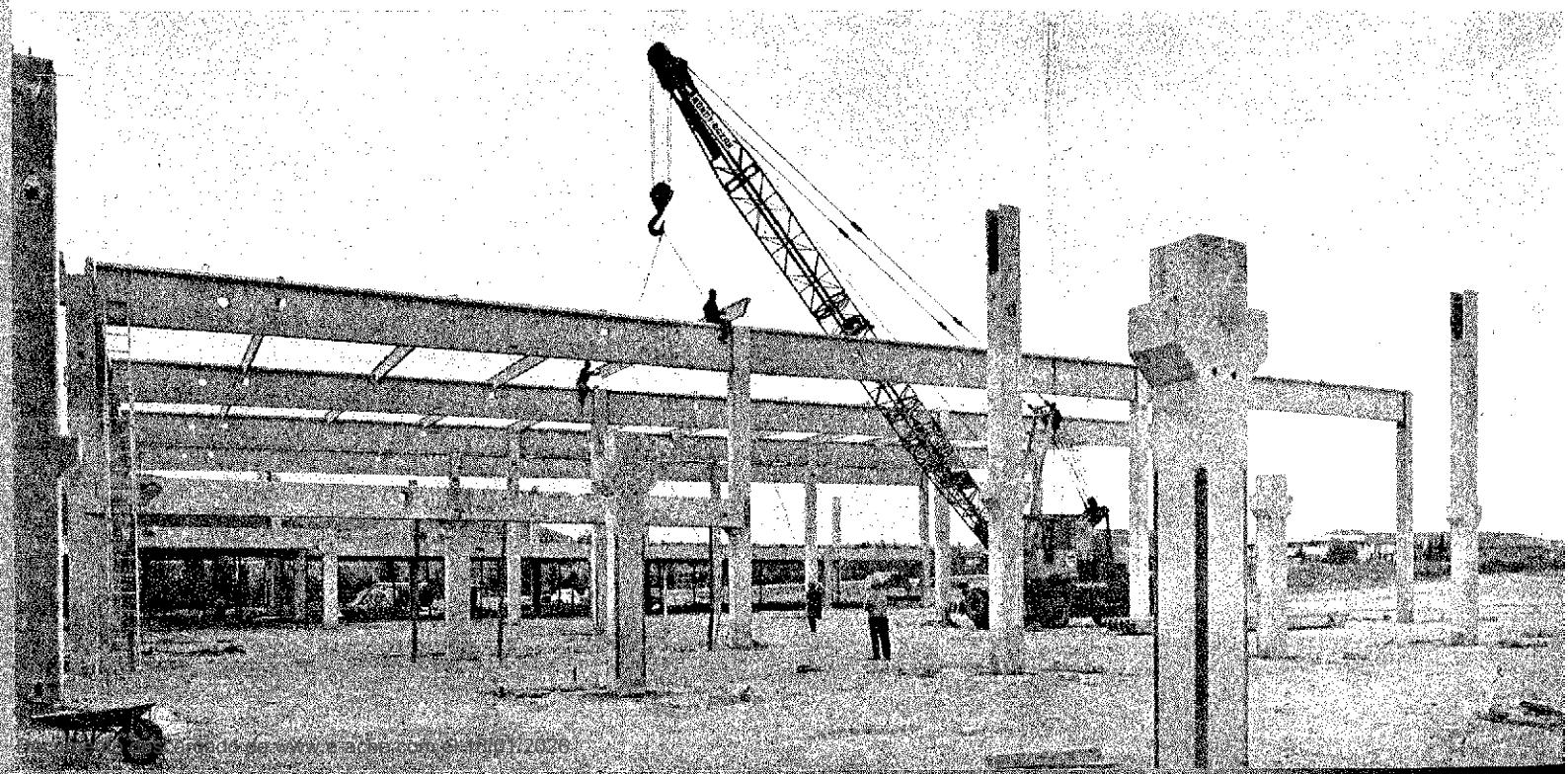
PIMOSA

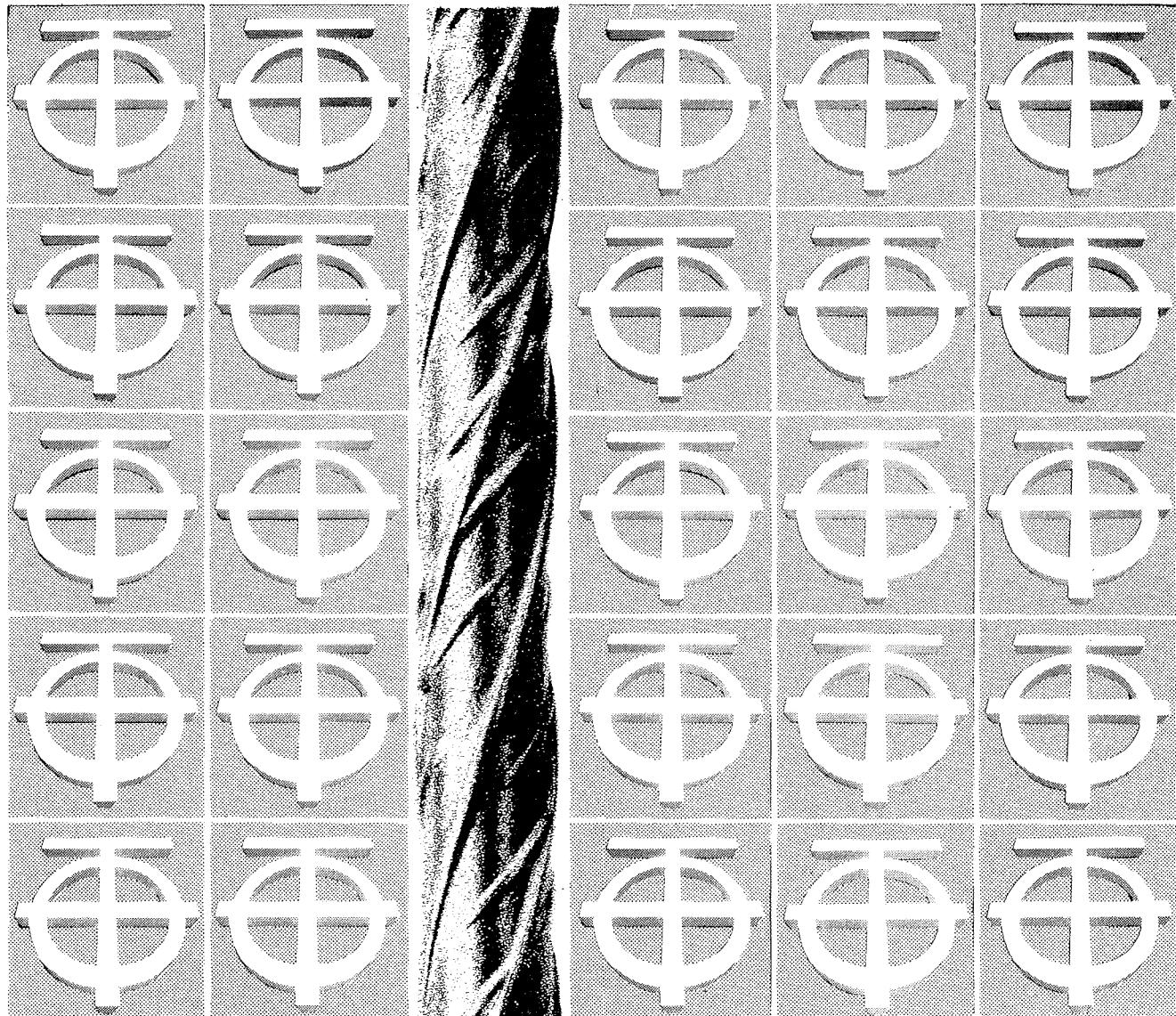
S E V I L L A Avda. de la BORBOLLA, 13-15

TELEF. 23 61 17.

PRESUM

## NAVE PREFABRICADA POR CADE





**tetracero**  
**25 AÑOS DE**  
**DIFERENCIA**

**tetracero, s. a.**

Fuencarral, 123 \* Tels. 224 87 53 - 54 - 55 \* MADRID - 10

# **nota de la asociación técnica española del 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-Chamartín, Madrid.

### **Publicaciones enviadas por la Verkoopassociatie Neederlandse Cement, Holanda.**

Revista: *Cement*, núm. 11, 1970 (en holandés).

1. "Construcciones de hormigón ligero", por A. W. C. THIJSSE.

Sinopsis: El viaducto Harmsen es una de las primeras estructuras construidas con hormigón ligero pretensado en Holanda. Se trata de un paso superior de autopista sobre autovía. El vano central es de 37,83 m de luz y está jalonado para salvar 56,30 m.

En el presente artículo se describen los ensayos realizados para determinar la composición del hormigón. Asimismo se dan las características y el procedimiento constructivo del mencionado puente.

Revista: *Cement*, núm. 12, 1970 (en holandés).

2. "La depuración de las aguas residuales", por J. H. KRUISINGA y otros.

Sinopsis: El 1 de diciembre de 1970 entró en vigor en Holanda, una nueva ley sobre la contaminación de las aguas de superficie, la cual tendrá gran importancia sobre el factor industrial y el medio ambiente. Por esta razón se dedica este número especial a la depuración de las aguas residuales.

Revista: *Cement*, núm. 1, 1971 (en holandés).

3. "Resistencia y estabilidad de los edificios elevados con núcleo central resistente", por W. R. A. MEYER.

