

# y ACERO nº150

ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO.

DECLARADA DE UTILIDAD PUBLICA CON FECHA 4-3-77

INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO.

COSTILLARES (CHAMARTIN). MADRID-33.

#### ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO

## hormigón y acero

n: 150

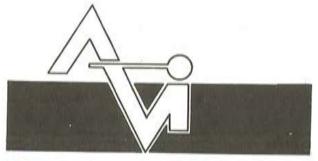
1° r trimestre, 1984

#### **CUOTAS ANUALES**

CATEGORIAS	ESPAÑA	EXTRANJERO	
Miembros "Personales" (personas naturales)	2.000,— ptas.	40,— dólares	Ni la Asociación ni el Instituto, una de cu- yas finalidades es divulgar los trabajos de investigación sobre la construcción y sus ma- teriales, se hacen responsables del contenido
Miembros ''Colectivos'' (personas jurídicas)	5.000,- ptas.	100,— dólares	de ningún artículo y el hecho de que patro- cinen su difusión no implica, en modo algu- no, conformidad con la tesis expuesta,
Miembros "Protectores" (personas naturales o jurídicas que deseen pres- tar una ayuda económica especial a la A.T.E.P.)	10.000,- ptas.	200,— dólares	De acuerdo con las disposiciones vigentes, deberá mencionarse el nombre de esta Re- vista en toda reproducción de los trabajos insertos en la misma.

APARTADO 19.002 - COSTILLARES - CHAMARTIN - MADRID - 33

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

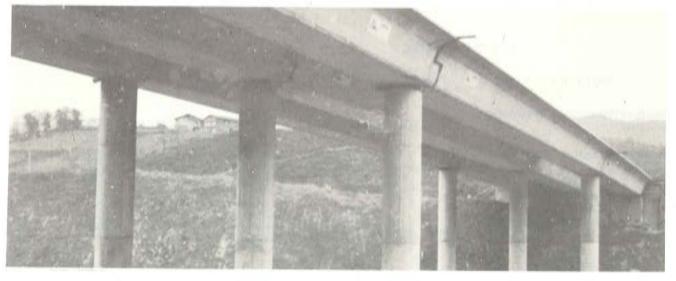


PREFABRICACION LIGERA Y PESADA



#### PUENTES - NAVES INDUSTRIALES - FORJADOS BOVEDILLAS - LADRILLOS - TEJAS - TUBOS DRENAJE





#### HUESCA:

Oficina Comercial y Fábrica: P.º Lucas Mallada, s/n - Teléfono 22 39 00 - HUESCA Oficina y Fábrica: Ctra. de Lérida, s/n - Teléfono 40 07 80 - MONZON

Oficina y Fábrica: Ctra. de Huesca - Teléfono 39 00 41 - GRAÑEN

#### MADRID

Oficina Comercial: Orense, 10, 1.º - Teléfonos 455 05 35 - 6 - 7 - MADRID-10
Oficina y Fábrica: Ctra. Torrejón a Loeches, Km 4,200 - Teléfonos 675 04 50 - 4-8 -

TORREJON DE ARDOZ

Oficinas y Fábrica: Ctra. de Toledo, Km 7,300 - Teléfono 688 27 72 - LEGANES

#### ZARAGOZA

Oficina Comercial: P.º de la Constitución, 31 - Teléfonos 23 75 02 - 3 - ZARAGOZA-1

Comité de Redacción de la Revista Hormigón y Acero

ARENAS, Juan José BARREDO, Carlos CUVILLO, Ramón del CHUECA, Rafael ELICES, Manuel FERNANDEZ DE VILLALTA, Manuel FISAC, Miguel GONZALEZ VALLE, Enrique JODAR, Juan JULIA, Manuel LLOMBART, José Antonio MANTEROLA, Javier MARIA TOME, Javier MURCIA, Juan PIÑEIRO, Rafael POZO VINDEL, Florencio J. del ROMERO, Ratael SANCHEZ CASTRO, Carlos SANCHEZ GALVEZ, Vicente SIEGRIST, Carlos

## hormigón y acero

n. 150

indice

Pág.

Informe resumido de las actividades desarrolladas por la Asociación Técnica Española del Pretensado durante el año 1983

Compte rendu de l'activité de l'Association Technique Espagnole de la Précontrainte au cours de 1983.

Short report on the activity of the Spanish Technical Association of Prestressing during 1982.

R. Piñeiro.

457-0-88

Dimensionamiento, a esfuerzo cortante, de los nervios de forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado......

Dimensionnement, compte tenu de l'effort tranchant, des nervures pour les planchers, réalisés sur des poutrelles demi-résistantes en béton précontraint.

Shear strength design of the ribs of slabs floors, made with prestressed concrete semirresistant beams.

Benedicto Gómez Sedano.

19

		Pág.
457-0-89	Análisis de la viga simple sobre lecho elástico a partir del método de los elementos de contorno	31
457-2-24	Dimensionamiento analítico directo de secciones de hormigón armado en estado límite último de agotamiento	51
591-0-28	Planteamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado y tendencias futuras de la normativa  Le traitament unifié béton armé-béton precontraint et tendances pour l'avenir de la normative.  Unified treatment of the reinforced concrete and prestressed concrete and future trends of the specifications.  Juan Murcia Vela.	69
591-1-39	Cálculo de piezas para forjados unidireccionales.  Calcul des hourdis pour des planchers nervurés à poutrelles préfabriquées.  Design of elements for one-way floors slabs.  Jorge Páez Mañá.	87
8	Recomendaciones para la preparación de artículos.  Recommandations pour la préparation de articles.  Recommendations for writing articles.  R. Piñeiro.	135

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

#### **ESPAÑA**

AGROMAN, S.A.- Madrid.

ALBISA, S.A.- Algeciras (Cádiz).

ARIDOS LIGEROS, S.A.- Madrid.

AUTOPISTAS, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.- Barcelona.

AUXINI, S.A.- Madrid.

BIGUETES, S.L.- Elche (Alicante).

CAMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACION.- (Barcelona).

CASTRO HERMANOS, S.L.- Mislata (Valencia).

CASTRO MATELO, V., S.A.- Sigueiro (La Coruña).

CATEDRA DE CONSTRUCCION II DE LA ESCUELA TECNICA DE INGENIEROS AGRONOMOS.— Córdoba.

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.- Madrid.

COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS.- Madrid.

COLEGIO DE INGENIEROS TECNICOS DE OBRAS PUBLICAS.— Madrid.

COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES.- La Coruña.

COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TECNICOS.- Gerona.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE ARAGON. SECCION BIBLIOTECA.— Zaragoza.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CANARIAS. DEPARTAMENTO LABORA-TORIOS. Sta. Cruz de Tenerife.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CATALUÑA.— Barcelona.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MADRID. BIBLIOTECA.- Madrid.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS VASCO-NAVARRO.- Bilbao.

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.- Málaga.

CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL GUADALQUIVIR. BIBLIOTECA.- Sevilla.

CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S.A.- Madrid.

CONTROLEX.— Alicante.

COTESA, COLOCACIONES TECNICAS, S.A.— Barcelona.

CUBIERTAS M.Z.O.V., S.A.- Barcelona.

CUMBRE MODULAR, S.A.— Barcelona.

DEPARTAMENTO DE TEORIA DE ESTRUCTURAS. ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.— Zaragoza.

DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA DEL MANDO SUPERIOR DE APOYO LOGIS-TICO DEL EJERCITO, MINISTERIO DEL EJERCITO.— Madrid.

DITECO, S.L.- Valencia.

DIVISION DE PLANTEAMIENTO Y PROYECTOS. CENTRO DE ESTUDIO Y APOYO TECNICO.— Valladolid.

ELABORADOS DE HORMIGON, S.A.- Burgos.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS (EEPSA).- Manresa (Barcelona).

ENAGA, S.A.- Pozuelo de Alarcón (Madrid).

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL.- Córdoba.

ESTEBAN ORBEGOZO, S.A.- Zumárraga (Guipúzcoa).

ESTUDIOS Y PROYECTOS TECNICOS INDUSTRIALES, S.A. - Madrid.

E.T.S. DE ARQUITECTURA.- Barcelona.

E.T.S. DE ARQUITECTURA. - Sevilla.

EUROESTUDIOS, S.A.- Madrid.

FERNANDEZ CONSTRUCTOR, S.A. - Madrid.

FERROVIAL, S.A.- Zamora.

FORJADOS DOL.- Esquivias (Toledo).

GIJON E HIJOS, S.A.- Motril (Granada).

GOMHERSA.- Talavera de la Reina (Toledo).

HIDAQUE, S.A.- Granada.

HISPANO FRANCESA DE VEHICULOS INDUSTRIALES, S.A. BIBLIOTECA.- Madrid.

HORMIGONES GERONA, S.A.- Gerona.

HORMYCER, S.L.- Madrid.

IBERDUERO, S.A.- Bilbao.

IBERDUERO, S.A. (CENTRO DE DOCUMENTACION).- Bilbao.

IBERTECNICA, S.A.- Madrid.

INBADELCA, S.A.- Baracaldo (Vizcaya).

INDUSTRIAS VEYGA, S.A.- Tarrasa (Barcelona).

INFORMES Y PROYECTOS, S.A. (INYPSA).- Madrid.

INSTITUT CARTOGRAFIC DE CATALUNYA.- Barcelona.

INSTITUTO NACIONAL DE EMPLEO Y PROMOCION SOCIAL. SECCION ASUNTOS GENERALES (SEAF-PPO).— Madrid.

INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO.- Madrid.

LA AUXILIAR DE LA CONSTRUCCION. - Sta. Cruz de Tenerife.

LABORATORIO DE INGENIEROS DEL EJERCITO.- Madrid.

LABORATORIO GEOCISA. BIBLIOTECA.- Coslada (Madrid).

LABORATORIO DE CARRETERAS Y GEOTECNIA JOSE LUIS ESCARIO.- Madrid.

LAING IBERICA, S.A.- Madrid.

LIBRERIA RUBIÑOS.— Madrid.

LUIS BATALLA, S.A. (LUBASA).- Castellón de la Plana.

MAHEMA, S.A.— Granollers (Barcelona).

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

MECANOGUMBA, S.A.- Mollet del Vallés (Barcelona).

NEX TEN, S.A.- Vitoria.

NUEVA CERAMICA CAMPO.- Lendo-Laracha (La Coruña).

OTEP INTERNACIONAL, S.A. - Madrid.

POSTELECTRICA, S.A.- Palencia.

POSTENSA, S.A.- Bilbao.

PRAINSA.— Barcelona.

PRAINSA .- Zaragoza.

PREBETONG CANARIA, S.A. Sta. Cruz de Tenerife.

PREFABRICADOS ALAVESES, S.A. (PREASA).- Vitoria.

PREFABRICADOS DEL CEMENTO, S.A. (PRECESA).- León.

PREFABRICADOS DEL HORMIGON, S.A. (CUPRE-SAPRE). - Valladolid.

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

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

PREFLEX. COMPAÑIA LABORAL, S.A.- Gijón (Oviedo).

PRETENSADOS AEDIUM, S.L.- Mutilva Baja (Navarra).

PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO, S.A. HORTE. - Valladolid.

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

RENFE.- Madrid.

SAINCE.- Madrid.

S.E.A.T. (BIBLIOTECA).- Barcelona.

SERVICIO MILITAR DE CONSTRUCCIONES.- Barcelona.

SERVICIO TERRITORIAL DE CARRETERAS.- Gerona.

SOCIEDAD ANONIMA ESPAÑOLA TUBO FABREGA.- Madrid.

SOCIEDAD ANONIMA FERROVIAL.- Madrid.

SOCIEDAD ANONIMA MATERIALES Y OBRAS.— Valencia.

SPANDECK CATALANA, S.A.- Barcelona.

SUBDIRECCION GENERAL DE EDIFICACION. SECCION DE NORMATIVA (MOPU).—
Madrid.

SUBDIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y TECNOLOGIA (MOPU).—
Madrid.

TEJERIAS "LA COVADONGA".- Muriedas de Camargo (Santander).

TEPSA.- Tarrasa (Barcelona).

TOSAM, S.L.- Segovia.

TUBERIAS Y PREFABRICADOS, S.A. (TYPSA).- Madrid.

UNIVERSIDAD POLITECNICA. HEMEROTECA.— Valencia.

VALLEHERMOSO, S.A.- Madrid.

VIAS Y OBRAS PROVINCIALES.- San Sebastián.

VIGAS REMARRO.- Motril (Granada).

#### **EXTRANJERO**

ASOCIACION DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND DEL URUGUAY.—
Montevideo (Uruguay).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. - São Paulo (Brasil).

BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES Buenos Aires (Argentina).

BIBLIOTECA DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU. - Lima (Perú).

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD CATOLICA.— Quito (Ecuador)

CEPIC, S.C. - Córdoba (Argentina).

CONSULAR. CONSULTORES ARGENTINOS ASOCIADOS.— Buenos Aires (Argentina).

CONSULBAIRES.— Buenos Aires (Argentina).

FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD DE VALPARAISO.-Valparaiso (Chile).

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIA,-Rosario (Argentina).

FACULTAD DE INGENIERIA, BIBLIOTECA,-Caracas (Venezuela).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS, BIBLIOTECA CENTRAL, Sao Paulo (Brasil).

LABORATORIO DE ENGENHARIA DE ANGOLA.-Luanda (Rep. P. de Angola).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE, DIRECCION DE BIBLIOTECAS. — Santiago (Chile).

SCIENCE REFERENCE LIBRARY.-Londres (Inglaterra).

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. FACULTAD DE INGENIERIA, Mérida (Venezuela).

UNIVERSIDAD CATOLICA VALPARAISO. BIBLIOTECA CENTRAL. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO. Valparaiso (Chile).

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO. BIBLIOTECA.- Mayaguez (Puerto Rico).

#### **AVISO IMPORTANTE**

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

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

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

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

Los comentarios deben enviarse, por duplicado, a la Secretaría de la A.T.E.P., Apartado 19.002, Madrid-33, dentro del plazo de tres meses contados a partir de la fecha de distribución de la Revista.

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

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

## Informe resumido de las actividades desarrolladas por la Asociación Técnica Española del Pretensado durante el año 1983

Por: R. Piñeiro Vocal Secretario de la ATEP

El comenzar un nuevo año, y ya son treinta y cinco desde la fundación de la ATEP por nuestro inolvidable Maestro el Profesor D. Eduardo Torroja, de acuerdo con las normas establecidas es necesario dar a conocer las principales actividades desarrolladas por la Asociación durante los últimos doce meses anteriores, con un doble objeto: 1º. Que quede constancia, para el futuro, de los trabajos que se realizan; 2º. Que sirva de recordatorio a los que en estos trabajos han colaborado y de estímulo para todos los Asociados, que les incite a participar activamente en la importante labor que la ATEP tienen encomendada en el campo de la técnica del pretensado, con vistas a su perfeccionamiento y desarrollo; labor que, sin triunfalismo, puede afirmarse que viene desarrollando con reconocido éxito, dentro de lo que sus posibilidades le permiten.

Como oportunamente se comunicó, el pasado año esta labor informativa fue realizada, con beneficio para todos, por el Presidente de la Asociación, debido a que el que ésto suscribe se encontraba en Bolivia en Comisión de Servicio. Incorporado de nuevo a mi trabajo habitual, las cosas vuelven a normalizarse y aquí estoy otra vez, como en tantas ocasiones anteriores, dispuesto a dar a conocer, lo más resumidamente posible, lo que ha sido la actuación de la ATEP durante 1983.

Para empezar, conviene destacar un hecho realmente alentador y, creemos, muy significativo de la difusión y prestigio que ha alcanzado nuestra Revista "Hormigón y Acero". Si hasta hace no muchos años era necesario insistir constantemente en la campaña para conseguir artículos originales para su publicación, en la actualidad la situación es radicalmente opuesta y la Revista se nos ha quedado pequeña; En ocasiones, nos faltan páginas para dar cabida a todos los originales que se reciben; y algunos deben esperar para ser publicados en números posteriores, con el consiguiente perjuicio para los autores y para el propio Comité de Redacción puesto que, como lógica reacción, subsiguiente, cuando ésto ocurre, viene a continuación una época en la que los Colaboradores se retraen y dejan de enviar sus trabajos. Y de nuevo se han de reanudar las gestiones de solicitud de artículos.

Ante esta realidad, fácil es comprender que procuremos dar a este resumen anual la menor extensión posible, con el objeto de no robar espacio a las interesantes colaboraciones que tenemos en cartera pendientes de publicación.

Con independencia de la acostumbrada enumeración ordenada de las principales actividades desarrolladas por la ATEP durante el año 1983 que ahora concluye, parece conveniente destacar algunos hechos singulares que, por su naturaleza, no tendrían encaje adecuado en dicha enumeración.

En primer lugar, debe llamarse la atención sobre los cambios introducidos en el Comité de Redacción de la Revista. Lamentablemente, alguno de los Miembros del anterior Comité, se han visto forzados a dejar de prestarnos su valiosa y desinteresada colaboración, que nunca agradeceremos bastante, por impedírselo sus habituales ocupaciones. Para suplir estas obligadas bajas, han sido designados otros Miembros de la ATEP que, amablemente, han aceptado pasar a formar parte del Comité: con lo cual éste ha quedado constituído por los siguientes señores, citados por orden alfabético:

ARENAS, Juan José BARREDO, Carlos CUVILLO, Ramón del CHUECA, Rafael ELICES, Manuel FERNANDEZ DE VILLALTA, Manuel FISAC, Miguel GONZALEZ VALLE, Enrique JODAR, Juan JULIA, Manuel LLOMBART, José Antonio MANTEROLA, Javier MARIA TOME, Javier MURCIA, Juan PIÑEIRO, Rafael POZO VINDEL, Florencio J. del ROMERO, Rafael SANCHEZ CASTRO, Carlos SANCHEZ GALVEZ, Vicente SIEGRIST, Carlos

Durante el pasado año, la Comisión en su día formada para la redacción del nuevo Manual de la ATEP en el que habrán de recogerse las recomendaciones necesarias para la adecuada conservación de las obras pretensadas, ha concluído su importante labor y, en estos momentos, la imprenta ha iniciado la edición del Manual que confiamos podrá empezar a distribuirse en fecha próxima. El tema tratado en este Manual es realmente importante en estos momentos, como lo demuestran los numerosos trabajos que sobre el mismo se vienen publicando y su inclusión en varias de las reuniones últimamente celebradas por diversas Organizaciones Internacionales. La necesidad de la conservación de las obras, cualesquiera que sean su tipo y los materiales utilizados en su construcción, resulta evidente ya que cada día se hace más patente la obligación de prevenir el inevitable deterioro que sufren las estructuras en el transcurso del tiempo, y las propias deficiencias inherentes tanto a su proyecto como a su construcción y que se ponen de manifiesto, así mismo, a lo largo del tiempo. La conservación permite, también, evitar la progresión de los daños hasta situaciones en que puede llegar a ser muy costosa, o incluso imposible, la reparación de la obra.

Por todo ello, en la actualidad es ya admitido, generalmente, que existen sobradas razones que justifican las inversiones en programas de conservación que garanticen el mantenimiento de las características fundamentales de las estructuras en servicio, tanto en lo que se refiere a su funcionalidad como a sus aspectos estéticos o de cualquier otro tipo.

No obstante, hasta ahora se carece totalmente de una normativa oficial específica sobre el tema. Con el propósito de contribuir, en la medida de las posibilidades de la Asociación, a llenar esta evidente laguna, se ha preparado este nuevo Manual en el que también se recogen las oportunas recomendaciones para la mejor aplicación de la técnica del pretensado en la realización de reparaciones y refuerzos de estructuras, campo en el cual la utilización del pretensado constituye uno de los medios más eficaces y de más frecuente uso, con innegables ventajas, en obras construídas con toda clase de materiales.

La labor realizada que, como facilmente se comprende, ha presentado numerosas dificultades dadas las peculiares características del tema en estudio, pronto podrá ser juzgada cuando se publique este nuevo Manual que confiamos habrá de tener, al menos, la misma favorable acogida que los anteriores de la serie que, a lo largo de los años, se han venido editando.

Otros acontecimientos dignos de comentario especial, han sido las reuniones que en España han celebrado, recientemente, el Consejo de la Federación Internacional del Pretensado, y su Comisión de "Prefabricación". La reseña detallada de ambas reuniones se ha incluído en el nº 149 de "Hormigón y Acero", correspondiente al último trimestre del pasado año. Ello nos permite reducir este comentario a destacar la importancia que tiene para nuestra Asociación el hecho de que el Consejo de la FIP, su más elevado Organo de dirección, haya aceptado nuestra invitación para que, una de sus dos reglamentarias reuniones anuales, la celebrase en los locales del Instituto Eduardo Torroja que, amablemente, nos fueron cedidos para esta ocasión. Desde 1968, no se había reunido en España este Consejo.

La Comisión de "Prefabricación", celebró su reunión en Santiago de Compostela, durante los días 13 y 14 de octubre.

En la reunión del Consejo participaron 21 Delegados en representación de 15 países, y en la de la Comisión de "Prefabricación", 20 Miembros procedentes de 12 naciones distintas. Todos los asistentes a ambas reuniones se mostraron muy satisfechos por los resultados obtenidos y las atenciones recibidas; así lo han hecho constar en las cartas que posteriormente han enviado felicitando a la ATEP por la buena organización de los diferentes actos programados.

Por último, se estima que conviene destacar también el hecho de que, en la reunión de nuestra Junta de Gobierno, celebrada el 22 del pasado septiembre, se acordó nombrar a la Asociación Boliviana del Pretensado, Miembro Correspondiente de la ATEP, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 6º, Apartado E, de los Estatutos.

La Asociación Boliviana del Pretensado ha sido creada en junio del último año, con la asistencia del Secretario de la ATEP. Entre los acuerdos adoptados en su Sesión Fundacional figuraban, solicitar de nuestra Asociación se le concediese el nombramiento de Miembro "Correspondiente", y que se le prestase colaboración y apoyo, tanto para el desarrollo de su labor como para que fuese aceptada como nuevo Grupo Nacional Miembro de la FIP. Con respecto a este último punto, en la reunión del Consejo de la FIP celebrada en Madrid, en octubre, la Delegación española presentó y apoyó la solicitud oficial de la Asociación Boliviana para integrarse en la Federación; solicitud que se espera sea aceptada en fecha próxima.

Debe hacerse notar que la Asociación Boliviana pasa a ser el primer Miembro "Correspondiente" de la ATEP.

Terminamos con ésto los comentarios a los acontecimientos singulares y pasamos a la ordenada y resumida exposición de las principales actividades, de carácter normal, realizadas por laATEP durante el año 1983.

#### 1. REUNIONES PUBLICAS ORGANIZADAS POR LA ASOCIACION

En el transcurso del pasado año sólo han podido organizarse dos conferencias públicas que, como de costumbre, se celebraron en el Salón de Actos del Instituto Eduardo Torroja.

La primera tuvo lugar el jueves día 27 de enero y estuvo a cargo de D. José Antonio Torroja, que se ocupó del tema "Proyecto asistido por ordenador".

La segunda corrió a cargo de D. Carlos Alonso Cobo y su título fue "Deformaciones diferidas en puentes construídos por avance en voladizo". El texto de esta conferencia será incluído en uno de los próximos números de "Hormigón y Acero".

Al térmimo de ambas conferencias se abrieron sendos coloquios durante los cuales los conferenciantes tuvieron ocasión de aclarar algunos conceptos expuestos y contestar cumplidamente a las preguntas que les fueron formuladas.

Como es sabido, con estos Actos se trata de mantener vivo el contacto directo entre todos los Asociados y facilitarles la mejor información posible sobre los distintos problemas relativos a la técnica del pretensado y sobre las novedades que, en este campo, van apareciendo.

#### **PUBLICACIONES**

Para información general, a continuación se reproducen los índices de los cuatro números (146, 147, 148 y 149) de nuestra Revista "Hormigón y Acero", publicados durante 1983.

#### Número 146. Primer trimestre de 1983

- "Informe resumido de las actividades desarrolladas por la Asociación Técnica española del pretensado, durante el año 1982", por F. Arredondo.
- "Tesado de la estructura del edificio de contención de la Central Nuclear de Ascó, Grupo I", por A. Vives Escuder.
- "Traviesas de hormigón pretensado para ferrocaril", por J.I. Rodríguez Mira.
- "Construcción por empuje, de un acueducto, en hormigón pretensado, constituído por dovelas", por J. Pellón.
- "Puente de ferrocarril en Guadarranque (Cádiz)", por C. Siegrist.
- "Algunas realizaciones en el tramo Pontevedra Sur Rande, de la Autopista del Atlántico", por F. Da Cunha.
- "Puente de ferrocarril, sobre el río Cadagua", por M. Julia.
- "Cubeto de seguridad, de hormigón pretensado, para un depósito de amoníaco líquido de 10.000 t", por R. Merino Vila.



J. A. Torroja



C. Alonso Cobo

- "Hipótesis de diseño que deben considerarse en proyectos de almacenamientos criogénicos y su aplicación a un depósito de 80.000 m³ de capacidad", por J.L. Rivas.
- "Tres puentes de hormigón pretensado", por F. del Pozo Frutos.
- "Viaductos de las autopistas AU-1 y AU-6 en Buenos Aires", por L. Fernández Troyano.
- "Viaducto de Rontegui sobre la ría de Bilbao", por R. Chueca.
- "Estructuras de la variante de la Cuesta de Silva (Gran Canaria)", por J.M. Villar.
- "Promoción de las Jornadas Nacionales sobre el homigón armado y pretensado en centrales nucleares", por A. Vives Escuder.
- "Discurso de Clausura de la X Asamblea Técnica Nacional de la ATEP", por F. Arredondeo.

#### Número 147. Segundo trimestre de 1983

- "Planteamiento directo del método de los elementos de contorno a partir del torema de reciprocidad", por M. Martínez Lafuente.
- "Dimensionamiento de soportes esbeltos de hormigón armado. 1ª Parte. Método de las curvaturas de referencia", por H. Corres y F. Morán.
- "Tolerancias dimensionales: Normativa internacional", por J. Salas.
- "Influencia de las imperfecciones en la carga crítica de estructuras de entramados planos", por G. Gutiérrez y A. Samartín.
- "Reparto de cargas horizontales entre los elementos de rigidación de un edificio", por A. Recuero y J.P. Gutiérrez.
- "Un método para el cálculo de zapatas de muros de contención", por F. Pérez García, y M. Montes.

#### Número 148. Tercer trimestre de 1983

- "Dimensionamiento de soportes esbeltos de hormigón armado. 2ª Parte. Abacos de dimensionamiento", por H. Corres y F. Morán.
- "Estados de cargas de máxima exigencia en secciones de hormigón armado solicitadas a flexión compuesta por acciones aleatorías múltiples", por C. Vilas.
- "Análisis gráfico de la carga crítica de soportes complejos con distintas condiciones de apoyo", por F. Escrig.
- "Diagramas axil-momento-curvaturas (N-M<sub>x</sub>-M<sub>y</sub>-C<sub>x</sub>-C<sub>y</sub>) de una sección de hormigón armado solicitada por una flexo-compresión plana o biaxial", por L.M. Villegas y J.J. Arenas.
- "Tratamiento en nivel 2 de seguridad del cálculo de secciones de hormigón armado", por P. Miguel Sosa.
- "Puentes de hormigón pretensado construídos en Bolivia", por A. Subieta.
- "La demolición de los "Halles Centrales", de Reims. Una propuesta alternativa de salvación y recuperación", por J.A. Fernández Ordóñez y A. González Serrano.

#### Número 149. Cuarto trimestre de 1983

- "Dimensionamiento de soportes esbeltos de hormigón armado. 3ª Parte. Fórmulas de dimensionamiento", por H. Corres y F. Morán.
- "Estudio de una pila esbelta, en ménsula, de hormigón armado, con sección y armadura variables a lo largo de su altura, solicitada por acciones contenidas en uno o en sus dos planos principales", por J.J. Arenas y L.M. Villegas.
- "Elementos de contorno adaptables", por E. Alarcón.
- "Recomendaciones para hormigones estructurales de áridos ligeros. Comisión de Materiales del Comité Español del CEB", por J. Alonso y A. Delibes.
- "Generación automática de malla triangular de elementos finitos", por A. Recuero y J.P. Gutiérrez.
- "El puente internacional sobre el río Iguazú", por O.R. Caracciolo y J.F.J. Solari.
- "El postesado y el arte. Monumento en Jeddah", por R. Martí y J. Ripoll.
- "Relación entre la temperatura ambiente y la temperatura del hormigón fresco: hormigonado en tiempo frío y caluroso", por J. Fernández Gómez y A. Delibes.

Nuevamente hemos de agradecer, a cuantos nos envian originales para su publicación en nuestra Revista, la magnífica colaboración que nos vienen prestando y gracias a la cual "Hormigón y Acero" ha alcanzado unos niveles de interés y calidad que la colocan en los primeros lugares entre las revistas de carácter técnico. Lo único que cabe añadir, en relación con este tema, es el ruego de que continúe como hasta ahora tan valiosa ayuda, para que se pueda mantener el elevado prestigio alcanzado por nuestro órgano de difusión, tanto en España como en el extranjero.

#### 3. DISTRIBUCION DE LIBROS

Como en años precedentes, durante 1983 se han distribuído varios de los libros que con carácter de exclusividad y apreciables descuentos nos ofreció la FIP. Aunque los precios de estas publicaciones son cada vez más elevados, hecho que se agrava por el desfavorables cambio de nuestra moneda, ya que tienen que ser abonados en libras esterlinas, las ofertas que se hacen a todos los miembros de la ATEP, continúan teniendo gran aceptación, como lo demuestra el hecho de que, durante el último año, se hayan distribuído 83 libros con arreglo al siguiente detalle:

- 4 ejemplares de "Cryogenic behaviour of materials for prestressed concrete".
- 5 ejemplares de "Permanent anchorages for offshore structures".
- 9 ejemplares de "Special concretes".
- 4 ejemplares de "Sea operations".
- 4 ejemplares de "An internacional survey of in-service inspection experience with prestressed pressure vessels and containment for nuclear reactors".
- 10 ejemplares de "Recommendations for the design and construction of prestressed concrete ground anchors".
- 6 ejemplares de "Design philosophy for precast buildings of two or more storeys".

- 5 ejemplares de "9th Congress Proceedings. Vol. 1".
- 5 ejemplares de "9th Congress Proceedings. Vol 2".
- 5 ejemplares de "9th Congress Proceedings. Vol 3".
- 3 ejemplares de "Preliminary recommendations for the design of prestressed concrete containment structures for the storage of refigerated liquefied gases (RLG)".
- 5 ejemplares de "Ductility of tie connections for concrete components in precast structures".
- 5 ejemplares de "Design principles for hollow-core slabs regarding shear and trasnverse load bearing capacity, splitting and quality control".
- 4 ejemplares de "Prestressed concrete pressure vessels for non-nuclear thermal processes", y
- 9 ejemplares de "The inspection, maintenance and repair of concrete sea structures".

Aparte de ésto, se han distribuído también 50 ejemplares de los "Proceedings" correspondientes al 'III Simposio Internacional sobre corrosión bajo tensión de los aceros de pretensado", celebrado en septiembre de 1981, en El Escorial (Madrid); y, lamentablemente, ha quedado sin poder ser atendidas varias peticiones más, por haberse agotado la edición.

También se está distribuyendo entre nuestros Asociados, el libro titulado "Técnicas del hormigón armado y pretensado en centrales nucleares", en el que se recogen todas las comunicaciones presentadas a las "Jornadas sobre centrales nucleares" que, organizadas por la ATEP, se celebraron en los locales del Instituto Eduardo Torroja, en mayo de 1982, con señalado éxito. Buena prueba del interés de estas Jornadas es el elevado número de peticiones que se están recibiendo de la citada publicación; lo cual hace prever que la edición quedará agotada en fecha próxima. Los que aún no la hayan solicitado y estén interesados en recibirla, deben apresurarse a cursar su petición.

#### 4. OTRAS ACTIVIDADES

Como consecuencia de las "Conclusiones" aprobadas en las Jornadas sobre Centrales Nucleares a las que acabamos de referirnos y que, en su día fueron elevadas a la Comisión Permanente del Hormigón, del MOPU, dicha Comisión decidió constituir un Grupo de Trabajo para el estudio de la necesaria normativa específica aplicable a este tipo especial de estructuras que, por sus peculiares características, no aparecen recogidas en las Instrucciones oficiales vigentes. A petición de la mencionada Comisión Permanente, la ATEP ha designado a uno de sus Miembros, D. Florencio J. del Pozo Vindel, para que colabore en los trabajos encomendados al citado Grupo.

Continúa la ATEP colaborando con diversos Organismos y Entidades, nacionales y extranjeras, en trabajos relacionados con la técnica del pretensado, de acuerdo con lo dispuesto en sus Estatutos. Así, viene participando, por ejemplo, en las labores encomendadas a la Comisión Permanente del Hormigón antes citada; en los Grupos de Trabajo que se encargan de la revisión de las UNE correspondientes a los aceros para pretensado y sus métodos de ensayo; en los Organos Directivos de los Sellos de Conformidad CIETAN, para viguetas de hormigón pretensado y de hormigón armado, homologados por el MOPU, etc.

En relación con las Comisiones Técnicas que vienen trabajando en el seno de la FIP, en la actualidad la ATEP está representada por los Miembros que a continuación se indican:

- En la Comisión de "Práctica Constructiva", por D. Santiago Pérez Fadón;

- En la de "Vasijas de Presión", por D. Rafael Chueca y D. Manuel Fernández de Villalta;
- En la de "Depósitos", por D. Enrique González Valle;
- En la de "Aceros y Sistemas de Pretensado", por D. José Climent, D. Manuel Elices y D. José Manuel Gálligo;
- En la de "Estructuras en Zonas Sísmicas", por D. Vicente Sánchez Coello;
- En la de "Prefabricación", por D. José Calavera y D. Rafael Piñeiro;
- En el Grupo de Trabajo sobre "Construcciones en ferrocemento", por D. Teófilo Serrano.

Además, continúa participando en los Organos Directivos de la Federación Internacional del Pretensado, como viene haciendo desde la fundación de la FIP.

Finalmente, debe hacerse constar que, de conformidad con lo dispuesto en los Estatutos, la Junta de Gobierno, Organo Directivo de nuestra Asociación, encargado como tal de encauzar, dirigir y controlar todas las actividades de la ATEP, ha celebrado sus seis reuniones anuales reglamentarias, durante los meses de enero, marzo, mayo, julio, septiembre y novviembre del pasado año.

Y ya, como siempre, antes de concluir estos comentarios, queremos hacer mención de algunos temas relativos al año que ahora se inicia y que, por su innegable importancia y probable trascendencia para la Asociación, creemos merecen ser destacados.

Como oportunamente se ha anunciado, del 24 al 28 del próximo septiembre se celebrará, en Santander, la XI Asamblea Técnica Nacional de la ATEP. Se han iniciado los trabajos de organización; pero queda mucho por hacer y poco tiempo para ello. Hay que tener en cuenta que, dadas las fechas fijadas, por necesidades locales, para esta Asamblea, y su proximidad con el período normal de las anuales vacaciones reglamentarias de verano, es imprescindible que para finales de junio quede ya todo perfectamente programado y concretado. Ello afecta, fundamentalmente, a todos aquellos que, según ya han anunciado, tienen intención de presentar alguna comunicación en las correspondientes Sesiones Técnicas. Los textos de estas comunicaciones deberán presentarse, lo más tarde, en la primera quincena de junio, para que sea posible organizar adecuadamente las distintas Sesiones y dejar así, cerrado el programa definitivo de la Asamblea para que pueda entregarse a la imprenta con tiempo suficiente para su edición. Por todo ello, esta llamada de atención va especialmente dirigida a los que piensan presentar comunicaciones, con el objeto de que, conociendo como están las cosas, no se vean a última hora agobiados por el tiempo.

En relación con este mismo tema, debe también recordarse que, con motivo de la Asamble, hay que otorgar las tres Medallas de la ATEP correspondientes a los años 82, 83 y 84. De acuerdo con lo dispuesto en el oportuno Reglamento, la concesión de estas Medallas se realiza por votación de todos los Miembros, previa presentación de candidaturas. A tal efecto, en fecha inmediata se enviará una circular a los Asociados rogándoles que propongan sus candidatos. Conviene, por consiguiente, ir pensando en ello. Hay que tener en cuenta que el número de las personas merecedoras de esta distinción "por su singular aportación al desarrollo en España del pretensado, en cualquiera de sus aspectos", según se hace constar en el Reglamento vigente para la concensión de estas Medallas, es muy elevado pero, lamentablemente, sólo son tres las que se pueden asignar; lo que hace que la selección sea cada vez más difícil y haya que meditarla detenidamente.

Otro acontecimiento importante previsto para 1984 es el Simposio Internacional de la FIP que habrá de celebrarse, en Calgary, Canadá, durante los días 25 al 31 de agosto, y para

el cul se han elegido los tres temas siguientes: Depósitos y vasijas de presión; Estructuras marítimas en las regiones árticas, y Prefabricación. En el número 149 de "Hormigón y Acero", se ha incluído una nota anunciando el Simposio. Actualmente se está considerando la posibilidad de, como se ha hecho en anteriores ocasiones, organizar un viaje colectivo, en el caso de que el número de interesados en participar en este Simposio lo haga aconsejable.

Y para terminar, sólo unas palabras par dar cuenta de que, en reunión recientemente celebrada por la Junta de Gobierno de nuestra Asociación, se discutió la conveniencia o no de modificar, para 1984, el importe de las cuotas que vienen abonando los Miembros de la ATEP, importe que, a pesar de las evidentes constantes alzas generales de precios, punto sobre el que no parece necesario insistir y que nos afecta fundamentalmente en los costos de nuestra Revista "Hormigón y Acero", no se ha modificado desde 1980; por lo que la situación económica de la ATEP, aún con la generosa ayuda que en todo momento nos viene prestando el Instituto Eduardo Torroja, resulta cada día más delicada. La Junta de Gobierno no obstante, en consideración a que tales dificultades se dejan sentir con más o menos intensidad, de un modo general, en todos los ámbitos, ha acordado mantener invariables durante el próximo año, las cuotas actualmente vigentes.

Se confía en que, contando con que no habrá de faltarnos la valiosa colaboración que en todo momento nos brindan nuestros Asociados, podremos mantener nuestra línea de actuación sin necesidad de tener que prescindir de ninguna de las actividades que hasta ahora venimos desarrollando, con reconocido éxito, en pro del perfeccionamiento y desarrollo de la técnica del pretensado, objetivo primordial de nuestra Asociación y en cuya consecución, por consiguiente, todos estamos involucrados.

#### Dimensionamiento, a esfuerzo cortante, de los nervios de forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado (\*)

Benedicto Gómez Sedano Profesor de Estructuras de la E.T.S.I.I. de Madrid

#### RESUMEN

Se indica un método de dimensionamiento a esfuerzos cortantes, de las secciones compuestas, que forman los nervios de forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado, fabricadas con máquinas de moldeo contínuo, y sin disponer armadura de conexión del hormigón prefabricado y del hormigón in situ. Se completa con lo indicado al respecto por la Instrucción Española de Hormigón Pretensado, HP—80, y se une ejemplo de aplicación.

#### INTRODUCCION

Relacionado profesionalmente durante años con los prefabricados de hormigón y entre éstos con los forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado, se ha echado en falta la existencia de una reglamentación que al menos sirviese como base de dimensionamiento de los esfuerzos cortantes de las secciones existentes y, como base en las nuevas secciones que haya que proyectar, aunque los valores de proyecto hubiesen de ser comprobados o corregidos, en su caso, con la experimentación.

La investigación de estos esfuerzos cortantes y rasantes en secciones compuestas, resulta dispersa como el mismo fenómeno y, por lo tanto, de dudosos resultados técnicos si se carece de orientación.

Históricamente, las viguetas semirresistentes de hormigón pretensado han evolucionado, desde fabricarse moldeándolas en encofrados metálicos y armadas con armadura saliente (estribos) de conexión entre hormigones (prefabricados e in situ), a fabricarse con máquina moldeadora continua y sin dicha armadura saliente.

(\*) Nota Editorial: Agradecemos a la Dirección de la Revista "Anales de Ingeniería Mecánica", su amable autorización para que se publique este artículo.