Sinopsis: El presente artículo discute el método de cálculo por diferencias finitas, así como el alcance que puede tener el mismo en la práctica actual del cálculo de edificios elevados y su enfoque para un programa mediante ordenador.

Revista: *Cement*, núm. 2, 1971 (en holandés).

4. "Pretensado triaxil", por Luis J. M. NELISSEN y J. Buijs.

Sinopsis: En el VI Congreso de la I.F.I.P. celebrado en Praga en junio de 1970, el ingeniero soviético Mikhailov presentó un trabajo sobre el hormigón pretensado triaxil, en el cual se exponen las bases teóricas y sus aplicaciones prácticas, tales como la construcción de edificios elevados y puentes de grandes luces.

Estos elementos con pretensado triaxil permiten realizar importantes economías de material al absorber grandes tensiones.

Este artículo está encaminado a aclarar algunos puntos del mencionado informe.

Revista: *Cement*, núm. 3, 1971 (en holandés).

5. "Garaje y aparcamiento en el centro de Harlem", por E. C. BOERMA.

Sinopsis: En el número 11 del 70 de esta revista se publicó un artículo sobre el proyecto general de un garaje en Harlem.

En este artículo se presenta el cálculo de la mayoría de los elementos prefabricados y pretensados utilizados en su construcción. También se describen los detalles constructivos de mayor importancia en esta obra.

Revista: *Cement*, núm. 4, 1971 (en holandés).

6. "La central nuclear de Borselle", por W. J. PETRI.

Sinopsis: La central nuclear de Borselle, construida para la central energética de Zelanda, jugará un importante papel en el suministro de la energía eléctrica.

La parte de ingeniería civil fue confiada a la compañía Berdero, de Utrecht, estableciéndose un plazo de cincuenta y un meses para su ejecución. En este artículo se revisa el proyecto y la construcción especialmente en lo que se refiere a la vasija de presión realizada en hormigón pretensado.