La nueva Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado, HP-80, indica la formulación que debe aplicarse en el dimensionamiento de esfuerzos cortantes de elementos lineales sin armadura transversal (formulación que coincide con la propuesta por el Comité Europeo del Hormigón); pero quedan aspectos confusos en su aplicación y sobre los cálculos relativos a la junta entre elementos prefabricados y cabeza hormigonada in situ, indica únicamente, en el apartado 48.1.3.73, que "es preceptiva la comprobación de la resistencia a esfuerzo cortante de esta junta".

El presente artículo pretende dar un sistema de dimensionamiento, aplicable a los forjados de edificación construídos con semiviguetas fabricadas con moldeadora contínua y sin armadura de conexión, que sirva de punto de partida para el dimensionamiento de secciones ya existentes, proyecto de nuevas secciones, orientación para los resultados experimentales o, al menos, como punto de partida de un método que pueda ser completado por los especialistas del ramo.

El sistema está basado en el estudio desarrollado por Calavera J. en "Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación", INTEMAC, Madrid, 1981, y en las referencias que en dicho libro se indican.

#### TENSIONES RASANTES EN SECCIONES COMPUESTAS

Tipos de uniones.

La unión entre los dos hormigones que forman la sección compuesta, el hormigón prefabricado y el hormigón in situ, puede realizarse:

- Disponiendo armadura transversal, con cuantía geométrica superior a 3,8/f<sub>y d</sub>, siendo f<sub>y d</sub> la tensión de cálculo del acero (~ 4.200 kg/cm²) expresada en Kp/cm², siendo la UNION DUCTIL. En este tipo de unión, los esfuerzos rasantes se absorben con redistribución del fenómeno lo que permite evaluar en su absorción la armadura y esfuerzo existente entre secciones de momento flector nulo.
- Sin disponer armadura de conexión, UNION FRAGIL, así llamada porque la rotura de la sección sucede brúscamente, (sin readaptación plástica) al sobrepasarse las tensiones rasantes, límites, entre los hormigones.

El tipo de unión que se analizará es una UNION FRAGIL al carecer de armadura de conexión entre hormigones; y sus propiedades resistentes son función, principalmente:

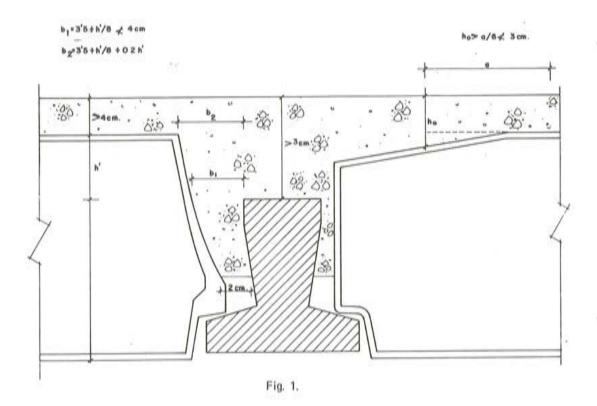
- De la forma del perímetro de contacto.
- De la rugosidad de la superficie de contacto,
- De la limpieza de la superficie de contacto.

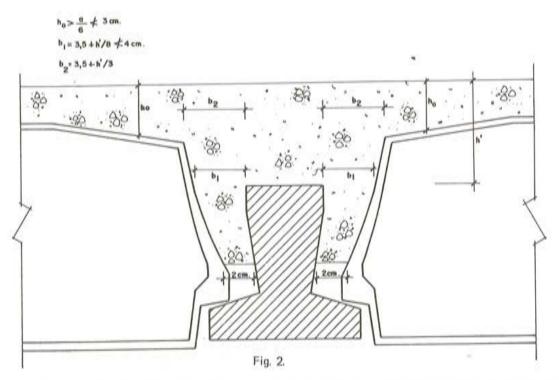
En todo caso, debe considerarse que la rotura por rasante de la UNION FRAGIL es agria y los valores que se obtienen muy dispersos.

Sección tipo que se considera.

En la sección fig. 1, se ha representado un forjado tipo, de intereje 70 cm., canto 20 cm., con semivigueta de canto 12 cm.

La semisección derecha, representa un aligeramiento que, cumpliendo la normativa de la Instrucción española, da lugar, por el estrechamiento del nervio in situ, a una deficiente conexión entre hormigones.





La semisección izquierda, representa el perfil de nervio in situ obtenido de las prescripciones francesas para poder considerarse la "UNION" de hormigones, sin armadura de conexión,

En lo que sigue se considera:

- Un perfil mínimo del hormigón del nervio in situ, según la definición de la fig. 2, que

recoge las limitaciones de la Instrucción española en el vano y de las prescripciones francesas en el nervio. Se considera como hormigón in situ eficaz, el que tiene un espesor mínimo de 2 cm, pues se supone que con espesores inferiores el llenado y compactado del hormigón no se consigue.

La UNION (absorción de los esfuerzos rasantes) entre ambos hormigones (prefabricado e in situ) puede dimensionarse sin armadura de conexión para las cargas de edificación, si tiene lugar una de las dos condiciones siguientes:

- El perímetro útil de contacto de la vigueta prefabricada (laterales y parte superior) presenta fuerte rugosidad (dientes, por ejemplo).
- El perfil de la vigueta no tiene dicha rugosidad en los laterales, pero cumple las condiciones geométricas que se indican en la fig. 3 y tiene rugosidad en la cara superior.
   El grado de rugosidad de la cara superior es el que se consigue en la fabricación con moldeadoras continuas.

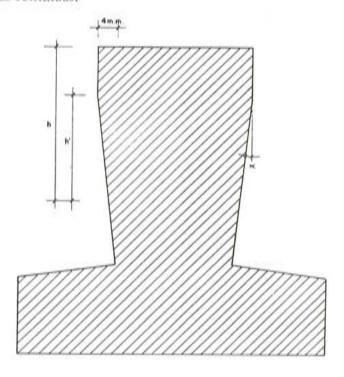


Fig. 3.

La altura, h, es la que corresponde al perímetro de contacto útil, definido por un espesor del hormigón in situ, mínimo, de 2 cm.

La altura, h', del perfil con inclinación, ha de ser h' ≥ 2/3 h; y su pendiente < 6 por 100.

- Evaluación del esfuerzo cortante y de la tensión rasante.
- Esfuerzo cortante.

El valor del esfuerzo cortante que hay que considerar en cada sección es el que se obtiene por los métodos de la resistencia de materiales, suma del isostático y del hiperestático. Por ser la unión frágil, no es admisible, basándose en la readaptación de las secciones, dimensionar con valores medios. Sí puede suponerse que las cargas próximas a los apoyos (0,75 d de la cara de la viga) se transmiten directamente al apoyo.

#### - Tensión rasante.

La tensión rasante media en el perímetro de contacto, en una sección dada, con valor del esfuerzo cortante exterior  $V_d$  (valor de cálculo) es:

$$t_d \, = \frac{V_d \, S}{p \, I} \, , \label{eq:td}$$

siendo:

- S, el momento estático de la sección de hormigón in situ (o de la vigueta), respecto al centro de gravedad de la sección compuesta.
- I, el momento de inercia de la sección compuesta.
- p, el perímetro de contacto.

Se hace notar que los valores indicados se obtienen de la sección eficaz, es decir, de la sección de hormigón comprimido y de la armadura homogeneizada; y que el estado de fisuración de la sección se considera a partir de las tensiones de flexión existentes en estado de servicio, concomitantes con el esfuerzo cortante  $V = V_d/\gamma_f$  ( $\gamma_f$  es el coeficiente de mayoración de acciones). La práctica de operar con valores de cálculo ( $V_d$ ), se realiza por homogeneizar los cálculos.

- Valores admisibles de la tensión rasante.
- En la unión de hormigones.

La fig. 4, tomada del Cálculo, Construcción y Patología de los Forjados de Edificacación", de CALAVERA J., indica, según las distintas normativas, los valores de las tensiones rasantes de agotamiento (que deben compararse con los valores de cálculo).

## COMPARACION DE VALORES DE BIZUC SEGUN DISTINTAS NORMAS, PARA PIEZAS COMPUESTAS, SIN ARMADURA TRANSVERSAL

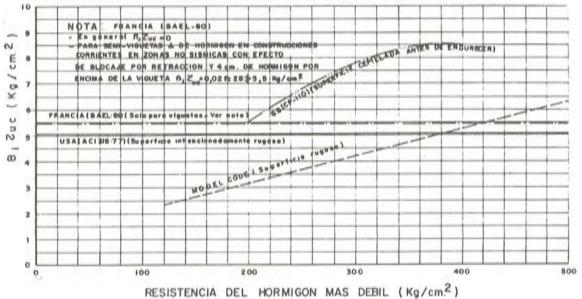


Fig. 4.

Se hace notar, como valor que hay que considerar en el caso que nos ocupa, el de 5,5, Kp/cm², especificado por "LE CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES COMUNES AUX PROCEDES DE PLANCHERS" como resultado experimental precisamente de los forjados análogos a los que se consideran en este trabajo.

- En el hormigón prefabricado.

En el nervio de la vigueta — hormigón prefabricado pretensado — se admite, como tensión rasante de agotamiento (que hay que comparar con los valores de cálculo), el valor:

$$t_u = 0.57 \gamma_f \sqrt{f_{cd}}$$

expresión en la que  $\gamma_f$  es el coeficiente de mayoración de acciones y  $f_{ed}$  la tensión de cálculo del hormigón:

$$f_{cd} = f_c/\gamma_c$$

Esfuerzo cortante de agotamiento de una sección.

El esfuerzo cortante de agotamiento probabilístico de una sección (valor que hay que comparar con el cortante de cálculo,  $V_d$ ), viene limitado por el valor obtenido en:

- Nervio prefabricado;
- Nervio de hormigón in situ;
- Unión entre ambos hormigones.
- En el nervio prefabricado, el valor se obtiene, según la Instrucción HP-80, para secciones sin armadura transversal y con esfuerzos normales de compresión, aplicando las siguientes expresiones:

Para secciones con momento de vano:

$$V_d = 0.5 \times 0.5 \sqrt{f_{cd}} \text{ bd } (1.6 - d)$$
  
 $(1 + 50\rho) (1 + M_o/M_d)$ 

con las limitaciones  $1 + 50 \rho \geqslant 2$  y  $1 + M_o/M_d \geqslant 2$  siendo:

- d el canto útil, en m, del forjado.
- ρ la cuantía geométrica evaluada en acero de las características del acero corrugado de alta adherencia.
- b el menor ancho del nervio prefabricado.
- M<sub>o</sub> el momento exterior que anula las compresiones de la fibra extrema de la sección que tracciona el momento flector.
- M<sub>d</sub> el momento flector de cálculo actuante en la sección que se está analizando.

Para secciones con momento de apoyo, de

$$t_u = V_u/b$$
 .  $S/I = 0.57 \gamma_f \sqrt{f_{cd}}$   
se obtiene  $V_u = 0.57 \gamma_f \sqrt{f_{cd}}$  .b. $I/S$ .

La primera observación que hay que considerar es el hecho de que el valor del esfuerzo cortante de agotamiento de una sección es función del momento flector actuante, que gobierna el estado de fisuración de dicha sección.

La segunda observación es la referente a la evaluación de  $\rm M_o$ , ya que las acciones han actuado en parte, sobre la sección compuesta. Puede considerarse, con suficiente aproximación, que la sección compuesta se ha realizado sobre la simple, cimbrada en toda su longitud y en consecuencia, el valor de  $\rm M_o$  es igual al módulo resistente de la fibra extrema por la tensión del pretensado permanente de dicha fibra, multiplicado por  $\rm \gamma_p = 0.9$ .

 En el nervio in situ, análogamente, se obtiene tanto para secciones con momento de vano, como secciones con momento de apoyo (dado que al no existir tensiones de pretensado en el hormigón in situ M<sub>o</sub> = 0)

$$V_d = 0.5 \times 0.5 \sqrt{f_{cd}}$$
. b. d  $(1.6 - d) (1 + 50 \rho)$ 

siendo b el ancho del nervio a la altura que se está comprobando, más 2 cm por colaboración de las bevedillas.

La cuantía geométrica  $\rho$ , se obtiene con respecto al ancho de nervio que tiene la sección a la altura de comprobación.

- En la unión de ambos hormigones la tensión rasante, como ya se ha indicado, es:

$$t_u = \frac{V_u \; S}{pI}$$

Fijado el valor de  $t_u$  para las características geométricas y de rugosidad de las secciones en contacto, en 5,5 kp/cm², se obtiene, conocido el estado tensional normal de la sección y, por lo mismo, los valores de I y S, el valor de  $V_u$  que limita el agotamiento de la sección por fallo de la conexión entre hormigones.

#### CONCLUSIONES

En la unión de hormigones sin armaduras de conexión, en el tipo de sección compuesta que se trata, —vigueta semirresistente más losa superior hormigonada sobre bovedilla aligerante, se ha de considerar:

- Que la forma geométrica de la sección de la vigueta, cumpla las limitaciones indicadas en la fig. 3.
- Que la coronación de la vigueta tenga un grado de rugosidad análogo al obtenido en dicha cara con máquina de moldeo contínuo.
- Que la sección del nervio tenga la geometría mínima, resultante de que las bovedillas aligerantes cumplan las limitaciones que se indican en la fig. 2.
- 4. Se limitará la geometría del hormigón in situ, a una anchura mínima de 2 cm.
- 5. Se limitará el cortante de agotamiento de la sección, al menor valor obtenido en:
  - El menor ancho del nervio prefabricado pretensado.
  - El menor ancho del nervio in situ, más 2 cm de colaboración de las bovedillas.
  - De considerar el valor límite de la tensión rasante entre hormigones igual a 5,5 Kp/cm<sup>2</sup>.

#### NOTA:

La armadura longitudinal considerada en la obtención de la cuantía geométrica  $\rho$ , debe estar anclada "más allá" de la sección distante un canto útil, d, de la sección que se comprueba.

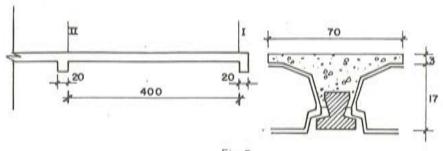
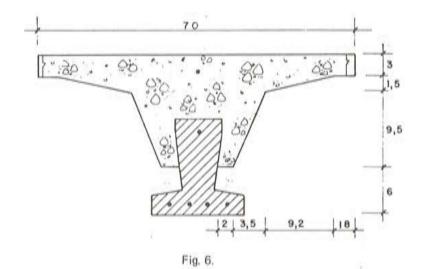


Fig. 5.



2 2 6 6 9,5 3 Fig. 7.

#### **EJEMPLO**

#### 1. DATOS

Se comprueba el dimensionamiento a esfuerzo cortante del vano del forjado que se indica en la figura 5.

Siendo:

La carga total de 600 Kp/cm2.

La resistencia del hormigón in situ,  $\rm f_c = 200~Kp/cm^2$  .

La resistencia del hormigón prefabricado,  $f_c = 400 \text{ Kp/cm}^2$ .

La sección resistente considerada a efectos de flexión, la representada en la figura 6.

La sección y armadura activa de la vigueta, la indicada en la figura 7.

Supuesto que el momento en el apoyo está condicionado por el vano extremo, la hipótesis de plastificación igualando el momento de vano al momento de apoyo, nos llevaría a un dimensionamiento a flexión con el diagrama:

Tendriamos:

 $M=1/11,66 \times 600 \times 0,7 \times 4^2=576$  mkp como momento flector de utilización y  $M_d=576 \times 1,6=922$  mkp, como valor del momento flector de cálculo, con el coeficiente de mayoración de acciones correspondiente a las condiciones normales de nivel del control.

Los esfuerzos cortantes de cálculo son:

En el apoyo derecho:

$$V_A = 600 \times 0.7 \times (4 \times 0.414 - 0.10 - 0.75 \times 0.20) \times 1.6 = 945 \text{ Kp}$$

En el apoyo izquierdo:

$$V_d = 600 \times 0.7 (4 \times 0.586 - 0.10 - 0.75 \times 0.20) \times 1.6 = 1407 \text{ Kp}$$

Los momentos flectores de cálculo concomitantes con dichos esfuerzos cortantes son: En el apoyo derecho, sección I–I:

$$M_d = 945 \times 0.10 = 95 \text{ mkp}$$

En el apoyo izquierdo, sección II-II:

$$M_d = 922 - 1407 \times 0.10 = 782 \text{ mkp}$$

Y los armados a flexión resultantes supuestos:

- En la vigueta, 5 redondos φ 4 mm, de acero AH 160/180, con los diagramas de tensiones de pretensado permanente de la figura 8.
- En el apoyo, 1 φ 14 de acero AEH 400.

Para los coeficientes de cálculo, se toman los valores que corresponden a niveles de control normales, excepto en el hormigón de la vigueta que se adopta con nivel de control intenso:

$$\gamma_c = 1.4$$

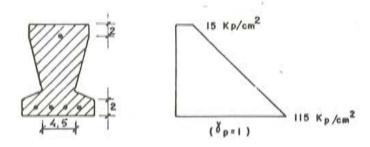


Fig. 8.

#### 2. ESFUERZOS CORTANTES DE AGOTAMIENTO DEL NERVIO

- 2.1. En el apoyo derecho, sección I-I:
- a) Por agotamiento del nervio prefabricado:

$$\begin{split} V_{\rm u} &= 0.5 \times 0.5 \sqrt{\frac{400}{1.4}} \times 4.5 \times 18 \, (1.6 - 0.18) \, \times \\ &\times \left(1 + 50 \times \frac{0.126 \times 5}{4.5 \times 18} \frac{16.000}{4.100}\right) \times \left(1 + \frac{M_o}{95}\right) \end{split}$$

siendo:

$$M_o = 115 \times 0.9 \times 2056 = 212.796 \text{ Kp. cm.}$$

 $2056~{\rm cm^3}$ , es el módulo resistente de la fibra inferior de la sección del nervio resistente. Sustituyendo, se obtiene:  $V_p = 1616~{\rm Kp}$ .

b) Por agotamiento del nervio in situ:

$$V_{u} = 0.5 \times 0.5 \times \sqrt{\frac{200}{1.5}} \times (14 + 2) \times 18 (1.6 - 0.18) \times \left(1 + 50 \frac{0.126 \times 5}{(14 + 24) \times 18}\right) \times 1 = 1.575 \text{ Kp}$$

c) Por tensiones rasantes admisibles:

$$t_{u} = 5.5 = \frac{V_{d}S}{pI}$$

Siendo p  $\sim$  18 cm, y S e I los obtenidos para la sección I-I eficaz, que se establece igualando el momento estático de la semivigueta al momento estático del hormigón in situ en compresión; resultando la altura de la fibra neutra, sobre la fibra inferior, 10 cm, se deduce:

$$I = 17950 \text{ cm}^4$$
,  $S = 482 \text{ cm}^3 \text{ e I/S} = 37.2 \text{ cm}$ .

y sustituyendo:

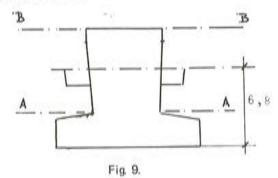
$$5.5 = \frac{V_u}{16} \frac{1}{37.2}$$
; se obtiene:  
 $V_u = 3.274 \text{ Kp}$ 

El valor de cálculo del esfuerzo cortante en la sección I—I resulta, en consecuencia, limitado por el agotamiento del nervio in situ.

$$V_d < V_u = 1575 \text{ Kp}$$

- 2.2. En el apoyo izquierdo, sección II—II (apoyo con momento de vano), se tienen los valores límites:
- a) Por agotamiento del nervio prefabricado.

Se define la sección eficaz, igualando el momento estático de la armadura de vano al momento estático de la vigueta homogeneizada, más el hormigón in situ en compresión (por debajo del eje neutro), obteniéndose:



En la sección A-A (véase figura 9):

$$t_u = 0.57 \sqrt{f_{cd}} = 0.57 \times 1.6 \sqrt{\frac{400}{1.4}} = 15.4 \text{ Kp/cm}^2$$
 
$$t_u = V_u/b \cdot \text{S/I}$$

siendo b = 4.5 cm.

El momento estático S de la sección de vigueta por debajo de la sección A-A, resulta:

$$S \sim 220 \text{ cm}^3$$

El momento de inercia de la sección eficaz es:  $I=3550\ \mathrm{cm^4}$  .

Se obtiene:

$$t_u = 15,4 = \frac{V_u}{4,5} \times \frac{220}{3.550}$$
, de donde:  $V_u = 1.120 \text{ Kp}$ 

b) Por agotamiento del nervio in situ.

En la sección con mínimo ancho B-B.

Se tiene:

$$V_{\rm u} = 0.5 \times 0.5 \sqrt{\frac{200}{1.5}} \times (14 + 2) \times 18 \times (1.6 - 0.18) \times \times (1 + 50 - \frac{1.54}{(16 + 2) \times 18}) = 1.495 \text{ Kp}$$

c) Por tensiones rasantes admisibles en la unión entre hormigones:

$$t_{u} = 5.5 = \frac{V_{u}S}{pI}$$

Siendo:

p = 18 cm.

 $I = 3.550 \text{ cm}^4$ .

 $S \sim 160 \text{ cm}^3$ .

Se obtiene:  $V_u = 2196 \text{ Kp.}$ 

El valor del esfuerzo cortante en la sección II-II, queda limitado, por el agotamiento de la sección A-A, a:

$$V_d \le V_u = 1120 \text{ Kp}.$$

Al ser éste valor inferior al de cálculo,  $V_d=1407~\mathrm{Kp}$  es necesario cambiar el dimensionamiento, por ejemplo: macizando hasta la sección a 68 cm del eje del apoyo, sección en la que:

$$V_{d} = 1120 \text{ Kp}$$

#### REFERENCIAS

- Calavera J. "Cálculo Construcción y Patología de los Forjados de Edificación", 2ª Edición, Internac Madrid 1981.
- CAHIER DES PRESCRIPTION TECHNIQUES COMUNES AUX PROCEDES DE PLAN-CHERS. Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment Número 212 Septiembre 1980. Titre I Partie Premiere,

#### Análisis de la viga simple sobre lecho elástico a partir del método de los elementos de contorno

Manuel Martínez Lafuente Dr. Ingeniero de Caminos Sener, Técnica Industrial y Naval, S.A.

#### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. Introducción

El modelo de "viga sobre lecho elástico", pese a que se basa en hipótesis simples que no se verifican en los casos reales, viene utilizándose habitualmente en la práctica ingenieril, ya que proporciona soluciones suficientemente satisfactorias bajo el punto de vista técnico. Por este motivo, su estudio está recogido en los tratados básicos de Resistencia de Materiales y Mecánica del Suelo (referencias 1 y 2). Por otra parte, la sencillez de su formulación hace que sea éste uno de los problemas de cálculo estructural que mejor se adaptan a su "mecanización" cara al ordenador.

Pese a ello, el análisis de vigas apoyadas sobre lecho elástico permite ilustrar una de las aplicaciones más simples del \(^1\) METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO (referencia 3), mediante el que se formula con gran sencillez la solución general de la ecuación diferencial resultante. Dicha solución constituye una generalización del método convencional de Hetenyi para el cálculo de "vigas cortas" y permite considerar cualquier tipo de cargas exteriores y de coacciones externas sobre la viga.

En la exposición que sigue se llega a la solución general del problema estructural mediante la aplicación del "teorema de la reciprocidad" entre el caso genérico a analizar y los correspondientes a las "soluciones fundamentales" (ver referencia 4), ya que de esta manera se puede asimilar mejor el "sentido físico" de las operaciones involucradas en el cálculo integral.

Como resultado del análisis se llega a una formulación matricial, fácilmente programable en ordenador (dada la sencillez de las expresiones resultantes) con la que pueden resolverse la mayoría de los casos usuales en la práctica.

Por último, se presentan algunas aplicaciones prácticas del método en casos simples.

#### 1.2. Nomenclatura

El significado de la terminología utilizada en el presente trabajo es el siguiente:

[A] : matriz genérica, cuya inversión resuelve el problema de contorno.

(B) : matriz columna cuyos términos dependen de las cargas exteriores.

C<sub>i</sub> : constante de integración.

E : módulo de elasticidad de la viga.

f : función genérica.

{F} : matriz columna cuyos términos son conocidos.

[G] : matriz cuadrada cuyos coeficientes son los de los movimientos en la ecuación

general de contorno.

[H] : matriz cuadrada cuyos coeficientes son los de los esfuerzos extremos en la ecua-

ción general de contorno.

I : momento de inercia de la viga.

k : coeficiente de balasto del terreno.

[K] : matriz de rigidez de la viga apoyada sobre lecho elástico.

L : longitud de la viga.

m : momento exterior actuante en la viga por unidad de longitud.

M: momento exterior concentrado.

# : momento flector.

P : carga vertical concentrada.

{P} : matriz columna cuyos términos son los esfuerzos actuantes en los extremos de la

viga

q : carga vertical actuante en la viga por unidad de longitud.

: reacción del lecho elástico sobre la viga.

[Si (ξ)]: matriz fila cuyos coeficientes permiten determinar las solicitaciones internas en

la viga.

{U} : matriz columna cuyos términos son los desplazamientos en el contorno.

v : desplazamiento vertical.

x : abscisa genérica.

{X} : matriz columna cuyos términos son las incógnitas del problema de contorno.

x : coeficiente de rigidez relativa.

ξ : abscisa genérica.

 $\varphi y \psi$ : funciones de cálculo.

### 2. SOLUCION FUNDAMENTAL APLICABLE AL ANALISIS DE VIGAS APOYADAS SOBRE LECHO ELASTICO CON SECCION CONSTANTE

#### 2.1. Hipótesis básicas

En la exposición que sigue se han asumido las hipótesis simplificativas que vienen admitiéndose convencionalmente en el análisis de vigas apoyadas sobre "lecho elástico" y que pueden resumirse en:

- La viga está constituida por un material homogéneo e isótropo caracterizado por su módulo de Young E.
- b) La sección transversal de la viga, cuyas dimensiones pueden despreciarse frente a la longitud de la misma, posee un plano de simetría sobre el que están aplicadas las cargas exteriores.
- c) El desplazamiento de la viga y del lecho elástico es el mismo en cualquier sección, en la dirección perpendicular a la superficie de contacto entre ambos elementos, despreciándose el efecto de rozamiento a lo largo de la misma.
- d) La reacción que ejerce el lecho elástico sobre la viga, perpendicularmente a la directriz de ésta, es proporcional y de dirección contraria al desplazamiento de la viga en dicho sentido (hipótesis de Winkler). A la constante de proporcionalidad, que caracteriza la rigidez del lecho elástico, se le denomina "coeficiente de balasto", y se le designará en lo que sigue como "k".
- La deformación de la viga por flexión verifica la hipótesis de Navier-Bernouilli, siendo despreciable la motivada por los esfuerzos cortantes.
- f) Los movimientos originados por las cargas exteriores son lo suficientemente pequeños como para poder admitir el "principio de superposición de efectos", lo que equivale a admitir un comportamiento estructural "lineal" y reversible.

Como, según se desprende de la hipótesis c), las deformaciones axiles de la viga son libres e independientes de las del lecho elástico, sólo se van a considerar aquí los estados de carga que provocan flexiones en aquélla, es decir, fuerzas perpendiculares a la directriz de la pieza y momentos con eje ortogonal a esta última.

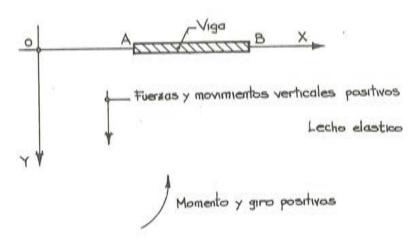
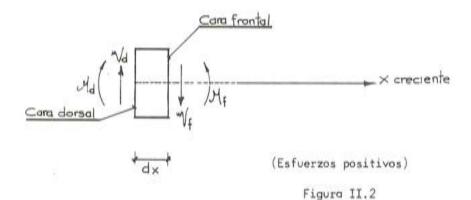


Figura II.1

#### 2.2. Convenio de signos

Considérese la viga de directriz AB representada en la Figura II.1 y adóptese como sistema de referencia al OXY, en el que el eje de las abscisas coincide con la directriz y el de ordenadas está dirigido hacia el interior del lecho elástico.

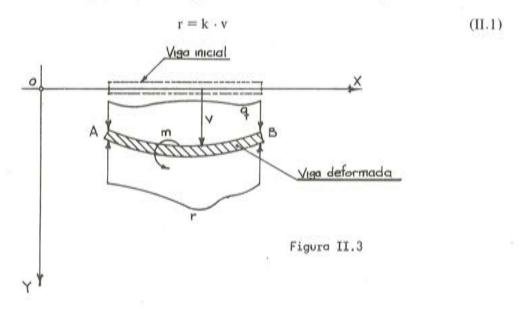
Las fuerzas exteriores y los desplazamientos de la viga en el sentido perpendicular a la directriz de ésta ("verticales") se considerarán positivos cuando su dirección sea la positiva del eje de ordenadas. Los momentos y giros se tomarán como positivos cuando vayan dirigidos contrariamente al giro de las agujas del reloj.



En cuanto a las solicitaciones internas en la viga, se adoptarán como positivas cuando los esfuerzos que actúan sobre la cara frontal de la rebanada elemental sean positivos según el criterio establecido con anterioridad para las fuerzas y momentos exteriores (ver figura II.2).

#### Ecuaciones que gobiernan las condiciones de equilibrio y de deformación de las vigas apoyadas en lecho elástico

Sean "q" y "m", respectivamente, las intensidades de la fuerza vertical y del momento exterior por unidad de longitud de la pieza (ver figura II.3) y "r" la reacción vertical que ejerce el lecho elástico sobre aquélla por unidad de longitud. Si se designa por "v" al desplazamiento vertical de la viga, la hipótesis d) permite formular la relación siguiente:



Denominando  $\mathcal{V}$  y  $\mathcal{M}$ , respectivamente, al esfuerzo cortante y al momento flector en una sección genérica de la viga, las condiciones de "equilibrio interno" de la rebanada elemental proporcionan, despreciando los infinitésimos de orden superior, las ecuaciones siguientes (ver figura II.4):

$$\frac{d\sqrt{dx}}{dx} = -q + r$$

$$\frac{d\sqrt{dx}}{dx} = \sqrt{-m}$$
(II.2)

Por su parte, la hipótesis e) permite escribir la relación entre el momento flector y la curvatura de la viga (cuando ésta es pequeña) en la forma:

$$\mathscr{M} = -E I \cdot \frac{d^2 v}{d x^2} \tag{II.3}$$

Donde I es el momento de inercia de la sección transversal de la viga respecto del eje perpendicular a su plano de simetría que pasa por el baricentro de aquélla.

Sustituyendo las relaciones (II.1) y (II.3) en las expresiones (II.2) se obtiene la ecuación diferencial que gobierna la deformación de la viga apoyada sobre lecho elástico, que se escribe en forma:

$$E I \cdot \frac{d^4 v}{d x^4} + k \cdot v = q + \frac{d m}{d x}$$
 (II.4)

Por último, si se designa por " $\theta$ " al giro de la directriz de la viga en una sección genérica de la misma, la hipótesis f) permite expresarlo en función del desplazamiento vertical mediante la relación:

$$\theta = -\frac{\mathrm{d}\,\mathbf{v}}{\mathrm{d}\,\mathbf{x}}\tag{II.5}$$

Obtenidas las ecuaciones generales que definen el comportamiento estructural de la viga apoyada sobre un lecho elástico, su resolución, habida cuenta de la disponibilidad de métodos de cálculo numérico existentes hoy en día, puede parecer, en principio, una tarea fácilmente abordable. No obstante, bajo un punto de vista ingenieril, merece la pena profundizar algo más en el problema planteado y llegar a soluciones globales que puedan resultar aplicables en gran número de casos prácticos, como son aquéllos en los que la viga es de sección constante, sobre los que se tratará a continuación.

#### 2.4. Solución general del problema en vigas de sección constante

Cuando la viga es de sección constante, la integral general de la ecuación (II.4) se escribe en la forma siguiente:

$$v = C_1 \cdot e^{\chi x} \cdot \cos \chi x + C_2 \cdot e^{\chi x} \cdot \sin \chi x + C_3 \cdot e^{-\chi x} \cdot \cos \chi x + C_4 \cdot e^{-\chi x} \cdot \sin \chi x + f(x)$$
(II.6)

donde los términos  $C_1$  a  $C_4$  son coeficientes constantes a determinar a partir de las "condiciones de contorno" del problema y f(x) es una solución particular de la ecuación (II.4), que depende de la distribución de cargas y momentos exteriores en la viga.

En la ecuación (II.6) se ha designado por "x" a la constante de valor:

$$\chi = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \text{ EI}}} \tag{II.7}$$

que resulta ser la inversa de la "longitud elástica" de la viga.

Partiendo de la ecuación (II.6) pueden obtenerse las "soluciones fundamentales" que permiten resolver la integración por el "Método de los Elementos de Contorno", tal como se expone a continuación.

#### 2.6. Soluciones fundamentales

Considérese una viga indefinida de sección constante cargada exclusivamente en un punto intermedio de la misma mediante una fuerza vertical P y un momento exterior M. Si se escoge el origen del sistema de coordenadas de manera que coincida con el punto de aplicación de las cargas, es fácil comprobar que la integral general, definida por la ecuación (II.6), se reduce en este caso a:

$$v = C_1 \cdot e^{xx} \cdot \cos \chi x + C_2 \cdot e^{xx} \cdot \sin \chi x; \text{ para } x \le 0$$

$$v = C_3 \cdot e^{-xx} \cdot \cos \chi x + C_4 \cdot e^{-xx} \cdot \sin \chi x; \text{ para } x \ge 0$$
(II.8)

puesto que las deformaciones de la viga deben ser prácticamente despreciables en las secciones de aquélla situadas a suficiente distancia del origen. Las constantes C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub> se determinan imponiendo las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones en las secciones situadas a ambos lados del punto de aplicación de las cargas. Así, teniendo en cuenta las relaciones (II.2), (II.3) y (II.5), se obtienen las relaciones siguientes (ver Figura II.5):

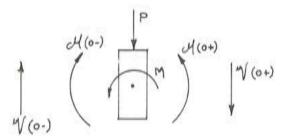


Figura II.5

$$v(0 +) = v(0 -) \qquad \longleftrightarrow \qquad C_1 = C_3$$

$$\theta(0 +) = \theta(0 -) \qquad \longleftrightarrow \qquad 2 C_1 + C_2 - C_4 = 0$$

$$\mathcal{V}(0 +) = \mathcal{V}(0 -) - P \qquad \longleftrightarrow \qquad 2 C_1 - C_2 + C_4 = \frac{P}{2 \operatorname{EI} \chi^3}$$

$$\mathcal{M}(0 +) = \mathcal{M}(0 -) - M \qquad \longleftrightarrow \qquad C_2 + C_4 = -\frac{M}{2 \operatorname{EI} \chi^2}$$
(II.9)

Resolviendo las ecuaciones anteriores se llega a:

$$C_1 = C_3 = \frac{P}{8 \text{ EI } \chi^3}$$

$$C_2 = -\frac{P + 2 \chi M}{8 \text{ EI } \chi^3}$$

$$C_4 = \frac{P - 2 \chi M}{8 \text{ EI } \chi^3}$$
(II.10)

Sustituyendo estos valores en la ecuación (II.8) se obtiene la "solución fundamental" correspondiente al análisis de vigas apoyadas sobre lecho elástico con sección constante, que se expresa en la forma:

$$v^{f}(x) = \frac{e^{xx}}{8 \text{ EI } \chi^{3}} \left[ P(\cos \chi x - \sin \chi x) - 2 \chi M \cdot \sin \chi x \right]; \quad \text{para } x \le 0$$

$$v^{f}(x) = \frac{e^{-xx}}{8 \text{ EI } \chi^{3}} \left[ P(\cos \chi x + \sin \chi x) - 2 \chi M \cdot \sin \chi x \right]; \quad \text{para } x \ge 0$$

$$(II.11)$$

Para simplificar la formulación que se desarrolla en los capítulos siguientes, interesa descomponer esta "solución fundamental" en otras dos, que son:

 a) "Primera solución fundamental": viga indefinida de sección constante solicitada por una fuerza vertical unitaria en el origen (ver Figura II.6).

Si en las expresiones (II.11) se sustituyen los valores P = 1 y M = 0 se obtiene la siguiente solución, válida para las abscisas positivas:

$$y_1^f(x) = \frac{1}{8 \text{ EI } \chi^3} [(\chi x) + \psi (\chi x)]$$
 (II.12)

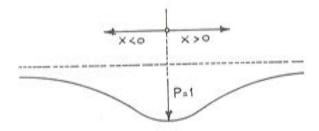


Figura II.6

donde las funciones  $\varphi(\chi x) y \psi(\chi x)$  valen:

$$\varphi(\chi x) = e^{-\chi x} \cdot \cos \chi x$$

$$\psi(\chi x) = e^{-\chi x} \cdot \sin \chi x$$
(II.13)

Sustituyendo la ecuación (II.12) en las fórmulas (II.5), (II.3) y (II.2) se llega a las expresiones siguientes para el giro, momento flector y esfuerzo cortante para las abscisas positivas:

$$\theta_{1}^{f}(x) = \frac{1}{4 \operatorname{EI} \chi^{2}} \psi(\chi x)$$

$$\mathcal{M}_{1}^{f}(x) = \frac{1}{4 \chi} [\varphi(\chi x) - \psi(\chi x)]$$

$$\mathcal{V}_{1}^{f}(x) = -\frac{1}{2} \cdot \varphi(\chi x)$$
(II.14)

En el semiespacio correspondiente a las abscisas negativas es fácil comprobar que, por simetría, se verifican las relaciones siguientes:

$$v_{1}^{f}(-x) = v_{1}^{f}(x)$$

$$\theta_{1}^{f}(-x) = -\theta_{1}^{f}(x)$$

$$\mathcal{M}_{1}^{f}(-x) = \mathcal{M}_{1}^{f}(x)$$

$$\mathcal{V}_{1}^{f}(-x) = -\mathcal{V}_{1}^{f}(x)$$
(II.15)

Como puede apreciarse en las fórmulas anteriores, existe una discontinuidad en la ley de esfuerzos cortantes en el origen, aunque como se expondrá en el apartado próximo puede obviarse fácilmente mediante consideraciones acerca de la continuidad física de la solución en las secciones extremas de la viga. De esta forma se puede formular el análisis utilizando exclusivamente las soluciones fundamentales correspondientes al semiespacio de abscisas positivas.

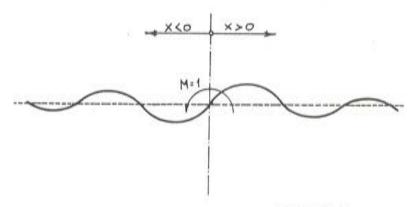


Figura II.7

 "Segunda solución fundamental": viga indefinida de sección constante solicitada por un momento unitario en el origen (ver Figura II.7):

Si en las expresiones (II.11) se sustituyen los valores  $P=0\ y\ M=1$ , se llega a la solución siguiente, válida para las abscisas positivas:

$$v_2^f(x) = -\frac{1}{4 \text{ EI } x^2} \cdot \psi(\chi x)$$
 (II.16)

Reemplazando la ecuación (II.16) en las fórmulas (II.5), (II.3) y (II.2) se obtienen las expresiones siguientes para el giro, momento flector y esfuerzo cortante para las abscisas positivas:

$$\theta_{2}^{f}(x) = \frac{1}{4 \operatorname{EI} \chi} \left[ \varphi(\chi x) - \psi(\chi x) \right]$$

$$\mathcal{M}_{2}^{f}(x) = -\frac{1}{2} \cdot \varphi(\chi x)$$

$$\mathcal{V}_{2}^{f}(x) = \frac{\chi}{2} \left[ \varphi(\chi x) + \psi(\chi x) \right]$$
(II.17)

Puede comprobarse fácilmente que, debido a las condiciones de antimetría del problema, la solución válida en el semiespacio con abcisas negativas verifica las condiciones siguientes:

$$\mathbf{v}_{2}^{f}(-\mathbf{x}) = -\mathbf{v}_{2}^{f}(\mathbf{x})$$

$$\theta_{2}^{f}(-\mathbf{x}) = \theta_{2}^{f}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{M}_{2}^{f}(-\mathbf{x}) = -\mathcal{M}_{2}^{f}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{V}_{2}^{f}(-\mathbf{x}) = \mathcal{V}_{2}^{f}(\mathbf{x})$$
(II.18)

donde "x" designa a una abscisa arbitraria positiva.