Revista: *Cement*, núm. 5, 1971 (en holandés).

7. "Hormigón pretensado con acero de pretensado mediante cables anclados sin adherencia", por J. W. KAMERLING.

Sinopsis: El sistema americano de pretensado Atlas utiliza cables engrasados en taller y provisitos de tubos ajustados de plástico. La colocación de estas armaduras en obra es sencilla y, dada su gran flexibilidad, permite ejecutar los trazados de cables más complicados.

Como la resistencia a la rotura es más favorable en las vigas con adherencia se trata de mejorar el comportamiento de las vigas, sin adherencia, por los tres métodos siguientes:

Aplicando tensiones más elevadas al acero.

Utilizando más armadura de pretensado.

Añadiendo armaduras sin tensión con adherencia total.

En este artículo se expone un método detallado de cálculo para determinar el momento de rotura y se comparan estos resultados con los obtenidos de los ensayos de vigas en T, vigas rectangulares y vigas continuas pretensadas con y sin adherencia.

Revista: *Cement*, núm. 6, 1971 (en holandés).

8. "Programas para el cálculo de puentes con ordenador", por TH. H. KAYSER.

Sinopsis: El autor hace un estudio global de los diferentes métodos de cálculo de tableros de puentes con vigas cajón, con ordenador. Se hace una discusión de los diferentes métodos en dos artículos.

El presente artículo trata sobre el método de las bandas y con él se describen dos ejemplos de cálculo.

Este método pierde interés pudiendo llegar, incluso, a ser inaplicable cuando se varían ciertas dimensiones de la dirección longitudinal o cuando se descansan intercalar elementos transversales resistentes.

Revista: *Cement*, núm. 7, 1971 (en holandés).

9. "La influencia de las barras transversales sobre la fisuración de las vigas y placas de hormigón armado", por L. J. M. NELISSEN, y B. J. VAN D.

**Sinopsis:** Con relación al estudio de la fisuración se hicieron ensayos de 21 placas y 27 vigas, todas de hormigón armado, con armaduras de acero corrugado para determinar la influencia de las armaduras transversales y estribos sobre la formación de fisuras en las zonas de momento flector constante.

En este artículo se comparan los resultados obtenidos de los ensayos con los calculados según las fórmulas F.I.P.-C.E.B.

Revista: *Cement*, núm. 8, 1971 (en holandés).

10. "Visita de la Stupre a Munich". Anónimo.

**Sinopsis:** Del 5 al 7 de mayo realizó a Munich un viaje el Grupo holandés Stupre de la prefabricación.

El artículo refiere las visitas a las obras en construcción con vistas a la próxima olimpiada de 1972. Especialmente al estadio olímpico, "basket-ball", "hall" y alojamientos de los participantes. Se completa el artículo con la visita a un edificio colgante para la B.M.W.

Revista: *Cement*, núm. 9, 1971 (en holandés).

11. "El sistema taktschiebeverfahren para la construcción de puentes de hormigón pretensado", por F. LEONHARDT y W. BAUR.

**Sinopsis:** El artículo es una comunicación presentada en las Jornadas alemanas de hormigón celebradas en Berlín del 21 al 23 de abril. Se trata de un método para la construcción de puentes de hormigón pretensado de longitudes sobre los 600 m y con vanos de 40 a 120 m. El tablero constituido por vigas cajón se forma en uno de los estribos del puente, en secciones de 10 a 30 m, cosidos por pretensado parcial.

El tablero así formado se desplaza mediante gatos hidráulicos sobre los soportes hasta conseguir la posición final.

Revista: *Cement*, núm. 10, 1971 (en holandés).

12. "Cálculo de pórticos sometidos a esfuerzos horizontales", por J. W. KAMERLING.

**Sinopsis:** Es conveniente disponer de reglas de cálculo sencillas para el dimensionamiento de pórticos. En este artículo se estudia un método de cálculo, que parte del método de Cross considerando la simetría y antimetría y de la ampliación, al mencionado método para el cálculo de pórticos simétricos.

Se expone el método detallado y un esquema para la aplicación del mismo.

Revista: *Cement*, núm. 11, 1971 (en holandés).

13. "Cálculo de puentes con ordenador", por TH. H. KAYSER y J. BLAAWENDRAAD.

**Sinopsis:** La primera parte de este artículo ha sido publicada en el número 6 de la revista *Cement*.

En esta segunda parte los autores analizan principalmente los programas de cálculo con ordenador de tableros de puente con una o más vigas cajón. Estos programas pueden ser de gran utilidad práctica. Los autores sostienen que con la ayuda de estos programas se pueden dimensionar puentes de formas menos convencionales, de manera que con el cálculo sin ordenador habría que ajustarse a proyectos más tradicionales.

14. "Ayuntamiento construido con hormigón pretensado", por H. NIENWLAND.

**Sinopsis:** El Ayuntamiento de la ciudad de Ternencen consiste en un edificio de cuatro plantas, todas las fachadas arrancan en voladizo. Desde el punto de vista constructivo, debido a las grandes luces y a los voladizos de la estructura, es en gran parte de hormigón pretensado y ha sido realizado por el sistema Dywidag. En el presente artículo se analiza el proyecto y la construcción de la obra.

Revista: *Cement*, núm. 12, 1971 (en holandés).

15. "Fachadas de hormigón", por I. SALOMONS y otros.

**Sinopsis:** Todo este número está dedicado a las fachadas de hormigón, se empieza clasificando las fachadas en: constituidas por elementos prefabricados de hormigón y fachadas *in situ*. Estas últimas sólo suelen utilizarse en edificios de carácter especial.