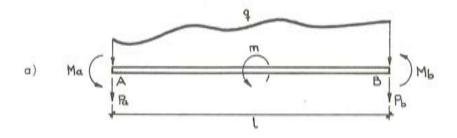
Análogamente a como sucedía en el caso anterior, existe una discontinuidad en la ley de momentos flectores en el origen, pero, aunque como veremos, no influye en la aplicación práctica del método.

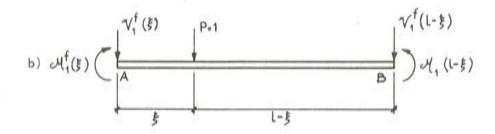
# 3. PARTICULARIZACION DEL METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO AL ANALISIS DE VIGAS APOYADAS SOBRE LECHO ELASTICO CON SECCION CONSTANTE

#### 3.1. Expresión general de los movimientos en función de las cargas exteriores

Considérese la viga AB de longitud "L" representada en la Figura III.1a) solicitada por una distribución genérica de fuerzas verticales y momentos exteriores. Como consecuencia de las posibles coacciones existentes en los extremos de la viga aparecerán, en general, reacciones verticales (Pay Pb) y momentos de empotramiento (May Mb) en aquéllas. Se admitirá que no existen coacciones intermedias en la pieza.

Supóngase ahora la misma viga solicitada por una fuerza vertical unitaria en la sección genérica de abscisa "\xi\" y por las solicitaciones extremas que se producirían en el caso de que la pieza fuera indefinida (ver Figura II.1b).





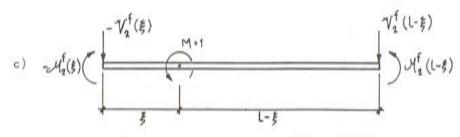


Figura III.1

Aplicando el "teorema de la reciprocidad" entre ambos estados de carga se llega a la siguiente expresión para el desplazamiento vertical en una sección inferior cualquiera:

$$\begin{split} \mathbf{v} \left( \boldsymbol{\xi} \right) &= -\mathscr{V}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \mathbf{v}_{\mathrm{a}} + \mathscr{M}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \boldsymbol{\theta}_{\mathrm{a}} - \mathscr{V}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \mathbf{L} - \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \mathbf{v}_{\mathrm{b}} - \\ &- \mathscr{M}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \mathbf{L} - \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \boldsymbol{\theta}_{\mathrm{b}} + \mathbf{v}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \mathbf{P}_{\mathrm{a}} - \boldsymbol{\theta}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \mathbf{M}_{\mathrm{a}} + \\ &+ \mathbf{v}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \mathbf{L} - \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \mathbf{P}_{\mathrm{b}} + \boldsymbol{\theta}_{1}^{\mathrm{f}} \left( \mathbf{L} - \boldsymbol{\xi} \right) \cdot \mathbf{M}_{\mathrm{b}} + \mathbf{f}_{\mathrm{v}} \left( \boldsymbol{\xi} \right) \end{split} \tag{III.1}$$

siendo el término  $f_v(\xi)$  una función de las cargas exteriores que escribe en la forma:

$$f_{v}(\xi) = \int_{0}^{\xi} [q(x) \cdot v_{1}^{f}(\xi - x) - m(x) \cdot \theta_{1}^{f}(\xi - x)] dx + \int_{\xi}^{L} [q(x) \cdot v_{1}^{f}(x - \xi) + m(x) \cdot \theta_{1}^{f}(x - \xi)] dx$$
 (III.2)

donde el origen de abscisas está en el extremo dorsal de la viga.

Análogamente, si se considera la viga inicial solicitada por un momento exterior unitario en la sección de abscisa "ξ" y por las solicitaciones extremas que resultarían en el caso de que la pieza fuera indefinida (ver Figura III.1c), la aplicación del "teorema de la reciprocidad" entre el estado original y este último conduce a la siguiente expresión para el giro en una sección interior cualquiera:

$$\begin{split} \theta \left( \xi \right) = & \mathcal{V}_{2}^{f} \left( \xi \right) \cdot v_{a} - \mathcal{M}_{2}^{f} \left( \xi \right) \cdot \theta_{a} - \mathcal{V}_{2}^{f} \left( L - \xi \right) \cdot v_{b} - \\ - \mathcal{M}_{2}^{f} \left( L - \xi \right) \cdot \theta_{b} - v_{2}^{f} \left( \xi \right) \cdot P_{a} + \theta_{2}^{f} \left( \xi \right) \cdot M_{a} + \\ + v_{2}^{f} \left( L - \xi \right) \cdot P_{b} + \theta_{2}^{f} \left( L - \xi \right) \cdot M_{b} + f_{\theta} \left( \xi \right) \end{split} \tag{III.3}$$

donde el término f $_{\theta}$  ( $\xi$ ), función de las cargas exteriores, se escribe en la forma:

$$\begin{split} f_{\theta} &(\xi) = -\int_{0}^{\xi} \left[ q(x) \cdot v_{2}^{f}(\xi - x) - m(x) \cdot / \theta_{2}^{f}(\xi - x) \right] dx + \\ &+ \int_{\xi}^{L} \left[ q(x) \cdot v_{2}^{f}(x - \xi) + m(x) \cdot \theta_{2}^{f}(x - \xi) \right] dx \end{split} \tag{III.4}$$

Para extrapolar las relaciones (III.1) y (III.3) a las secciones extremas de la viga, habida cuenta de las discontinuidades existentes en algunos términos de las soluciones fundamentales en el origen, basta con considerar las situaciones en las que los influjos unitarios actúan en aquéllas como límites, necesariamente contínuos, de las que se producen cuando aquéllos actúan en el interior de la pieza. En estas condiciones, la validez de las expresiones (III.1) y (III.3) puede considerarse general, si se asigna en el origen a los términos correspondientes de las soluciones fundamentales respectivas los valores que adoptan a la derecha del mismo (abscisas positivas).

Con este criterio, la particularización de las fórmulas anteriores para las secciones extremas de la pieza conduce a las ecuaciones siguientes:

a) En el extremo dorsal de la viga:

$$\begin{split} &\frac{1}{2} \, \mathbf{v_a} = & \mathscr{M}_1^f \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \boldsymbol{\theta}_{\, a} - \mathscr{V}_1^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{v_b} - \mathscr{M}_1^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \boldsymbol{\theta}_{\, b} \, + \\ &+ \, \mathbf{v_1}^f \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \mathbf{P_a} \, + \, \mathbf{v_1}^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{P_b} \, + \, \boldsymbol{\theta}_1^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{M_b} \, + \, \mathbf{f_v} \, \left( \mathbf{0} \right) \\ &\frac{1}{2} \, \, \boldsymbol{\theta_a} = & \mathscr{V}_2^f \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \mathbf{v_a} - \mathscr{V}_1^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{v_b} - \mathscr{M}_1^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \boldsymbol{\theta}_{\, b} \, + \\ &+ \, \boldsymbol{\theta}_2^f \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \mathbf{M_a} \, + \, \mathbf{v_2}^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{P_b} \, + \, \boldsymbol{\theta}_2^f \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{M_b} \, + \, \mathbf{f_\theta} \, \left( \mathbf{0} \right) \end{split}$$

donde los términos  $f_v(0)$  y  $f_{\theta}(0)$  valen:

$$f_{v}(0) = \int_{0}^{L} [q(x) \cdot v_{1}^{f}(x) + m(x) \cdot \theta_{1}^{f}(x)] dx$$

$$f_{\theta}(0) = \int_{0}^{L} [q(x) \cdot v_{2}^{f}(x) + m(x) \cdot \theta_{2}^{f}(x)] dx$$
(III.6)

#### b) En el extremo frontal de la viga:

$$\begin{split} &\frac{1}{2} \, \mathbf{v}_{b} = -\mathscr{V}_{1}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{v}_{a} \, + \mathscr{M}_{1}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \, \boldsymbol{\theta}_{a} \, - \mathscr{M}_{1}^{f} \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \, \boldsymbol{\theta}_{b} \, + \\ &+ \, \mathbf{v}_{1}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{P}_{a} \, - \, \boldsymbol{\theta}_{1}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{M}_{a} \, + \, \mathbf{v}_{1}^{f} \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \mathbf{P}_{b} \, + \, \mathbf{f}_{v} \, \left( \mathbf{L} \right) \\ &\frac{1}{2} \, \, \boldsymbol{\theta}_{b} \, = \! \mathscr{V}_{2}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{v}_{a} \, - \! \mathscr{M}_{2}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \boldsymbol{\theta}_{a} \, - \! \mathscr{V}_{2}^{f} \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \mathbf{v}_{b} \, - \\ &- \, \mathbf{v}_{2}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{P}_{a} \, + \, \boldsymbol{\theta}_{2}^{f} \, \left( \mathbf{L} \right) \cdot \mathbf{M}_{a} \, + \, \boldsymbol{\theta}_{2}^{f} \, \left( \mathbf{0} \right) \cdot \mathbf{M}_{b} \, + \, \mathbf{f}_{\theta} \, \left( \mathbf{L} \right) \end{split}$$

$$(III.7)$$

donde los términos  $f_v(L)$  y  $f_{\theta}(L)$  valen:

$$\begin{split} f_{v}\left(L\right) &= \int_{0}^{L} \left[q\left(x\right) \cdot v_{1}^{f}\left(L-x\right) - m\left(x\right) \cdot \theta_{1}^{f}\left(L-x\right)\right] dx \\ f_{\theta}\left(L\right) &= -\int_{0}^{L} \left[q\left(x\right) \cdot v_{2}^{f}\left(L-x\right) - m\left(x\right) \cdot \theta_{2}^{f}\left(L-x\right)\right] dx \end{split}$$
 (III.8)

Se llega así a una formulación general para los desplazamientos verticales y giros en la viga en función de las cargas exteriores. La particularización de la misma para las condiciones en los bordes permite resolver siempre el problema estructural, tal como se expone a continuación.

#### 3.2. Planteamiento y solución general del problema de contorno

Reagrupando las ecuaciones (III.5) y (III.7) se obtiene un sistema que, haciendo uso de la notación matricial, puede escribirse abreviadamente en la forma siguiente:

$$[H] \{U\} = [G] \cdot \{P\} + \{B\}$$
 (III.9)

donde las matrices columna {U}, {P} y {B}son (el superíndice "t" designa a la transpuesta):

$$\{U\}^{t} = [v_{a} \ \theta_{a} \ v_{b} \ \theta_{b}]$$

$$\{P\}^{t} = [P_{a} \ M_{a} \ P_{b} \ M_{b}]$$

$$\{B\}^{t} = [f_{v} \ (0) \ f_{\theta} \ (0) \ f_{v} \ (L) \ f_{\theta} \ (L)]$$
(III.10)

v los coeficientes de las matrices [H] y [G] valen:

$$\begin{aligned} h_{11} &= h_{22} = h_{22} = h_{44} = \frac{1}{2} \\ h_{12} &= -h_{34} = -\frac{1}{4 \chi} \\ h_{13} &= h_{24} = h_{31} = h_{42} = -\frac{1}{2} \varphi \left( \chi L \right) \\ h_{14} &= -h_{32} = \frac{1}{4 \chi} \left[ \varphi \left( \chi L \right) - \psi \left( \chi L \right) \right] \\ h_{21} &= -h_{43} = -\frac{\chi}{2} \\ h_{23} &= -h_{41} = \frac{\chi}{2} \left[ \varphi \left( \chi L \right) + \psi \left( \chi L \right) \right] \\ g_{11} &= g_{33} = \frac{1}{8 EI \chi^3} \\ g_{12} &= g_{21} = g_{34} = g_{43} = 0 \\ g_{13} &= g_{31} = \frac{1}{8 EI \chi^3} \left[ \varphi \left( \chi L \right) + \psi \left( \chi L \right) \right] \\ g_{14} &= -g_{23} = -g_{32} = g_{41} = \frac{1}{4 EI \chi^2} \psi \left( \chi L \right) \\ g_{22} &= g_{44} = \frac{1}{4 EI \chi} \left[ \varphi \left( \chi L \right) - \psi \left( \chi L \right) \right] \end{aligned}$$
(III.12)

El sistema (III.9) constituye la ecuación general de contorno cuya resolución permite determinar los movimientos y solicitaciones internas en cualquier sección de la viga. Dicho sistema está siempre determinado, pues, aunque contiene ocho incógnitas  $(v_a, \theta_a, v_b, \theta_b, P_a, M_a, P_b, M_b)$ , existen en cualquier caso cuatro condiciones adicionales que permiten resolver el problema. Estas condiciones adicionales se formulan, bien en términos de los movimientos, bien en términos de las reacciones, bien en forma mixta (caso, por ejemplo, de las coacciones de tipo elástico). Si, en cada caso concreto, se incorporan al primer miembro del sistema (III.9) todas las incógnitas y se traspasan al segundo los términos restantes, se llega a un sistema de ecuaciones que, en general, puede escribirse en la forma siguiente:

$$[A] \cdot \{X\} = \{F\}$$
 (III.13)

donde [A] es una matriz cuadrada (de 4 x 4) cuyos coeficientes son los que corresponden a las incógnitas del problema particular considerado, {X} es la matriz columna cuyas cuatro componentes son las incógnitas del caso y {F} es otra matriz columna cuyas cuatro componentes son conocidas.

La inversión de la matriz [A] resuelve en un caso genérico la determinación de las incógnitas del problema de contorno, a partir de las cuales pueden conocerse los movimientos en cualquier sección de la viga (expresiones (III.1) y (III.3)) y las solicitaciones internas en la misma.

#### 3.3. Expresión general de las solicitaciones internas en la viga en función de las cargas exteriores

Si se sustituye la expresión (III.1) en la fórmula (III.3) se obtiene, tras la derivación, la distribución de momentos flectores en la pieza, que puede escribirse en la forma siguiente:

$$\mathcal{M}(\xi) = [S_1(\xi)] \{U\} + [S_2(\xi)] \{P\} + \mathcal{M}_q(\xi)$$
 (III.14)

donde las matrices fila  $[S_1(\xi)]$  y  $[S_2(\xi)]$  valen:

$$[S_{1}(\xi)]^{t} = \begin{bmatrix} -\operatorname{EI} \chi^{2} \cdot \psi (\chi \xi) \\ -\frac{\operatorname{EI} \chi}{2} [\varphi (\chi \xi) + \psi (\chi \xi)] \\ -\operatorname{EI} \chi^{2} \cdot \psi (\chi \cdot \xi') \\ \frac{\operatorname{EI} \chi}{2} [\varphi (\chi \cdot \xi') + \psi (\chi \cdot \xi')] \end{bmatrix}$$
(III.15)

$$[S_{2}(\xi)]^{t} = \begin{bmatrix} \frac{1}{4 \times} [\varphi(x \xi) - \psi(x \xi)] \\ -\frac{1}{2} \cdot \varphi(x \xi) \\ \frac{1}{4 \times} [\varphi(x \xi') - \psi(x \xi')] \\ \frac{1}{2} \varphi(x \xi') \end{bmatrix}$$
(III.16)

siendo  $\xi' = L - \xi$ .

El término  $\mathcal{M}_q$  ( $\xi$ ), que depende directamente de las cargas exteriores, se expresa por:

$$\mathcal{M}_{q}(\xi) = \int_{0}^{\xi} [q(x) \mathcal{M}_{1}^{f}(\xi - x) + m(x) \mathcal{M}_{2}^{f}(\xi - x)] dx +$$

$$+ \int_{\xi}^{L} [q(x) \mathcal{M}_{1}^{f}(x - \xi) - m(x) \mathcal{M}_{2}^{f}(x - \xi)] dx$$
(III.17)

Sustituyendo la expresión (III.14) en la segunda de las fórmulas (II.2) se obtiene, tras la derivación, la distribución de los esfuerzos cortantes en la viga, que se escribe en la forma siguiente:

$$\mathscr{V}(\xi) = [S_3(\xi)] \{U\} + [S_4(\xi)] \{P\} + \mathscr{V}_q(\xi)$$
 (III.18)

donde las matrices fila [S3 (\$)] y [S4 (\$)] valen:

$$[S_3(\xi)]^t = \begin{bmatrix} -\operatorname{EI} \chi^3 \left[ \varphi \left( \chi \xi \right) - \psi \left( \chi \xi \right) \right] \\ \operatorname{EI} \chi^2 \cdot \psi \left( \chi \xi \right) \\ \operatorname{EI} \chi^3 \left[ \varphi \left( \chi \xi' \right) - \psi \left( \chi \xi' \right) \right] \\ -\operatorname{EI} \chi^2 \cdot \psi \cdot (\chi \cdot \xi') \end{bmatrix}$$
(III.19)

$$[S_3(\xi)]^{\dagger} = \begin{bmatrix} -\operatorname{EI} \chi^3 \left[ \varphi \left( \chi \, \xi \right) - \psi \left( \chi \, \xi \right) \right] \\ \operatorname{EI} \chi^2 \cdot \psi \left( \chi \, \xi \right) \\ \operatorname{EI} \chi^3 \left[ \varphi \left( \chi \, \xi \right) - \psi \left( \chi \, \xi \right) \right] \\ -\operatorname{EI} \chi^2 \cdot \psi \cdot (\chi \cdot \xi') \end{bmatrix}$$

$$[S_4(\xi)]^{\dagger} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \varphi \left( \chi \, \xi \right) \\ \frac{\chi}{2} \left[ \varphi \left( \chi \, \xi \right) + \varphi \left( \chi \, \xi \right) \right] \\ \frac{1}{2} \varphi \left( \chi \, \xi \right) \\ \frac{\chi}{2} \left[ \varphi \left( \chi \, \xi' \right) + \psi \left( \chi \, \xi' \right) \right] \end{bmatrix}$$

$$(III.20)$$

El término  $\mathscr{V}_q$  ( $\xi$ ) se expresa en función de las cargas exteriores por:

$$\begin{split} \mathscr{V}_{q}\left(\xi\right) &= \int_{0}^{\xi} \left[q\left(x\right)\cdot\mathscr{V}_{1}^{f}\left(\xi-x\right) + m\left(x\right)\cdot\mathscr{V}_{2}^{f}\left(\xi-x\right)\right]dx + \\ &- \int_{\xi}^{L} \left[q\left(x\right)\cdot\mathscr{V}_{1}^{f}\left(x-\xi\right) - m\left(x\right)\cdot\mathscr{V}_{2}^{f}\left(\xi-x\right)\right]dx \end{split} \tag{III.21}$$

Como muestran las ecuaciones (III.14) y (III.18), las solicitaciones internas en la viga están totalmente definidas en cualquier sección de la misma en cuanto se haya resuelto el problema de contorno.

#### 4. ESTUDIO DE ALGUNOS CASOS SIMPLES

### Viga con extremos libres. Método de Hetenyi

Si los extremos de la viga están libres de coacciones ( $P_a = M_a = P_b = M_b = 0$ ) la solución de la ecuación general de contorno (III.9) es inmediata y se escribe en la forma:

$$\{U\} = [H]^{-1} \cdot \{B\}$$
 (IV.1)

donde la matriz [H] -1 es la inversa de la definida por los valores (III.11).

Por su parte, las solicitaciones internas en la viga se obtienen fácilmente, ya que su expresión es:

$$\mathcal{M}(\xi) = [S_1(\xi)] \{U\} + \mathcal{M}_q(\xi)$$

$$\mathcal{V}(\xi) = [S_3(\xi)] \cdot \{U\} + \mathcal{V}_q(\xi)$$
(IV.2)

Si se sustituye la ecuación (IV.1) en las expresiones (IV.2), se obtiene:

$$\mathcal{M}(\xi) = [S_1(\xi)] \cdot [H]^{-1} \cdot \{B\} + \mathcal{M}_q(\xi)$$

$$\mathcal{V}(\xi) = [S_3(\xi)] \cdot [H]^{-1} \cdot \{B\} + \mathcal{V}_q(\xi)$$
(IV.3)

con lo que se llega a una formulación equivalente a la debida al procedimiento para el cálculo de solicitaciones internas en las "vigas cortas" conocido como "método de Hetenyi" (referencias l y 2).

#### 4.2. Viga biempotrada en sus extremos

Cuando ambos extremos de la viga están rígidamente empotrados ( $v_a = \theta_a = v_b = \theta_b = 0$ ), la solución de la ecuación de contorno se obtiene directamente por inversión de la matriz [G]:

$$\{P\} = [G]^{-1} \cdot \{B\} \tag{IV.4}$$

Las solicitaciones internas en la viga se escriben ahora en la forma:

. 
$$\mathcal{M}(\xi) = [S_2(\xi)] \cdot \{P\} + \mathcal{M}_q(\xi)$$

$$\mathcal{V}(\xi) = [S_4(\xi)] \cdot \{P\} + \mathcal{V}_q(\xi)$$
(IV.5)

Sustituyendo la ecuación (IV.4) en las fórmulas (IV.5) se llega a las relaciones matriciales que permiten determinar directamente dichas solicitaciones internas a partir de las cargas exteriores.

#### 4.3. Viga solicitada exclusivamente por movimientos impuestos en los extremos. Matriz de rigidez

Cuando la viga está solicitada exclusivamente por fuerzas y momentos incógnitas actuantes en sus extremos, que originan movimientos impuestos en los mismos, se anulan todas las componentes del vector {B} en la ecuación general de contorno (III.9), cuya solución es:

$$\{P\} = [K] \cdot \{U\} \tag{IV.6}$$

donde la matriz [K], recibe la denominación de "matriz de rigidez" de la viga sobre lecho elástico (referencias 5 y 6) y se expresa por:

$$[K] = [G]^{-1} \cdot [H]$$
 (IV.7)

En este caso, las solicitaciones internas en la viga pueden obtenerse directamente a partir de los movimientos impuestos en los extremos de la misma, mediante las relaciones:

$$\mathcal{M}(\xi) = ([S_1 \ (\xi)] + [S_2 \ (\xi)] \ [K]) \cdot \{U\}$$

$$\mathcal{V}(\xi) = ([S_3 \ (\xi)] + [S_4 \ (\xi)] \ [K]) \cdot \{U\}$$
(IV.8)

puesto que también se anulan los términos  $\mathcal{M}_q(\xi)$  y  $\mathcal{V}_q(\xi)$ .

#### 4.4. Ejemplos

Como aplicación práctica del método anteriormente expuesto, se presentan a continuación los resultados correspondientes a algunos casos sencillos:

a) "Viga solicitada por dos fuerzas verticales iguales en sus extremos" (ver Figura IV.1). En este caso, las condiciones de simetría del problema (v<sub>a</sub> = v<sub>b</sub>; θ<sub>a</sub> = - θ<sub>b</sub>) permiten resolverlo utilizando sólo dos ecuaciones del sistema (III.9), que, al ser nulas las componentes del vector {B}, se escriben en la forma:

$$(h_{11} + h_{13}) \cdot v_a + (h_{12} - h_{14}) \cdot \theta_a = (g_{11} + g_{13}) \cdot P$$

$$(h_{21} + h_{23}) \cdot v_a + (h_{22} - h_{24}) \cdot \theta_a = (g_{21} + g_{23}) \cdot P$$

$$P$$

$$(IV.9)$$

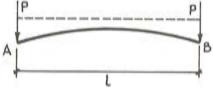


Figura IV.1

Sustituyendo los coeficientes por los valores dados en las fórmulas (III.11) y (III.13) y resolviendo el sistema, se obtiene:

$$v_{a} = \frac{P}{2 \text{ EI } \chi^{3}} \frac{\text{Ch } \chi \text{ L} + \cos \chi \text{ L}}{\text{Sh } \chi \text{ L} + \sin \chi \text{ L}}$$

$$\theta_{a} = \frac{P}{2 \text{ EI } \chi^{2}} \frac{\text{Sh'} \chi \text{ L} - \sin \chi \text{ L}}{\text{Sh } \chi \text{ L} + \sin \chi \text{ L}}$$
(IV.10)

Reemplazando estos valores en las fórmulas (III.1) y (III.14) se llega a:

$$v(\xi) = \frac{P}{2 \text{ EI } \chi^3} \frac{\text{Ch} \left[\chi\left(L-\xi\right)\right] \cdot \cos\left(\chi \xi\right) + \text{Ch} \left(\chi \xi\right) \cdot \cos\left[\chi\left(L-\xi\right)\right]}{\text{Sh} \chi L + \sin \chi L}$$

$$\mathcal{M}(\xi) = -\frac{P}{\chi} \frac{\text{Sh} \left[\chi\left(L-\xi\right)\right] \cdot \sin\left(\chi \xi\right) + \text{Sh} \left(\chi \xi\right) \cdot \sin\left[\chi\left(L-\xi\right)\right]}{\text{Sh} \chi L + \sin \chi L}$$
(IV.11)

En el punto medio de la viga  $(\xi = L/2)$  se tiene:

$$v(L/2) = \frac{P}{EI \chi^3} \frac{Ch (\chi L/2) \cdot cos (\chi L/2)}{Sh (\chi L) + sen (\chi L)}$$

$$\mathcal{M}(L/2) = -\frac{2 P}{\chi} \frac{Sh (\chi L/2) \cdot sen (\chi L/2)}{Sh (\chi L) + sen (\chi L)}$$
(IV.12)

b) "Viga indefinida empotrada r\(\text{igidamente}\) en un extremo y solicitada por una sobrecarga vertical uniforme" (ver Figura IV.2). En este caso puede resolverse el problema de contorno utilizando s\(\text{olo}\) las dos primeras ecuaciones del sistema (III.9), que se particularizan en:

$$g_{11} \cdot P_a + g_{12} \cdot M_a + f_v(0) = 0$$
  
 $g_{21} \cdot P_a + g_{22} \cdot M_a + f_\theta(0) = 0$  (IV.13)

Los términos debidos a la sobrecarga uniforme se deducen de las integrales (III.6), que en este caso son:

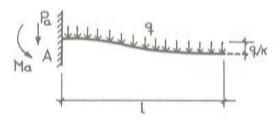


Figura IV.2

$$f_{v}(0) = \frac{q}{8 \operatorname{EI} \chi^{3}} \int_{0}^{\infty} e^{-\chi x} (\cos \chi x + \sin \chi x) dx = \frac{q}{8 \operatorname{EI} \chi^{4}}$$

$$f_{\theta}(0) = -\frac{q}{4 \operatorname{EI} \chi^{2}} \int_{0}^{\infty} e^{-\chi x} \cdot \sin \chi x dx = -\frac{q}{8 \operatorname{EI} \chi^{3}}$$
(IV.14)

Sustituyendo los coeficientes dados por las fórmulas (III.12) en las ecuaciones (IV.13), se obtiene:

$$P_{a} = -\frac{q}{\chi}$$

$$M_{a} = \frac{q}{2 \chi^{2}}$$
(IV.15)

Los movimientos en la viga son:

$$v(\xi) = \frac{q}{k} [1 - e^{-\chi \xi} (\cos \chi \xi + \sin \chi \xi)]$$

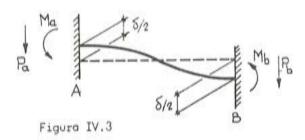
$$\theta(\xi) = -\frac{2 q \chi}{k} e^{-\chi \xi} \cdot \sin \chi \xi$$
(IV.16)

y las solicitaciones internas en la misma valen:

$$\mathcal{M}(\xi) = -\frac{q}{2 \chi^2} e^{-\chi \xi} (\cos \chi \xi - \sin \chi \xi)$$

$$\mathcal{N}(\xi) = \frac{q}{\chi} \cdot e^{-\chi \xi} \cdot \cos \chi \xi$$
(IV.17)

c) "Viga biempotrada sometida a un desplazamiento vertical relativo entre sus extremos" (ver Figura IV.3). Las condiciones de antimetría del problema  $(P_a = -P_b; M_a = M_b)$  permiten formular la ecuación general de contorno en la forma siguiente:



Sustituyendo los coeficientes por los valores dados en las fórmulas (III.11) y (III.13) y resolviendo el sistema, se obtiene:

$$P_{a} = -2 EI \chi^{3} \delta \frac{Ch \chi L + \cos \chi L}{Sh \chi L - \sin \chi L}$$

$$M_{a} = EI \chi^{2} \delta \frac{Sh \chi L + \sin \chi L}{Sh \chi L - \sin \chi L}$$
(IV.19)

Cuando la rigidez del lecho elástico es despreciable, las reacciones anteriores coinciden con las proporcionadas por la teoría elemental de vigas simples ( $P_a=-$  12 EI  $\delta/L^3$ ;  $M_a=6$  EI  $\delta/L^2$ ).

#### 5. CONCLUSIONES

De cuanto se ha expuesto con anterioridad puede concluirse que la solución general correspondiente al análisis de "vigas apoyadas sobre lecho elástico con sección constante" se aborda de forma directa y con gran sencillez a partir del METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO. Partiendo de dicha solución general resultan diversas particularizaciones de interés, entre las que cabe destacar:

- a) El procedimiento convencional de Hetenyi para el cálculo de vigas "cortas".
- La formulación de la "matriz de rigidez" de la pieza apoyada sobre lecho elástico.

Las expresiones aplicables en ambos casos son lo suficientemente simples como para permitir su particularización numérica directa en los casos habituales en la práctica ingenieril, o inclusive, su posible "programación" para la resolución del cálculo a través del ordenador.

Siguiendo un planteamiento análogo al aquí expuesto puede abordarse el análisis de "losas apoyadas sobre lecho elástico", que resulta claramente ventajoso frente a otros sistemas posibles (emparrillado sobre muelles, por ejemplo) cuando se trata de soleras de sección constante. En este caso, la particularización del METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO al análisis del problema obliga a introducir determinadas "funciones de interpolación" en los bordes, ya que no se obtiene directamente la solución exacta como sucede con la viga simple.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

Las referencias bibliográficas citadas en la exposición precedente corresponden a los autores y obras siguientes:

- (1) S. TIMOSHENKO: "Resistencia de Materiales", Segunda Parte. Espasa-Calpe, S.A., 1967.
- (2) J.A. JIMENEZ SALAS Y COL.: "Geotécnica y Cimientos III". Primera Parte. Ed. Rueda, 1980.
- (3) C.A. BREBBIA: "Boundary element techniques in engineering". Newnes-Butterworths, 1980.
- (4) M. MARTINEZ LAFUENTE: "Planteamiento directo del Método de los Elementos de Contorno a partir del Teorema de Reciprocidad". Revista Hormigón y Acero nº 147, 1983.
- (5) R.K. LIVESLEY: "Métodos matriciales para Cálculo de Estructuras". Ed. Blume, 1970.
- (6) BING-YUAN TING: "Finite beams on Elastic Foundation with restraints". Journal of the Structural Division, ASCE, Marzo 1982, PP 611 a 621.

## Dimensionamiento analítico directo de secciones de hormigón armado en estado límite último de agotamiento

Hugo Corres Peiretti
Dr. Ing. de Caminos
E.T.S. de Ing. de Caminos
Oscar Unanue Prudant
Ing. Civil
E.T.S. de Ing. de Caminos
Rafael Fernández Sánchez
Ing. de Caminos
Instituto Eduardo Torroja

#### 1. INTRODUCCION

El cálculo de secciones de hormigón armado en estado límite último (dimensionamiento y comprobación) debido a tensiones normales (esfuerzos axiles y momentos flectores), constituye un problema frecuente en la práctica diaria del proyecto de estructuras de hormigón armado.

Representa asimismo el problema posiblemente más estudiado y mejor resuelto, en cuanto a generalidad y continuidad, de todos los que se presentan en las estructuras de hormigón armado, en el marco del método semiprobabilístico de los estados límites.

Las bases actuales para el cálculo de secciones en estado límite último se presentaron en forma de hipótesis en la edición 1.970 de las Recomendaciones CEB/FIP (1), después de las contribuciones del Profesor Torroja (2) (3) con el método del momento tope y trabajos del Profesor Rüsch y sus colaboradores (4) en cuanto al diagrama parábola rectángulo.

Sin embargo, después de la aparición de las Recomendaciones CEB/FIP del 70 la exposición más completa, sistemática y general de los problemas prácticos de dimensionamiento y comprobación de secciones, así como el planteamiento de las propiedades del diagrama de interacción y estudios analíticos sobre estos temas son debidos al Profesor Moran (5) (6).

Desde entonces y debido a que las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos, según las hipótesis de cálculo, son ecuaciones discontinuas, el problema de comprobación y dimensionamiento de secciones de hormigón armado se planteó de forma operativa mediante tres procedimientos:

#### 1 – Dimensionamiento y comprobación gráfica o mediante tablas.

Este quizás sea el procedimiento más extendido que permite resolver el problema para los distintos tipos de esfuerzos; flexión simple, flexión compuesta recta y flexión compuesta esviada, mediante el diagrama universal o escalas funcionales, los diagramas de interacción o rosetas respectivamente.

Este procedimiento, que constituye la mejor solución práctica del cálculo manual de secciones, requiere disponer de gráficos o tablas que se hayan preparado previamente correspondientes al tipo de sección que se quiere estudiar.

#### 2 - Fórmulas simplificadas.

Constituyen fórmulas sencillas simplificadas para uso rápido que han sido desarrolladas para la tipología de secciones y disposición de armaduras más usuales.

#### 3 – Cálculo analítico de secciones (5).

Constituye el procedimiento más general y preciso que existe pero requiere inevitablemente la utilización de ordenadores rápidos ya que comporta procesos iterativos largos. Por otra parte, los algoritmos propuestos no siempre garantizan el proceso de convergencia, pudiendo presentarse problemas sin solución para casos muy particulares.

Con la aparición de las calculadoras programables y en particular de los ordenadores personales, el proyecto de estructuras de hormigón armado ha sufrido un importante vuelco hacia la automatización. Este tipo de equipos, hasta hace pocos años inaccesibles a un proyectista modesto, se ha transformado en una herramienta de uso cotidiano en el proyecto.

En este tipo de equipos existen aún dos limitaciones importantes: capacidad de memoria, especialmente para las calculadoras programables, y rápidez de cálculo especialmente en algoritmos donde es necesaria la utilización de procesos iterativos.

Si se analiza la gama de posibilidades de procedimientos para el cálculo de secciones, descrita antes, parece evidente que el procedimiento gráfico o de tablas que es sin duda el más potente para el cálculo manual, no constituye una solución adecuada para el cálculo con estos ordenadores.

Tampoco representa una solución idonea el cálculo analítico ya que, como se ha indicado, comporta procesos iterativos muy costosos en cuanto a tiempo de cálculo.

Para los casos frecuentes que se presentan en la práctica, las fórmulas simplificadas sí constituyen un procedimiento lógico aunque no parece ser el medio más adecuado ya que han sido pensadas para el cálculo manual rápido de secciones. Dada la potencia de cálculo de estos equipos no se requiere planteamientos con fórmulas tan sencillas sino algoritmos que, aunque comportan formulaciones más complicadas, no exigen procesos iterativos y permiten adaptarse completamente a las hipótesis generales de cálculo de secciones en estado límite último de agotamiento.

Es necesario tener en cuenta que el cálculo de secciones es sólo una parte del proyecto automático de estructuras y requiere una solución rápida y con un nivel de precisión adecuado.

En este sentido, la última publicación del CEB/FIB Manual on bending and compresion (7), editado recientemente, no se aparta del tratamiento tradicional del tema, incluyendo sólo los procedimientos ya conocidos.

Este trabajo representa un esfuerzo en la línea del cálculo directo de secciones, especialmente el dimensionamiento, con ordenadores personales o calculadoras programables, el cual ha sido motivado como consecuencia del uso cotidiano de ordenadores personales en el proyecto automático de estructuras.

## 2. HIPOTESIS GENERALES PARA EL CALCULO DE SECCIONES EN ESTADO LIMITE ULTIMO

El cálculo de secciones en estado límite último de agotamiento debido a solicitaciones normales, se define mediante unas hipótesis generales que permiten abordar el problema con total generalidad:

- a) Las secciones normales a la directriz se mantienen planas y normales a ella durante la deformación.
- Bajo la acción de las solicitaciones, las armaduras toman la misma deformación que el hormigón que las rodea.
- El estado límite último se caracteriza en términos de deformaciones de fibras características de la sección, según se indica en el diagrama de pivotes (fig. 2.1).
- d) Se admite que la tensión de cada fibra de hormigón corresponde univocamente al valor de la deformación de dicha fibra de acuerdo con un diagrama tensión-deformación adecuado. En este trabajo se ha adoptado el diagrama parábola rectángulo indicado en la fig. 2.2.
- e) La tensión de cualquier armadura se obtiene a partir de la deformación de la fibra correspondiente de acuerdo con un diagrama tensión-deformación adecuado. En este trabajo se ha adoptado el diagrama bilineal indicado en la fig. 2.3.

Teniendo en cuenta las hipótesis descritas, el cálculo de secciones en estado límite último consiste en el planteamiento de las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos, igualando los resultantes de las tensiones correspondientes al hormigón comprimido y las armaduras, con los componentes de los esfuerzos exteriores solicitantes.

## 3. DIMENSIONAMIENTO DIRECTO, PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO

El procedimiento que se presenta, consiste, tal como se ha anticipado en la Introducción, en la transformación de las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y momentos que resultan discontinuas, en una serie de ecuaciones continuas que permitan representar los distintos estados límites últimos posibles. Las ecuaciones continuas de la serie estan asociadas a intervalos de valores de la posición de la fibra neutra.

A los efectos de cálculo de secciones, el procedimiento propuesto consiste en resolver el sistema de ecuaciones planteado obteniendo la cuantía estricta y la posición del eje neutro en el caso de dimensionamiento y los esfuerzos resistentes en el caso de comprobación.

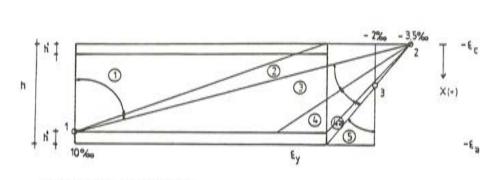


Fig. 2.1. Diagrama de pivotes .

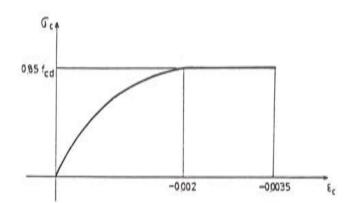


Fig. 2.2. Diagrama tensión deformación del hormigón.

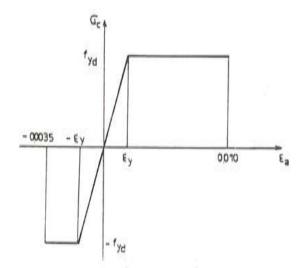


Fig. 2.3. Diagrama tensión deformación del acero dureza natural.

Ya que a priori no se conoce cual es la posición del eje neutro y por lo tanto las ecuaciones continuas a utilizar para la resolución del problema planteado, el procedimiento propuesto se completa indicando, para el caso de flexión simple y flexión compuesta recta, unos criterios para identificar el sistema de ecuaciones a utilizar o lo que es lo mismo el intervalo de valores de posición del eje neutro en el que se encuentra la profundidad de la fibra neutra correspondiente al problema a resolver.

A los efectos de explicar las ideas generales del procedimiento propuesto se analiza el caso de una sección rectangular con armadura simétrica en caras opuestas sometida a flexión compuesta recta. En este caso y según la nomenclatura adoptada en la figura 3.1, las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos pueden escribirse:

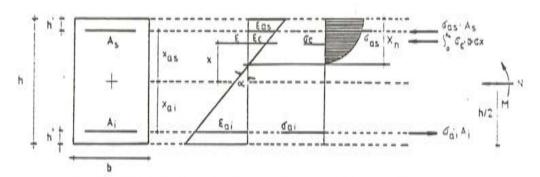


Fig. 3.1. Definición de parámetros: sección rectangular en flexión compuesta.

$$N = \int_0^{x_n} \sigma_c (\epsilon_c) b dx + \sigma_{a_i} (\epsilon_{a_i}) A_i + \sigma_{a_s} (\epsilon_{a_s}) A_s$$
 Ec. 3.1

$$M = \int_{a_s}^{x_n} \sigma_c (\epsilon_c) b x dx + \sigma_{a_i} (\epsilon_{a_i}) A_i x_{a_i} + \sigma_{a_s} (\epsilon_{a_s}) A_s x_{a_s}$$
 Ec. 3.2

#### Donde:

b: Ancho de la sección.

h: Canto total de la sección.

h': Recubrimiento de las armaduras.

 $A_i$ ,  $A_s$ : Sección de las armaduras;  $A_i = A_s = A$ 

x<sub>a<sub>s</sub></sub>, x<sub>a<sub>i</sub></sub>: Distancia de las armaduras superior e inferior al centro de la gravedad de la sección.

Distancia de una fibra genérica de hormigón al centro de gravedad de la sección.

X<sub>n</sub>: Profundidad de la fibra neutra.

σ<sub>ai</sub>, σ<sub>as</sub>, σ<sub>c</sub>: Tensiones de las armaduras inferior y superior y de una fibra genérica de hormigón respectivamente.

ε<sub>a<sub>i</sub></sub>, ε<sub>a<sub>s</sub></sub>, ε<sub>c</sub>: Deformaciones de las armaduras inferior y superior y de una fibra genérica de hormigón respectivamente.

: Curvatura de la sección.

El término integral de las dos expresiones representa la contribución del hormigón comprimido a las ecuaciones de axil y momento respectivamente. Los otros dos sumandos representan la contribución de las armaduras: inferior o menos comprimida y superior o más comprimida, respectivamente.

Las tensiones en cualquier fibra de la sección, tanto del hormigón como de las armaduras, son función de las deformaciones de acuerdo con los diagramas tensión-deformación adoptados. Para el caso en estudio, si se adopta el diagrama parábola-rectángulo para el hormigón, las tensiones pueden obtenerse de las expresiones siguientes:

$$\sigma_{\rm c} (\epsilon_{\rm c}) = 0$$
  $0 \le \epsilon_{\rm c}$  Ec. 3.3

$$\sigma_{\rm c} (\epsilon_{\rm c}) = 0.85 \, f_{\rm ed} \, \left[1 - \left(1 + \frac{\epsilon_{\rm c}}{2}\right)^2\right] - 2\%_{\rm oo} \le \epsilon_{\rm c} < 0$$
 Ec. 3.4

$$\sigma_{\rm c} (\epsilon_{\rm c}) = 0.85 \, f_{\rm cd}$$
  $-3.5\%_{\rm oo} \le \epsilon_{\rm c} < -2\%_{\rm oo}$  Ec. 3.5

Donde:

fed: Resistencia de cálculo del hormigón.

Adoptando un diagrama bilineal para el acero, las tensiones de las armaduras pueden obtenerse a partir de las expresiones siguientes:

$$\sigma_{\rm a} (e_{\rm a}) = f_{\rm vd}$$
  $e_{\rm v} < e_{\rm a}$  Ec. 3.6

$$\sigma_{a} (e_{a}) = f_{yd}$$
  $e_{y} < e_{a}$  Ec. 3.6  
 $\sigma_{a} (e_{a}) = E e_{a}$   $-e_{y} < e_{a} \le e_{y}$  Ec. 3.7

$$\sigma_a(e_a) = -f_{vd}$$
  $\epsilon_a \le -e_v$  Ec. 3.8

Donde:

Resistencia de cálculo del acero. fvd:

Módulo de elasticidad del acero. E:

Deformación correspondiente al límite elástico del acero. ev:

Las deformaciones en cualquier fibra de la sección, para un diagrama de deformación de agotamiento determinado, pueden obtenerse de la ecuación siguiente:

$$\epsilon = \frac{1}{r} \left( \frac{h}{2} - x \right) + \frac{1}{r} Xn$$
 Ec. 3.9

Donde:

Deformación de una fibra genérica de la sección.

De acuerdo con lo anterior las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos pueden escribirse de forma adimensional:

$$\frac{N}{b h f_{cd}} = \frac{\int_0^{x_n} \sigma_c (e_c) b dx}{b h f_{cd}} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a_i} (e_{a_i})}{f_{yd}} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a_s} (e_{a_s})}{f_{yd}}$$
Ec. 3.10

$$\frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{\int_0^{x_n} \sigma_c(\epsilon_c) b x dx}{b h^2 f_{cd}} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a_i}(\epsilon_{a_i})}{f_{yd}} \frac{x_{a_i}}{h} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a_s}(\epsilon_{a_s})}{f_{yd}} \frac{x_{a_s}}{h}$$
Ec. 3.11

Escritas de forma compacta, las ecuaciones anteriores se pueden expresar:

$$\begin{split} \nu &= \nu_{c} \, \left( X_{n}/h \right) + \, \omega \, \left[ \nu_{a_{i}} \, \left( X_{n}/h \right) + \, \nu_{a_{s}} \, \left( X_{n}/h \right) \right] \\ \mu &= \mu_{c} \, \left( X_{n}/h \right) + \, \omega \, \left[ \mu_{a_{i}} \, \left( X_{n}/h \right) + \, \mu_{a_{s}} \, \left( X_{n}/h \right) \right] \end{split}$$
 Ec. 3.12

Donde:

ν: Axil reducido resistido por la sección.

μ: Momento reducido, calculado respecto al centro de gravedad (c. de g.) de la sección, resistido por la sección.

ν<sub>c</sub>: Axil reducido resistido por el hormigón comprimido.

 $\mu_c$ : Momento reducido respecto al c. de g. de la sección, resistido por el hormigón.

 $u_{a_1}, 
u_{a_8}$ : Relación entre las tensiones de las armaduras (inferior y superior respectivamente) y la resistencia de cálculo del acero.

 $\mu_{a_i}$ ,  $\mu_{a_g}$ : Producto entre las relaciones de tensiones  $\nu_{a_i}$ ,  $\nu_{a_g}$  y la distancia de las armaduras al c. de g. de la sección.

ω: Cuantía mecánica de cada capa de armadura.

Para cada posición del eje neutro, utilizando el diagrama de pivotes expresado en términos de profundidad del eje neutro—curvatura de la sección (8) (figura 3.2.a)— se puede obtener el valor de la curvatura que define el plano de deformación de agotamiento de la sección. Utilizando estos valores se puede obtener la deformación correspondiente a cualquier fibra de la sección. Con estas deformaciones se pueden obtener las tensiones del hormigón y del acero de las armaduras y, por tanto, integrar las ecuaciones de equilibrio.

En definitiva, todos los sumandos de la ecuaciones de equilibrio se definen como una función de la posición del eje neutro. En la figura 3.2 se representan, en función de la posición del eje neutro, el diagrama de pivotes para obtener la curvatura de agotamiento de la sección y las funciones,  $\nu_c$ ,  $\mu_c$ ,  $\nu_{a_i}$ ,  $\mu_{a_i}$ ,  $\nu_{a_s}$ ,  $\mu_{a_s}$ , antes definidas.

Tal como puede verse en dicha figura, todas estas funciones son discontinuas pero en ellas pueden distinguirse tramos continuos que pueden expresarse analíticamente.

Para el caso de las funciones  $\nu_c$  y  $\mu_c$ , pueden definirse 5 ecuaciones que permiten representar la contribución del hormigón en todo el rango de valores posibles de la posición del eje neutro. A fin de simplificar la forma de las expresiones que se presentan a continuación y facilitar la programación de los distintos algoritmos que se exponen, se establece la nomenclatura siguiente:

 $X = X_n/h$  : Profundidad relativa de la fibra neutra.

A = (h/r) 1000 | : Curvatura relativa de la sección por 1000.

U = h'/h : Recubrimiento relativo de las armaduras.

Z = 0.5 - U : Brazo interno reducido respecto al c. de g. de la sección.

d = 1 - U : Canto útil reducido de la sección.

 $N = \nu$  : Axil reducido resistido por la sección.

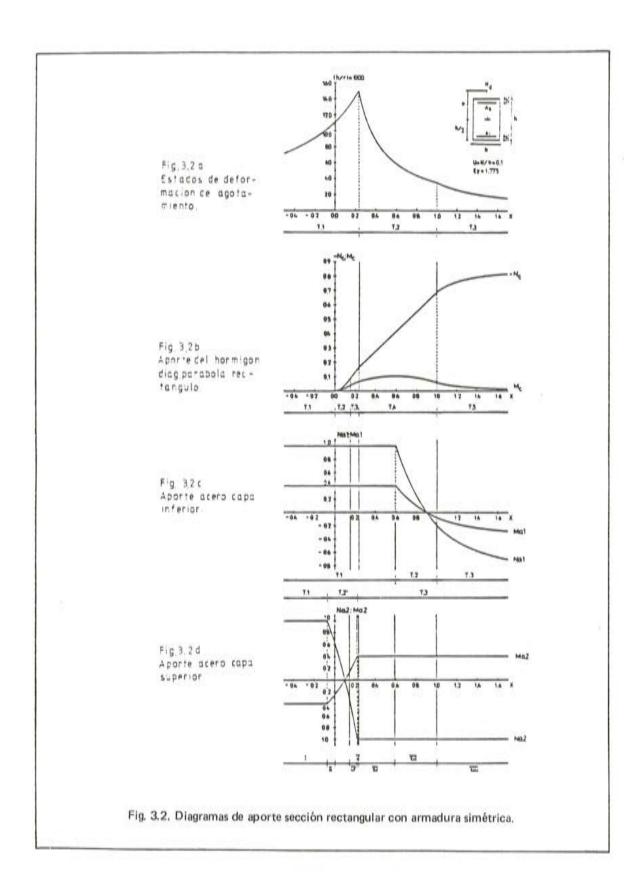
 $M = \mu$  : Momento reducido resistido por la sección, calculado respecto al

c. de g. de la sección.

 $N_c = \nu_c$  : Axil reducido resistido por el hormigón comprimido.

 $M_c = \mu_c$  : Momento reducido resistido por el hormigón comprimido respec-

to al c. de g. de la sección.



 $N_{a_1} = \nu_{a_1}$  : Relación entre la tensión de la capa inferior de armaduras y la resistencia de cálculo del acero.

 $M_{a_1} = \mu_{a_1}$ : Producto entre la relación de tensiones:  $N_{a_1}$  y la distancia de la armadura al c. de g. de la sección: Z.

 $N_{a_2} = \nu_{a_8}$  : Relación entre la tensión de la capa superior de armaduras y la resistencia de cálculo del acero.

 $M_{a_2} = \mu_{a_8}$ : Producto entre la relación de tensiones:  $N_{a_2}$  y la distancia de la armadura al c. de g. de la sección: Z.

W = 2 ω : Cuantía mecánica total de la sección con dos capas de armadura.

 $E_v = \epsilon_v$ : Deformación del límite elástico del acero.

El primer tramo, TRAMO 1, corresponde a posiciones de la fibra neutra que estan fuera de la sección. En este caso todas las fibras de la sección estan traccionadas. Este tramo representa el estado de tracción simple y roturas tipo 1, de acuerdo con la denominación adoptada en el diagrama de pivotes de la figura 2.1, y por tanto, la posición del eje neutro varía entre  $-\infty$  y 0.

De acuerdo con la hipótesis adoptada, en sentido de despreciar la contribución del hormigón traccionado, las funciones  $N_c$  y  $M_c$  son, en todo el tramo, iguales a cero.

TRAMO 1: 
$$-\infty < X \le 0$$
 $N_c = 0$ 

Ec. 3.13

 $M_c = 0$ 

Ec. 3.14

 $A = \frac{10}{d-x}$ 

El TRAMO 2, corresponde a posiciones de la fibra neutra que están dentro de la sección, es decir, planos de deformación de agotamiento para los que parte de la sección de hormigón está sometida a deformaciones de compresión. En este tramo el bloque de tensiones del hormigón es parabólico y su validez se extiende hasta que la deformación de la fibra más comprimida alcanza una deformación del  $-2\%_{00}$ . En otras palabras, en la situación límite, el diagrama de compresiones es la parábola completa.

TRAMO 2: 
$$0 < X \le 0,167 d$$
  
 $N_c = -0,071 AX^2 (6 - AX)$  Ec. 3.16  
 $M_c = -0,5 N_c - 0,018 AX^3 (8 - AX)$  Ec. 3.17  
 $A = \frac{10}{d - X}$  Ec. 3.18

El TRAMO 3, corresponde a posiciones de la fibra neutra para las que el bloque de tensiones del hormigón es la parábola completa y una parte de rectángulo. La validez de este tramo se extiende hasta que la deformación de la fibra más comprimida de hormigón alcanza el  $-3.5\%_{00}$ , es decir, situación para la que el bloque de compresión es la parábola rectángulo completa.

TRAMO 3:  $0.167 d < X \le 0.259 d$ 

$$N_c = -0.85 (X - \frac{2}{3 A})$$
 Ec. 3.19

$$M_c = -0.5 N_c + 0.425 \left(\frac{4 X}{3 A} - X^2 - \frac{2}{3 A^2}\right)$$
 Ec. 3.20

$$A = \frac{10}{d - X}$$
 Ec. 3.21

Las ecuaciones correspondientes a los tramos 2 y 3, anteriores, representan las roturas tipo 2. Por otra parte, las ecuaciones presentadas, TRAMOS 1, 2 y 3, representan los estados límites últimos vinculados al pivote 1. Las ecuaciones de estos tramos dependen del recubrimiento de la armadura más traccionada ya que el pivote 1 se define en esta fibra de la sección. Por esta razón el valor de A (curvatura de agotamiento para una posición determinada de la fibra neutra), siempre se define por la misma expresión que corresponde a la rama ascendente de la figura 3.2.a. De la misma forma, los valores límites de dichos tramos se expresan en función de d, el canto útil relativo de la sección.

El TRAMO 4, corresponde a posiciones de la fibra neutra para las que el diagrama de tensiones del hormigón es siempre el parábola-rectángulo completo, ya que la deformación de la fibra más comprimida permanece constante e igual a  $-3.5\%_{00}$ . La validez de este tramo se extiende hasta que la posición de la fibra neutra coincide con el borde inferior de la sección.

Las ecuaciones de este tramo representan los tipos de rotura 3, 4 y 4a, es decir, los estados límites últimos definidos por el pivote 2.

$$N_c = -0,688 \text{ X}$$
 Ec. 3.22

$$M_c = -0.5 N_c - 0.286 X^2$$
 Ec. 3.23

A = 
$$\frac{3.5}{X}$$
 Ec. 3.24

El último tramo, TRAMO 5, corresponde a posiciones de la fibra neutra que estan fuera de la sección, pero en este caso todas sus fibras estan comprimidas. En este tramo, el diagrama de tensiones del hormigón es el rectangular y una parte de parábola ya que las deformaciones pequeñas corresponden a fibras que estan fuera de la sección. La validez de este tramo se extiende hasta que la posición del eje neutro es  $+\infty$  y toda la sección tiene deformación constante e igual a  $-2\%_{oo}$ . Estas ecuaciones representan los tipos de rotura 5 y el estado de compresión simple, es decir, los estados límites últimos definidos por el pivote 3.

$$N_c = -0.121 - 0.567X + 0.425 A (X-1)^2 - 0.071 A^2 (X-1)^3$$
 Ec. 3.25

$$\begin{array}{ll} M_c & = -\ 0.5\ N_c - 0.013 - 0.061\,X - 0.213\,X^2 + 0.142\,A\,(X^3 - 3X + 2) - \\ & -\ 0.018\,A^2\ (X^4 - 6X^2 + 8X - 3) \end{array} \quad \quad \begin{array}{ll} Ec.\ 3.26 \end{array}$$

$$A = \frac{2}{X - 3/7}$$
 Ec. 3.27

Tal como puede verse en la figura 3.2. b, la función  $N_c$  es siempre creciente para posiciones del eje neutro mayores que cero y tiende a un valor asintótico igual a 0,85, que en términos adimensionales representa el estado de compresión simple del hormigón. La función  $M_c$ , en cambio, parte con un valor 0 cuando la posición del eje neutro se situa en el borde superior de la sección y aumenta hasta alcanzar su valor máximo en el tramo 4, que representa el máximo valor del producto entre  $N_c$  y el brazo interno relativo. Luego el valor de  $M_c$  disminuye tendiendo, para valores grandes de la posición del eje neutro, a 0 ya que en esta situación el centro de gravedad del bloque de compresiones y el centro de gravedad de la sección coinciden generándose, por tanto, un brazo interno relativo igual a cero.

Las ecuaciones presentadas son válidas para una sección rectangular con cualquier disposición de armaduras, sometida a esfuerzos de flexión o flexocompresión recta, utilizando el diagrama parábola-rectángulo.

Las ecuaciones anteriores pueden desarrollarse utilizando otro tipo de diagrama tensión-deformación para el hormigón, obteniéndose ecuaciones más simples y con un menor número de tramos.

Estas mismas ideas son aplicables para secciones poligonales en las que se conoce a priori la ley de variación del ancho de la sección. En realidad la sección rectangular es un caso particular de sección poligonal en la que el ancho es constante.

La solución propuesta no resulta adecuada para secciones sometidas a flexión esviada. En este sentido y para una sección rectangular, la ley de variación del ancho de la sección desde la fibra más comprimida a la fibra neutra, depende de la situación del eje neutro en la sección. Intentar obtener un conjunto de ecuaciones homólogas a las presentadas seria muy complicado y posiblemente desmerecería las ventajas que presenta este procedimiento.

Las funciones  $N_{a_1}$ ,  $N_{a_2}$ ,  $M_{a_1}$ ,  $M_{a_2}$ , relativas a las dos capas de armadura existentes en la sección tratada dependen, en general, de su situación en la sección, del diagrama tensión-deformación adoptado para el acero y de la tensión de cálculo correspondiente. En la figura 3.2.c se muestran las funciones  $N_a$  y  $M_a$  correspondientes a la armadura inferior para todo el rango de variación de la posición del eje neutro. En ésta pueden distinguirse cuatro tramos factibles de expresarse analíticamente.

El primer tramo, TRAMO 1, corresponde a posiciones de la fibra neutra para los que la deformación de la armadura es siempre de tracción y mayor o igual a la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado. Este tramo representa el estado de tracción simple y las roturas tipo 1 y 2 definidas por el pivote 1. En este caso la deformación de esta armadura se mantiene constante e igual a 10%. Asimismo representa estados límites últimos definidos por el pivote 2, para los que la deformación de este acero es siempre decreciente.

En este tramo tanto N<sub>a1</sub> como M<sub>a1</sub> tienen valor constante. N<sub>a1</sub> es igual a 1 ya que representa la relación entre la tensión de la armadura y la tensión de cálculo del acero y en todo el tramo la deformación del acero es mayor que la correspondiente al límite elástico por lo que su tensión es igual a la de cálculo.  $M_{a1}$  es constante e igual a Z ya que  $N_{a1}$  es igual a l y Z es la distancia relativa de la armadura al c. de g. de la sección, la cual es constante.

El TRAMO 2, representa estados límites últimos definidos por el pivote 2. En este tramo la deformación puede ser de tracción o compresión pero siempre menor que la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado.

TRAMO 2: 
$$\frac{3,5}{3,5 + E_y} < X \le 1$$
 $N_{a1} = \frac{A (d - X)}{E_y}$ 

Ec. 3.30

 $M_{a1} = N_{a1} Z$ 

Ec. 3.31

A = 
$$\frac{3.5}{X}$$
 Ec. 3.32

El TRAMO 3, representa estados límites últimos definidos por el pivote 3, con deformaciones de la armadura inferior siempre de compresión y menores a la correspondiente al límite elástico del acero utilizado.

TRAMO 3: 
$$1 < X \le \frac{2d - 3 E_y/7}{2 - E_y}$$

$$N_{a1} = \frac{A (d-x)}{E_y}$$
 Ec. 3.33

$$M_{a1} = N_{a1} Z$$
 Ec. 3.34

$$A = \frac{2}{X - 3/7}$$
 Ec. 3.35

Tal como puede observarse las ecuaciones del tramo 2 y 3 son idénticas excepto en la definición de A ya que mientras en el tramo 2 los planos de deformación de agotamiento estan definidos por el pivote 2 en el tramo 3 estan definidos por el pivote 3.

El último tramo, TRAMO 4, representa estados límites últimos definidos también por el pivote 3, con deformaciones de compresión mayores que las correspondientes al límite elástico del acero de la armadura en cuestión. Este tramo sólo se presenta para aceros cuya deformación correspondiente a la tensión del límite elástico es menor que 2%. Entre los aceros disponibles existentes en el mercado sólo se presentaría para el AEH-400.

Este tramo puede no tenerse en cuenta ya que existe una excentricidad mínima a considerar 2 cm o h/20 que corresponde, en general, a valores de posición del eje neutro menores que las que darían origen a dicho tramo. Tal como se aprecia, estas ecuaciones son idénticas a las del tramo 1 pero con distinto signo.

En la figura 3.2 d se muestran las funciones N<sub>a2</sub> y M<sub>a2</sub> correspondientes a los aportes de axil y momentos de la armadura superior, en todo el rango de variación de la posición del eje neutro. En este caso, el número de tramos depende de la tensión de cálculo del acero a

utilizar y del recubrimiento dado a la armadura. Para el acero AEH-400 el más frecuente utilizado en soportes, y recubrimientos relativos normales entre 0.05 y 0.15 se presentan tres tramos.

El primer tramo, TRAMO 1, representa estados límites últimos definidos por el pivote 1 en los que la deformación de la armadura es siempre de tracción y mayor o igual que la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado. Este tramo representa el caso de tracción simple y roturas tipo 1 y las funciones  $N_{a2}$  y  $M_{a2}$  son semejantes a las correspondientes del tramo 1 de la armadura inferior.

TRAMO 1: 
$$-\infty < X \le \frac{10U - E_y d}{10 - E_y}$$

$$N_{a2} = 1$$

$$M_{a2} = -N_{a2} Z$$
Ec. 3.38
Ec. 3.39

El segundo tramo, TRAMO 2, representa estados límites últimos definidos por el pivote 1, para los que la deformación de la armadura puede ser de tracción o compresión pero siempre menor que la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado. En este tramo se representan roturas tipo 1 y 2.

$$\begin{split} \text{TRAMO 2: } & \frac{10U - E_y d}{10 - E_y} < X \leqslant \frac{10U + E_y d}{10 + E_y} \\ & N_{a2} = \frac{A \left( U - X \right)}{E_y} \\ & \text{Ec. 3.40} \\ & M_{a2} = - N_{a2} \ Z \\ & \text{Ec. 3.41} \\ & A = \frac{10}{d - X} \end{split}$$

Para el caso particular del acero AEH-400 y valores de recubrimiento normales, la posición del eje neutro límite de este tramo corresponde a un plano de deformación definido por el pivote 1 y por lo tanto el valor de A está definido por la misma función a lo largo de todo el tramo. Para aceros de mejor calidad, para los que la deformación correspondiente al límite elástico es mayor, puede suceder que el plano de deformaciones de agotamiento para el cual la deformación de la armadura alcanza este valor esté definido por el pivote 2 siendo necesario, en tal caso, desdoblar el tramo 2 descrito definiendo dos funciones diferentes de A.

El TRAMO 3, representa los restantes estados límites últimos posibles definidos, en este caso, por los pivotes 1, 2 y 3 sucesivamente. La deformación del acero es siempre de compresión y su valor es mayor que la correspondiente a la tensión del límite elástico del acero empleado. Estas ecuaciones son semejantes a las del tramo 1 pero de distinto signo.

TRAMO 3: 
$$\frac{10U + E_y d}{10 + E_y} < d \le + \infty$$

$$N_{a2} = -1$$

$$M_{a2} = -N_{a2} Z$$
Ec. 3.43
Ec. 3.44

De esta forma quedan definidos, por tramos, los distintos sumandos que intervienen en las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos.

Ya que cada una de las ecuaciones, relativas al hormigón y a las distintas capas de armadura, tienen sus propios rangos de validez es necesario compatibilizar estos tramos y definir para las ecuaciones de equilibrio sus propios dominios de validez. Debe recordarse que el objetivo de este procedimiento es encontrar expresiones continuas para las ecuaciones generales de equilibrio, definiendo su dominio de validez de forma que se representen los distintos estados límites últimos posibles.

Tal como se muestra en la figura 3.2 las ecuaciones generales de equilibrio pueden definirse mediante ocho conjuntos de ecuaciones. Los valores de posición del eje neutro límites para cada dominio, también mostrados en la figura, corresponden en cada caso a una de las posiciones límites del eje neutro ya indicada en los límites de los tramos de las ecuaciones del hormigón o de las armaduras.

Para el caso estudiado, los primeros 5 dominios (I a V) representan las ecuaciones de equilibrio correspondientes a los estados límites últimos definidos por el pivote 1. Las ecuaciones correspondientes a los dominios VI y VII corresponden a los estado límites últimos definidos por el pivote 2. Finalmente, las ecuaciones del dominio VIII corresponden a los estados límites últimos definidos por el pivote 3.

A partir de las ecuaciones de equilibrio, así expresadas, la determinación del diagrama de interacción de una sección es inmediata. El procedimiento a seguir consiste en valorar las ecuaciones de equilibrio, para distintas posiciones del eje neutro, cubriendo todo su rango de valores posibles.

Para el caso del dimensionamiento estricto, donde se tienen por incognitas la cuantía y profundidad del eje neutro, la solución consiste en resolver un sistema de dos ecuaciones con dos incognitas. Para cada sistema de ecuaciones, correspondiente a un dominio de valores de posición del eje neutro, se despeja la posición del eje neutro de una de ellas y su valor se sustituye en la otra obteniendo directamente la cuantía estricta.

Para el caso particular tratado (sección rectangular con armadura simétrica en caras opuestas, utilizando acero AEH-400 y un recubrimiento relativo h'/h = 0,1), la resolución del sistema de ecuaciones para los distintos dominios enumerados da lugar a las expresiones siguientes:

DOMINIO I: 
$$-\infty \le X \le -0.073$$

$$O = M$$
 Ec. 3.45

$$W = N$$
 Ec. 3.46

DOMINIO II:  $-0.073 < X \le 0.000$ 

$$O = (5,887 \text{ M} + (1,645 \text{ N}) \text{ X} + 1,299 \text{ M} - 0,119 \text{ N}$$
 Ec. 3.47

$$W = \frac{3,55 \text{ N}}{1,775 + A(0,1 - X)}$$
 Ec. 3.48

DOMINIO III: 0,000 < X ≤ 0,150

$$O = 4,504 X^{5} + 6,328 X^{4} - (1,413 M + 0,395 N - 3,681) X^{3} + (2,855 M + 0,682 N - 0,706) X^{2} - (1,706 M + 0,268 N) X + 0,253 M - 0,023 N$$
Ec. 3.49

$$W = \frac{3,55 \text{ N} + 1,509 \text{ A } X^2 - 0,251 \text{ A}^2 \text{ X}^3}{1,775 + \text{A } (0,1 - \text{X})}$$
 Ec. 3.50

DOMINIO IV: 
$$0.150 < X \le 0.221$$

$$O = 8,557 \text{ X}^3 - 6,411 \text{ X}^2 + (17,662 \text{ M} + 4,935 \text{ N} + 2,549) \text{ X} - 3,896 \text{ M} + \\ + 0,358 \text{ N} - 0,127 \text{ Ec. } 3.51$$

$$W = \frac{3,55 \text{ N} + 3,017 \text{ X} - 2,012/\text{A}}{1,775 + \text{A}(0,1 - \text{X})}$$
 Ec. 3.52

DOMINIO V:  $0,221 < X \le 0,233$ 

$$O = 2,56 \text{ X} + 2,824 \text{ N} - 0,144$$
 Ec. 3.53

$$W = 1,063 \times (X - 1) + 0,708 (1 + A - 2 \times A^2)/A^2 + 2,5 M$$
 Ec. 3.54

DOMINIO VI: 0,233 < X < 0,597

$$O = 0,275 \text{ X} + 0,4 \text{ N}$$
 Ec. 3.55

$$W = 0.716 X^2 - 0.86 X + 2.5 M$$
 Ec. 3.56

DOMINIO VII: 0,597 < X ≤ 1

$$O = 0,754 \text{ X}^3 - 1,595 \text{ X}^2 + (2,637 \text{ M} - 0,345 \text{ N} + 0,975) \text{ X} - 1,575 \text{ M} + 0,630 \text{ N}$$
  
Ec. 3.57

$$W = \frac{3,55 \text{ N} + 2,443 \text{ X}}{\text{A}(0,9 - \text{X}) - 1,775}$$
 Ec. 3.58

DOMINIO VIII: 1 < X < + ∞

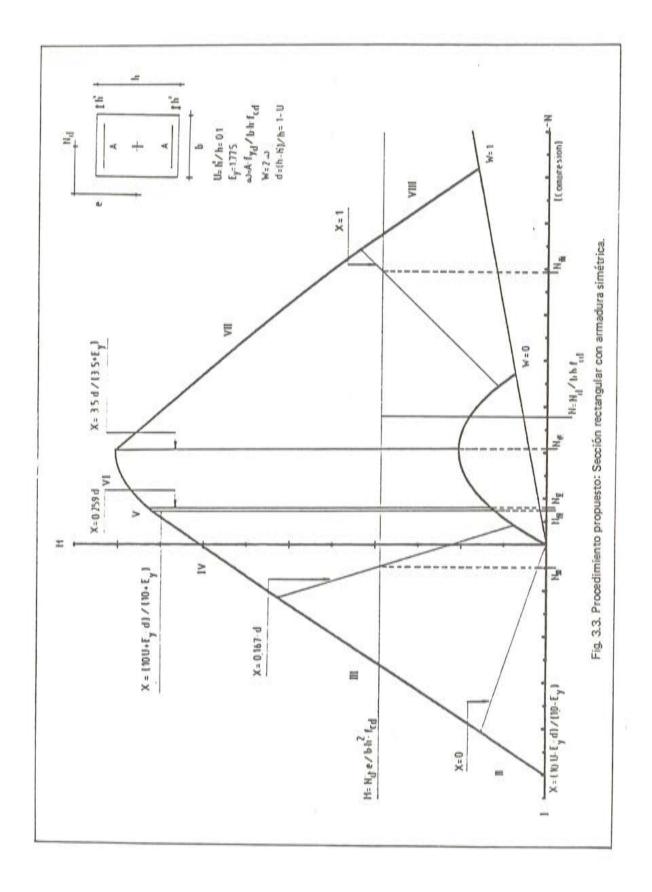
$$O = (1,066 \text{ M} - 0,025 \text{ N} - 0,022) \text{ X}^3 - (1,637 \text{ M} - 0,139 \text{ N} - 0,118) \text{ X}^2 + (0,816 \text{ M} - 0,105 \text{ N} - 0,108) \text{ X} - 0,133 \text{ M} + 0,022 \text{ N} + 0,026$$
 Ec. 3.59

$$W = \frac{3,55 \text{ N} + 0,431 + 2,012 \text{ X} - 1,509 \text{ A} \text{ X}^2 + 3,017 \text{ A} \text{ X} - 1,509 \text{ A}}{\text{A} (0,9 - \text{X}) - 1,775} +$$

$$+ \frac{0,251 \text{ A}^2 \text{ X}^3 + 0,754 \text{ A}^2 \text{ X} (1-\text{X}) - 0,251 \text{ A}}{\text{A} (0,9-\text{X}) - 1,775}$$
 Ec. 3.60

Tal como se ha indicado en la Introducción, el usuario debe disponer de algún procedimiento que le permita identificar el grupo de ecuaciones que debe utilizar. En otras palabras, para el dimensionamiento directo se dispone solo del axil y del momento solicitantes y debe poder conocerse a priori entre qué valores de X se encontrará el que define la posición de la fibra neutra correspondiente al estado límite último que agota la sección para los esfuerzos solicitantes existentes.

En la figura 3.3 se indica el procedimiento propuesto, en flexión compuesta, para identificar el sistema de ecuaciones a aplicar. En dicha figura, se han representado los diagramas de interacción correspondientes a las cuantías: W=0 y W=1, y las rectas representativas de



las posiciones del eje neutro límites para cada uno de los dominios. Conocidas las coordenadas de dos puntos de cada una de estas rectas, como pueden ser las pertenecientes a los diagramas de interacción dibujados, por ejemplo, es posible determinar la ecuación que relaciona M y N para distintas posiciones de eje neutro constante. En el caso estudiado, estas ecuaciones son las que se definen a continuación:

N = 10,870  M	X = 0,000	Ec. 3.61
N = 1,135 M - 0,128	X = 0,150	Ec. 3.62
N = -0.149	X = 0.221	Ec. 3.63
N = -0.161	X = 0.233	Ec. 3.64
N = -0.411	X = 0.597	Ec. 3.65
N = -3,728  M - 0,473	X = 1,000	Ec. 3.66

Para unos valores cualesquiera de M y N solicitantes y a partir de las ecuaciones 3.61 a 3.66 anteriores, se pueden determinar los valores de axil correspondientes a las distintas posiciones límite de eje neutro. Luego, comparando el axil solicitante con estos axiles límites, se identifica el sistema de ecuaciones a utilizar en el dimensionamiento.

En el ejemplo mostrado en la figura 3.3, la línea horizontal representativa del momento solicitante intersecta a las distintas rectas de profundidad del eje neutro constante en sendos puntos cuyo axil se ha indicado en la figura. Ya que el axil solicitante está comprendido entre los axiles correspondientes a los límites del tramo VII, las ecuaciones a utilizar son justamente las de este tramo.

Lamentablemente, de esta forma sólo se pueden conocer los valores entre los que se encontrará la profundidad de la fibra neutra que define el estado límite último para un caso determinado pero no el valor exacto de ésta, el cual facilitaría aún más el procedimiento. Los autores han estudiado la posibilidad de determinación de la posición del eje neutro dados los valores de esfuerzos solicitantes sin poder obtener conclusiones.

En términos generales, el procedimiento operativo a seguir para el dimensionamiento directo consiste en:

- a) Obtener los valores de esfuerzos solicitantes, reducidos.
- Con estos valores y las ecuaciones 3.61 a 3.66 se determinan los axiles que identifican los distintos tramos.
- Se compara el axil solicitante con los axiles límites y de esta forma se identifican las ecuaciones a utilizar.
- d) Con las ecuaciones correspondientes (Ec. 3.45 a 3.60), se calcula la posición del eje neutro y luego el valor de la cuantía estricta de dimensionamiento.

#### 4. CONCLUSIONES

 El procedimiento propuesto constituye una solución efectiva para el dimensionamiento directo de secciones con ordenador.

Respecto al método de dimensionamiento analítico, especialmente idónea para ordenadores, resulta más rápido, ya que plantea un proceso directo sin iteracciones lo que representa una ventaja importante.

Respecto a las fórmulas simplificadas, presenta la ventaja de adaptarse a las hipótesis generales de cálculo de secciones y por tanto representa una solución más ajustada al sentido físico del problema.

- Los algoritmos presentados, según el procedimiento propuesto, constituyen una solución particularmente idóneo para el proyecto automático de estructuras con ordenadores en general, y ordenadores personales o calculadoras programables en particular.
  - En este tipo de programas, el dimensionamiento de secciones es un problema que debe resolverse con precisión, corto tiempo de cálculo y poco consumo de memoria.
- 3) El procedimiento propuesto puede desarrollarse para otros casos —secciones de hormigón pretensado, etc.— utilizando los mismos criterios explicados. Requiere un esfuerzo relativo en la formulación matemática del problema, pero constituye una solución de características adecuadas para el tratamiento con ordenadores.
- 4) El procedimiento propuesto permite, en todo momento, tener un control sobre los parámetros físicos del problema, especialmente la posición del eje neutro. Su uso adecuado permite el dimensionamiento incluyendo criterios de ductilidad para las secciones estudiadas.

#### 5. REFERENCIAS

- CEB/FIP. Recomendations Internationales pour le calcul et l'execution des ouvrages en beton. París (1970).
- INSTITUTO EDUARDO TORROJA. Instrucción HA-61 especial para estructuras de hormigón armado. Madrid (1961).
- CEB. Recommandetions practiques unifiées pour le calcul et l'execution des ouvrages en beton armé. París (1964).
- H. RUSH, E. GRASSER y P. RAO. Principes de calcul du beton armé pour des etats de contraintes monoaxiaux. Bulletin d'Information n.36. CEB París (1962).
- F. MORAN. Cálculo de secciones de hormigón armado sometidas a solicitaciones que producen tensiones normales en estado límite último de rotura o de deformación plástica excesiva. Tesis presentada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Madrid (1971).
- F. MORAN. Cálculo de secciones de hormigón armado sometidas a tensiones normales en estado límite último, Monografía 304. Instituto Eduardo Torroja. Madrid (1972). (Publicada en Inglés en el Bulletin d'Information n. 83 del CEB).
- CEB/FIP. Manual on bending and compression. Bulletin d'Information n. 141. París (1982).
- H. CORRES. Dimensionamiento de soportes esbeltos de sección constante de hormigón armado en estado límite último de agotamiento o inestabilidad. Método de las curvaturas de referencia. Tesis presentada a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, Madrid (1980).

### Planteamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado y tendencias futuras de la normativa (\*)

Juan Murcia Vela Dr. Ing. de Caminos Catedrático de Hormigón E.T.S.I.C.C.P.—U.P.B

#### INTRODUCCION

Antes de entrar en el análisis de la materia que nos ocupa, "Tratamiento conjunto del hormigón armado y el hormigón pretensado", vale la pena realizar alguna reflexión sobre la naturaleza de lo que, comunmente, se entiende por hormigón pretensado.

¿Por qué el hormigón pretensado, comunmente entendido, es la técnica del hormigón pretensado mediante armaduras de acero tesas (armaduras activas), si existen otras diversas formas de pretensar hormigón, esto es, de realizar hormigón pretensado?

En realidad, esta técnica confiere una serie de efectos fundamentales, además del efecto "activo", propio del pretensado, el cual, para el caso de las estructuras de hormigón, consiste básicamente en la precompresión de este material (mejorando las condiciones de utilización o de servicio). Estos efectos son:

- El efecto "pasivo" de las armaduras activas en las zonas críticas traccionadas, similar al de las armaduras (pasivas) de las estructuras de hormigón armado (efecto fundamental en condiciones cercanas a rotura).
- El efecto "duradero" del pretensado a lo largo del tiempo, si bien con ciertas pérdidas admisibles, si se utilizan calidades adecuadas de acero para las armaduras activas.
- El efecto de "cosido" (activo), tan decisivo en el desarrollo de nuevas técnicas constructivas dentro de las estructuras de hormigón.

Aparte de todo lo anterior, esta técnica de armaduras activas resulta independiente de todo elemento o dispositivo externo a la estructura, una vez realizado convenientemente el pretensado de la misma.

En función de lo que antecede, el hormigón pretensado trasciende con mucho al hormigón armado y, como comentaremos más adelante, lo engloba. Pero volvamos al hilo de nuestro razonamiento.

Siendo el hormigón pretensado, según su acepción común, una técnica estructural cuyos materiales básicos son, al igual que en el hormigón armado, hormigón y armaduras de acero, surge una pregunta que ya entra de lleno en nuestro asunto:

<sup>(\*)</sup> Conferencia pronunciada en Zaragoza, en mayo de 1983, dentro de un curso organizado por el Colegio de Ingenieros de Caminos.

¿Por qué no tratarlo conjuntamente con el hormigón armado?, en la medida de lo posible, se entiende, ya que de entrada se sabe que, aun siendo los mismos los materiales utilizados en ambas técnicas, existen diferencias en sus calidades, especialmente en los aceros.

Así, en efecto, como es bien sabido, puede establecerse el siguiente esquema de implicaciones:

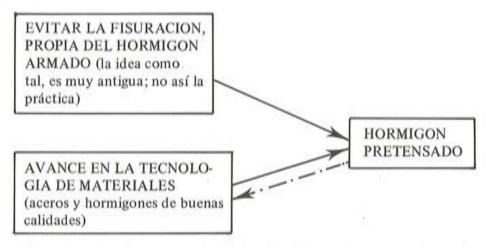


La primera implicación (\*) se basa en la inadecuación de los aceros de alta resistencia para ser utilizados en hormigón armado, por la fisuración excesiva que de ello se derivaría. Este problema no se produce en hormigón pretensado, como es bien sabido, adecuándose perfectamente tales aceros a esta técnica, en la que buena parte de la resistencia del acero es empleada, precisamente, para pretensar. Por otra parte, el uso de aceros de alta resistencia comporta, asímismo, el de hormigones de mayor resistencia.