Las fachadas con elementos prefabricados pueden tener también una misión constructiva. En este número se presentan artículos sobre fabricación, colocación, normalización, juntas y durabilidad de las fachadas de hormigón.

Revista: *Cement*, núm. 2, 1972 (en holandés).

16. "Comportamiento en caso de incendio de las estructuras de hormigón pretensado con cables sin anclaje", por T. TÜKKER.

**Sinopsis:** De los ensayos realizados en Estados Unidos se deduce que apenas hay diferencia respecto al comportamiento al fuego de las estructuras de hormigón pretensado, con cables anclados y sin anclar. El presente artículo se refiere a las conclusiones a las que llega el autor, basándose en los mencionados ensayos.

Revista: *Cement*, núm. 3, 1972 (en holandés).

17. "El hangar número 5 en el aeropuerto de Frankfurt", por H. BOMHARD.

**Sinopsis:** El proyecto del hangar, para Jumbos y aviones supersónicos, debía cumplir con la condición de que la superficie de  $270 \times 102 \text{ m}^2$  debería estar libre de soportes; además, se le exigía que un 25 por 100 de la superficie de la cubierta debía ser de vidrio.

Se eligió por estas razones la solución de una cubierta suspendida por cables, formada por 10 bandas paralelas de 7,5 m de ancho y separadas por vidrieras de 3 m de ancho.

En el presente artículo se describe el proyecto y el procedimiento constructivo de la obra.

Revista: *Cement*, núm. 4, 1972 (en holandés).

18. "El puente en la bahía de Tiel", por J. G. DUYVENDIJK y otros.

**Sinopsis:** El puente se puede considerar formado por dos partes diferentes, los tramos de acceso y el vano sobre el río. Los puentes de acceso están constituidos por tramos de 78,5 m. El vano sobre el río es de 260 m de luz, el tablero formado por dos vigas cajón de hormigón pretensado está suspendido por cables.

En el presente artículo se describe el proyecto y construcción del puente.

Revista: *Cement*, núm. 5, 1972 (en holandés).

19. "Hormigón armado con fibras", por L. J. M. NELISSEN.

Sinopsis: El 16 de marzo último, la Universidad Técnica de Delft y el Departamento de Construcciones de Hormigón, organizaron un Simposio con el fin de ampliar los conocimientos y aplicaciones del hormigón armado con fibra de vidrio y fibras sintéticas.

Este artículo es un comentario a las comunicaciones presentadas en este Simposio.

Revista: *Cement*, núm. 6, 1972 (en holandés).

20. "Tres puentes sobre el canal Meuse-Walhal, cerca de Nimega", por P. EGGERMONT.

Sinopsis: En este artículo se describen tres puentes realizados con hormigón ligero pretensado, según el sistema "Freyvorbau". La mayoría de las luces de estos puentes son de 105 m, el tablero construido por dovelas prefabricadas está formado por dos vigas cajón de sección variable y separadas por una junta longitudinal.

Revista: *Cement*, núm. 7, 1972 (en holandés).

21. "Comportamiento de las uniones entre las placas de base, metálicas, y los soportes de hormigón prefabricados", por R. J. W. M. VAN ROODEN y otros.

Sinopsis: En este artículo se presenta un estudio realizado en el laboratorio Stevin de la Escuela Técnica Superior de Delft, para determinar un método de cálculo que permita predecir el comportamiento de las uniones, entre los soportes prefabricados de hormigón y las placas de la base metálicas, en función de las acciones verticales y horizontales, de la deformación de la placa y de los acortamientos y alargamientos del soporte.

Revista: *Cement*, núm. 9, 1972 (en holandés).

22. "La construcción de tres depósitos de agua de hormigón pretensado", por J. S. SIMHOFFER y otros.

Sinopsis: En 1971 empezó la construcción de tres depósitos de agua en Driel, Holk y Nijkerk. Se trata de tres depósitos apoyados en el suelo con una capacidad de 3.000 m<sup>3</sup> y han sido construidos en hormigón pretensado.

En el presente artículo se pasa revista al proyecto y a la ejecución de los depósitos.

Revista: *Cement*, núm. 10, 1972 (en holandés).

23. "La industria holandesa de hormigón preamasado", por F. P. PLASS y otros.

Sinopsis: El presente número está dedicado totalmente a la industria holandesa de hormigón preamasado, con ocasión del III Congreso Europeo de Hormigón Preamasado E.T.K. 72. Entre otros artículos encontramos: instrucciones prácticas de utilización del hormigón preamasado; control de calidad; prescripciones técnicas; transporte del hormigón preamasado, y, por último, un resumen de las ponencias que se presentaron al Congreso, celebrado en Ámsterdam del 27 al 29 de septiembre.

Revista: *Cement*, núm. 11, 1972 (en holandés).

24. "Empleo de forjados prefabricados en un edificio para viviendas", por R. SPITSE.

Sinopsis: Basándose en los ensayos realizados en Estados Unidos se ha seguido en Holanda un trabajo sobre la teoría de rotura aplicada al cálculo de forjados pretensados con cables sin adherencia.

En este artículo se establecen las bases de cálculo de los forjados.

Revista: *Cement*, núm. 12, 1972 (en holandés).

25. "Aplicación del hormigón a las obras hidráulicas", por A. GLERUM y otros.

Sinopsis: El presente número está dedicado a las aplicaciones del hormigón a las obras hidráulicas construidas en Holanda. Teniendo en cuenta que gran parte del país está situado en la región del delta del Rhin y por ser el nivel de esta región muy bajo es necesario su protección contra la acción del mar.

Son, por tanto, numerosas las obras hidráulicas realizadas en Holanda.

También se destaca, que por la situación y por la tradición marítima, Holanda cuenta con numerosos puertos, haciendo referencia en este número a las obras de abrigo y defensa de estos puertos.

#### **Publicaciones enviadas por Agrupación Mexicana del Presforzado, México.**

Revista: *IMCYC*, vol. 9, núm. 50, mayo-junio 1971.

26. "Vigas de gran peralte, estructuras planas cargadas paralelamente a su plano medio (continuación)", por F. LEONHARDT.

Sinopsis: La primera parte de este estudio está constituida por el capítulo vigas de gran peralte. Esta segunda parte es el texto de las recomendaciones relativas a las vigas de gran peralte aprobado por el C.E.B. durante la doble sesión plenaria, celebrada en Lausanne en 1968.

27. "El movimiento de las juntas", por M. NOAILLON.

Sinopsis: Este trabajo es parte del presentado por el autor, en el Simposio Internacional, para la industria de la construcción celebrado en Brighton en mayo de 1970. En él se recogen y estudian los resultados de diferentes ensayos sobre el movimiento de las juntas.

Revista: *IMCYC*, vol. 9, núm. 51, julio-agosto 1971.

28. "Construcción de edificios semiprefabricados de varias plantas", por R. CARRANZA.

Sinopsis: El autor se muestra partidario de los elementos semiprefabricados para la construcción de viviendas en los países cuya economía no está totalmente desarrollada. Estos elementos se conjugan con cables de postesado y hormigonado *in situ*, mediante encofrados adicionales sencillos, dando continuidad y rigidez a la estructura. En este artículo se explican la construcción de un edificio de varias plantas para viviendas, así como aplicación práctica de este sistema.

29. "Vigas de gran peralte" (continuación), por F. LEONHARDT.

Sinopsis: En este artículo, el autor manifiesta la inaptitud de la teoría elástica para proporcionar datos al ingeniero acerca del comportamiento de las vigas de gran peralte cuando están agrietadas. Se dan unas indicaciones sobre el cálculo dimensional del hormigón y de las armaduras para este tipo de viga.

Revista: *IMCYC*, vol. 9, núm. 52, septiembre-octubre 1971.

30. "Colocación en obra y sujeción del refuerzo en la cimbra", por M. MORTEN y otros.

Sinopsis: En este artículo se describen los dispositivos de sujeción de las armaduras para asegurar su correcta disposición y firmeza durante el hormigonado, comentándose los problemas inherentes por las variaciones en la colocación de las armaduras.

31. "La obra de Miguel Fisac", por J. L. GIL DEL PALACIO.

Sinopsis: La obra del arquitecto español Miguel Fisac muestra una asombrosa inventiva en el empleo del hormigón estructural. De particular interés son sus unidades prefabricadas huecas para cubiertas, membranas de hormigón pretensado unidas, capaces de cubrir vanos de considerable longitud. Estos elementos los emplea en edificios de todo tipo, desde iglesias hasta fábricas, como puede verse en el presente artículo.

Revista: *IMCYC*, vol. 9, núm. 54, noviembre-diciembre 1971.

32. "Auditorio municipal de Guadalajara, Jalisco", por R. CARRANZA.

Sinopsis: El artículo describe el procedimiento constructivo de este auditorio con capacidad para 8.000 espectadores, mencionando el comportamiento de la estructura y de la cubierta colgada y comparándolo con los resultados previstos en el proyecto.

33. "Resistencia de losas con abertura", por R. ROJAS JIMÉNEZ y O. M. GONZÁLEZ CUEVAS.

Sinopsis: En este trabajo se pretende investigar la influencia de algunos factores en el comportamiento de las losas, tales como el tamaño de los agujeros, la intensidad de las cargas, etc. Se establecen recomendaciones prácticas para el cálculo, basándose en estos estudios.

Revista: *IMCYC*, vol. 10, núm. 54, enero-febrero 1972.

34. "Viviendas económicas prefabricadas", por R. E. MÉNDEZ.

Sinopsis: Este artículo presenta la descripción de un procedimiento de construcción, de paneles prefabricados de hormigón armado, mediante módulos geométricos. Se hace referencia al criterio empleado en el diseño estructural y duración de la obra.

Revista: *IMCYC*, vol. 10, núm. 55, marzo-abril 1972.

35. "Puente de Castejón sobre el río Ebro, construido en voladizos mediante secciones prefabricadas", por C. FERNÁNDEZ CASADO y otros.

Sinopsis: Este puente tiene una longitud de 252 m, dividido en tres tramos de 25, 101 y 50 m con un ancho de 10,5 m. Los pilares son de sección trapezoidal. El puente se ha construido mediante voladizos, uniendo secciones prefabricadas con pretensado final. Despues de examinar la estructura y el procedimiento constructivo de la obra, el artículo describe diversos aspectos del análisis estructural.

#### **Publicaciones enviadas por el Grupo de la República Democrática Alemana.**

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 11, 1971 (en alemán).

36. "Desarrollo de los principales métodos de cálculo de soportes", por P. BUCK y otros.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 1, 1972 (en alemán).

37. "Problemas relacionados con la protección contra la corrosión en V E B", por W. KATZUNG.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 2, 1972 (en alemán).

38. "Influencia de la transmisión de los esfuerzos de pretensado sobre la formación de fisuras en las vigas de hormigón pretensado", por K. Wagner.

39. "Ensayos sobre fatiga de los elementos de hormigón armado", por H. FORSTER.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 3, 1972 (en alemán).

40. "Cálculo de torres de refrigeración en paraboloide hiperbólico de hormigón armado", por K. WEIGMANN.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 4, 1972 (en alemán).

41. "Elementos de hormigón pretensado calculados por la teoría de los cuerpos con fluencia elástica", por W. KRUGER.