La segunda implicación (←) se basa en que, por causa de las deformaciones diferidas de retracción y de fluencia del hormigón, la predeformación de las armaduras activas (y, en consecuencia, la tensión, al ser el módulo E<sub>s</sub> de los aceros prácticamente constante) debe ser grande, para que el porcentaje de pérdidas por deformación (retracción y fluencia) y, por tanto, de pérdidas de pretensado, se reduzca hasta cotas técnicamente admisibles; lo que exige, por consiguiente, la utilización de aceros de alta resistencia. En cuanto al hormigón, y aparte de lo ya comentado más arriba respecto al paralelismo en cuanto a calidades con el acero, debe tenerse en cuenta la existencia de las precompresiones propias del pretensado; lo que redunda en una exigencia de mayores resistencias.

Volviendo a la anterior pregunta (¿Por qué no tratar conjuntamente al hormigón armado y el hormigón pretensado?), hay que remarcar que ésta nos la hacemos aquí y ahora, cuando ha pasado medio siglo largo desde la aparición del hormigón pretensado como tal; y ésto no es fortuito puesto que, por un lado, hoy sabemos mucho más sobre el hormigón armado y, ni que decir tiene, sobre el hormigón pretensado; de otro lado, no debemos olvidar que el hormigón pretensado nació en contraposición al hormigón armado, para evitar, sobre todo, la fisuración propia del mismo.

En este sentido, la génesis del hormigón pretensado puede esquematizarse de la siguiente forma:



La causa primaria, como se ha dicho, fue el deseo de evitar la fisuración propia del hormigón armado. Otra causa, más coyuntural aunque no menos importante en la práctica, fue la aparición paulatina de aceros y hormigones de más altas resistencias (impropias, como se

ha visto, para ser utilizadas en hormigón armado y no así en hormigón pretensado). Existe una ligazón entre ambas causas, ya que, precisamente, fue la no utilización de aceros de alta resistencia lo que llevó al fracaso de los primeros intentos para evitar la fisuración tesando las armaduras sobre el hormigón (implicación ← . −.− del segundo esquema, comentada ya en el primero).

Esta contraposición, en el origen, del hormigón armado y del hormigón pretensado, influyó evidentemente en el tratamiento separado, cuando no divergente, de ambas técnicas, reflejándose en todas las vertientes, tales como la literatura, la normativa, la práctica profesional o la enseñanza.

La frase "... nos encontramos ante un nuevo material estructural...", que hoy tomamos como una verdad relativa, susceptible de matización dentro de un marco de referencia histórica y, al menos, necesaria de matizar, se enunciaba en los comienzos del hormigón pretensado con la rotundidad de lo absoluto y definitivo.

Aquí y ahora, sabemos ya bien que el hormigón armado y el hormigón pretensado son técnicas complementarias en la construcción.

#### **ANTECEDENTES**

Pasemos a revisar los antecedentes del tratamiento conjunto del hormigón armado y del hormigón pretensado.

Por lo que se refiere a la *normativa*, en el sexto congreso de la F.I.P. (Fédération Internationale de la Précontrainte), celebrado en Praga en 1970, fueron presentadas las "C.E.B.—F.I.P. International Recommendations for the Design and Construction of Concrete Structures", elaboradas en torno a un Comité Conjunto de la F.I.P. y del C.E.B. (Comité Européen du Béton; hoy día, Comité Euro-International du Béton).

Anteriormente a esto, el C.E.B. había elaborado unas "Recommendations for an International Code of Practice for Reinforced Concrete" (1964) y, por otro lado, fueron presentadas al quinto congreso de la F.I.P. de París (1966) unas "F.I.P.—C.E.B. Recommendations for the Design and Construction of Presstressed Concrete Structures".

Con posterioridad al precedente que constituyen las Recomendaciones del C.E.B.—F.I.P. de 1970, en lo que atañe al tratamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado, ha aparecido el "Código Modelo C.E.B.—F.I.P. para las estructuras de hormigón" (existe una reciente versión en castellano, editada por el Instituto Eduardo Torroja), presentado y aprobado, por parte del C.E.B., en su Asamblea General de Granada (1977) y, por parte de la F.I.P., en su octavo congreso de Londres (1978). El citado código no sólo continúa y profundiza dicho tratamiento conjunto en lo que afecta a las estructuras de hormigón, sino que incorpora una primera parte, el Volumen I, (el Volumen II es, estrictamente, el Código Modelo), "Reglas unificadas comunes a los diferentes tipos de obras y de materiales", que es el producto de la labor de un Comité Conjunto Inter-Asociaciones para la seguridad de estructuras, coordinado y dirigido por el C.E.B., con la perspectiva de armonizar ya los diferentes reglamentos europeos de la construcción para los distintos materiales estructurales.

Se aprecia así que, en lo que atañe a la normativa, los antecedentes en cuanto a tratamiento conjunto son europeos. En este sentido, el código americano "A.C.I.318-77-R. Building Code Requirements for Reinforced Concrete", dedicado básicamente a hormigón armado, incluye un capítulo específico de hormigón pretensado; si bien, en algunos temas, apunta un cierto tratamiento conjunto.

En cuanto a la *literatura*, puede decirse que los libros que realizan un cierto tratamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado están en clara minoría y, aún así, en ellos tal tratamiento suele ser más bien formal que real, limitándose casi a una yuxtaposición, más que a una integración, de lo relativo a hormigón armado y a hormigón pretensado.

Respecto a la *enseñanza*, el tratamiento que se viene dando hasta la fecha es claramente separativo. Se comienza por el hormigón armado, tendiéndose, eso sí, a no repetir en el hormigón pretensado temas claramente comunes.

En lo que atañe a tratamiento conjunto, podemos comentar, de primera mano, nuestra experiencia reciente en la Cátedra de Hormigón de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona (Universidad Politécnica de Barcelona). La idea de este planteamiento conjunto docente, se remonta más o menos hacia mitad de los años setenta, quedando plasmada, como proyecto aún sin concretar, en nuestra Memoria al concurso-oposición para Profesor agregado de Hormigón (Febrero 1977). Fue más tarde, aprovechando la elaboración de un nuevo Plan de Estudios en la citada Escuela (que reducía, por otro lado, las horas lectivas de las asignaturas de Hormigón respecto al plan entonces vigente), cuando dicho proyecto se hizo realidad, con la intención de que, al empezar a ponerse en marcha el plan nuevo, el tratamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado que queríamos implantar con él en la Cátedra tuviera ya un cierto rodaje.

Y así, este tratamiento conjunto se comenzó, para la asignatura "Hormigón Armado y Pretensado I" (curso general correspondiente al cuarto año de la carrera), a partir del curso académico 1979-80; y, a partir del siguiente, 1980-81, para la asignatura "Hormigón Arma - do y Pretensado II" (curso de especialidad correspondiente al quinto o sexto año, según el nuevo plan). (\*)

En un análisis rápido de las ventajas que ésto puede reportar, podrían recogerse las siguientes:

- Evita repeticiones de temas comunes (filosofía de cálculo, seguridad, gran parte de materiales, control, fases comunes de construcción, etc., etc., etc.), lo que conduce a una sintetización en tiempo.
- Resulta más coherente desde un punto de vista docente, en la medida que un enfoque hacia la enseñanza requiere, generalmente, un mayor énfasis en la sistematización y la concatenación lógica, especialmente si se insiste en el carácter formativo además del informativo. En definitiva, permite una sintetización en planteamiento.
- Los planes de estudio, por causa de lo que genéricamente se entiende por avances del conocimiento, cada vez tienden a estar más cargados; por lo que se precisa, aparte de una depuración en la elección y en el desarrollo de los temas, de ese esfuerzo de síntesis.

En contrapartida, las limitaciones que parecen apuntarse, aparte de las que llamaríamos "ambientales", esto es, enmarcadas por la tradición histórica, la mentalidad, la práctica profesional, etc..., son:

- Estado de la literatura y de la normativa (en el caso de España: Instrucciones EH-82 y EP-80).
- Alguna mayor dificultad de asimilación, al principio, respecto al planteamiento por separado, detectada por nosotros en la asignatura "Hormigón Armado y Pretensado, I"; no así una vez cursada buena parte de ella y, posteriormente, en "Hormigón Armado y Pretensado II" (No obstante, esta conclusión puede ser provisional, en la medida que ello sean en buena parte debido al propio rodaje y puesta a punto del nuevo planteamiento).

No ha lugar, ni es ocasión, de entrar aquí en más detalles sobre esta experiencia docente. Unicamente añadiremos que nuestra concepción integradora del hormigón armado y el hormigón pretensado, no se reduce, en la práctica, a la enseñanza, sino que es global, alcanzando también la labor de investigación y, en particular, el planteamiento de la línea de in-

(\*) Como información complementaria, en el Anejo que aparece al final del presente artículo, se incluyen los programas detallados de las asignaturas "Hormigón Armado y Pretensado II", de la E.T.S.I.C.C.P., U.P.B.

vestigación más importante de nuestra Cátedra, hasta la fecha, sobre análisis de estructuras de hormigón. (\*)

### TENDENCIAS FUTURAS DE LA NORMATIVA

Pasando ahora a lo que puede ser el futuro de la normativa española en cuanto a la posibilidad real del planteamientp conjunto que venimos comentando, esto es, acerca de la unificación de las Instrucciones EH y EP, parece claro que, dada su estructuración actual, cabría formalmente tal unificación, puesto que gran parte de los temas cubiertos en dichas Instrucciones, la hacen posible, bien porque prácticamente coinciden o bien por admitir una clara síntesis (que en unos casos pueden ser por integración y en otros por yuxtaposición). Entre estos temas cabe mencionar los siguientes:

- materiales
- ejecución
- control
- concepto y clasificación de estados límites
- seguridad
- acciones
- estados límites últimos:
  - equilibrio
  - rotura por solicitaciones normales (flexocompresión)
  - rotura por solicitaciones tangenciales (cortante y torsión)
- estados límites de utilización:
  - fisuración (descompresión, aparición de fisuras y fisuración controlada)
  - deformación.

Como ejemplo concreto de lo anterior, puede tomarse el relativo al estado último de rotura o agotamiento por esfuerzo cortante, cuya posible síntesis es en la actualidad mucho más clara que antes, con la inclusión de la regla de cosido (tanto en la EH-82 como en la EP-80), de la cual se pueden extraer expresiones particulares para el hormigón armado y para el hormigón pretensado. Ello no era así, en la situación de la EH-73 y la EP-77, puesto que no existía ese nexo común.

Lo que queremos plasmar con ésto no es que ahora pueda llegarse sin más a una síntesis perfecta, ni siquiera en este tema del cortante, puesto que esta síntesis, unificación, tratamiento conjunto o como quiera llamarse, es un proceso, como insistiremos más adelante; lo importante es destacar que las condiciones para ello van evolucionando positivamente y que, en ciertos temas concretos, es posible ya realizar sin dificultad *una* síntesis (no *la* síntesis).

Sin embargo, existen algunas limitaciones, en la actualidad, para la unificación de la normativa española, entre ellas:

- La propia novedad de la Instrucción de hormigón pretensado EP-80 (que coincide prácticamente con la Instrucción original y primaria, que fue la EP-77).
- El hecho de que el hormigón pretensado ha penetrado desigualmente en los diferentes ámbitos de la construcción en España.

Es difícil hacer augurios y tampoco se trata de ello en estos momentos. En todo caso, el paso hacia la unificación está ligado a la Comisión Permanente del Hormigón, en cuyo seno nos consta que la idea de la unificación, como tal y más o menos en abstracto, se ha planteado.

<sup>(\*)</sup> Véase: "Análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado". J. Murcia y A. Aguado. Informes de la Construcción. Nº 350. Madrid, 1983.

Lo que sí puede afirmarse es que un mayor rodaje de la norma EP-80 parece medida prudente, máxime si se llega incluso a dar tiempo a que (como ocurrió con la Instrucción de hormigón en masa o armado, en sus versiones EH-68, EH-73 y EH-80) pueda ser revisada.

Lo que también puede afirmarse, en general, es que la integración, la síntesis en definitiva, en el conocimiento (y, por extensión, en la aplicación del mismo), es buena, siempre que se haga en su momento y no prematuramente; por lo demás, resulta necesaria.

En cuanto a la unificación en el tratamiento del hormigón armado y el hormigón pretensado, es evidente que se trata de un proceso dialéctico en el que podrían existir factores de "arranque" y catalizadores. La docencia y por extensión la literatura, bajo dicho planteamiento ¿podría constituir ese factor de arranque en España?. Muy posiblemente, pero sólo en la medida en que esa práctica fuera más bien la regla que la excepción. (En este sentido, resulta evidente que no nos consideramos, en función de nuestra práctica docente antes comentada, ningún factor de arranque ni nada por el estilo; por otro lado, el método concreto de realizar este tratamiento conjunto sería, por supuesto, objeto de discusión). Es presumible que la unificación en la docencia y en una parte de la literatura, sirviera para lograr una mayor difusión del hormigón pretensado, aumentando la permeabilidad hacia esta técnica en todos los ámbitos de la construcción; lo que a su vez facilitaría la unificación de la normativa.

En relación con lo anterior, parece oportuno comentar que, de cara a la docencia, el planteamiento conjunto dado a las enseñanzas de hormigón, puede resultar tanto más interesante en cuanto que éstas se inscriban en asignaturas de estructuras o de construcción en general, junto con otros materiales estructurales. En este supuesto, la síntesis se haría aún más necesaria. A este respecto, conviene recordar que, aparte de las Escuelas de Ingenieros de Caminos, no existen cátedras específicas de hormigón en el resto de las enseñanzas técnicas.

Debido a que, en su caso, sería preciso recorrer un camino hasta la total unificación del hormigón armado y el hormigón pretensado, no importa que para iniciarlo nos encontremos hoy todavía lejos de esa concepción perfectamente lógica sobre la materia (que está en la mente de muchas personas relacionadas profesionalmente con el hormigón) y que, abreviadamente, se enuncia así:

"El hormigón armado es un caso particular del hormigón pretensado; precisamente, el que corresponde a pretensado nulo  $(P \equiv 0)$ ".

Y nos encontramos lejos, porque esta concepción es, por el momento, sólo una idea, sin ninguna concreción ni alcance práctico; pero, precisamente por ello, puede tener un papel de adecuado cauce teórico dentro del cual enmarcar el camino concreto (la práctica) hacia la unificación, cuya consecución se completaría en la medida en que aquella concepción fuera un hecho.

Tal vez, entonces, ni siquiera se hable de las estructuras de hormigón pretensado, como englobando al conjunto (y, en particular, al hormigón armado, como se ha dicho) sino que, con una perspectiva más amplia, se hable de las estructuras de hormigón con armaduras de acero, con todas sus modalidades posibles. E incluso, yendo más allá, tanto hormigón como acero, se extrapolen hacia una gama de materiales más amplia, que los trascienda, y dentro de la cual se inscriban a su vez como casos particulares.

En 1978, en unos apuntes docentes, escribíamos: "En la actualidad, la tendencia es, por el contrario, a la unidad en la consideración de ambas técnicas (hormigón armado y hormigón pretensado) como partes de una técnica común: el hormigón con armaduras de acero, desde un tesado completo de las mismas hasta un tesado nulo (hormigón armado). Una vez más, el paso del tiempo, y la mejor comprensión de las cosas con él, ha dado lugar a la síntesis". Confiemos que ésto, que reflejaba más bien una esperanza (a la que después se ha añadido una práctica, que constituye una apuesta de futuro), se haga realidad.

#### ANEJO

# PROGRAMAS DE LA ASIGNATURA "HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO" EN LA E.T.S.I.C.C.P. DE LA U.P.B.

# Hormigón Armado y Pretensado - I

### INTRODUCCION

- ¿Qué es el hormigón armado? Origen de su utilización. Disposición cualitativa de las armaduras. Mecanismo de trabajo y condiciones químicas, físicas y mecánicas que lo hacen posible: efectos adherencia y anclaje. Fisuración.
- ¿Qué es el pretensado? Hormigón pretensado. Origen de su utilización. Tipos de pretensado. Terminología. Breve historia del hormigón armado y del hormigón pretensado.

# PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL)

## A. - BASES DE CALCULO

#### ESTADOS LIMITES Y SEGURIDAD

- 3. ESTADOS LIMITES. Definición y clasificación; clases de comprobación respecto a a fisuración. INTRODUCCION A LA SEGURIDAD. Causas de inseguridad. Planteamientos determinista y probabilista de los estados límites.
- Distribuciones de solicitación, S, y resistencia, R. Probabilidad de colapso, P<sub>f</sub>. Valores medios y características. Coeficientes de seguridad. Perspectiva histórica.
- Influencia de la probabilidad de colapso, P<sub>f</sub>, y del control, sobre los coeficientes de seguridad, en la EP-80 y en la EH-82. Criterios para la determinación de P<sub>f</sub>.

## **MATERIALES**

- 6. ACEROS. Armaduras activas y pasivas; tipos y presentación. Diagrama tensión-deformación. Límite elástico y módulo de elasticidad, E<sub>s</sub>. Resistencia de cálculo. Relajación de armaduras activas. Corrosión bajo tensión de las mismas.
- 7. Tipos de aceros por fabricación. Tipificación de calidades. HORMIGONES. Resistencia a compresión; resistencias mínimas; tipificación de calidades. Resistencia a tracción. Diágrama tensión-deformación. Valores de cálculo. Deformación última.
- 8. Cansancio del hormigón. Módulo de deformación E<sub>c</sub>. Deformaciones atensionales: Retracción; fenomenología, afectos que produce y cálculo de esta deformación.
- Deformaciones tensionales: Fluencia; fenomenología, efectos y cálculo. Coeficientes de Poisson, ν, y de dilatación térmica, α.

# ANALISIS ESTRUCTURAL Y ESTADO LIMITE DE EQUILIBRIO

- 10.Introducción al análisis estructural del pretensado. Cargas y esfuerzos de pretensado. Cálculo de esfuerzos isostáticos de pretensado. Relación entre cargas y esfuerzos de pretensado.
- 11. Pérdidas instantáneas de pretensado: por rozamiento, penetración de cuñas, anclajes, acortamiento elástico del hormigón. Factores que influyen y cálculo de las mismas. Cálculo de los alargamientos de tesado.
- 12. Pérdidas diferidas de pretensado por retracción, fluencia y relajación. Fenomenología e interdependencia entre ellas. Fórmulas simplificadas. Fórmula de pérdidas por retracción y fluencia, con hipótesis de variación lineal de la fuerza de pretensado.
- 13. Análisis de secciones con armaduras adherentes, a partir de áreas de secciones netas y homogeneizadas. Estado límite de neutralización; definición y concepto; cálculo de la fuerza de neutralización; significado en los casos de armaduras pretesas y postesas.
- 14. ACCIONES. Clasificación por su origen y en relación al análisis estructural. Valores característicos para el cálculo. Criterios de combinación de acciones ponderadas. Hipótesis que deben considerarse.
- 15. ESTADO LIMITE DE EQUILIBRIO. Generalidades. Recapitulación de combinación de acciones ponderadas; criterio más desfavorable y comprobación del estado límite de equilibrio. ANALISIS ESTRUCTURAL. Consideraciones generales respecto a las estructuras de piezas prismáticas; Análisis lineal; luces e inercias de cálculo; comentarios sobre la adecuación y limitaciones del análisis lineal en estructuras de hormigón.

#### RECAPITULACION (I)

16. El hormigón armado, el hormigón pretensado y la calidad de los materiales. Ventajas e inconvenientes relativos de ambas técnicas. Nociones sobre sus respectivos campos de aplicación. Descriptiva de las respectivas aplicaciones.

# PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL) (Continuación)

# B. - ESTADOS LIMITES

- 17. ESTADO LIMITE DE DESCOMPRESION. Clase I o pretensado total. Antecedentes históricos: Teoría clásica de cálculo en hormigón pretensado y situación actual. Dimensionamiento del pretensado: Fuerza de pretensado, P, en las secciones críticas.
- 18. Cálculo del núcleo límite de elementos lineales de hormigón pretensado. Disposición del trazado de las armaduras activas. Rendimiento de una sección. Comentarios sobre el cálculo en clase II y estado límite de aparición de fisuras.

# ESTADOS LIMITES ULTIMOS DE AGOTAMIENTO BAJO SOLICITACIONES NORMALES

- 19. Introducción. Descriptiva del comportamiento hasta rotura de secciones de hormigón armado y pretensado bajo solicitaciones simples o combinadas de flexión, compresión y tracción. Influencia de la cuantía de armaduras: armaduras, supracrítica, crítica e infracrítica. Perspectiva histórica: teoría clásica y cálculo en rotura.
- 20. Bases de cálculo. Diagramas de cálculo tensión-deformación para acero y hormigón. Dominios de deformación de una sección en rotura. Otras hipótesis básicas. Diferencias entre hormigón armado y hormigón pretensado. Obtención de los diagramas de interacción.
- 21. Diagramas de interacción en dos y tres dimensiones (M<sub>dx</sub>-M<sub>dy</sub>-N<sub>d</sub>). Propiedades. Diagramas prácticos para dimensionamiento y comprobación de secciones en flexocompresión-tracción recta y esviada.
- 22. Cálculo de secciones en flexo-compresión-tracción recta y esviada. Métodos de comprobación. Métodos de dimensionamiento. Diagramas de interacción, programas de ordenador, tablas y fórmulas.
- 23. Métodos aproximados para flexo-compresión recta: Método del momento tope; hipótesis específicas; profundidades tope y límite; comprobación y dimensionamiento de secciones; fórmulas para secciones rectangulares.
- 24. Método del diagrama rectangular; hipótesis específicas y campo de aplicación. Crítica general de métodos aproximados. Métodos aproximados para flexo-compresión esviada: Método de la EH-82; justificación y distribución de armaduras que supone. Otros métodos aproximados.
- 25. Disposiciones de armaduras y armaduras mínimas. Tratamiento de casos prácticos particulares: compresión simple o compuesta. Comportamiento de piezas zunchadas: descriptiva, cálculo y disposición de armaduras.

# ESTADOS LIMITES ULTIMOS DE AGOTAMIENTO BAJO SOLICITACIONES TANGENCIALES

- 26. ESFUERZO CORTANTE. Introducción. Regla de cosido; hipótesis, desarrollo del cálculo y expresiones. Descriptiva del comportamiento a flexión-cortante de elementos lineales de hormigón armado.
- 27. Teoría de la celosía de Ritter-Mörsch; hipótesis del modelo, aplicación de la regla de cosido y expresiones. Confrontación con los resultados experimentales y modificaciones de la teoría. Resistencias a cortante, por compresión, V<sub>u1</sub>, y por tracción V<sub>u2</sub>, (fórmula aditiva) en elementos de hormigón armado; cálculo de las armaduras transversales.
- 28. Descriptiva del comportamiento a flexión-cortante de elementos lineales de hormigón pretensado; zonas A, B y C. Influencias del pretensado (fuerza P y trazado). Modelo de la celosía y aplicación de la regla de cosido; definición del ángulo θ de las bielas a compresión. Resistencias a cortante, V u 1 y V 2, en elementos de hormigón pretensado; cálculo de las armaduras transversales.
- 29. Interacción flexión-cortante en la armadura longitudinal a tracción. Disposición general de armaduras, armaduras mínimas y limitaciones. Armaduras de cortante en alas de secciones.— Casos especiales de carga—. Elementos de canto variable.

- 30. TORSION. Introducción. Descriptiva del comportamiento a torsión pura de elementos de hormigón sin armar, armado y pretensado. Método de cálculo en rotura: teoría de la celosía tridimensional; justificación, desarrollo y expresiones.
- 31. Definición de la sección hueca eficaz. Resistencias a torsión por compresión, T<sub>u1</sub>, y por tracción, T<sub>u2</sub> y T<sub>u3</sub>, en elementos de hormigón armado y pretensado; cálculo de las armaduras longitudinales (pasivas y/o activas) y transversales. Disposiciones de armaduras y limitaciones. Interacción cortante-torsión en el agotamiento por compresión de almas.

## OTROS ESTADOS LIMITES ULTIMOS

- 32. ESTADO LIMITE ULTIMO DE PANDEO. Introducción. Posibilidades de colapso al considerar los efectos de segundo orden. Nociones sobre el planteamiento general de análisis en segundo orden de estructuras de hormigón; efectos de la fluencia y del pretensado. Cálculo de la esbeltez mecánica, λ.
- 33. Comprobación de soportes aislados. Métodos que reducen el problema a uno de agotamiento por flexocompresión: Método aproximado de la EH-82 para hormigón armado. Campo de aplicación, justificación y excentricidades accidental, de primer orden y ficticia. Comprobación de estructuras intraslacionales y traslacionales, no muy esbeltas, de hormigón armado.
- 34. ESTADO LIMITE ULTIMO DE ANCLAJE. Generalidades. Planteamiento del cálculo general de una anclaje por adherencia-rozamiento. Anclajes de armaduras pasivas; consideraciones generales; anclaje de barras lisas y corrugadas, de grupos de barras y de mallas electrosoldadas.
- 35. Empalmes de armaduras pasivas. Empalmes por solapo y disposiciones para barras, grupos de barras y mallas electrosoldadas. Empalmes por soldadura. Otros tipos de empalme. ESTADO LIMITE ULTIMO DE ADHERENCIA. Condición general de adherencia para armaduras pasivas; tensiones adherentes de cálculo, solicitante y resistente.

#### OTROS ESTADOS LIMITES DE UTILIZACION

- 36. ESTADO LIMITE DE FISURACION CONTROLADA. Generalidades. Breve descriptiva sobre fisuración en hormigón armado. Teoría clásica de la fisura del C.E.B. para elementos lineales de hormigón armado a flexión; abertura y separación de fisuras.
- 37. Influencia de la cuantía de armadura; fisuración con cuantías muy pequeñas. Condiciones prácticas de fisuración de elementos lineales de hormigón armado a flexión: área cobaricéntrica, A<sub>cr</sub>, y diámetro de armadura, φ. Comentarios sobre el tratamiento frente a otros tipos de fisuración.
- 38. ESTADO LIMITE DE DEFORMACION. Generalidades. Diagrama momento-curvatura (M-c) de una sección de hormigón armado a flexión; modelo analítico aproximado. Influencia de la cuantía de armaduras. Ductilidad de la sección. Diagrama momento-axil-curvatura (M-N-c) de una sección de hormigón armado; diagramas M-c en función del esfuerzo axil, N.

39. Métodos aproximados de análisis de la deformabilidad. Condiciones prácticas de deformabilidad de la EH-82, para elementos de hormigón armado. Procedimiento general de análisis de la deformabilidad; planteamiento. Nociones sobre redistribución de esfuerzos de estructuras hiperestáticas. Nociones sobre los efectos de la fluencia del hormigón en estructuras isostáticas e hiperestáticas.

# C. - CRITERIOS Y DISPOSICIONES DE PROYECTO

- 40. Secciones usuales en hormigón armado y hormigón pretensado; justificación. Cálculo de secciones T de hormigón armado. Flexocompresión; anchura eficaz de la cabeza de compresión. Cortante; alma y alas. Disposición de armaduras. Comentarios sobre el cálculo y disposición de armaduras en otras secciones.
- 41. Criterios para dimensionamiento del canto, h, de elementos lineales de hormigón armado: óptimo económico a flexión y mínimo por deformabilidad; aplicación a sección rectangular. Correcciones para el hormigón pretensado. Esbeltez a flexión en hormigón armado y hormigón pretensado. Comentarios sobre el dimensionamiento de la anchura del alma, b<sub>w</sub>.
- 42. Disposición de armaduras, elementos lineales y estructuras reticulares de hormigón armado: Recapitulación general; codos, uniones y nudos. Piezas curvas. Disposición de armaduras en muros de hormigón armado.

# ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- 43. FORJADOS DE EDIFICACION. Forjados unidireccionales. Descriptiva, tipología y clasificación. Elementos resistentes de hormigón armado y hormigón pretensado; características. Elementos de entrevigado; características. Losa superior; características.
- 44. Análisis estructural de forjados unidireccionales. Comportamiento y cálculo a esfuerzo cortante; limitaciones de flecha. Dimensionamiento del canto. Forjados bidireccionales.
- 45. ZAPATAS Y ENCEPADOS DE HORMIGON ARMADO. Descriptiva y tipología. Generalidades sobre el cálculo y acciones que deben considerarse. Zapatas y encepados aislados; flexión, cortante y adherencia; dimensionamiento del canto y de las armaduras principales.
- 46. Disposiciones de armadura y criterios de proyecto. Zapatas y encepados continuos; comentarios sobre análisis estructural; flexión, cortante y adherencia; dimensionamiento, disposiciones de armaduras y criterios de proyecto. Punzonamiento.
- 47. ELEMENTOS DE HORMIGON EN MASA. Antecedentes y descriptiva. Materiales: cementos y hormigones; propiedades mecánicas del hormigón y valores de cálculo. Bases de cálculo: Compresión, cortante y pandeo. Dimensionamiento y geometría. Zapatas de hormigón en masa.

# CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL)

#### A. — MATERIALES

48. Cementos. Aguas de amasado y de curado. Aridos. Aditivos y adiciones. Armaduras

- activas y pasivas; características. Corrosión. Suministro y almacenamiento de armaduras.
- 49. Vainas y accesorios; presentación, suministro y almacenamiento. Hormigón. Condiciones generales. Características mecánicas; coeficientes de conversión. Docilidad y consistencia. Durabilidad. Diferencia de propiedades entre hormigón armado y hormigón pretensado.

## B. - EJECUCION

- 50. Consideraciones generales de la ejecución de obras de hormigón: hormigón armado y hormigón pretensado. Esquema de las fases constructivas. Fases específicas del hormigón pretensado; armaduras pretesas y postesas. Cimbras y encofrados.
- 51. Preparación de armaduras pasivas; radios mínimos de doblado. Colocación de armaduras pasivas; distancias y recubrimientos. Preparación y colocación de armaduras activas pretesas y postesas. Tesado de armaduras pretesas.
- 52. Dosificación y fabricación del hormigón. Puesta en obra del hormigón; transporte y colocación. Compactación. Juntas de hormigonado. Juntas de retracción y dilatación.
- 53. Hormigonado en tiempos frío y caluroso. Curado; técnicas especiales de curado. Tesado de armaduras postesas; tabla de tesado. Retesado. Destesado de armaduras pretesas.
- Sistemas de pretensado. Procedimientos de anclaje y empalme de armaduras activas.
- 55. Inyección de los conductos. Materiales de inyección y sus propiedades. Ejecución de la operación. Acabado de superficies.
- 56. Descimbramiento, desencofrado y desmoldeo. Uniones de continuidad entre elementos prefabricados. Observaciones generales respecto a la ejecución y recapitulación. Protección y conservación.

#### C. - CONTROL DE CALIDAD

- 57. Introducción. Control de los componentes del hormigón. Control del hormigón; control de la consistencia y de la resistencia. Ensayos previos y característicos.
- 58. Control del hormigón. Ensayos de control; control al 100 por 100 de amasadas, control estadístico del hormigón y decisiones derivadas del control. Ensayos de información; ensayos destructivos y no destructivos. Control del acero. Control de los diferentes dispositivos de pretensado.
- 59. Control de la ejecución; fases constructivas generales. Control del tesado de armaduras activas y de la ejecución de la inyección. Pruebas de la obra; pruebas de carga.

## RECAPITULACION (II)

60. Campos de aplicación del hormigón armado y del hormigón pretensado. Incidencia de la relación resistencia/peso. Incidencia de la construcción: economía, simplicidad, flexibilidad. Influencia de las condiciones socio-económicas. Las estructuras de hormigón y de otros materiales.

# Hormigón Armado y Pretensado - II

# PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL)

#### A. - BASES DE CALCULO

- Estructuras hiperestáticas de hormigón pretensado. Cálculo de los esfuerzos hiperestáticos de pretensado. Influencia de las deformaciones diferidas en estructuras de hormigón: Fluencia; casos elementales: acciones tipo carga y tipo deformación o desplazamiento, estructuras isostáticas e hiperestáticas.
- Recapitulación sobre el proceso de cálculo en estructuras de hormigón con fases constructivas y de servicio. Evolución de acciones, sección resistente y configuración estructural; fases de pretensado. Esfuerzo rasante en piezas compuestas. Efectos de la fluencia del hormigón.
- SEGURIDAD. Reconsideración general cualitativa. Niveles de planteamiento de los estados límites en relación con la seguridad: métodos de los valores extremos, extremos funcionales y exacto; comparación y crítica.
- 4. Consideraciones sobre el tratamiento práctico de la seguridad en las normas EP-80 y EH-82 y en el Código Modelo del C.E.B.-F.I.P., en relación con los niveles de planteamiento teóricos. Significado y cuantificación de los coeficientes de seguridad γ<sub>f</sub>, γ<sub>c</sub> y γ<sub>s</sub>. Comentarios sobre los niveles 2 y 3 en el planteamiento de la seguridad del C.E.B.-F.I.P.

#### B. — ESTADOS LIMITES

- 5. ESTADO LIMITE DE PANDEO. Comprobación de soportes aislados: Métodos de la columna-modelo y de la deformada senoidal. Comprobación de estructuras esbeltas de hormigón armado y pretensado: Planteamiento general del análisis en segundo orden de estructuras de hormigón; diagrama tensión-deformación del hormigón; condiciones de compatibilidad y de equilibrio (2° orden), en sección y en estructura; formas aproximadas y rigurosas de introducir la fluencia.
- ESTADO LIMITE ULTIMO DE ANCLAJE. Comportamiento de las zonas de anclaje para armaduras activas; resultados experimentales. Anclajes por placa; funcionamiento mecánico; comprobaciones, cálculo y disposición de armaduras pasivas. Zonas de anclajes y apoyos.
- Anclajes por adherencia; funcionamiento, comprobaciones, cálculo y disposición de armaduras pasivas. Zonas de anclajes y apoyos. Consideraciones sobre la geometría de las zonas de anclaje de armaduras activas.
- 8. ESTADO LIMITE ULTIMO DE ADHERENCIA. Funciones que cumple la adherencia y factores sobre los que influye; elementos de hormigón pretensado con armaduras no adherentes. Tensiones en anclajes por adherencia de armaduras activas. Tensiones de adherencia en secciones fisuradas y no fisuradas de hormigón pretensado. Conclusiones.
- 9. ESTADO LIMITE ULTIMO DE FATIGA. Generalidades y descriptiva. La fatiga en

- los materiales: hormigón y armaduras de acero. La fatiga en la adherencia hormigón-acero. La fatiga en los elementos de hormigón armado y pretensado. Incidencia de la fatiga en el campo de utilización de ambas técnicas.
- 10. ESTADO LIMITE DE APARICION DE FISURAS. Reconsideración general. Aparición de fisuras por tracción y por compresión. Limitaciones, Comprobación en clase II. ESTADO LIMITE DE FISURACION CONTROLADA en elementos de hormigón pretensado. Significado de la expresión de la abertura de fisura en comparación con la de hormigón armado. Cálculo de Δσ<sub>p</sub>: cálculo de secciones en teoría clásica a flexión a partir de la neutralización. Limitaciones. Comprobación en clase III.
- 11. ESTADOS LIMITES DE DEFORMACION. Generalidades. Diagramas momentocurvatura (M-c) en secciones de hormigón pretensado. Análisis de la deformabilidad de estructuras de hormigón pretensado en clase III. Influencia de las deformaciones diferidas.

## C. - CRITERIOS Y DISPOSICIONES DE PROYECTO

- 12. Dimensionamiento de secciones de elementos de hormigón pretensado: secciones, I, II y cajón. Generalidades y campos de utilización. Dimensionamiento del canto, h; recapitulación e incidencia del pretensado.
- 13. Dimensionamiento de almas, cabezas y alas. Criterios funcionales, estéticos, constructivos y de cálculo. Disposición de armaduras. Otras secciones en elementos de hormigón pretensado.
- 14. Dimensionamiento de elementos estructurales lineales de hormigón armado y pretensado. Criterios y disposiciones generales de proyecto. Sección constante y sección variable; factores que inciden. Disposiciones de apoyos y juntas.

## ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- 15. Una introducción al pretensado desde el punto de vista de las técnicas de refuerzos; cuantías necesarias según diferentes técnicas. Conclusiones y aplicación al hormigón: TIRANTES DE HORMIGON PRETENSADO. Condiciones que deben satisfacer y criterios de dimensionamiento.
- 16. VIGAS DE GRAN CANTO, Generalidades y resultados experimentales. Funcionamiento estructural. Vigas de gran canto, simples, de hormigón armado; armadura principal de tracción, armaduras de alma. Dimensionamiento de la anchura y limitaciones.
- 17. Apoyos de vigas de gran canto; tipología y disposiciones de armadura correspondientes. Casos especiales de carga; disposiciones de armadura. Vigas de gran canto, continuas, de hormigón armado. Funcionamiento, disposición de armaduras y limitaciones. Vigas de gran canto con diagramas transversales. Disposición de armaduras.
- 18. MACIZOS SOMETIDOS A CARGAS CONCENTRADAS; Generalidades. Zona de compresiones dobles o triples; limitaciones. Cálculo y disposición de armaduras. APOYOS. Descriptiva, tipología y disposiciones generales.

- 19. ARTICULACIONES. Antecedentes y descriptiva. Articulación Freyssinet; funcionamiento, cálculo, geometría y disposición de armaduras; limitaciones; ejecución. Otras articulaciones de hormigón. Conclusiones de cara a la práctica.
- 20. MENSULAS CORTAS. Antecedentes y descriptiva. Funcionamiento, cálculo y disposición de armaduras para cargas apoyadas y para cargas colgadas. Consideraciones respecto a los apoyos sobre ménsulas cortas. Comentarios sobre zapatas y encepados de vuelo relativo corto.
- 21. PLACAS. Tipología y descriptiva. Bases de cálculo; breves consideraciones sobre el análisis estructural en servicio y en agotamiento: condiciones para aplicación del análisis lineal y de la teoría de líneas de rotura. Comportamiento a flexión y cortante: disposición general de armaduras. Comportamiento en servicio: fisuración y deformabilidad.
- 22. Placas sobre apoyos contínuos; disposición de armaduras y criterios de proyecto; zonas de apoyo. Placas sobre apoyos aislados; disposición de armaduras y criterios de proyecto. Punzonamiento. Comentarios sobre métodos simplificados de análisis estructural.
- 23. Criterios de dimensionamiento del canto, h. Placas de hormigón pretensado; disposición de armaduras; dimensionamiento del canto; campo de aplicación. Consideraciones particulares sobre la construcción de placas de hormigón armado y pretensado.
- 24. LAMINAS. Tipología, descriptiva y consideraciones generales. Bases de cálculo; comentarios sobre análisis estructural. Elementos de borde. Láminas pretensadas; campo de utilización; disposición general y funciones de las armaduras activas; elementos de borde pretensados.
- 25. Materiales: Tipos y características del hormigón y de las armaduras. Disposiciones de armaduras pasivas y limitaciones. Criterios de dimensionamiento de espesores y limitaciones; otros criterios de proyecto.
- 26. Construcción de láminas de hormigón; particularidades: comentarios generales, cimbras y encofrados, colocación de armaduras activas y pasivas, puesta en obra y compactación del hormigón, curado, tesado de armaduras activas, desencofrado y descimbrado.
- 27. ELEMENTOS DE CIMENTACION.—PILOTES. Generalidades y tipología; campo de de aplicación de pilotes de hormigón armado y de hormigón pretensado. Acciones a tener en cuenta y comentarios sobre análisis estructural y cálculo. Disposición de armaduras. LOSAS DE CIMENTACION. Generalidades y tipología. Consideraciones sobre análisis estructural y cálculo. Disposición de armaduras.

## PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON LIGERO (\*)

28. Introducción y definiciones. Tipología, clasificación y características generales de los hormigones ligeros en relación a los hormigones normales. Aplicaciones de los diferentes tipos. Breve historia de la evolución de los hormigones ligeros. Hormigones de áridos ligeros; obtención y propiedades de los áridos ligeros; dosificación.

<sup>(\*)</sup> En la actualidad este tema se trata dentro de la asignatura optativa "Hormigones especiales".