42. "Deformaciones de las vigas de hormigón armado debidas a momentos, esfuerzos axiles y fisuración", por R. RABICH.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 6, 1972 (en alemán).

43. "Influencia del ancho de las fisuras en el hormigón sobre la corrosión de las armaduras de pretensado", por K. OUVRIER.

44. "Empleo del hormigón ligero en las construcciones prefabricadas", por W. ALTNER.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 7, 1972 (en alemán).

45. "Análisis estructural de la cubierta suspendida por cables del cine Prager, en Dresden", por D. GROSSMANN y otros.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 8, 1972 (en alemán).

46. "Cálculo y ensayo de un encofrado deslizante metálico", por R. SANDER.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 9, 1972 (en alemán).

47. "Cálculo de los pilotes y de grupos de pilotes sometidos a fuerzas horizontales", por H. J. SCHAFFNER.

Revista: *Bauplanung Bautechnik*, núm. 10, 1972 (en alemán).

48. "Componentes para el sellado de juntas en las construcciones prefabricadas", por F. HEGEMAN.

#### **Publicaciones enviadas por el New Zealand Prestressed Concrete Institute, Nueva Zelanda.**

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 1, 12-1-70.

49. "Revisión a la industria del hormigón durante el año 1969", anónimo.

Sinopsis: El artículo se refiere a las actividades de algunas de las industrias de Nueva Zelanda relacionadas con el hormigón durante los últimos doce meses y que están incluidas en los apartados siguientes: producción de cemento, barcos de ferrocemento, bloques prefabricados de hormigón, hormigón preamasado y pavimentos de hormigón.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 2, 12-2-70.

50. "Normas ACI para los pavimentos de hormigón", anónimo.

Sinopsis: Este artículo es un resumen de la norma ACI, redactada por el Comité 302, sobre la calidad en la construcción de forjados y placas de hormigón según sus distintos usos.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 3, 12-3-70.

51. "Firmes de hormigón pretensado con áridos ligeros", anónimo.

Sinopsis: El empleo del hormigón pretensado en los firmes puede reducir el número de juntas al prevenir la fisuración y reduce los costos de manutención.

En este artículo se hace un estudio económico de este tipo de firmes, pero se indica que no da buenos resultados prácticos.

El autor demuestra que el empleo de áridos ligeros, sustituyendo a la gravilla, soluciona estos problemas.

Se dan detalles de una carretera experimental en Bélgica.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 4, 12-4-70.

52. "Pasos elevados esbeltos de hormigón pretensado", anónimo.

Sinopsis: Dos pasos elevados han sido construidos en Bournemouth (Inglaterra). El puente Brailey, de 146 m de longitud, con cuatro tramos de 30, 43, 43 y 30 m. El tablero está constituido por una losa con pretensado longitudinal y todos los soportes son en V.

Al puente Bourne se le ha pretendido cuidar más su estética por su emplazamiento. Su longitud es de 124 m, con cuatro tramos de 27, 27, 27 y 20 m, las direcciones del puente son sobre tableros paralelos independientes. La losa del tablero fue construida por voladizos sucesivos.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 5, 12-5-70.

53. "Construcción de barcos de ferrocemento", anónimo.

Sinopsis: Este informe se refiere al mortero empleado en los barcos de ferrocemento, se exponen todos los aspectos del mortero, desde la selección de los materiales hasta el curado y preparación de las superficies para ser pintadas.

Se facilita, asimismo, una lista de especificaciones prácticas que debe de tener en cuenta el constructor de este tipo de embarcaciones.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 6, 12-6-70.

54. "El primer paso elevado de hormigón pretensado ligero construido en Gran Bretaña", anónimo.

Sinopsis: El puente Redesdale recientemente construido tiene un solo tramo de 17 m. El tablero está constituido por 8 vigas prefabricadas de hormigón pretensado ligero, en T invertida de sección normalizada.

En este artículo se dan los resultados de los ensayos realizados con 4 vigas análogas a las empleadas en la construcción de este puente.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 7, 12-7-70.

55. "Tejas de hormigón, información para los proyectistas y constructores", anónimo.

Sinopsis: En este artículo se presenta un resumen de las normas básicas que deben cumplir las tejas de hormigón, la preparación del tejado y la forma de atado. Se cita también un método sencillo para estimar el número de unidades y costo en función del área a cubrir y de la pendiente del tejado.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 8, 12-8-70.

56. "Traviesas para ferrocarril de hormigón pretensado", anónimo.

Sinopsis: Este artículo indica la duración de las traviesas de hormigón, es doble de las de madera, siendo además mínimos los gastos de conservación. El costo de las traviesas de hormi-

gón depende del número de unidades contratadas, siendo más bajo el costo al aumentar el pedido del número de unidades. Es, por tanto, necesario prever el número de unidades, que hace más rentables las traviesas de hormigón que las de madera.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 9, 12-9-70.

57. "Bancadas de pretensado para la prefabricación de elementos de hormigón pretensado", anónimo.

Sinopsis: La longitud, anchura y construcción de las bancadas de pretensado dependen de varios factores: número de unidades por ciclo, forma de la unidad, número y tipo de alambres de pretensado utilizados, fuerza de pretensado requerida, etc.

Este artículo se refiere al diseño y construcción de las bancadas de pretensado.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 10, 12-10-70.

58. "Hormigón bombeado, materiales y dosificaciones", por D. STEVENS.

Sinopsis: En este artículo se analizan los factores que incluyen sobre la calidad del hormigón bombeado, por orden de importancia está la dosificación, que incluye tipo y características de los agregados, tamaño máximo de los áridos y aditivos. Se mencionan las especificaciones a seguir para la obtención de un hormigón bombeado adecuado.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 14, núm. 11, 12-11-70.

59. "VI Conferencia Técnica del Instituto del Hormigón Pretensado de Nueva Zelanda", por O. C. L. CUNDALL.

Sinopsis: En este artículo se presenta una amplia reseña de la última Asamblea Técnica Plenaria del Instituto del Hormigón Pretensado de Nueva Zelanda.

Dentro de los temas tratados en dicha Sesión se incluyen trabajos sobre hormigones de alta resistencia, hormigón ligero, durabilidad, esfuerzos sísmicos, resistencia al fuego, anclajes y aceros para tendido en varias etapas.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 15, núm. 2, 4-71.

60. "Progreso del hormigón pretensado en el mundo", por B. C. GERWICK.

Sinopsis: En el presente artículo se expone un resumen de las comunicaciones presentadas al VI Congreso de la FIP, celebrado en Praga.

Refiriéndose a lo que más impresionó al autor están: el progreso de las técnicas constructivas en los grandes puentes de hormigón pretensado en Japón, Alemania y Suecia. La aplicación de cubiertas suspendidas por cables para hangares y pabellones deportivos. Y los avances en el campo de la prefabricación pesada para la construcción de edificios de viviendas e industriales.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 15, núm. 4, 8-71.

61. "Curado al vapor a elevada temperatura del hormigón de pómez", L. M. SMITH y P. R. WOODFIELD.

Sinopsis: Este artículo resume los resultados obtenidos en un trabajo para determinar las propiedades físicas del hormigón de pómez. Se presentan 2 tipos de resultados. Uno se refiere al curado en autoclave del hormigón y otro al de los morteros.

Revista: *NZ Concrete Construction*, vol. 15, núm. 6, 12-71.

62. "Estructuras sumergidas y flotantes de hormigón pretensado", por B. C. GERWICK.

**Sinopsis:** Este artículo es un resumen del informe presentado por el autor al VI Congreso de la F.I.P., celebrado en Praga, sobre estructuras marinas, flotantes y sumergidas de hormigón pretensado.

En él se estudian las técnicas para el proyecto y construcción de las estructuras marinas, así como las últimas investigaciones realizadas en este campo.

### **Publicaciones enviadas por la Asociación Rusa del Hormigón Pretensado, Rusia.**

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, 1-72 (en ruso).

63. "Particularidades sobre el comportamiento de elementos de hormigón pretensado sometidos a cargas a largo plazo en medios agresivos", por S. V. MEDVEDKAO y otros.
64. "Valoración estadística de la resistencia a fisuración de las estructuras de hormigón pretensado sometidas a flexión", por L. I. IOSILEVSKY.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, 2-72 (en ruso).

65. "Perspectivas del empleo industrial del hormigón resistente a altas temperaturas y del hormigón armado de iguales características", por K. D. NEKRASOV y A. F. MILOVANOV.
66. "Sobre las deformaciones lentas del hormigón y fluencia de las armaduras en los hormigones resistentes a temperaturas elevadas", por B. A. ALTSHULER y V. A. KATSELBOGEN.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, 3-72 (en ruso).

67. "Normas técnicas sobre la producción de hormigón y obras de hormigón armado", por I. G. SOVALOV y Yu G. KHAYUTIN.
68. "Comparación de dos métodos sobre la construcción de edificios monolíticos con encofrados deslizantes", por Yu S. OSTRINSKY.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, 4-72 (en ruso).

69. "Comparación técnica y económica de los soportes de hormigón armado y metálicos para edificios industriales de una planta", por N. A. USHAKOV y V. V. NESTEROV.
70. "Pérdidas del esfuerzo de pretensado debidas a la retracción y fluencia del hormigón con arcillas expansivas", por Yu L. MESHKANSKAS y A. KENSGAILA.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 5, 1972 (en ruso).

71. "Sobre las desviaciones permitidas de los aceros de pretensado", por G. I. VERDICHIEWSKI y otros.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 6, 1972 (en ruso).

72. "Soportes pretensados para edificios industriales", por A. A. SIVETOV y N. I. GRIGORIEV.
73. "Placas pretensadas para elevación de forjados (lift-slabs) en edificios industriales de varias plantas", por B. P. KOVTUNOV y otros.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 7, 1972 (en ruso).

74. "Corrosión del acero bajo tensión en el cemento, mortero y hormigón", por K. S. KUTATELADZE y otros.

75. "Método para determinar las deformaciones de las armaduras en las estructuras de hormigón armado", por V. S. GUMENIUK y otros.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 8, 1972 (en ruso).

76. "Cerchas pretensadas y diagonales en edificios bajo ambientes agresivos", por V. A. KLEVTSOV y otros.

77. "Sobre la estimación de las deformaciones de las estructuras de hormigón armado", por V. S. ROKATCH.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 9, 1972 (en ruso).

78. "Parámetros dinámicos y resistencia sísmica de las cubiertas laminares de ferrocemento", por Ya. Sh. YSKHAKOV, y I. V. TIKHOMIROV.

79. "Nomenclatura de los elementos estructurales estandarizados de hormigón armado para la construcción de edificios industriales", por M. A. USHAKOV y I. A. PETROV.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 10, 1972 (en ruso).

80. "Efectos de los procesos a largo plazo sobre las condiciones de tensión deformación de las vigas de hormigón pretensado", por M. M. FEDORENKO y otros.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 11, 1972.

81. "Efectos del hormigón sobre la durabilidad de las armaduras en elementos sometidos a flexión", por S. M. SKOROBOGATOV.

Revista: *Hormigón y Hormigón Armado*, núm. 12, 1972.

82. "Eficiencia del empleo de placas de hormigón pretensado para cubiertas de edificios industriales", por V. I. SKATYNSKY y otros.