- 29. Hormigones de áridos ligeros; propiedades: resistencias a compresión y a tracción, módulos E<sub>c</sub>, retracción y fluencia, docilidad y consistencia, endurecimiento y calor de fraguado, durabilidad. Comentarios sobre comportamiento y cálculo de elementos estructurales de hormigón ligero armado y pretensado, en relación a los de hormigón normal.
- 30. Construcción de estructuras de hormigón ligero; particularidades respecto a las de hormigón normal. Campo de utilización de los hormigones ligeros estructurales; factores que influyen: resistencia/peso, peso propio y otras cargas, deformabilidad, construcción y otros.

# Fallado el XII premio García Cobertizo a la invención

Por primera vez, una mujer, Ana Plaza Montero, de 58 años, Licenciada en Física, en unión de los Drs. en Física Bescós y Santamaría recibe esta distinción destinada al Fomento de la Invención Española.

Tres Físicos comparten el galardón, único existente en España para reconocer el mérito de los Inventores.

El "Refractómetro Binocular" de Santamaría, Bescós y Plaza permite la visualización de la imagen retiniana en Monitor de TV, y con los dos ojos simultáneamente.

Consigue la corrección optométrica de la visión por medios objetivos, el proceso de formación de imágenes por el sistema visual global y estudia los factores dinámicos de la acomodación, las microfluctuaciones de la acomodación y la interacción binocular.

Es de gran utilidad en docencia e investigación de la Oftalmología, Optimetría, Optica Fisiológica y Visión.

#### Medallas de Honor al Fomento de la Invención

La Fundación García Cabrerizo ha otorgado asímismo estas Medallas, destinadas a premiar honoríficamente los trabajos o las actividades de personas que han apoyado directa o indirectamente a la Invención e Inventiva españolas. En este año los distinguidos son los siguientes señores:

- D. Alfonso Escámez López, Ex-Senador y Ex-Presidente de la Comisión de Investigación Científica y Tecnológica, Presidente del Banco Central y varias sociedades por su ayuda al proceso innovador de la industria española y su apoyo a la exportación de la tecnología española.
- D. Julio Rodríguez Villanueva, Catedrático, Ex-Rector de la Universidad de Salamanca, autor de importantes trabajos de investigación e innovación y cintífico muy renombrado, por su trabajo en la formación de investigadores, algunos de talla universal, y sus constantes desvelos en pro de la investigación científica y técnica.
  - D. Manuel Losada Villasante, Catedrático de Química Fisiológica, Académico de la

Real Academia de Ciencias de Madrid y de Medicina de Sevilla. Por sus trabajos de investigación desarrollados en Alemania, Dinamarca, Estados Unidos y otros países. Su actividad innovadora se ha dirigido primordialmente al campo de la Bionergética, Fotosíntesis y Metabolismo de Nitrógeno.

El Jurado Calificador de las distinciones, presidido por el Profesor Martínez Moreno, está compuesto por 44 personas destacadas en la Ciencia, la Investigación y la Industria. Forman parte del Jurado varios catedráticos y profesores, periodístas científicos, investigadores y expertos en la ingeniería industrial, civíl, electrónica, química, etc. Todos los mienbros del Jurado poseen un importante denominador común: su experiencia en la inventiva, como autores o promotores de patentes españolas.

Los Premios a la Invención española, durante los últimos doce años, han sido obtenidos por personas privadas y por Centros de innovación. El I Premio García Cabrerizo fué entregado a D. Alejandro Goicoechea por su "Tren Vertebrado". La mayoría de las invenciones premiadas pasaron a la fase de desarrollo. La cuantía del premio es de 250.000 pesetas y está representado por una Medalla, diseñada por Miguel Fisac, alegoría del trinomio invención-investigación-innovación.

La entrega de los galardones citados a tenido lugar en el mes de Enero, en un acto académico ya tradicional que agrupa a cuantas personas se interesan por el trabajo de los inventores españoles.

# Nuevo libro

GUIA DE INTRODUCCION AL METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO Por E. Alarcón y P. Reyero

Los antecedentes del moderno método de cálculo estructural por elementos finitos (MEF) y el más reciente de los elementos de contorno (MEC) son realmente clásicos.

En España, a principios de los años cuarenta, por dificultades diversas y escasez bibliografica, las aplicaciones de la Teoría de la Elasticidad al cálculo de estructuras eran excepcionales. En los pocos tratados españoles de la época (J.M. Zafra, A. Peña-Boeuf, etc.), se exponían, además de la teoría general, algunas aplicaciones al cálculo de arcos, pórtico, tubos, perfiles triangulares y poco más.

Como, además, las calculadoras tenían una capacidad muy limitada y el cálculo matricial como tal apenas era conocido, tan pronto como el número de grados de libertad aumentaba, el problema era prácticamente inabordable.

Aquella situación es hoy difícilmente justificable tras la aparición y popularización de los ordenadores. Resulta sorprendente, a este respecto, comprobar cómo los nuevos instrumentos han provocado el reanálisis de los conocimietos anejos. Aquellos que quedaron planteados a finales del siglo pasado y en la primera mitad del presente. Los problemas elásticos en dos y tres dimensiones, las ecuaciones armónicas y biarmónicas con sus condiciones de contorno clásicas: Dirichlet, Neumann, Robin, etc (los autores los abordan con acierto a partir de su capítulo IV).

Según que se opere en sistemas de coordenadas cilíndricas o esféricas, hay que utilizar funciones de primera o segunda especie de Bessel, Legendre, etc. Con el método de las aplicaciones conformes y, sobre todo, con la determinación de la función de Green del problema, éste queda resuelto.

Fueron Boussinesq, Cerruti, Somigliana, Lauricella, Mitchell, Love, Mindlin, Galerkin, Kolossov, Mushkeslishvili, etc., los que trabajaron en problemas de interés para la Técnica.

La utilización de las funciones de variable compleja por parte de la escuela rusa, es, por ejemplo, un antecedente directo de los métodos expuestos en el libro que se comenta.

Sin embargo, el método que más contribuyó a disipar los eternos temores a no encontrar el adecuado modelo matemático utilizable en problemas reales, fue el de las Diferencias Finitas, en cuyo desarrollo tanto colaboró Southwell.

A pesar del impulso recibido con el perfeccionamiento de los ordenadores, el método tenía sus limitaciones. En realidad, atacaba la ecuación diferencial directamente y de forma "local". El MEF, y en general los métodos variacionales, han optado por la recomendación de Hilbert: el enfoque integral "global" basado en el redivivo teorema de los trabajos virtuales, o "planteamiento debil" del operador del problema.

Esta expresión integral se apoya luego con una interpolación mediante funciones locales, que permite introducir el concepto de "discretización" con toda su secuela de "elementos", "nodos" "variables nodales", "funciones de forma", etc. aprovechando la posibilidad de sistematización para el repetitivo trabajo del ordenador.

Por su parte, el MEC utiliza las fórmulas de representación más anejas y a ellas les añade la "filosofía" subyacente en el MEF. No se trata realmente de un método tipo Galerkin como podría pensarse, sino de un método de colocación, con todas sus ventajas e inconvenientes. Por supuesto, su atractivo principal radica en la reducción de la dimensionalidad del problema y la posibilidad de tratar dominios infinitos con sencillez.

Pero el MEC no es la vuelta al pasado: es recoger y aprovechar su esencia, ser "iluminado" por él.

Al resolver los problemas de contorno mediante potenciales monocapa o bicapa, se obtienen ecuaciones integrales tipo Fredholm, generalmente de segunda especie y, por tanto, bien condicionadas para el trabajo numérico.

En este libro se pretende una introducción al método, en forma sencilla, tomando como pretexto motivador los problemas estacionarios regidos por la ecuación de Laplace.

Sin entrar en demasiadas justificaciones matemáticas, se presentan las posibilidades de tratamiento de problemas bidimensionales, tridimensionales y con simetría de revolución, resolviendo ejemplos simples que permitan entrar sin esfuerzo en los detalles de la nueva técnica y proponiendo, al final de cada capítulo ejercicios de autocomprobación.

Aquella información se complementa con un pequeño programa para microordenador en leguaje Basic, que lo hace especialmente asequible a los no "iniciados" en la nueva religión informática.

Se termina con un capítulo que deja abiertas algunas puertas a la inquietud investigadora o a la curiosidad erudita del lector, y se indican referencias en las que se pueda profundizar en el conocimiento de esta técnica. Entre ellas cabe destacar las correspondientes a los autores del libro y sus colaboradores, que con sus tesis doctorales y artículos en Congresos y Revistas nacionales y extranjeras, han contribuído decisivamente al progreso del método.

Esta interesante obra, de 145 páginas y numerosas figuras, puede ser adquirida al precio de novecientas cincuenta pesetas, en:

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Sección de Publicaciones José Gutierrez Abascal, 2 MADRID-6

# Cálculo de piezas para forjados unidireccionales

Jorge Páez Mañá

El presente artículo explica el proceso seguido por el programa "PRINC" en el cálculo de viguetas y semiviguetas armadas o pretensadas para forjados unidireccionales.

Con el fin de comprender la sistemática del programa, conviene señalar las razones y objeto que lo hicieron posible y que pueden esquematizarse en las siguientes:

- Completar los controles que el Sello de Conformidad CIETAN realiza sobre las piezas que lo poseen, ampliándolo al proceso de cálculo de las mismas, obteniendo datos teóricos que, junto a los ensayos sistemáticos, permitan verificar la bondad de los criterios normativos actualmente aplicados a forjados.
- Facilitar, mediante la crítica al programa que se expone, la homogeneización de los procedimientos de cálculo de estas piezas de los diferentes programas que existen en la actualidad, evitando que se apliquen a los mismos conceptos, interpretaciones diversas que dificultan una equiparación entre los diferentes prototipos en el instante de escoger el más adecuado para una estructura.
- Dotar a los técnicos de un soporte que les facilite el cálculo de la ficha técnica exigido por las actuales disposiciones vigentes, referentes a la fabricación y control de dichas piezas.

Estos objetivos definen y conforman la estructura del programa, así como su seccionamiento en bloques para facilitar las críticas y variaciones sectoriales. La extensa gama de comentarios, y el mantenimiento de puntos de control de los pasos intermedios, ayudan a detectar los posibles errores que, en el futuro, se puedan introducir, al adaptarse el programa a las nuevas especificaciones aplicables al cálculo de las piezas en estudio.

Asimismo, deja en memoria determinadas matrices que permiten el dibujo de los diferentes estados tensionales.

Establecidos los propósitos del programa, conviene, siguiendo la sistemática del mismo, indicar las hipótesis de partida y el proceso de cálculo.

#### PA 100 Programa principal

El programa se inicia con este bloque base, desde donde se dirige al resto de los segmentos del mismo.

En la notación incluída al final del artículo se especifica el contenido y significado de las variables utilizadas.

Las unidades utilizadas son k<sub>p</sub> y cm, salvo indicación expresa en contrario.

Inicialmente, indica la pieza que se quiere calcular (mediante el valor ZZ) y el grado de detalle que se desea en los resultados de salida.

Así, ZZ1 = 0 implica la supresión del último segmento con los datos complementarios y ZZ1 = 1 la obtención de los mismos.

El ZZ2 permite obtener como salida los datos solicitados por la ficha técnica (ZZ2 = -5), pequeñas ampliaciones referentes a la forma de rotura y análisis de momentos negativos (ZZ2 = 0) o un mayor abundamiento de los datos intermedios de control (ZZ2 = 2, 3  $\pm$  5).

Una vez establecidos dichos criterios va recorriendo los diferentes segmentos, que precise el tipo de piezas y el grado de detalle deseado, según el esquema siguiente:

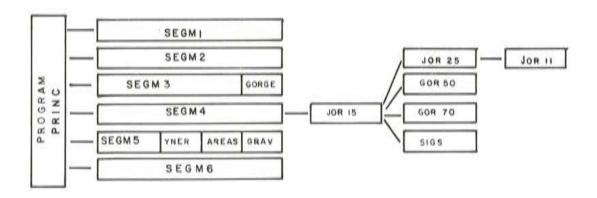
INOM

ZZ, ZZ1, ZZ2

Ejemplo:

Viguetas PAMPOF

2, 1, 0



Finalmente, analiza si existen nuevas piezas, y de haberlas, mediante los parámetros KLUT, se facilita el cálculo de las mismas, saltándose los apartados que no varían respecto a la pieza precedente. De no haber nuevas piezas finaliza el programa.

### PA 101 segmento 1

Este primer segmento de definición, permite obtener la geometría de la pieza, así como las especificaciones relativas a los materiales que la componen, aportando los datos necesa-

rios para el cálculo de los diferentes estados que hay que analizar, reseñándolos por medio del segmento 6 de "varios", si se desean conocer con amplitud.

En primer lugar, define las características del hormigón o los hormigones de la vigueta y forjado, así como su distribución por capas, debiendo aportarse los datos necesarios de la siguiente manera:

NCH, RCIC, RCIV, CSHC, CSHU, RCICP, DEJES

(Nch) veces-: BHC (J1), BHC (J2), BHV (J1), BHV (J2), H (I)

Ejemplo:

5, 175, 350, 1.5, 1.4, 0, 60

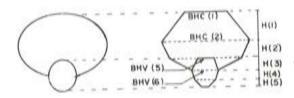
15, 30, 0, 0, 10

30, 25, 0, 0, 6

18, 0, 7, 9, 5

0, 0, 9, 7, 3

0, 0, 7, 3, 3



La Variable RCICP afectaría al Modulo de elasticidad de la pieza, en función de su situación en un clima húmedo o seco, y de la relación entre cargas permanentes y variables, dotando el programa a dicha variable del valor 0,35 caso de no señalarse ninguno.

A continuación deberán aportarse los datos referentes al acero.

Características de la armadura pasiva:

NCAP, CSAP

(Nch) veces - : SAP (I), XGAP (I), RYAP (I), ITIAP (I)

Ejemplo:

2, 1.1

0.50, 15, 5100, 0

0.56, 16, 5100, 0

añadiéndose, si son viguetas o semiviguetas armadas, el diámetro de la barra más gruesa, en mm:

DMAX

Ejemplo: 8.

Características de la armadura adicional de negativos prevista, si se conoce:

NREF, CSREF

(Nref) veces -: SAP (I), XGAP (I), RYAP (I), ITIAP (I)

Ejemplo:

1, 1.15

5.15, 1.5, 4200, 0

Características de la armadura activa:

NCAA, CSAA

(Ncaa) veces -: SAA (I), XGAA (I), IAA (I), RYAA (I), RMAA (I)

Ejemplo:

2, 1.1

0.070, 8.5, 1, 15300, 18000

0.392, 15.5, 1, 15300, 18000

y Características de la armadura de cortante:

IC, QO - (Solo en semiviguetas)

Si (IC = 1) -: ASW, SW, RO, RYAC, CSAC

Ejemplo:

1, 10

0.25, 20, 0.91, 4200, 1.15

Caso de no existir alguna de las reseñadas, se indicará con un 0, en NCAP, NREF, NCAA o IC respectivamente, suprimiendose el resto de los valores.

# PA 102 segmento 2

Este segmento, que se realiza solo en caso de piezas pretensadas, indica el proceso de tesado, obteniendo las tensiones que se producen durante el mismo, así como las pérdidas y deformaciones instantáneas y diferidas. Para ello, previamente deben señalarse los siguientes datos:

PO, GRADO, CLFCC, BANC, ALF, EXT, PROF

Ejemplo:

0, 5, 1, 70, 0, 0, 0

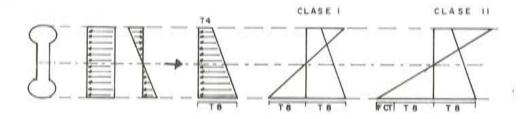
donde se puede prescindir del PO si no se conoce, calculándolo el programa. Los valores de EXT y PROF, si no se consideran las pérdidas de rozamiento, como es habitual, deberán tomarse = 0; y el valor de BANC, si no se indica, el programa lo considera como el correspondiente a una bancada de 70 m.

En el segmento 6 de "varios", se indican con detalle los valores individuales de las pérdidas, así como los estados tensionales y deformaciones que éstas producen.

#### PA 103 segmentos 3

Este segmento, como el anterior, es sólo válido para piezas pretensadas, obteniendo los momentos de fisuración de clase I y clase II, no ofreciendo los de clase III<sub>01</sub> y clase III<sub>02</sub> por no adecuarse a la estructura y características de los forjados.

Para ello, se descompone la fuerza de pretensado según las figuras siguientes, obteniendo posteriormente el equilibrio y el momento admitido en las clase I y II.

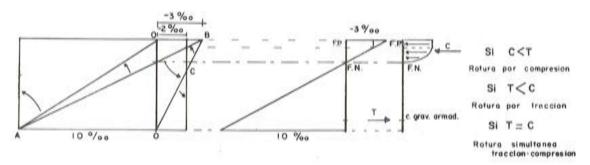


Los casos de fisuración correspondientes a piezas armadas, se establecen directamente desde el programa principal. En este segmento se encuentra la function GORGE, de apoyo para el cálculo de los momentos producidos por la tensión variable en las diferentes capas.

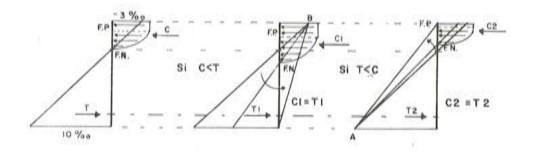
## PA 104 segmento 4

Este segmento establece, a partir de los dominios de deformaciones límites de las secciones de piezas armadas y pretensadas, los momentos positivos y negativos máximos, para lo cual realiza el siguiente proceso:

1.º Establece la simultaneidad de rotura por máxima deformación a compresión del hormigón y tracción del acero, indicando, en base al análisis de las tensiones resultantes, la forma teórica de rotura.



2.º De no producirse la rotura de forma simultánea, va adecuando la posición de la fibra neutra hasta conseguir el estado de equilibrio con un error menor de 1 kilopondio, obteniendo los momentos últimos en dicho estado.



En negativos realiza, en primer lugar, el cálculo con los datos reseñados en la ficha técnica y, posteriormente, colocando la fibra neutra en el valor 0,45 x D, que implica la disposición de secciones dúctiles que admiten el giro plástico necesario y la redistribución de esfuerzos. En el caso de piezas pretensadas, calcula, asimismo, el negativo en la zona de total transmisión de pretensado; obteniendo un tercer valor del momento negativo que hay que aplicar a partir de la longitud de transferencia.

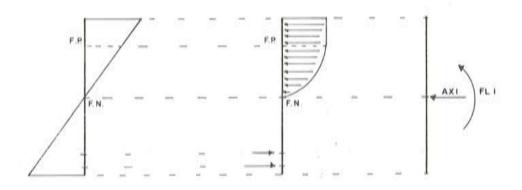
Para la obtención de estos valores, este segmento se apoya en la subroutine JOR 15.

#### PA 105 subroutine JOR 15

Esta subroutine realiza el estudio del estado tensional, partiendo de una situación previa de las fibras neutra y plástica, apoyándose para el mismo: en las subroutines JOR 25, para el posicionamiento de las mismas; en las function GOR 50 y GOR 70, para el cálculo de las tensiones del hormigón, y en la function SIGS, para el cálculo de las tensiones del acero.

En esta subroutine se han introducido, asimismo, dos sistemas de control para evitar que variaciones posteriores establezcan un bucle sin salida, permitiendo salir del mismo, a voluntad desde la consola o en forma automática si se repite más de 50 veces el proceso de ajuste de las fibras buscando la situación de equilibrio. (Normalmente, el proceso de ajuste buscando el equilibrio, se realiza entre 7 y 9 iteracciones).

Tras el análisis del estado tensional, indica el axil y el flector producido por la hipótesis de partida.



#### PA 106 function GOR 50

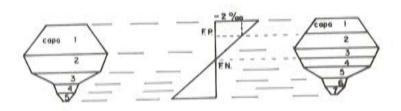
Esta function calcula las tensiones producidas en cada capa de hormigón situada en la zona elástica de la curva tensión-deformación del mismo.

Asimismo, indica el momento, respecto a la fibra superior, que dichas tensiones producen.

Para realizarlo, integra el producto de la ecuación del contorno de la capa por la ecuación de la curva del hormigón que corresponde a la misma.

# PA 107 subroutine JOR 25

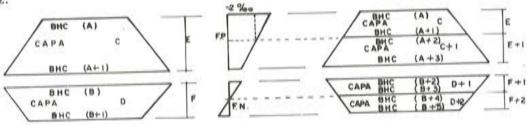
Esta subroutine busca las capas donde se encuentran las fibra neutra y plástica, formando una matriz con las nuevas capas creadas por la partición de las originales según la situación de las citadas fibras; y las señaliza para facilitar el cálculo, separando las capas de las zonas elástica y plástica con ayuda de la JOR 11.



Realiza el mismo proceso para el cálculo negativo, creando una nueva matriz con el conjunto de las capas iniciales más las introducidas por la partición de las capas que contenían a las fibras neutra y plástica.

# PA 108 subroutine JOR 11

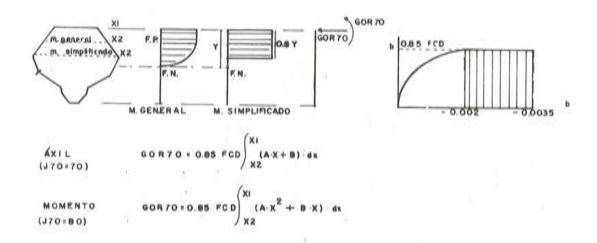
Esta subroutine realiza, una vez halladas las capas que constituyen la fibra neutra y plástica, la partición de las mismas, devolviendo a la JOR 25 dicha partición en una nueva matriz.



## PA 109 function JOR 70

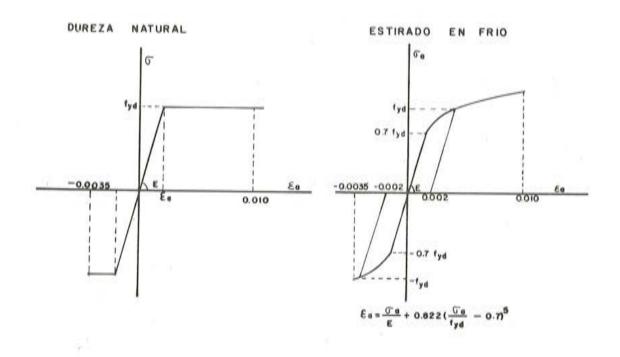
Esta function realiza el cálculo de las tensiones producidas en la zona plastificada del hormigón, y el momento que producen dichas tensiones respecto a la fibra superior de la pieza.

Cuando se utiliza el método de cálculo simplificado, se amplia este cálculo a la zona que cubre el  $y = 0.8 \times Y$ .



# PA 110 function SIGS

Esta function calcula las tensiones producidas por el acero, partiendo de la deformación del mismo según los diagramas siguientes:



En acero de pretensar se consideran para el cálculo, las tensiones y deformaciones previas introducidas por el tesado así como las pérdidas producidas por efecto del pretensado.



## PA 111 segmento 5

Este segmento calcula los valores de cortante que puede absorber la pieza, para lo cual analiza previamente si existe o no armadura de corte.

Si no existe armadura de corte:

$$VMC = 0.25 \times 0.45 \times \sqrt[3]{fck^2} \times (1.6 - \frac{D}{100}) \times Bw \times D \times (1 + 50 \frac{ASL}{Bw \times D}) / \gamma_c$$

Si hay pretensado:

$$RA = 1 + \frac{MO}{MSD}$$

 $VCM = VMC \times RA$ 

Si existe armadura de corte:

$$VMC = 0.3 \times fcd \times Bw \times D$$

$$VWD = 0.9 \times D \times \frac{ASW}{SW} \times (1 + \frac{I}{Tg(RO)}) \times sen (RO) \times \frac{RYAC}{CSAC}$$

$$VCD = VCD \times (1 - \frac{VWD}{3 \text{ VCD}})$$

$$VSD = VCD + VWD \times 2/3$$
 Si  $VSD > 3 VCD \rightarrow VSD = VWD$ 

$$Si VSD < VMC \rightarrow VMC = VSD$$

Obtiene, asimismo, los momentos estáticos y de inercia necesarios para delimitar el esfuerzo rasante producido en la zona de unión de las piezas semirresistentes, valiéndose de las Function AREA, GRAV, e YNER, que se introducen en este segmento.

Por último, obtiene el módulo de elasticidad y la inercia efectiva hallada según la fórmula de Branson:

QCAR = YEF x RCICP x 1900 
$$\sqrt{fck}$$
  
YEF =  $\left(\frac{WCR}{WK}\right)^3$  x YO +  $\left(1 - \left(\frac{WCR}{WK}\right)^3\right)$  x Y3  $\geq$  YO

que permite obtener el valor de K = ExI necesario para el estudio de las deformaciones.

### PA 112 segmento 6

Este segmento ofrece, cuando ZZ1 = 1, los valores complementarios obtenidos durante el proceso de cálculo.

Expuesto el desarrollo del programa y la razón de las reiteraciones introducidas en él, cuyo único objeto es el de estructurar el proceso dejándolo abierto a futuras innovaciones, sólo resta, antes de introducir algunos ejemplos y la transcripción del mismo, indicar la extensa labor desarrollada en todo el trabajo de programación por Mª Carmen Díaz Periañez, introduciendo mejoras, supervisando y aportando innumerables ideas y siendo coparticipe en todo momento del Trabajo realizado. Asimismo reseñar las aportaciones que en determinadas partes del programa realizaron Alfonso López Marín, Mª Selva Esteva, Hugo Corres, Rafael Piñeiro y Jaime Páez, y los conocimiento que por medio de sus libros "Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación" (INTEMAC) y cursillo de Forjados Unidireccionales (ANDECE) han aportado José Calavera y Jesús Chomón. A todos ellos agradezco sinceramente su colaboración y apoyo.

#### BIBLIOGRAFIA

- INSTRUCCION EP-80 "Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- INSTRUCCION EH-82 "Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Código-Modelo CEB-FIP para las estructuras de hormigón (noviembre 1976).
- Cálculo, Construcción y Patología de forjados de edificación. J. Calavera. INTEMAC (febrero 1981).
- Cursillo sobre forjados unidireccionales de hormigón pretensado, celebrado en el IETcc y publicado por ANDECE (junio 1982).
- Curso de hormigón pretensado según la EP-80 aplicado al cálculo de forjados. Luis Felipe Rodríguez Martín (1982).
- Cálculo de secciones de hormigón armado sometidas a solicitaciones normales en el estado límite último, Francisco Morán Cabré, Monografía 304 del IETcc (septiembre 1972).
- Análisis de la capacidad resistente de secciones de hormigón armado-pretensado por medio de superficies de interacción. Arenas de Pablo. Hormigón y Acero nº 114 (1975).
- Comprobación de una sección rectangular de hormigón armado con ayuda de una calculadora programable HP 67. A. Recuero Fornier y J.P. Gutierrez Jiménez. Hormigón y Acero nº 133 (1979).
- Comprobación y dimensionamiento de secciones de hormigón armado y pretensado de forma poligonal, utilizando una calculadora programable HP 41C. Hugo Corres Peiretti y Alfonso Recuero Fornies. Hormigón y Acero nº 134 (1980).
- Método de cálculo de pérdida de pretensado en piezas pretesas curadas al vapor. V. Sánchez Galvez y M. Elices Calafat. Hormigón y Acero nº 122 (1977).
- VP-81 Normativa de viguetas de hormigón pretensado o de cerámica pretensada. Sello de Conformidad CIETAN, IETcc-ANDECE (1981).
- VA-82 Normativa para la fabricación y control de viguetas y losas de hormigón armado y de su armadura básica. Sello de Conformidad CIETAN IETcc-ANDECE (1982).

Entrada de datos

NOM

ZZ ZZ1 ZZ2

NCH RCIC RCIV CSHC CSHV RCICP DEJES

Nch veces: BHC (J1) BHC (J2) BHV (J1) BHV (J2) H (I)

NCAP CSAP

Ncap veces: SAP (I) XGAP (I) RYAP (I) ITIAP (I)

DMAX → (sólo si son piezas no pretensadas)

NREF CSREF

Nref. veces: SAP (I) XGAP (I) RYAP (I) ITIAP (I)

NCAA CSAA

Neaa veces: SAA (I) XGAA (I) IAA (I) RYAA (3) RMAA (I)

IC QO → (sólo piezas semirresistentes)

ASW SW RO RYAC CSAC

PO GRADO CLFCC BANC ALF EXT PROF

KLUT  $5 \rightarrow (si = 9999 \text{ acaba})$ 

NOM

ZZ ZZ1 ZZ2

KLUTO KLUT 1 KLUT 2 KLUT 3 KLUT 4 KLUT 6

(hormigón)

Si KLUT 1 = 0 no los necesita

(armadura pasiva)

Si KLUT 2 = 0 no los necesita

(refuerzos de negativos)

Si KLUT 4 = 0 no los necesita

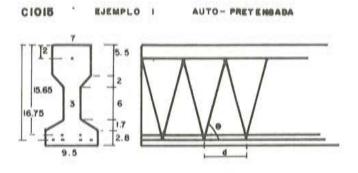
(armadura activa)

Si KLUT 3 = 0 no los necesita

(armadura de cortante)

Si KLUT 6 = 0 no los necesita

(tesado) sólo para piezas pretensadas Si KLUT 0 = 0 no los necesita



#### DATOS C1015

Hormigón: fck = 350;  $\gamma_c = 1.4$ 

Armadura activa: Límite elástico 15.300; carga máxima 18.000;  $\gamma_s = 1,1$ 

Capas: 1 - (cordón) área 0,14; 2 - (barra) área 0,13; 3 - (cordón)

Area 0,39; grado R5; vapor; banco 70 m.

Armadura de cortante: Area 0,07; d=15,6; Q=0,757; Límite elást. = 4,200;  $\gamma_s=1,15$ .

CIOIS EJEMPLO 2 SEMI - ARMADA



### DATOS C1016

Hormigón: fck = 175 (forjado y vigueta);  $\gamma_c = 1,5$  (forjado y vigueta).

Armadura pasiva: Límite elástico 5.100;  $\gamma_s = 1,1$ ; dureza natural

Capas: 1 = área 0.50; 2 - área 0.56; Diámetro máximo  $= \phi = 8$ .

Armadura de negativos: Area = 2,16; límite elástico = 4.200;  $\gamma_s = 1,15$ ; dureza natural.

Armadura de cortante: Area = 0,25; d = 20; Q = 0,91; límite elástico = 4.200;  $\gamma_s = 1,15$ .

C1016 T=00004 IS ON CROOD11 USING 00002 BLKS R#0000

0001 EJEMPLO 2 - SEM1-ARMADA

0002 4 0 0

0003 3 175 175 1.5 1.5 0 70

0004 70 70 0 0 3

0005 20 10 0 0 10.5

0006 0 0 12 12 4.5

0007 2 1.1

0008 0.50 16 5100 0

0009 0.56 16 5100 0

0010 8.

0011 1 1.15

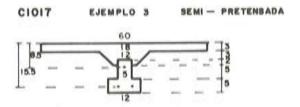
0012 2.26 1.5 4200 0

0013 0

0014 1 10

0015 0.25 20 0.91 4200 1.15

0016 9999



## **DATOS C1017**

Hormigón: Forjado: fck = 175;  $\gamma_c$  = 1,5; Vigueta: fck = 350;  $\gamma_c$  = 1,4 Armadura de negativos: Area = 5,15; Iímite elástico = 4.200; dureza natural;  $\gamma_s$  = 1,15 Armadura activa: Límite elástico = 15.300; carga máxima = 18.000;  $\gamma_s$  = 1,1 (barras) Capas: 1-área 0,0706; 2-área 0,3926 Grado R5; vapor; banco 100 m.

EJEMPLO 3 - SEMI-PRETENSADA

MDDOLD DEFORM 47.91

* 05001046	*********	4.25.00
The state of the s		22 1
* *OWENIO DE FISURACION CLASE I		311 KP*M
. MOMENTO DE FISSIGACION CLASE 11		1130 v0se
* MDMENIOS ULTIMOS POSITIVOS		
* ESTADO DE AGDIAMIENTO POR TRACCION DEL ACERD	CERD	
* MONENTO FLECTOR MAXIMO ADMISSBLE	***************************************	TABLE COAL
* MUMENTUS NEGATIVOS		
* ESTADO DE ASDIAMIENTO POR COMPRESION DEL HORMISON	HDSW150N	
* MOMENTO PLECTOR MIXING SEGUN F. TECNICA		-2635
. CAPACIDAD MECANICA		1.9
* MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN PROGRAMA		-3159
* CAPACIDAD MECANICA		23
* WINE UTO FIFTING WAYNES CONSTRUCTED AND SOCIAL		
* CAPACIDAD MECANICA		200
* VALOR DEL ESFUERZO CORTANTE ULTIND		2751 KP
-		
* ESFUERZO RASANTE DE CALCULO		8.6 KP
•		
-		
* VALUR DE K=E*1 PARA DEFORMACIONES ***		192.8 T*M2

signe

******					-				4
MECANICA	INIC	9580	CLASE 1 CLA	CL48E 11	P0511	NEGAT	CORTANTE	TE	RASAN
0	13500	56	4.25	555	1003	-307	-	1074	0.0
EJEMPLO	EJEMPLO 2 - SEMI-ARMADA	- SEMI-IRMIDA		:					
* FISURACI	FISURACION SEGUN ARTICULO 64	ARTICU		EH-80 CASD		,	**		*
									*
		201000000000000000000000000000000000000							44
* FISURACE	FISURACION COMPROBADA EN ZONA TRACCION CASO	18404 E	N 20%4 TR	NCC10N C	450	,	N		*
									• •
* MOMENTOS	MOMENTOS ULTIMOS POSITIVOS	POSITI	103						*
									*
* ESTADD 0	DE AGDTAMIENTO		POR TRACCION DEL		ACERD				*
									* '
* MOMPHTO		43.77.80	FIFFTING ABYTHE ADMISTREE				2000	3 + 0 5	
									*
* MONENTOS	MOMENTOS MEGATIVOS	50							٠
									*
* ESTADO DE		LENTO P	AGUIAMIENTO POR TRACCION DEL ACERO	ON DEL A	CERO				*
									* '
· MUNESATO	MINEMAN SIEFTED MAYEN SECUM	COLLEGE		12011011			4.323	2000	•
* CAPACION	CAPACIDAD MECANICA		:					IN N	• •
									*
* MDMENTO	MOMENTO FLECTOR MAXIMO SESUN	MAKEND		PROSSANA				KPKK	*
* CAPACIDA	CAPACIDAD MECANICA				-		17.1	TW	٠
									٠
									*
- unit no ne	ACT COCKETO	100000	Cath of State Con Cross-383	-					*
			1 10 2111	1			4 4133		
* V4LOR DE	I+3=x	PARA DEF	DEFORMACIONES	:			143.7 1	1+W2	*
									*

EJEMPLO 1 - AUTO-PRETENSADA

siaue eiemplo 3.	2000						PERD, 4, E, HG, =		203	PORCENTAJE=	3,25	
							TOTAL PERD, 13	INSTANTANEAS=	840	PORCENTAJE:	13,43	
NUMERO DE CAPAS	DE HDAMISON=	2					PERO,RETRACCION=	Na.	278	PORCENTAJE	4 4 4	
CAP1 1N, SUP, FORJ	. AN.INF.FORJ.	48,50P. T	TIS. AN.INF	. 416.	CANTO	PROF.	PERD, FLUENCIA MGON, # PERD, RELAJACION ACERD#	MSON, B	+ e	PORCENTAJE=	0.00	
		001		9,000	8,00	3.00	TOTAL PERDIDA DIF.*	01F.*	295	PORCENTAJE:	6.6	
5 0.000 9.000	0.000	4.4.4	5.010	5.000	5.00	13.00	TOTAL PERDIDASE		1402	PORCENTAJE:	22,42	
RES. HORM. FORJADO 175 VIGUETA 350	COEF,SEQUAIDLD 1.50 1.40	00×	205223 300416		1.05 1.05		TENS, PRET. F18, SUPER.	INICIAL -15.05	PERDID4		0,400000	
NUMERO DE CAPAS	UE ARMADURA PASITA	0 =	COEF. DE S	SEGUM.=	00.0		FIB.CGMPA.	-58.95	0.00		0002087	
NUMERO DE CAPAS	DE REFUERZO=		COEF. DE S	SEGUR.=	1.15		FIB.CGACC. FIB.INFER.	-65.81	-57.03	F.INFER	-,000252	
3 4364 4013	C.SRAN. LIM.ELAST	. *OD.EL1ST		Dh-0,0F-1			ALARGAMIENTO	DEL ACERO POR	TESA00=	,00524		
5.	1.50			100.0			CORTANTE					
NUMERO DE CAPAS	DE ARMIDURAS ACTIVAS=	F 100	COEF. 0E 3	\$6608°			COEFICIENTE M	COEFICIENTE MULTIPLICADOR POR EFECTO DE PRETENSADO	POR EFECTO	DE PRETENSADO		1.* .81
		3	Sept. Dies	000	F1 45T - F0	COFF. MIN	ANCHOS DE CAL	CALCULO A CORTE O	DE C48EZ4 Y	VIGUETA.	12.00	5,00
1 .0706 2 .3926	8.5000 1			120000		9,745	AREA DE ARMAD VALOR DEL COR VALOR DE CORT	URA TRACCIONAL TE QUE ABSORBE E QUE ABSORBE	04 9UE LLES E LA F1884 LA F1884 0	AREA DE ARMADURA TRACCIONADA QUE LLEGA AL APDRO VALGR DEL CORTE QUE ABSORBE LA FIBRA DE LA CASEZA DE VALOR DE CORTE QUE ABSORBE LA FIBRA DE LA VIGUETA	E COMPRESION	913.55
ARMADURAS DE COF	CORTANTES	•	COEF. DE	SEGURE	00.00		VALUR DE CORTE	E WAS DESFAYORABLE	ABLE			50.04.05
SUPERFICIE DE HO	HORMIGON FORJADD=	235,00	CENTRO DE	GRAVEDAGE	5.28		RASANTE					
SUPERFICIE DE H	HORMIGON VISUETA:	95,00	CENTRO DE	GRAVEDAD=	13,29		VALOR DE ESTA	ESTATICO SIN PISURAR Y EN ROTURA:	RAR Y EN RO	TURA=	988.80	125.13
SUPERFICIE DE AN	ARMADURA ACTIVAS	ŝ.	CENTRO DE	SPAVEDAD=	14,43		ESFUERZO RASA	ESFUERZO RASANTE SUPUESTO ROTURA=	ROTURAS			25,54
INERCIA SIN FIS	FISURAR	13151	FIBRE NEU	NEUTRAS	6.47		DEFORMACIONES					
INERCIA EN ROTURA:	842	298	FIBRA NEU	NEUTRAS	5,04				SECONDAIN TIME	-		87971 KP/CM2
NEGATIVOS							MODULO DE EL-	MODELLO DE ELASTILIDAD EN DEFORMALIDADES MOMENTO DE INERCIA EFECTIVO=	D= 0.00	1		
MOMENTO SEGUN F	F.TECNICA:	-2635	FIBRA NEUTRA	194=	9.77							
MOMENTO SEGUN P	PROGREMAN	-3159	FIBRA NEU	NEUTRAS	10,57							
MOMENTO CONSIDE	MOMENTO CONSIDERANDO PRETENSADO=	-2410	FIBBA NEUTRA	1912	18,87							
PRETENSADO												
TENSION DE PRET	PRETENSADD= 13500 GR	GR400= 5	CURADO POR	R VAPOR:	-							
PERD, ROZ.# PERD, CUNAS# PERD, CURADO.#	19		PORCENTAJE= PORCENTAJE= PORCENTAJE=	0.00 .30						į.		

IF [0044.LE.(2.\*4LION])FISZ=2

0035 0033 0038 0040 0040

6000 2000

60 T0 52 STGP

258

444

SHOD CONTINUE

```
HALLE LES EREES Y WOMENTOS DE LAS CAPAS DE HORMIGON DEL FORJADO
Y LA VÍGUERA VEDINATE LA PENDIENTE DE LA RECTA DE LA CAPA INTEGRADA
DESDE LA ALTURA INFENIORA A LA SUPESIONA.
INTRODUZCO LAS ARRES EN DI Y DZ. LOS WOMENTOS RESPECTO A LA BASE
EU DS Y DA Y LOS TOTALES EN SHC, SHY, MHC Y MHY.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          INVICA POP WEDIO DE NEG DUE NO PREPARO AUN EL CALCULO DE NEGA-
IINOS NA DUE ESTE LO PEALIZARA CUANDO NEG-5
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  REALIZA EL CALCULO CON LAS PASIVAS SALTANDOLAS SI NO EXISTEN
                                                                                                                      PREPARA EL ANALISIS DE LA CAPACIDAD MECANICA DE ARMADURAS
ACTIVAS Y PASIVAS, SI NO MAY ACTIVAS SALTA A LAS PASIVAS
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            SI ESTA EN PIETAS SEMIRRESISTENTES LEE LA LONGITUD OE AUMERFECTA PARA EL CALCULO DE RASANTE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                1F(1C.61.8)9E40(5:*145*,53,40,871C,CS4C
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                PREPARE EL CALCULO DE CORTANTE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            1F(KLUTO,EQ.00GN TO 527
1F(Z1.E0.2.0w.ZZ.E0.u)THEN
ELSE
#410(5,*)1C
                                                                                                                                                                                                            1F(VCA4,GT.0) THEN
00 28 I=1,NCA4
28 PCM=PCM+SAA(I)*FYAA(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      DU 29 1=1,NC4P
PC*=PC*+S4P(I)*FY4P(I)
                               FYAM(I)=RYAM(I)/CSAM
3 FMAM(I)=RWAM(I)/CSAM
                                                                                                                                                                                                                                                                                    ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              IF (NCAP, GT, 9) THEY
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      00 & I=1,400
HIP(I)=HP
HZP(I)=HP+K(I)
                                                                                261 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                         S2 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          Illianel
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      WHCHN.
                                                                                                                                                                                               PCM=0.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          6
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        327
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           000000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           ............
       DEFINE LAS CAPAS OE ARMADURA PASIVA, SUS APEAS, CENTRO DE GRAVEDAD.
LIMITE ELASTICO Y SI ES DUREZA MATURAL D DEFORMADO EN FRIO
                                                                                                                                 LEE EL NUMERO DE CAPAS DE ARMADURA PASIVA Y SU COFFICIENTE DE
SEGURIDAD. SI NLUTZ=0 LO SALTA AL NO VARIAR ESTE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   LEE EL NUMERO DE CAPAS DE ARMADURA ACTIVA Y SU COEFICIENTE DE
SEGURIDAD. SI KLUT3=0 LO SALTA AL NO VARIAR ESTAS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             PREPAGA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD MECANICA DE LOS REFUERZOS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 FELLIZA EL ANALISIS DE LOS REFUERZOS DE FORMA SIMILAR
SI ALUTA-S LO SALTA AL NO VARIAR ESTOS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          HALLA LOS VALORES DE CALCULO DEL ACERO DE PRETENSAR.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         RED05,*1NCA4,CSA4
IF(NCA4,EQ.0)50 TO 52
DO 3 I=1,NCA4
RED0(5,*)SLA(I),XSLA(I),IA1(I),RYAA(I),RMAA(I)
                                                                READ(5,*)8HE(J1),8HE(J2),8HV(J1),8HV(J2),H(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          IF (22,60,2,00,22,60,4)CSPT=CMEC*100,/06JES
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           ESP=2100000.

00 20 1-15.4

PEUGIS,*18sp(1),*KGuP(1),RYuP(1),111AP(1)

SAP(1)=SAP(1)*06.2ES/100.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             00 2 [=1,NCAP
RED0(5+1)SAP([],NCAP([]),NTAP([]),ITLAP([])
2 F142([]=544P([]),NCAP
51 CONTINUE
51 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      FYAP(I)=RYAP(I)/CSREF
CMEC=DMEC+SAP(I)*FYAP(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    JF1FLUT4,E0,0)50 TO 264
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         IF(*LUT3,E0,0)50 TO 261
                                                                                                                                                                                                    IF(KLUT2.E9.0)50 TO 51
RE10(5,*)%[4P,C54P
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           IF (NEAP.EG.01GD TO 51
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              CMEC=0.
READ(5,*10REF,CSREF
IIFMUREF.EQ.0)THEN
NCPENCAP
GO TO 264
ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       CONTINUE
NCPRENCAP+NREF
00 1 I=1,4CH
J1=2*I-1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         K=4CAP+4REF
                                                                1 READ(5,*)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       J=10[4P+1
                                              12=21
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            MCPRes
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     15
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    8
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              192
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        uu
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        0.075
0.075
0.075
0.075
0.075
0.075
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
0.085
```

```
HALLA EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ARMEDURA ACTIVA, DE LA ARMEDURA
PASIVA Y DE LA VIGUETA + ARMADURA PASIVA, ASI COMO EL CENTRO DE
GRAVEDAD DE ARMADURAS ACTIVAS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          CALCULA AREA Y MOMENTO DE LA ARMADURA PASIVA DE LA VIGUETA Y LOS
MOMOGENEIZA RESPECTO AL HORMIDON DE LA MISMA.
                                                                                                                                                               CALCULA SUPERFICIES, MOMENTOS TOTALES Y NETOS SIN
HOMOGENEIZAR Y HOMOGENEIZADOS.
REALIZA EL ANALISIS DE LA ARMADURA ACTIVAS.
SI NO EXISTEN LO SALTA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                    MALLA LA ALTURA DE LA SEMI-VIGUETA
                                                                                                                         SHIAAESHTAA+SEA(I)*MAEK[I)

6 MHTAAEMHTAA+SEA(I)*MAEK[I)*XSEA(I)
                                              DD 6.1=1,NCAA
STAHSSTAGES
MILLENTAHSSAGES
MILLENGES,DESLAGES
IF (LAKE),EC.2)ESSAGES
IF (LAKE),EC.2)ESSAGES
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       IF(SVAP.GI.O.)XVAP=NVAP/SVAP
IF(SVAP.LE.O.)XVAP=N
IF(SVV.GI.O.)SVAP(SVAP*IN)
IF(SVV.GI.O.)SVATCASVAP*IN)
IF(SVV.LE.O.)SVATCACASVAP*NAP)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              IF(8+v(J2),LT.0,001)50 TO 22
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         XGT (MMV+WMAP+TN)/SH
1F(SIEP.GT.0.)XAP+XTRP/SIEP
1F(SIEP.GT.0.)XAP+0.
1F(SIEP.GT.0.)XAR+MTEE/SIEP
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  DD 23 I=1,NC4P
IF(xG1P(I).LE,HVJGO IO 23
SW1P=5/4P+SAP(I)
NV1P=MXP+SAP(I)*NG4P(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       IF (40.4P.EQ.0360 TO 303
                                     IF (NCAL, EQ, 0) GO TO 55
                                                                                                              MAA(II)=ESAA(II)/ECHC
                                                                                                                                                                                                 SHNET=SHT0T-SHTEL
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 IF(1, E9, 0) HH=1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        NO 22 I=1,NCH
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              TN#ESAP/ECHY
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  HVENIP(NH)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     23 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      22 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             Syapes.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           WIAPES.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            111
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0=7
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             303
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 .....
                                                                                                                                                                                                                                                                                       uuu
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              1272
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           CALCULA EL MODULO DE ELASTICIDAD DE LOS MORMIGOMES DEL FORJADO Y VÍGUETA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  PREPARA AMERICA AMERICA REBLES Y MOMOGRATEZADAS DE ARMADURAS
ACTIVAS Y PASIVAS.
                                                                                                                                                                                                                CALCULA SPEA TOTAL Y COEFICIENTE DE HONGGENEIZACION ENTRE HUNMIGUNES PESPECTO AL DEL FORJADO SI HAY NAS DE UND.
                                                                                                            6=HV([]]-14HP
02=[1/2,]*(H2P(]]**2-HP**2]+8*(H2P(]]-HP)
04=(1/3,)*(H2P(]]**3-HP**3]+(8/2,]*(H2P(])**2-HP**2)
                                               01=(4/2,)*(H2P[1]**2*HP**2)*B*(H2P[1]*HP)
03=(4/3,)*(H2P[1]**3*HP**3)+(8/2,)*(H2P[1]**2*HP**2)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             REALIZE EL ANELISIS DE ARMEDURAS PASIVAS.
SI NO EXISTEN LO SALTE
                                                                                                                                                                                                                                                                 IF(FCIV,Eu,0,000,FCIC,Eu,0)50 TO 53
                        4=(4HC(J1)-8HC(J2))/(HP-H2P(I))
                                                                                                    4=(SHV(J1)-8HV(J2))/(HP-H2P(I))
                                                                                                                                                                                                                                                                                                       MONUGENETTA AREAS Y MOMENTOS
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        5 MIAPEMIAP+SAP(I) * #GAP(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  IF (NCAP.ED.0)GO TO SA
DO S I=1,NCAP
STAP=STAP+SAP(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         ECHC=19000*SQRT(FCIC)
ECHV=19000*SQRT(FCIV)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  ESAPESAP/ECHC
SHIAPESAP/ECHC
SHIAPESTAPEMAP
WHIAPENTAPEMAP
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               53 SHTHESHERSHERM
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           RHTHENESHERRY
                                                                                                                                                                                                                                                       THE BESHEASHY
                                                                                                                                                  SHVESZASHV
KHVESSAHKAY
HPEHZHATI)
4 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        SHTARED.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    SA CONTINUE
 31=2+1-1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  Staped.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 MHTAAES.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              MHIAPES.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      0000
                                                                                      0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           6205
8207
8206
8209
8210
```

```
KLUTO=0 LO SALTA AL NO VARIAR RESPECTO A LA VIGA ENTERIORMENTE
                                                                                                                                                                                                                                     SI VARIA LEE LA FUERZA DE PRETENSADO. SI NO SE CONDCE
EL PROGRAMA CALCULA, EL GRANDO DE LA ARMADIRA
ACTIVA, SI MAY CURADO POR VAPOR LA LONGITUD DEL BANCO,
SI CALCULA ROZAMIENTO Y EN CASO DE CALCULARLO LEE LA LONGITUD
ENTRE SECCIONES Y FLECHA,
                                                                ESTE SEGNENTO CALCULA LAS PEROTOAS LAS CUANTIFICA Y LAS DEJA
LISTAS PARA USARLAS, SI SUN VIGAS ARMADAS LO SALTA EL PRO-
IF(84MC,LE.0.)BaNC-70.
IF(4LF,GT.0.aND,(EXT.LE.0..OR.PROF.LE.0.))THEW
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              RE10(5,*)PO,GR100,CLFCC,B1NC,1LF,EXT,PROF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            F (PO.LE.G.)THEN
Plo. 91*RAK(MIA)*STAA
PCO.TS*PRAK(MIA)*STAA
IF (P. 15.F.)PO.PO.PO.
IF (PI.LE.PO.)FO.PO.PO.
                                                                                                                                                                                                         JF(%LUT0.EG.0)SD TO 262
                                    227,221,222
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  ELSE
PO=PO+ST44
                                                                                                                                                                         CALCULADA,
                                                    000000000
                                                                                                                                                                                                                   0000000
```

\*\*CR, EK,

0000

uuuu 0.500

```
UPITERE LAS TENSIONES EN LAS FIRRAS DE LA VIGUETA SUPERIDA, CENTRO
DE GHAMEDAD, C.G. ARMADURA PASINA, C.G. ARMADURA ACTINA E INFERIDR
HALLA EL MOMENTO GUE PRODUCEN LAS TENSIONES VARIABLES DUE SUNADAS
A LA UNIFORME DA LA DISTRIBUCION REAL DE TENSIONES AL DESTESAR
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           MALLA LAS TENSIONES UNE EL DIAGRAMA TRIANGULAR PRODUCE EN LA CAPA
SUPEGIOR A ANDIG A LA UNIFORME, EN LA CAPA DE ARMADURA
PASIVA Y EN LA CAPA DE ARMADURA ACTIVA.
                                                                                                                                                                                                                                LE SUME AL MOMENTO QUE PRODUCE LA TENSION DEL PRETENSADO RETENIDA
POR LE MAMADURA PASSIVA,SI EXISTE, DE LA VISUETA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       E3 345% a La TENSION DE LA FISHA INFERIOR HALLA LA PENDIENTE DE
LA MELTA DE TENSIONES PRODUCIDAS EN LA VIGUETA POR EL PRETENSADO
TY COM ESTE COEFICIENTE HALLA LAS TENSIONES EN EL RESTO DE
LAS FIGHAS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                     USITATION EL MOMENTO GUE PRODUCE UNA TENSION EN LA FIGRA INFERIDA
CLA MISCHIA DE UN MAYOM MALLA LA TRASION RELEAS SOUGLANDO AL
NOMENTO NO PRODUCTION PORM LA PÉNSION MARIBELE IRITADOLAR.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            OBTENIOA LA TENSION CALCULA LA PERDIDA POR ACORTAMIENTO ELASTICO
                                                                                                                                                                           JF(SSIRP,61,0]M2=M2+SVIP+IN+IVIP+(IVIP+XGV)/(XGV+HP)
                                                                                                                                                      W3=W3-(F1*M1P[]]**4+F2*H1P[]]**3+F3*M1P[]]**2)
                                                                                                                                            MS=(F1*H2P[1]**4+F2*H2P(1)**3+F3*H2P(1]**2)
                                                                   44=(8HV(J2)-8HV(J1))/(H2P(I)-H1P(I))
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  JF(5:42P,51.0,)8J=Is*(HP-1742)
C7=Is*(HP-144)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   [F(SV4P,ST.0,)Sb=S1+S3+B7
                                                                                                                        F2=(44*828+424*88)/3.
                                                                           BB=8ev([J1]-44*H1P(1)
                                                                                     424=1./(X51-HP)
                                                                                                   828=-1, *424*45V
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         [4=53/(15/-×P]
                               DD 10 ISHHANCH
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 50/1(x5-dx)7/65
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         $7212s(HP-HV)
                                                                                                            F1=11+124/4,
                                                                                                                                  F3#88#828/2.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   54#53+#7
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             57=51+53+C7
                                             31=2+1-1
 000
                                                                                                                                                                                                                       0000
                                                                                                                                                                                                                                                                         00000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       000000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              00000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        .....
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  000
```

3

F2=(44028+424=86)/3. F3=88=628/2. 80565=F1=42\*\*4\*F2\*42\*\*3\*F3\*42\*\*2\*F1\*11\*\*4\*F2\*11\*\*3\*F3\*41\*\*2 RFIURN END 0123

110

F1=11+124/4.

```
DEL PROCESO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     51 Fills POR COMPRESSON STEMPRE EXISTE PLASTIFICACION POR LO GUE
OFFIENE LA FISKA PLASTICA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           CON LA MUEVA FIBRA NEUTRA XI Y PLASTICA X5 HALLA EL NUEVO ESTADO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               CON ESTUS NUEVOS VALORES DETIENE PARA EL JORIS EL NUEVO ESTADO
DE TENSTONES.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  SI NO ESTA EN EGUILISGIO HALLA LOS NUEVOS VALGGES DE APROXIMA-
                                                                                          CALCULA LA DEFORMACION EN LA FIBRA SUPERIOR COPRESPONDIENTE A
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       APROXIMACION
                                                                                                                                                                                                                                                                                51 ES 4410R DE +0.002, ND SE PRODUCE PLASIIFICACIÓN
PUR LO DUE LA FIRMA PLASIICA AS LA CONSIDERA EN ALTURA CERO.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               COMPANENT SI EL MUEVO ESTADO TENSIONAL ESTA EDUILIBRADO.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           ď
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     SI EL ESTADO TENSTONAL CORRESPONDE AL EQUILIBRIO SALE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              SI LA FISSA NEUTRA SE SALE DE LA PIEZA LA COLOCA EN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     SI NO HALLA NUEVA FIBRA NEUTRA X3, POR METODO DE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             15=11+[0EFH[1]+0,4023/0EFH[1]
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    x3=(4x2*x2+1x1*x1)/(4x2-4x1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          CALL JURISTXS,4X2,FL1,0,8C)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           CALL JORIS(X5,AX2,FL1,0,8C)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         IF1445(4K2), LE. 1, 160 TO Th
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              IF(48S(4K2),LE,1,16D TO 76
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            JF (DEFH(1), SE.-D. 402)THEN
                                                                                                                                                                                                       79 DEFH(1)=%[*x1/(x1-0)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         EXTREMO DE LA MISMA.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             CTUN & 01CHO ESTADO.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     78 #5=x1+(#C+0,802)/#C
                                                                                                                                 DICHA FIRPA MEUTRA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              IF(x3,4E,0,)x3=0,
IF(x3,6E,0)x3=0
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               DEFMILL #4C
                 411=0.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     ENDIR
                                                   ....
                                                                                                                                                                                                                                 0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       uuuu
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       uuu
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        uuu
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     0136
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 0158
0159
0161
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     5 5 5 5
5 5 5 5
5 5 5 5
6 5 5 5
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     0154
0155
0155
0155
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            BELAND LA FIRST NEUFALEN & Y COMPANESS SI EL WALDE DE EGUILIBRIO
PE LA FENSION ES MENDE DE 1 KP., SI ES ESI MERRA LA ITERACION CON
LOS VALDRES DEL MUMENTO ULTIMO NA DOFENIODASI NO SISUE EL PROCESO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               SI ES MATHER VOLUMEN DE COMPRESIONES INDICA ROTURA PUR TRACCION
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 INDICA EN JOH DUE LA FIRRA MEUTPA ESTA POR ENCIMA DE LA SUPUESTA
Y SIGUE EL CALCULO SUPENIENDO QUE ESTA EN LA FIRRA SUPERIOR DE LA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     LA PIEZA COMO BASE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 금
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               HA.
                                                                                                   WEDIANTE LOS VALORES NOT Y NOZ QUE INDICAN LA FIBRA NEUTRA PLASTICA DEL MORMOLOU EN CASO DE PODUÇAS BUSASA LA SITUATION FINAL DE DICHAS FIBRAS QUE PRODUCEN UN EQUILIBRIO DE TENSIONES DE CUMPRESION Y TRACCION CON UN ERROR MEMOR DE 11 MP.
                                                                                                                                                                                                                                                                                             INICIA EL CALCULO CON EL SUPUESTO DE ROTURA SIMULIANEA POR
TRACCION DE ACEPO Y COMPRESION DEL HOMNIGON, PUDÍENDO DE ESTA
FUNNA PRESECIA SI LA ROTURA ES POR COMPRESION O TRACCION E
INOICEMOO LA 20NA DÓMDE SE ENCUENTRA LA FIBRA MEUTRA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 15-1222-LE_113-FIEGA-1117)
FOW-41124-7/4-2F, "USEC."-5X,"FIEWA MEUTRA", SX,"FIEWA PLASTIC",
*11x."xtll", "xt,"FLECTOP", SX,"KD1", 2x,"x627", //)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        EL CALCHUM DE LA FIRME NEUTRA T PLESTICE CON MEMBET TRECCION
ACEMB T MAKIME COMPRESION DE MORMIGON LO OBSIENE CON LE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              THISMITE LAS VALUMES DE LAS FIRMAS NEUTRA Y PLASTICA A X1 Y
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |Firstinglike | First 
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       IF(212,01,01)Fet
IF(212,01,01,01)
FORWART
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        SEALLA LA DEFURMACION DE LA FIBHA SUPERIOR DE
PARA EL CALCULO DE TENSIONES
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       OLL ADEPO", 24x,"4", 2(/,2x,"4", 69x,"4")]
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            C4LL 1/1415(20,421,FL1,5,8C)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   x42=0*(45+0,002)/(45-85)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           SUPPORTING JOHES SUPPORTED TO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                (3H+2F)/2F+6E(0)
D=1544(NC41)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             DEFNILLIBAL
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      WEL ACENU.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         FORSTRE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                Daxel
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   PIEZZ.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   SUREFIE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            41,003
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        JOREO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     3112
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     MARKET SE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              5040
6041
6043
6043
6043
6043
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           9999
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   10.45
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        5660
```

```
GFL2+FLW4-uvex+1000,*C[1)/2,

IF (2, E0,2)GFL2=1000,*GFL2/05JES

IF (2, E0,2)GPC=GPVE+100,/DEJES

GFL2+SFL2+100,

GFL2+SFL2+100,

JF (2, E0,2)GFL2+100, (2, E0,2, DR, ZZ, E0,2))MRITE(0,132)GFL2, DW2

15.7 FDW41(** * MOMENTO FLECTOR MAXIMO CONSIDERANDO PRET *,
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | FF.22 . FG.2 . DR.22 . EG.4) FLN1=180 . * FLN1/06JES | FF.22 . FG.22 . FG.23 . FG.23
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    8A11--.0035

C4LL, J0815(xxxxx,4xx7,12x,10x,8x1)

C4LL, J0815(xxxxx,4xx7,11x7,0x,8x1)

O411-full 1000,

IF(27,E0,2.09,22,E0,4)0FL1=0FL1=100,70EJES
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           DEFN(1)=,00427**FN/(8*4MP-C(1)/2,3)
Call JOGIS(xah,xxm9,FLM9,GN,BN2)
GM2=xxm9/1000,
                                                                                                                                       x34=(4x42+x24-4x41+x1h)/(4x42-4x41)
                                                                                         CALCULA LA NUEVA FIBRA NEUTRA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            xFn=C(1)/2,*,55*(HP+C(1)/2,)
xFP=xFu*,2*(HP+1Fn)
                     JF(485(4xN2),LE,1,150 TO 265
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         6=,00427/(,00427-842)
MFH=C(1)/2,+8*(HP-C(1)/2,1
MFP=KFN+,2*(HP-XFN)
                                                                                                                                                                                                                                                            #4N1=##N2
1FCJOR_GE_1)GO TO 269
GO TO 266
CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   5×2=-,0035+±55(51NF)
                                                                                                                                                                1F(43%,1E,0)x3%=0
1F(43%,6E,MP)x3%=HP
x2%=41%
x1%=x3%
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                XXMIEXFV
XXEVEXFP
QNEHP
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        ETHESTE I
                                                ENDIF
  u
```

```
IF1222.EE.2)mRI3E166.85131.4x31.FL31
851 FORWAT124,7,2x,"CAPA ARMAD,PESIVE",14," AXIL",112," MOMENTO",
        501 FORMATICA,"VALORES DE ITTAPLID,FYAP(I),ESAP,ESSA",","
*13x,"0FA,222,0F,X9",/,13x,"X6AP(I),8M,GM,SAP(I)",","
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              IF(IZZ.GE.13 mPITE(6,116)NVEC.X9,X10,AX3,FLZ,X01,X02
IF(FBAK113).11.01ALL EXEC(8,5MSEGMS)
IF(NVEC.GE.9012LL EXE(8,5MSEGMS)
FORWAT(2X,/,ZX,IS,FIS.3,FI8.3,FI9.3,FI6.3,ZIS,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            INDICA EL NUMERO DE VECES DUE MACE LA ITERACION
                                                                                                                                                                                         ESS=DF*[19-xGsP([])/X9
A#31=S[GS([T]&P([])/FY4P([])/ESAP/ESS/DF#/2223
                                            1X31=SIGS(1114P(1),FY4P(1),ES4P,ESS,DF4,222)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                  CALCULA EL 43TL Y EL MOMENTO FINAL
**9,152P[1],8M,0M,S4P[1]
                                                                                                                                                      IF (NC1P.1E.0)GO TO 305
00 25 I=1,NC1P
0F4=0.
                                                                                                                                                                                                                 4(3)=4(3)*54P(1)
F(3)=4(3)*164P(1)
                                                                   FL31=4x31*x64P(1)
                                                         1X31=1X31*S4P[]]
                                                                                                                                                                                                                                       25 FL30=FL30+FL31
                                  #3(4F15,3,7),7)
                                                                                  2X 30=4X30+4X31
                                                                                                                              20 FL30=FL30+FL31
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       4x3=4x3+4x30
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      FL2=FL2+FL30
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   NVEC=NVEC+1
                                                                                                                                                                                                                                                               ENDIF
CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           RETURN
                                                                                                                    *112,71
                                                                                                                                                                                                                                                                          505
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   110
                                                                                                                                                                                                                                                                                        000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 000
```

```
J10:80
PL25G0R1016HCF(J1), BACF(J2), BAVF(J1), BHVF(J2), H3P(I1),
H4P(I1), FCIC,FCIW, J10: Z22)
IF(Z22,FC, S3) RGITE(6, 448), FCIS
BR FORMIT(27, 7, 27, 78E, FLASIICO CAP1S", I4, ** AXIL", I12, ** MOMENTO",
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         IF (212.9E.3) WRITE(6.850)1,4x31,FL31
850 FORWAT(24,/,2x,"CAPA ARMAD,ACTIVA",10," AXIL",112," MOMENTO",
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    IF(222.GE.2)MRITE(b.500)MAP
| FORMAT(2M."WALOR DE MAP",IS,/)
| IF(MAP,LE.0)GO TO 305
| IF(MAP,LE.0)GO 
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              SI NO MEY ARMADURA ECTIVA SELTA EL CALCULO, EN CASO CONTRAPIO
CON SISS HALLA EL AXIL Y EL MOMENTO PRODUCIDO EN LAS DIFEREN-
TES CARAS.
HACE EL CALCULO DE VOLUMEN DE AXILES Y MOMENTOS EN LA ZONA
PLASTIFICADA SI LA MAY.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             SI ESTA EN CALCULO DE POSITIVOS REALIZA LO MISMO CON LAS
ARMADURAS PASIVAS, SI ESTA EN NEGATIVOS IGUAL INCLUYENDO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 PREPARA EL CALCULO DE TENSTONES PRODUCIDAS POR EL ACERO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                              AX4=50R70[8HCF(J1),8HCF(J2),8HVF(J1),8HVF(J2),H3P[1],
*HAP(I),FCIC,FCIW,J70,Z22)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                8 8
                                                                                                   IF(NES,LE,3,AND,X10,LE,0,360 TO
IF(NES,GE,3,AND,X10,GE,MP)SO TO
DO 13 IX(9,ME,MA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            FL31=4x31=x644(1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              *112,/)
21 FL30=FL30+FL31
306 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               1X30=1X30+4X31
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  LOS REFUERZOS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             13 FL2=FL2+FL3
80 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               AX3=AX3+AX4
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      FL30=0.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        4130=0.
                                                                                                                                                                                                                                             J2=2*1
J70=70
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 200
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      0142
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          0140
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    0150
0151
0152
0153
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   0167
```

```
INICIALMENTE COLOCA LA FISRA PLASTICA EN EL EXTREMO INFERIOR O
SUPERIOR SEGUN SEA CALCULO DE MEGATIVOS O POSITIVOS, A FIN DE
EVITAR QUE SE INTRODUZCA OTRA FISRA PLASTICA DE CALCULOS ANTERIORES
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      REALIZE EL MISMO CALCULO BUSCANDO LA FIBRA PLASTICA (CON MARIA=3)
CREANDO CON BASE A LA MATRIZ ANTERIOR OTRA MATRIZ COM LA FIBRA
PLASTICA SI LA MAY.
                                            COMPRUEBA SI LA FIBRA NEUTRA ESTA EN LA CAPA, SI ES ASI INTRODUCE
UNI NUEVA CAPA CON JORII E INDICA QUE HA ENCONTRADO LA FIBRA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            SI NO ESTA LA FIRRA NEUTRA EN LA CAPA CONTINUA CON LA SIGUIENTE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          SI ESTA EN CALCULO DE POSITIVOS LA FIBRA NEUTRA SUBE UNA CAPA
EN NEGATIVOS NO VARIA.
                                                                                                                                                      IF(G101_LE_H2P(I) and_La_LE_5)THEN
Call JORII(x1,H3P(K1),H4P(K1),C(K1),GX01,H5P(K11),H4P(K11),
*C(K11),X01)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          BUSCA LA FIBRA PLASTICA IGUAL QUE ANTES LA NEUTRA,
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             IF(GN02.1E,H4P(II).AND.LA.LE.5)THEN
CALL JORIIKR2.H7P(K2).H8P(K2).CB(K2).GT02.
*H7P(K21).H8P(K21).GG(K21).XG2)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                UNCF (N.11)=8HC (J1)
UNCF (N.12)=8HC (J2)
UNVF (N.31)=8HV (J1)
UNVF (N.32)=8HV (J2)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                IF ( VEG. GT. 3) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          H7P[K2]=H3P(1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   н8Р(К2)=Н4Р[]]
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       MAR[4=3
00 15 1=1,K1
J1=2*1-1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                KJ1=2*K2-1
KJ2=2*K2
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             CB(K2)=C(1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             K21=K2+1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                14 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          J2=2*!
KIII=KIHI
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          K2=K2+1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                K82=×61
                                                                                                            NEUTRA.
                                                                                                                                                                                                                                                   K1=K1+1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   1.420
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             ELSE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             .....
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          00000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                            000
                            00000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       0107
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      00093
00095
00095
00095
00095
00095
00095
00095
00095
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                0072
0073
0075
0075
0075
0077
0078
0079
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                2600
                            0081
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             RECORRE TODAS LAS CAPAS BUSCANDO LA QUE TIENE LA FIBRA NEUTRA (GXG1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             *KOILKOZ*KIJKZ; MLUTO KLUTI, KLUTZ*KLUT3; KLUT4; MLUT4; MLUT5; ML
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      *ECHC.ECHV.EFIS.EUKFI.EMCSF.ESAA(T).FSAP.ESF.EVI.
*FCIC.FCIV.FCI.FISI.FS2.FII.FLNI.FWAA(T).FYAA(T).FYAP(9).
*GSADO.GSAA(T).FYAP.FS.FS2.FII.FLNI.FWAA(T).FYAP(T).FYAP(9).
*HISOD.SAA(T).FYAP.MP.MP.MP.MP.MP.FII.D.*HSP(II.).HSP(II.).HAP(II.).HSP(II.).
*IAA(T).C.1FIS.ISF.III.A.FII.A.FII.AP(9).III.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    LA COLOCA COW H3P Y HAP DEFINIENDO LAS ALTURAS DE LA FIBRA
INFERIOR Y SUPERIOR DE LAS CAPAS DE HORMIGON Y EN C EL CANTO.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   DA VALOR CERO A K2 Y K1 PARA INICIAR EL CALCULO, DEFINEN LAS
CARAS DONDE ESTAN LA FISRAS PLASTICA Y NEUTRA, CON MARIA=1
INDICA DUE VA A CREAR LA CAPA DE FIBRA MEUTRA,
                                                                                                                                                                                                COMMON ADI,APZ,APZ,APG,APS,APG,APC,APD,APD,API,API,API,AREAASLASM,
*SANC,8881,8MC(20),8MF(22),BWY(20),8MYF(24))8M18MZ,
*C(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKY(20),BWYF(24))8M18MZ,
*C(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),CKS(12),
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                INTEGER CLFCC, HM, ZZ, ZZI, ZZZ
REAL M, MI, WZ, MZ, MZO, MZO, MAE, MLP, MMTA, MMTA, WMTAP,
*MMTH, WHTOT, MHY, MP, MTAR, MTAP
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             *VED, VED1, VED2, VMC, VMC1, VMC3, VMC3, VRD1, VRD2, VMD,
            PAIG? TEDDIDG IS ON CR SY USING DIDIB BLKS REIDDD
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          PREPARA LA NUEVA CAPA EN KI
                                                                                                   $UBROUTINE JOR25(Gx01, Gx02)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      *UHCF (24), UHIF (24),
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    H3P(X1)=H1P(1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             H4P(K1)=H2P(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                00 14 I=1,NCH
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             NJ1=2*K1-1
NJ2=2*K1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          C(N1)=H(1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                *22,121,122
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             J1=2=1-1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   WARRIAT!
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    Klakl+1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       14=0
                                                                            FINGX,L
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             .....
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      0148
0150
0150
```

9022

1017

.....

E1=F/ES+0.823\*(F/FTD-0,7)\*\*5.

PRUDUCINIA EN EL ACERO

υü

IF (485(E11,GT,485(OFU))THEN

0.000 0.000

IF(485/F10-F20), LE.1.) GD TO 852 GD TO 853 SIGS-F IF(222,5E,2)\*RITE(6,1005)516S RETURN

852

ENDIF

ENDIF ENDIF END ENDS

```
OBTIENE LAS AREAS,CENTRO DE GRAVEDAD E INERTIA RESPECTO A SU
CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CAPAS.
                                                                                                                                                           RESISTENCIA TOTAL A CORTE DE ARMADURA DE CORTE Y HORNIGON
                                                                                                            W#D#D#AS##[1.+[1./TAN(RO)])*SIN(RD)*RYAC/(SW#[SAC)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            IF (22.E0.2.08.22.E0.4) VMC=108.*VMC/DEJES
IF (222.EE.*3) MRTIE (4.100) VMC
100 FORMATICE (2.100) VMC
** VALOR OFF (25FURZO CORTANTE ULTIMD*, 5K, *13f*,**), 110, ** KP*,5K, ***,2(/,2K,**,69K,***))
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         6MG=6MG+4R1*(MIP(1)+61)+4R2*(MIP(1)+52)
ESTE=(MHT4+6MD)/(SHT4+6AR)
                                                               RESISTENCIA DE LA ARMADURA DE CORTE
                                                                                                                                                                                                             IF (VAD, GE, (3, AVCD)) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                      ENDIF
F(NCM3,LE,NWC)NWC=NWC3
ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      PECORPE TODAS LAS CAPAS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  442=48E4S(83,84,C1)**
61=684¥(81,82,C1)
62=684¥(81,84,C1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           4R1=4RE48(81,82,C1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                      WMC3=VCD+VND+2,/3,
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          IF (J0J0.LT.3)THEN
G4R=G4R+481+482
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      EV1=0.
DD 2 I=1,NCH
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   J1=2*1*1
J2=2*1
81=8*C(J1)
82=8*C(J2)
83=8*V(J1)
84=8*V(J2)
C1=*(T1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          84F1=0.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 SARES.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           TVIETO.
                                                                                                                                  000
                                      000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                ...
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             ....
                                                             00122
00122
00122
00123
00133
00133
00133
00133
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
00134
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            CALCULA LAS PIEZAS COMO PRETENSADAS MAYORANDO LA RESISTENCIA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          IF(ZZ.GT.2)#SL=S#P(MC#P)
IF(ZZ.GE.2)#EN
DOS 3.E%#GEN
IF(#GAR[1).GT.X1)#SC=#SEN(I)*([PO-#PT)/ST#E+#200.)/#200.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      CALCULO DEL COEFICIENTE DE MAYORACION DEBIDO AL EFECTO DEL
PRETENSADO
                                                                                                                                                                                                                                            VALORES DE CALCULO RESPECTO A LA COMPRESION DEL ALMA EN
ELEMENTOS CON ARMADURA A ESFUERZO CORTANTE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  OBTENCTION DE LA ARMADURA DE TRACCION QUE LLESA AL APOYO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             IF(#MC1.LE.WMC2.4ND.(22.60.2.0R.22.E0.4))WMC=UMC1
ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       v*C=V*D2
IF(VRD1.LE,VRD2.AND.(ZZ.EG.2.OR.ZZ.EG.G))VMC=VRD1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  IF(VCO1.LE.VCO2.AND.(27.E0.2.08.22.E0.4))VCD=VCO1
IF(22.LE.2)THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      V#D1=0,25*0,45*RCIC**(2,/3,)*(1,6*D/100,)*BH1*D
**(1,*50*80,(KB*1D)/CSMC
**(1,*50*20,25*0,45*FK))/CSMC
**(1,*50*45,(KB*2*D))/CSMY
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         VCD1=2,5*0.25*0.45*RCIC**(2,/3,1*0+B*1/CS*C
VCD5=2,5*0.25*0.45*RCIV**(2,/3,1*0+B*2/CS*Y
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           CALCULA LAS QUE TIENEN ARMADURA DE CORTE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               R411,
IF(FLL/(1.4),GT.FIS1)R4=FIS1/(FL1/1.6)
WCD=WCD=(1.4R4)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          SI NO EXISTE ARMADURA A CORTANTE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            CALCULA LAS PIEZAS COMO ARMADAS
00 1 I=M5,NCH
8A3=8HV(2*1)
IF(8A3,LE,8A2)THEW
8A2=8M3
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    FMC1=0.3*FCIC+8M1*D
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             VMC2=0,3*FCIV*BM2*D
VMC=VMC2
                                                                                                                                                                                          IFCIC, GT, 0) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             IFCIC, LE, DITHEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               VRC=VRC+(1,+RA)
```