### **Publicaciones enviadas por el Prestressed Concrete Institute, Estados Unidos.**

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 16, núm. 6, noviembre-diciembre 1971.

83. "Cálculo de pistas de aterrizaje de hormigón pretensado bajo cargas sobre dos ruedas y tandem de dos ruedas", por M. SARGIANS y S. K. WANG.

Sinopsis: Las cargas sobre dos ruedas pueden calcularse como cargas equivalentes para una sola rueda y el método de cálculo para férmeles de hormigón pretensado, también puede ser aplicado para las cargas de los aviones más pesados.

En este artículo se presentan ábacos y ejemplos numéricos de cálculo.

84. "Ensayos a rotura de placas planas de hormigón postesado", por L. L. GERBER y N. H. BURNS.

Sinopsis: Se ensayaron a rotura 10 placas planas cuadradas de 3,7 m de lado observándose su capacidad a flexión, cortante y capacidad resistente después de la fisuración inicial del hormigón. Los resultados indican que a cortante un coeficiente de seguridad del orden de 3 a 4,5 es suficientemente conservador.

En este artículo se describen los modelos de ensayo, ensayo propiamente dicho, resultados y conclusiones.

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 17, núm. 1, enero-febrero 1972.

85. "Momentos secundarios y redistribución de momentos en las vigas continuas de hormigón pretensado", por T. Y. LIN y K. THORNTON.

Sinopsis: En este artículo se presentan las previsiones, sobre la redistribución de momentos en vigas continuas de hormigón pretensado, de la norma de edificación ACI 1971. Aclarando por medio de ejemplos numéricos, cuando el momento secundario debido a la fuerza de pretensado, debe ser incluida para determinar la resistencia a rotura de las vigas continuas.

86. "Coeficientes de influencia para el cálculo de momentos en las estructuras continuas postesadas", por P. TURULA, y C. M. FREYERMUTH.

Sinopsis: En este artículo se presentan tablas para simplificar el cálculo de los momentos en los soportes de las estructuras continuas postesadas.

Se comprueban estos coeficientes en estructuras de dos vanos y estructuras simétricas de tres o más vanos. Se incluye también un método para determinar las pérdidas por rozamiento.

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 17, núm. 2, marzo-abril 1972.

87. "Método para predecir las pérdidas de pretensado en las estructuras de hormigón pretensado", por R. J. GLODOWSKI y J. J. LORENZETTI.

Sinopsis: En este artículo se presenta un método para predecir las pérdidas de pretensado; con él se obtienen datos sobre la fluencia del hormigón y relajación de las armaduras. Se incluyen los efectos de interacción de los distintos factores que influyen en las pérdidas de pretensado.

Se explica el método de iteración a seguir y el concepto de curva de transferencia.

88. "Recientes investigaciones sobre la transmisión del esfuerzo cortante en el hormigón armado", por A. H. MATTOCK y M. M. HAWKINS.

Sinopsis: En este artículo se presenta el comportamiento a cortante de elementos de hormigón armado obtenido de los ensayos bajo carga y las hipótesis previstas para explicar los resultados, llegando a la conclusión que las previsiones de la norma ACI 318-71 sobre el rozamiento a cortante dan una estimación conservadora por debajo del estado límite.

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 17, núm. 3, mayo-junio 1972.

89. "Predicción de la retracción y la fluencia. Datos para el cálculo a partir de ensayos a corto plazo", por B. L. MEYERS y otros.

Sinopsis: En este artículo se presenta un método de ecuaciones empíricas para predecir las deformaciones lentas del hormigón a largo plazo, basándose en datos tomados a los veintiocho días. Se dan también constantes generales cuando no se han podido obtener estos datos a los veintiocho días.

90. "Cálculo límite de los puentes de hormigón pretensado", por V. RAMAKRISHNAN, y C. CARLO Jr.

Sinopsis: En este artículo se presenta un método de cálculo de vigas de puente prismáticas y no prismáticas, de hormigón pretensado, basándose en el cálculo a rotura.

Se acompañan los cálculos con un ejemplo teórico como aplicación al método propuesto.

Revista: *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 17, núm. 4, julio-agosto 1972.

91. "Práctica americana sobre el cálculo sísmico", por A. M. PARME.

**Sinopsis:** Este artículo presenta las bases americanas para el cálculo sísmico y la discusión de la norma de edificación, así como un estudio sobre las ventajas que el hormigón pretensado, por su ductilidad, tiene sobre otros materiales para las construcciones sísmicas.

92. "Experiencia japonesa en el cálculo sísmico de puentes de hormigón pretensado", por S. INOMATA.

**Sinopsis:** En este artículo se discute la filosofía y exigencias básicas de la práctica japonesa, en el cálculo sísmico de puentes de hormigón pretensado.

Se presentan algunos casos típicos de desastres en puentes y los últimos inventos sobre amortiguadores para reducir los efectos sísmicos en la dirección longitudinal del puente.

**Revista:** *Journal of the Prestressed Concrete Institute*, vol. 17, núm. 5, septiembre-octubre 1972.

93. "Programa para predecir las pérdidas de pretensado con ordenador", por R. SINNO, y H. L. FURR.

**Sinopsis:** En este artículo se presenta un programa para ordenador, para calcular en función del tiempo las pérdidas de pretensado y la flexión de las vigas de hormigón pretensado.

El programa se establece para las siguientes hipótesis: vigas con cables rectos o curvos, sometidas a peso propio y bajo placas de hormigón, apoyadas en uno o dos puntos.

Se incluye un ejemplo numérico y se comprueban sus resultados con los obtenidos mediante ensayos de vigas pretensadas de alma llena para puentes.

Traducido por A. RASILLA





**asociación técnica  
española del pretensado**