CONTINUE

00000

000

CONTINUE

0000

0000

000

```
CON EL VALOR DE LA FIBRE NEUTRA.
                                                                                                                      OBTIENE EL MOMENTO DE INERCIA Y EL MOMENTO ESTATICO DE LA SECCION
FISURADA RESPECTO A LA FIBRA NEUTRA.
                                                                                                                                                                                                                          EN IFIS INDICA LA CAPA ANTERIOR A LA GUE CONTIENE A LA FIRRA
NEUTRA DE ROTURA.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        DEFINE EL CANTO Y ANCHO DE LA NUEVA CAPA Y OBTIENE SU AREA Y
CENTRO DE GRAVEDAD.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             105 FORWAIL/." VALORES DE ARRARES-GI-GETMILINGATELATEZ-"-/.
*13.** "15F.ESF.ISF.FFIS.EFIS.JFISATMILETIALALATTE.
*/.FFIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.J*/.3FIS.
                   EL VALOR DE IVI INDICA LA CAPA ANTERIOR A LA QUE TIENE LA
FISRA FISURADA DE SERVICIO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                    82=81+(84C(J2)+84C(J1))+C1/C(I)
84=83+(84V(J2)+84C(J1))+C1/C(I)
                                                                                                                                                                           FIS=FFIS+481*(X1-(H1P(I)+G1))
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             #RI=#REAS(81,82,C1)
#R2=#REAS(83,84,C1)+M
GL=GRW(81,82,C1)
GZ=GRW(81,82,C1)
IF (L.LE.1)THEN
                                                                                       IF (H2P(I), LE, X1)THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   IFCL.EG.13THEN
1=1SF*1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   IFCL.EG.23THEN
T=IFIS+1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       (F.OL., EQ. 3) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  C1=x68F-H1P(1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     I=IVI+1
CI=KVI-HIP(I)
ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    Claxi-HIP(I)
ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               D0 4 L=1,3
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             61=8HC(J1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          11=2=11
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  2 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           12=2*1
                                                                                                                                                                                                                                                                            1513:1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      FADIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0000
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               u
     0000
                                                                                                         0000
                                                                                                                                                                                                          0000
                                                                                                                                                         0240
0240
0241
0241
0245
0246
0246
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       OBTIEVE EL MOMENTO ESTATICO DE LA SECCION COMPRIMIDA DEL FORJADO RESPECTO AL CENTRO DE GRAVEDAD E INDICA EN 1SF LA CAPA ANTERIOR A LA QUE LO CONTIENE.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          H
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           OBTIENE LA INERCIA Y EL ESTATICO RESPECTO A LA SECCION FISURADA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 OBTIENE EL VALOR A ANNOIR A LA INERCIA PARA OBTENER LA INERCIA
RESPECTO AL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA PIEZA,
                                                                                                                                                                                                                                                                                          69036904483*(NIP(1)+(11-1)*CC1+63)+ARM*(H1P(1)+(11-1)*CC1+64)
ESTE (HPTH GWD)/(SMTA-GAR)
IF(ESTG-LE, (H1P(1)+I1*CC1),AND,JOJO,EO,4)THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    DBITENE EL MOMENTO DE INERCIA RESPECTO AL CENTRO DE GRANEDAD IL SECCION SIN FISURAR.
                                              CMO=CMO-481*(H1P(1)+G1)-4R2*(H1P(1)+G2)
881=81
1F(ESTE.LE.M2P(1))JOJD=4
1F(ESTE.LE.M2P(1).AND.22.GE.3)THEN
GAR=GBR-AR1-182
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            IF (M2P(I), LE, XVI, AND, IVI, LE, 0) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      IF(H2P(I),LE,MSSF)THEN
ESF=ESF+4R1*(MSSF-[H1P(I]+S1])
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          TVI=IVI+RNI+RNZ+REI+RE2
EVI=EVI+RRI*(XVI-(HIP(I)+G1)]
IVI=I
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     NE1=4R1*(16SF-[H1P[I]+G1])**2
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     YE2=482*(165F-(H1P(1)+62))**2
                                                                                                                                                                                                      443=48E45(881,882,CC1)
444=48E45(883,884,CC1)*M
53=6R47(881,882,CC1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      NVI=HIP(I]+(I]+0,5)*CC1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      15F=15F+141+142+1E1+1E2
                                                                                                                                                                                                                                                           G4=GR4V(883,884,CC1)
G4H=G4R+4R3+4R4
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 TN2=TNER(83,84,C1)*M
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                **1=***ER(81,82,C1)
                                                                               883=83
CCI=CI/500.
SUMI=(82-811/500.
                                                                                                                                      SUM2=(84-83)/500,
00 7 II=1,500
                                                                                                                                                                   882=881+5UM1
884=883+5UM2
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               EN SERVICIO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           ENDIF
881=892
883=884
CONTINUE
ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 CONTINUE
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   ....
```

```
CALCULA LOS MOMENTOS ESTATICOS Y DE INERCIA DE LA ARMADURA PASINA,
                                                                                                                                                                                                                                                        CALCULA LOS ESFUERZOS RASANTES DE LA SECCION SIN FISURAR Y LA
SECCION FISURADA.
                                                                     FORMAT(2x,"ESCRIBO VMC.ESF,QO,TSF/EFIS,TFISFEVI,TVI",/,
+4FIS,3,/,4FIS,3,//)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   PREPARA EL CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA EFECTIVO.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                RESISTENCIA A FLEXO-TRACCION DEL HORMIGON,
                                                                                                                                                                                                                                                                                    JF127.E0.2.08.22.E0.4)THEN
RASE ([VMC/1.6)+E57]+06.25.7100.
RATE ([VMC/1.6)+E57]/(00+Y11)1+06.55/100.
RAYI=([VMC/1.6)+E17/(00+Y11)1+06.55/100.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            #K#FL1/1,6
1F(22.EG,2)THEN
1F(#K,6E,F191)#K#F191
FFE(#CR/#K)**3*Y0+(1,*-(#CR/#K)**3)*Y2
ENOIF
                                           50 6 [=1,NCAP
EAP1=54P[1]*(XSSF+XG4P[1])***4P
                                                              E4P2=S4P(1)*[X1-X64P(1))*M4P
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  FCT=1.5*0.45*RCIC**(2./3.)
                                                                                                                        TAPVI=YAPVI+YAP3
IF(XGIP(I),LE.HV)THEN
EAPSF=EAPSF+EIP1
YIPVIES.
IF (NCIP, GT.0, )THEN
                                                                                                                  #APF1=YAPF1*YAP2
                                                                                                                                                    E4PF1=E4PF1+E4P2
                                                                                                          YAPSF=YAPSF*YAP1
                                                                                                                                                             EAPVI=EAPVI+EAP3
                                                                                                                                                                                                                      EFISSEFISSEMPFI
EVISEVISEAPVI
                                                                                                                                                                                                TFISTFISTAPFI
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   MCREFCT+10/YT
                                                                                                                                                                            CONTINUE
YSF=YSF+Y1PSF
                                                                                                                                                                                                        TVICTVI-YAPVI
                                                                                                                                                                                                                ESF=ESF+EAPSF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    YDEYSF
YEFEYSF
YZEYFIS
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                (3=1VI
                                                                                                                                                                                                                                           ENDIN
                                                                                                                                                                      FNDIE
                                                                                                                                                                               0
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           101
                  000
CALCULA LOS MOMENTOS ESTATICOS Y DE INERCIA DE LA ARMADURA ACTIVA
RESPECTO AL CENTRO DE GRAVEDAD Y A LA FIRRA NEUTRA DE LA SECCION
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            IFIZZZ.GE.3)WFITE(0+116)YSF,YFIS,ESF
FURMAT(2X."VALORES DE 18F.NFIS Y ESF CON ARMADURA DE PRETENSAR",
*/,2X.3FIS.3,/1
                                                                                                                                                                             EVI=EVI=EVI=EVI+ER(#1913)
VVI=NVER(81,82,C1)+YMER(83,80,C1)*R+AR1*(XVI-(MIP(1)+51))**2+
*BR2*(XVI-(HIP(1)+52))**2
                                                                      CALCULA LOS MOMENTOS ESTATICOS Y DE INERCIA DE LA NUEVA CAPA
RESPECTO A LA FISRA NEUTRA DE LA SECCION FISURADA.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                               CALCULA EL MOMENTO ESTATICO DE LA SECCION SIN FISURAR
                         IIS FORWATIER," (ESF) TOTAL DE HORMIGON",FIS.3,
*/.Zt,*ARI,XSSF,HIP(I),G1,1",/,ZX,4F9,3,13,/)
                  ESF=ESF+1R1*(x6SF-(H1P(1)+G1))
                                                                                                          EFIS=EFIS+4R1*(X1-[H1P(1]+61))
                                                                                                                        742=11ER(83,84,C1)**
TE1=4R1*(X1-(H1P(1)+G1))**2
YE2=4R2*(X1-(H1P(1)+G2))**2
                                                                                                                                                                     IF (L.EQ.3.4ND.22,GE.3)THEN
                                                                                                                                                    1F1S=1F1S+1W1+1W2+1E1+1E2
                                                                                                                  Th1=TNER(81,82,C1)
                                                                                                                                                                                                                                                            IF (NCAL, GT. B) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             EAAFT=EAAFT+EAA2
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              YAASFEYAASF+YAA]
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       YAAF [=YA4F]+Y442
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               TFISSTFISTABFI
ESFESF+EAASF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           EFIS=EFIS+EAAFI
ENDIF
                                                                                                IF (L, EQ, 2) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        TSF=TSF+YALSF
                                                                                                                                                                                                                CONTINUE
ELLSF=0.
ELLFI=0.
YLLSF=0.
                                                                                                                                                                                                                                                                                               FISURADA.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     E4PFI=0.
Y1PSF=0.
Y1PFI=0.
E1PVI=0.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              EapSF=0.
                                                                                                                                                                                                                                                    YALFIED.
                                                                                                                                                                                                        ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                     uuuuu
                                                              uuuu
```

0472

```
123 FORWATICA,"CORTANTE",/,2x,6("="),/)
IF(Z_LE_2)MRITE(b,112)RA
112 FORWATICA,"COEFICIENTE MULTIPLICADOR POR EFECTO DE PRETENSADO ",
*14x," 1.**, fq.z,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    IZT FORMATICA, CALCULO DE RESIST. DEL HORMIGON VSO",
"" FORJADO Y VIGUETA", F8,2 p. F12,2,7,2 x,
"" VALOR DE CALCULO DE CORRANTE",
"" TOTAL ASSORBIDO POR EL, 7,2 x, "ORNE (1+8A1)", F52,2,7)

128 FORMATICA, "VALOR DE CORTE ASSORBIDO POR ARMADURA DE CONTANTE ",
"Il F12,2,7,2 x, "VALOR DE CORTE TOTAL SI EXISTE ARMADURA DE",
ELSE
                                                                                                                                                     181 FORWATIZK,"MOMENTO SEGUN F.TECNICA=",IIT,3%,"FIBRA NEUTRA=", #FI3.2,/]
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              *//," FIS.SUPER,",2F12,2,5%,"F.SUP.",F13,6,/," FIB.CGWIG.",
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             *2F12.2.5x,"F.NC4x(1)"F10.6,//
*F16.C6P4...712.2.5x"F.NC4x(2)",F10.6,/," F18.C6xCC.",
*F16.2.5x"F.NC4x(3)",F10.6,//
*F18.1NFER...7F12.2.5x"F.NFER. ",F10.6,/
** F18.1NFER...7F12.2.5x, F.NFER. ",F10.6,/
** F18.1NFER...7F12.2.5x, F.NFER...7F10.6,/
                                   182 FORWAT(2x,"WOMENTO SEGUN PROGRAMA=",118,3x,"FIBRA NEUTRA=",
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                ##ITE(6,128JV#D,V#C3)
126 FORM#ITEX#"CALCULO FOR COMPRESION TOPE OF CABEZA T VIGUETA",
#FIG.2-FF12.2-7.7)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  IF(ZZ.EG.2.0%,ZZ.EG.4)#RITE(6,124)8#3,8h2
124 FORMAT(ZK,"ANCHOS DE CALCULO A CORTE DE CASEZA Y VIGUETA",
                                                              183 FORMATIZX,"MOMENTO CONSIDERANDO PRETENSADO=",19,3%,
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         IF(22.E0.1.09.22.E0.3) WRITE(6.125) BW2
125 FORWAT(2x,"ANCHD DE CALCULO A CORTE DE VIGUETA
                                                                                                                    121 FORMAT(2x,"PRETENSIDO",/,2x,10("="),/)
                                                                                                                                                 MRITE(6,122)PR,GRADO,CLFCC
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  WRITE(6,127)VC01,VC02,VC0
                                                                            **F18R4 NEUTR4=",F13.2,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    WRITE(6,126)VMC1,VMC2
                                                                                            IF (22, LE, 2) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 *"DEFORMACIONES",
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         JF(IC, GT, 0) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              *F16,2,F12,2,/)
                                                                                                         MRITE(6,121)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 MRITE(6,123)
                                                                                                                                  PREP0/5144
                                                   *F13,2,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    ENDIF
       MATTE(6,120)7F15,x1
118 FORMETCR, TREECLE SIN FISORAR=",121,3x,"FISRA NEUGRA=",F13,2,7)
119 FORMETCR, TIMEGCIA EN SERVICIO=",121,3x,"FISRA NEUGRA=",F13,2,7)
120 FORMETCR, TIMEGCIA EN ROTURA= ",121,3x,"FISRA NEUGRA=",F13,2,7)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   ARITE(6,107)], SAA(I), NEMAII), IMA(I), RYAR(I), ITIMA, ESMA(I), MAR(I)
                                                                                                                                                                                                                                                                                          C.GRAY. LIN.ELAST. MOD.ELAST.",
                                                                                                                                                                                                                        MRITE(6.56)NCAA,CSAA
SE FORWAICZ, "MUNESO DE CAPAS DE ARMADORAS ACTIVAS=",19,3K,
**COFF, 06 ESGUR,=",F10,2,/)
IF(NCAA,GT,0)THEN
FORMAT(2x,"MAXIMO DIAMETRO DE ARMADURA PASIVA",16,
                                                                                                                                                                               85 #811E(6.105)1.54P(1).#G4P(1).RT4P(1).CS4P.IT14P(1)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 IF (27.50.2.00.22.50.0) #RITE(6,114)5HC, #GF
114 FORMAT(24,"SUPERFICIE OF MORMIGON FORJADO=",F10.2,
*34,"CENTRO DE GRAVEDAD=",F7.2,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      115 FORMATICAL, "SUPERFICIE DE HORMIGON VIGUETAL",F10.2,
"51, CENTRO DE GRAVEONDE",F7.2,/)
"16 FORMATICAL, "SUPERFICIE DE ARMIDORA PASIVAL",F11.2,
"51,"CENTRO DE GRAVEOADE",F7.2,/)
                                                                               54 FORMATICES."NUMERO DE CAPAS DE REFUERZO=",113,3x,
*"COEF. DE SEGUR,=",F10,2,/)
55 FORMATIC CAPA AREA C,GRAV, LIM,ELAST. MO
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            117 FORMATICER, "SUPERFICIE DE ARMADURA ACTIVA=",F11,2, +3x,"CENTRD DE GRANEDAD=",F7,2,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         MATTECA,109)IC,CSAC
109 FORMAT(/,ZW,"ARMADURAS DE CORTANTE=",120,3x,
**COEF, DE SEGUR=",F10,2,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    ANGULD
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           111 FORMATICAX,"AREA",48, "DIST, BARRES ANGULY
""LIN. ELAST.",487, "FG.2-F10,28-F10,49-115,/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                9 CONTINUE
107 FGHMATICEK:10.2F10.4,17,112,18,117,F11.53
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       #RITE(6,150)
180 FORMAT(2x,"NEGATIVOS",/,2x,9("="],/)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            IF (NCA4.6T.0) #RITE(6,117) STAA, XAA
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               MRITE(6,182)0FL1,XXN1
IF(22,LE,2)MRITE(6,183)0FL2,XXN2
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     MRITE(6,118)YSF,XSSF
IF(ZZ,GT,2)MRITE(6,119)YY1,XY1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 WRITE(6,111) ASM, SM, RO, PYAC
                                         MRITE(6,54)NREF,CSREF
IF(NREF,GT,0)THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   MRITE(6,181)FLN1,X1W
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 MR17E(6,115)SHV, 16V
                                                                                                                         J85=WC4P+WREF
                                                                                                                                                                    00 85 I=J86,J85
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      IF (IC, GT, 0) THEN
                                                                                                                                                                                                                                                                                mRITE(6,106)
                                                                  #RITE(6,55)
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         TGF=NHC/SHC
                                                                                                                                                       J86=NC4P+1
                                                                                                                                                                                                             ENDIF
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            ENDIF
```

```
Area de areadura passiva que se encuentra en la ultima 
Section cobericentrica para el calculo de los casos de 
fisuración. Amadura de traction que llega al apoyo. 
Arill que producen los estados tensionales sun no equilibrados. 
Axil que producen los estados tensionales aun no equilibrados. 
Axil que devuelve la JURIS transformado en AXII.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         Perdida de pretensado producida por la condicion 0.6 F.max. Valor de linea de contonno de la capa de horaigon. Fibra meutra en calculo de negativos en piezas pretensadas. Coeficiente a aplicar para obtener la tension real en la fibra inferior producida apor el pretensado. Valor de la linea del contonno del forjado en GDR50. Anchura superior de las capas del forjado.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           Capacidad mecanica de los refuerzos.
Axil que se produce en el calculo de negativos teniendo en
cuenta el pretensado. Capacidad mecanica de los
                                                                                                                                                                                   Valores de compression obtenidos en CORSO.
Valor de compression obtenido en la GORSO y GORZO en el
                                                                                                                                                                                                                                        Tension producida por el acero.
Tension del acero obtenida en SIGS.
Axil que producen los estados tensionales.
Axil que producen los estados tensionales.
Axil que se produce en el calculo de negativos.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            efuerzos de negativos.
                                                                                                                                                                                                                             oratgon.
                                                                                                                                                                                                                                             9X30
                                                                                                                                                                                                                                                               AXX1
AXX1
AXX1
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  SHXW
                                                                                                                                                                                                   #X#
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            27 m
                                           484
                                                                              HSH
HSM
                                                                                                                                          AX2
AX3
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       8
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               ö
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              00039
00040
00040
00040
00040
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             0049
                                                                                                                                                                                                                                                                                                         9900
```

- Momento de rotura a flexion ultimo Momento total producido.

FL2

(1) fibra superior

Manachos producidos per 20650 v 20870, debidos  In congression del herasion de meda capa.  Manacho de colica del projecto de arradura à peiza cons arrada.  Manacho del calca de projecto de arradura à peiza cons pretensada.  Carra de despacedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la capa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la subcapa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la subcapa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la subcapa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la subcapa de horasion de la vagueta.  Cantro de gravedad de la subcapa de horasion de la vagueta.  Mera de la rea de horasion situada sobre la fibra metra de capa capa de gravedad de la vagueta.  Moracion que calcula la terca utitada sobre la fibra metra de capa de praducto al artico de la rea capa de horasion y el anacho de la capa de borasion par valores utitada sobre la fibra superior de la pieza tras el tesado.  Moracion que calcula el centra.  Moracion que calcula el capa de horasion donde se inicia a consita la vagueta de horasion el afibra superior de la pieza tras el tesado.  Moracion que calcula el capa de horasion al dividir.  Moracion que calcula el capa de horasion al dividir.  Moracion que calcula el capa de horasion al dividir.  Altura de la fibra superior de la capa de horasion al dividir.  Altura de la fibra superior de la capa de horasion			IFIS - Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra en rotura.					- 0	111 - Parametro que varia en cada segmento para no repetirios	desde el programa principal  [Ut - India la raca anterior a la one tiene la fibra neutra en ceruicio	1			32 - Paramatro que indica el valor donde se archiva el ancho	de las sideas interiores de las Capas del forjado.		JUR - Guarda la forma de rotura a fin de distribuir la iteracion.	JOIA - Parametro (=!) si estuvo en SIGS calculando la tension de	Company of the second of the s	JS0 - (=50) Parametro que indica que esta en caiculo de axiles y		J70 - (=70) Parametro que indica que esta en calculo de axiles.	(#80) que esta en calculo de monantos.			1	KRZ - Lapa en la que se encuentra la fidra piastica. KRZ - Capa final del calculo de tensiones elasticas en el horaigon.	1	Normalgon.  K05 - Capa inicial con tensiones plasticas en el horaigon.	K1 - Numero total de capas introducida la subcapa que contiene la	Kil - Capa a anadir tras colocar la fibra neutra.		K21 - Capa a anadir tras colocar la fibra plastica.	0			ALCOHOL - The second of the Control of the Second of the S	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1	ALUIZ - Faremetro que indicas velo Versación de armadora passasa (=0) que no varia	KLUTS - Parametro que indica: (=1) variacion en la armadura activa.	(capas, coeficiente de seguridad, limite elastico)	(=0) que no varia.	ALUT4 - Parametro que indica: (=1) variación de los refuerzos de megativos		KLUTS - Parametro que indica: (=1) que sigue el programa con otra pieza. (±9999) que finaliza el programa.	NLUT6 - Parametro que indica: (=1) variacion de la armadura de contante.	(=0) que no varia.	L102 - Valor que situa la fibra neutra o plastica en JOR11. L163 - Valor que situa la fibra neutra o plastica en JOR11.
FL3 - Masentos producidos por 00030 v 00070, debidos  FL3 - Masentos producidos por 00030 v 00070, debidos  FL3 - Masento debigo de recorda capa a dece en del capa de hormigon del capa en del capa en del capa en del capa de hormigon del capa en del capa en del capa de hormigon del capa en del capa en del capa de hormigon del capa en del capa en del capa de hormigon del capa en del capa de capa de hormigon del capa en del capa de hormigon del capa en del capa de hormigon del capa en del capa de hormigon del capa del prima en del capa del prima nigrator de la pieza tras el tesado.  CONDER del capa del prima superior de la pieza tras el tesado.  CONDER del capa del prima nigrator de la pieza tras el tesado.  CONDER del capa del prima nigrator de la pieza tras el tesado.  CONDER del capa del prima superior de la pieza tras el tesado.  CONDER del capa del prima superior de la pieza tras el tesado.  CONDER del capa del prima superior de la capa de hormigon.  HIP Para del la fibra superior de la capa de hormigon a div																			0.0																													
FL3 (FL3) (F		1000	sr.	en cada capa.		armada.	como pretensada.	22786			1900	for tado.	vigueta.	a activa.	pasiva				caba	400		iones	ad de la		is de horaigon	esado.	tesado.		setrechs		nicia		abu donde		0000	aigon.	migon	11900.	dividir,	a 1a	,	a dividir.	a 1a		2 12	-	gon.	rya o condon (1 o 2)
	The same of the sa	a la compression del horminon en cada rana	Monento debido a la tencion del acero en 309	Nomento que producen las tensiones del acero				Limite elastico de proyecto de armadura activ		Limite elastico de armadura en SIGS.	Centro de gravedad de la capa de noratgon de	Centro de gravedad de la subcapa de horaigon de Centro de gravedad de la subcapa de horaigon		Deformacion tras el tesado de cada capa de ar		<ul> <li>Hrea de mormigon situada sobre la fibra meutra en servicio en viquetas armadas.</li> </ul>		neutra en servicio.	Function que calcula la tension y el momento	de hormigon para valonés ultimos en regimen é Fination dus raloula la tension o el momento	de hormicon para valores ultimos en regimen p		de las capas de hormigon respecto al centro de graved	pieta completa. - Crado del acero de gretensar.	Function oue calcula el centro de pravedad de las capa	· Deformacion en la fibra superior de la pieza tras el t	Deformacion en la fibra inferior de la pieza	Fibra			Parametro que indica la capa de horaigon dond la vioceta	- Canto total de la pieza.	- Parametro donde se guarda el valor que indica la c		Altura de las fibras compriones de cada cana	Altura de las fibras inferiores de cada capa	Altura de las fibras superiores de cada capa			- Altura de la fibra superior de la subcapa siguiente	dividida en JORIT.	- Altura de la fibra inferior de la capa de hormigon	- Altura de la fibra inferior de la capa siguiente	dividida en JDR11.	- Altura de la fibra inferior de la capa siguiente	division en augus.  - ditura de fibra superior de cada cana de horaio.	- Altura de fibra inferior de cada capa de horai	- Indica si la armadura de pretensado es de barr
			-	+	- Minento de notura ultimo negativo.	1	1 1	- Limite elastico de proyecto de armadura activ	١	- Limite elastico de armadura en SIGS.	- Centro de gravedad de la capa de noratgon de	- Lentro de gravedad de la capa de horaigon de - Centro de gravedad de la subcapa de horaigon	- Centro de gravedad de la subcapa de hormigon	- Deformacion tras el tesado de cada capa de ar	k.i	(	1		- Function que calcula la tension y el momento	de horalgon para valores ultimos en regimen - Finantion que rainula la tension o el momento.	de horazoon para valores ultimos en regimen p	. (	de las capas de hormigon respecto al centro de graved	1			- Deformacion en la fibra inferior de la pieza	- Fibra	1.1		- Parametro que indica la capa de horaigon dond la vioceta.	1	+		- Altura de las vigueta o sealvigueta. - Altura de las fibras cineriores de cada cana	- Altura de las fibras inferiores de cada capa	- Altura de las fibras superiores de cada capa	1	1 1			1	1		1	•		IRA - Indica si la anhadura de pretensado es de barr

```
Fitte plants are monocomposed and are according to a second and a second a seco
                                                                                                                                       si existe areadura de corte.
Esfuerzo contante resistente de calculo.
Esfuerzo contante resistente de calculo respecto a la compression
en el ales del forjado.
                                                                                                                                                                                                                                                                               Esfuerzo cortante resistente de calculo respecto a la compresion
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         de corte.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                          en el alas de la vigueta. Resistencia a esfuerzo contante en piezas con areadura de corteste el horaigon del forjado si no existe areadura de corte.
   de corte.
Estuerzo cortante absorbido por el horaigon del forjado si
existe arasdura de corte.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 - Centro de gravedad de la sección neta.

- Centro de gravedad de la armadura pasiva de la vigueta.

- Fibra neutra en carvició en vigueta armada.

- Fibra plastica en calculo de negativos.

- Fibra neutra en rotura de momentos negativos.

- Fibra neutra de momentos negativos en rotura en calculo de
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  Esfuerzo cortante absorbido por el horaigon de la vigueta
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 Anchura de la fibra inferior de la capa de horaigon de la
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       Anchura de la fibra superior de la capa de horaigan de la
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             si no existe armadura de corte.
Resistencia a esfuerzo cortante de la armadura de corte.
Anchura de la fitra superior de la capa de hormigon del
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 Anchura de la fibra inferior de la capa de horaigon del
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           Mosento flector de figuración.
Mosento característico.
Fitra neutra en somentos positivos que produce rotura
simultanea tracción-compresión.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              omogene:zada.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        for jado.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          vigueta.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              for jado.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    ripoeta
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              SIRDS.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           Cara da Ara da Cara da
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         8 × 2
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           X10.2
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     27
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   12
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     7
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   SHIM - Area de Portaion total hanogeneizado.

Will amadura pasiva.

Will amadura contenida en la PUNITION SIGS.

Will amadura pasiva.

Will amadura pasiva.

Will amadura contenida en la seavuigueta.

Will amadura pasiva.

Will amadura de la capantica de areadura pasiva.

Will amadura pasiva.

Will amadura de la capantica de la seavuigueta.

Will amadura pasiva de la capantica de areadura pasiva.

Will amadura pasiva de la capantica de areadura pasiva.

Will amadura pasiva de la capantica de areadura pasiva de la vigueta el la capantica de areadura pasiva de la seavuigueta.

Will amadura pasiva de la capantica de areadura pasiva delido al pretensado.

Will amadura es produce en la areadura activa debido al pretensado.

Will amadura es produce en la areadura activa debido al pretensado.

Will amadura es produce en la areadura activa respecto a la fibra montro.

Will amadura esta produce en la areadura activa respecto a la fibra montro.

Will amadura esta producido por la areadura activa respecto a la fibra montro.

Will amadura la pasiva respecto a la fibra montro.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 M. - Continue de homogeneización de armadura pasiva respecto al homogeneización de la vigueta.

T. Valor de la subcapa que contiene la fibra heutra en servicio capas dal homogeno del la subcapa que contiene la fibra heutra en servicio de capas dal homogeno del forlado, en regimen elastico en CORSO.

Farmacto para calcular las tensiones de compresion de la CORSO.

Farmacto para calcular las momentes de las capas del hormagon del forlado, en regimen elastico en CORSO.

Farmacto para calcular las momentes de compresion de las capas del hormagon del forlado en regimen plastico en CORSO.

Farmacto para calcular las tensiones de compresion de las capas del hormagon del forlado, en regimen plastico en CORSO.

Farmacto para calcular las tensiones de compresion de las capas de hormagon del forlado, en regimen plastico en CORSO.

Farmacto para calcular las tensiones de compresion de las capas de hormagon del forlado, en regimen plastico en CORSO.

Farmacto para calcular las tensiones de compresion de las capas de hormagon del forlado en regimen plastico en CORSO.

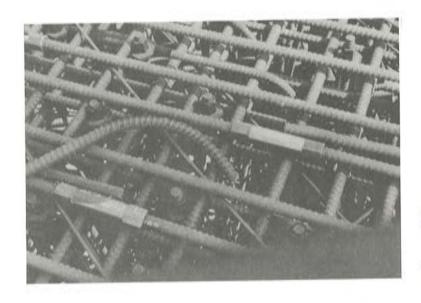
Farmacto para calcular las tensiones de compresion de las capas de hormagon del forlado en regimen plastico en CORSO.

Farmacto para calcular las tensiones de compresion de las capas de hormagon del capas de las capas de hormagon del capas de hormagon del forjado que contiene.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            contante absorbido en el hormigon si existe anmadura
                                                                                                                                   Superficie homogeneitada neta.
Frea todal de homogeneitada
Superficie homogeneitada total de arbadura.
Superficie homogeneitada respecto horaigon del forjado de la
                                                                                                                                                                                                                                                                           arazdura activa.
Superficie homogeneizada respecto hormigon del forjado de la
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       Anchures de las capas de horaigen de la vigueta que contiene
la fibra neutra.
   Area de cada capa de araadura pasiva.
Area hosogeneirada del homison de la vigueta y de
aradura pasiva respecto al hornigon de la vigueta.
Area del hornigon del forjado.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     Fuerza de pretensado tras el curado.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        la fibra neutra.
                                                                                                                                                                                                                                                                                                      SHTM9 -
                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            THE
```

### ACEROS Y TECNOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION, S.A.



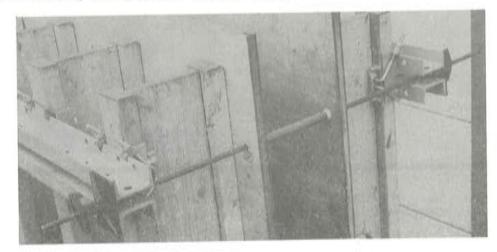
Paseo de la Habana, 14, Madrid-16. Teléfono 261 29 85 — Telex: 23533.



Barras roscadas sistema GEWI para armaduras, fabricadas por AZMA, S.A. Accesorios para uniones y anclajes.

Sistemas DYWIDAG con aceros de alto Iímite elástico. Barra  $\phi$  15 mm. Calidad 90/110, fabricada por AZMA, S.A.,

para sujeción de encofrados.



# INTEMAC U

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES





Ensayo de pilares a compresión centrada

MADRID

Oficin as: Monte Esquinza, 30 - 4° D MADRID-4 Tels. (91) 410 51 58/62/66

Laboratorio: Carretera de Loeches, 7 TORREJON DE ARDOZ Tels. (91) 675 31 00/04/08 BARCELONA

Pasaje Busquets, 37 CORNELLA DE LLOBREGAT Tels. (93) 377 43 58/62

### Recomendaciones para la Preparación de Artículos

Por: R. Piñeiro

Por considerarlo de interés para los que nos favorecen con sus colaboraciones, a continuación se incluyen unas recomendaciones que creemos pueden servirles de guía en la preparación de sus artículos.

#### 1. BENEFICIOS QUE REPORTA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

La publicación de un artículo beneficia a la empresa del autor e incluso al país; pero al que más beneficia es al propio autor ya que, un buen artículo, puede proporcionarle las siguientes ventajas:

- Un aumento de su prestigio personal que, en algunos casos, puede resultar decisivo para su promoción profesional.
- Un enriquecimiento de su "curriculum vitae".
- La posibilidad de contactar con otras personas interesadas en el mismo tema. Además, al tener que expresar las ideas de forma ordenada, se suele alcanzar un mejor entendimiento del problema.

#### 2. PIENSE EN LOS LECTORES

Al preparar un artículo, o cualquier otro trabajo escrito, es necesario pararse a pensar en la mentalidad de los lectores a los cuales va dirigido, para tratar de adecuar a ella su contenido.

Salvo que el tema lo requiera, conviene evitar los desarrollos matemáticos complejos, difíciles de seguir. Sin embargo, los razonamientos u operaciones matemáticas simples no deben desarrollarse con el estilo detallado y paso a paso, propio de los libros de texto, por ir dirigidos a personas que, en general, están más interesadas en las conclusiones que en los métodos de desarrollo.

#### 3. COMO HACER PARA QUE LEAN SU ARTICULO

No debe olvidarse que el lector recibe diariamente una verdadera avalancha de papel: Revistas, Informes, Periódicos, Folletos, etc. Como carece de tiempo para digerir toda esta información, tiene que ser selectivo. De aquí que el autor de un artículo se tenga que plantear el problema de cómo convencer a los lectores para que lean su artículo.

Hay tres procedimientos para conseguir muchos lectores:

- 1.- Utilizar un título que atraiga la atención del lector.
- Empezar el artículo con una introducción que resuma el contenido y consiga interesar al lector.
- Hacer que el artículo sea de fácil y agradable lectura, ilustrándolo con gráficos y tablas que mejoren su aspecto.

#### 3.1. El título

El título debe ser corto y atrayante. Cuando no sea posible reducirlo a solo unas cuantas palabras, se puede utilizar un título y un subtítulo.

El título debe ser afirmativo. Por ejemplo, un artículo que trate de la forma de eliminar defectos en la inyección de las vainas de los tendones de pretensado, no se debe titular "Defectos en la inyección de vainas". Tendrá doble número de lectores si se titula "Cómo evitar los defectos en la inyección de vainas".

#### 3.2. La introducción es parte fundamental del artículo

Por muy acertado que sea el título siempre habrá lectores que no sabrán si merece la pena emplear media hora en leerlo.

Hace falta un resumen o introducción en el que se explique al lector qué es lo que va a encontrar si continúa leyendo. En este resumen se deben citar las conclusiones a que se llega.

No debe ser demasiado breve, pero tampoco conviene que pase de 150 palabras. Lo ideal son unas 80 ó 100 palabras.

#### 3.3. La presentación

Si el título ha conseguido llamar la atención del lector y el resumen le ha parecido interesante, lo más probable es que el lector hojee el artículo antes de ponerse a leerlo. Por eso es esencial que su contenido "entre por los ojos".

Los párrafos no deben ser demasiado largos y en el artículo deben incluirse cuadros y figuras que, además de facilitar su comprensión, ayuden a romper la monotonía del texto.

#### 4. TEXTO DEL ARTICULO

No se puede hacer una relación de las partes que debe tener un artículo ni marcar el orden que deben seguir; eso depende del tipo de artículo. Pero sí conviene destacar un defecto muy corriente que consiste en exponer las conclusiones y resultados únicamente al final.

Esta técnica es muy lógica en otros tipos de escritos, como pueden ser las novelas policíacas, pero es desaconsejada por todos los pedagogos y especialistas en técnicas de comunicación y lectura. El lector debe saber a donde le conduce el autor.

Las conclusiones se deben mencionar en el resumen y, si éste no bastase para ello, en el primer capítulo, que puede ser una ampliación o complemento del resumen.

Es muy recomendable que el autor, antes de iniciar el trabajo, se prepare un índice de los puntos principales que pretende tratar y compruebe que siguen una línea lógica en la presentación del problema y sus soluciones. Debe verificar que no se omite nada importante y que no hay reiteraciones o se incluyen consideraciones que no tienen relación directa con el asunto tratado.

#### 4.1. Una figura vale por mil palabras

Las figuras no solo facilitan las descripciones, sino que se quedan mucho mejor grabadas en la memoria de los lectores. Conviene utilizarlas al máximo. Se deben numerar todas las ilustraciones y al referirse a ellas en el texto no se debe hacer diciendo "como se ve en la figura siguiente", porque al componer el artículo puede que resulte imposible colocarla a continuación. En vez de ello debe decirse "como se vé en la figura nº ...".

Es muy conveniente que cada ilustración vaya acompañada de una leyenda descriptiva.

Por otra parte, para ayuda de la Redacción de la Revista, conviene que se prepare una lista de figuras con sus leyendas.

#### 4.2. ¿Qué hacer con las fórmulas?

Es muy difícil evitar las erratas de imprenta en las fórmulas complicadas. Si hay que utilizarlas deben seguirse las instrucciones del cuadro I.

Por lo general, las formulaciones complicadas resultan más claras si se manuscriben cuidadosamente que si se mecanografían.

Debe pensarse también que la anchura de la línea de la Revista es de 15 cm. Ya se comprende la complicación que crean las fórmulas de longitud superior.

#### 4.3. Sea claro, preciso y breve

A la hora de escribir un artículo técnico, no hay que preocuparse demasiado por el estilo literario. Lo esencial es comunicarse con los lectores, no lucirse ante ellos.

Sobre todo conviene evitar el estilo excesivamente florido y las frases excesivamente largas. Al lector le resultan más fáciles las frases cortas y sin demasiados adjetivos.

Un defecto corriente es el de la cacofonía. Por ejemplo, frases como: "sustituir la descripción por una ilustración" se deben evitar. Suena mucho mejor: "sustituir la descripción por una figura".

También se debe procurar no repetir la misma palabra varias veces en una sola frase.

Cuando existan dos palabras sinónimas y no se sepa cuál utilizar, sin dudarlo debe recurrirse a la más corta. Esto también se aplica a las frases.

#### 4.4. La extensión

Los artículos excesivamente largos suelen cansar al lector. No obstante, algunos temas los requieren y, por consiguiente, no se puede a priori poner límites a su extensión.

Cuando por su excesiva longitud hayan de dividirse, para su publicación, en varios números sucesivos de la Revista, nadie mejor que el autor sabe dónde debe hacerse esta división. Por ello, debe ser él quien lo mande ya dividido.

Para poder calcular lo que va a ocupar un artículo debe saberse que, aproximadamente, tres hojas UNE A4, a doble espacio, ocupan una página de la Revista, siempre que no haya que incluir cuadros, figuras, etc.

#### 5. SEPARATAS

Al autor se le entregan siempre, gratuitamente, un cierto número de separatas de su artículo; alrededor de 25. Si desea mayor cantidad para fines particulares, se le pueden facilitar a precio reducido tantas como desee, si las pide antes de que el artículo haya sido publicado. Después de tirada la Revista el precio de las separatas sube considerablemente por requerir una nueva impresión.

#### CUADRO I

#### Reglas para la Preparación de Originales

Mecanografía:

En hojas tamaño UNE A4, a doble espacio por una sola cara.

Dibujos:

Originales a tinta en papel opaco o vegetal. Copias sólo si son perfectamente nítidas. En general las figuras se reducen al menor tamaño compatible con la claridad. Las letras deben ser suficientemente grandes para que no pierdan legibilidad al reducir. Rotulación con plantilla. No utilizar figuras con textos

en otros idiomas, a ser posible.

Fotografías:

Preferible en papel opaco y en blanco y negro.

Ilustraciones de libros o

Solo se pueden utilizar si son de gran calidad y con texto en castellano. Las

catálogos:

fotografías son, generalmente, irreproducibles.

Unidades:

Sistema S. I.

Letras griegas:

Procurar evitarlas. Si son necesarias adjuntar "lista de letras griegas utilizadas

en el texto" para facilitar su identificación.

Subíndices y exponentes:

Procurar evitar los exponentes complicados y letras afectadas simultáneamen-

te de subíndices y exponentes. Si son inevitables utilizar, por ejemplo,  $(A_b)^{2/3}$  y no  $A_b^{-2/3}$ .

Identificación de fórmulas:

Utilizar para ello un número entre paréntesis a la derecha de la fórmula. Pero

hacerlo sólo en casos necesarios.

Salida impresa de ordenador:

Deben ser evitadas. Sólo en casos excepcionales pueden ser reproducidas con

un mínimo de calidad.

#### SOMETA SU ARTICULO A ESTE EXAMEN

Una vez que haya terminado la preparación del manuscrito, compruebe los siguientes puntos:

- ¿Se puede acortar el título?
- ¿Es el título suficientemente llamativo?
- ¿Ha preparado un resumen de 80 a 100 palabras?
- ¿Da el resumen una idea clara del contenido del artículo?
- ¿Tiene las suficientes ilustraciones para que resulte fácil de leer?
- ¿Está Vd. seguro de que el lector no tiene que leerse el trabajo hasta el final para enterarse de las conclusiones?
- En caso de duda mejore el resumen o mencione las soluciones en el primer capítulo.
- ¿Guardan las distintas partes una proporción lógica?
- ¿Hay un enlace razonado entre las distintas partes del artículo?
- ¿Hay alguna descripción que se pueda sustituir por una tabla o, aún mejor, por una figura?
- ¿Se podría poner una leyenda debajo de las figuras que permita al lector entenderlas sin necesidad de leerse todo el artículo?
- ¿No quedaría mucho más claro con un ejemplo?
- ¿No convendría incluir un sumario de símbolos?
- ¿Está seguro que una persona no acostumbrada a su letra interpretará correctamente las fórmulas sobre todo si hay exponentes, subíndices y letras griegas?
- ¿Se podría añadir una especie de tabla extractando las principales conclusiones, fórmulas, etc.?
- ¿Ha dado una lista de bibliografía para facilitar al lector la búsqueda de más información?

## PUBLICACION ESPECIAL DE LA A. T. E. P.

#### Manual H.P. 5-79 "Recomendaciones para la disposición y colocación de Armaduras"

Como continuación de la serie de Manuales que, desde hace años, viene editando la Asociación Técnica Española del Pretensado, y en los que se recogen las recomendaciones relativas a las diferentes etapas del proceso general de ejecución de las construcciones pretensadas, se publica ahora el Manual H.P. 5–79 en el que, bajo el título "Recomendaciones para la disposición y colocación de armaduras", se han recopilado todas aquellas normas que la práctica ha demostrado deben tenerse en cuenta para obtener una adecuada disposición de las armaduras en los elementos pretensados, tanto si se trata de armaduras pretesas como postesas, incluyéndose así mismo las armaduras pasivas que suelen acompañar a las activas.

Por la íntima relación existente entre tales armaduras y otra serie de dispositivos y piezas tales como los anclajes, empalmes, vainas, separadores, etc., se recogen también en este Manual las recomendaciones correspondientes a su colocación.

En todos los casos, se tratan por separado las fases de proyecto, ejecución y control.

El interés del tema elegido resulta evidente si se tiene en cuenta que el estado tensional creado por las armaduras activas en todo elemento pretensado, debe ser tal que permita a éste cumplir, con las necesarias garantías de seguridad y durabilidad, la función a que va destinado. Y como dicho estado tensional depende, no sólo de la magnitud sino también del punto de aplicación de la resultante de las fuerzas de pretensado introducidas, se comprende que la disposición de las armaduras en este tipo de piezas adquiere una importancia primordial; por lo que su colocación debe ser cuidadosamente realizada en obra.

A la consecución de este objetivo se estima que habrán de contribuir, de modo importante, las recomendaciones del Manual que ahora se ofrece y que se espera tendrá la misma favorable acogida que los anteriores de la serie, no sólo entre los Miembros de nuestra Asociación, sino también entre cuantos profesionales desarrollan sus actividades en el campo de la técnica del pretensado.

Este Manual H.P. 5-79, con 87 páginas y varias figuras, se ha puesto a la venta al precio de 300,— ptas. el ejemplar (6,— dólares USA para el extranjero). Para los Miembros de la A.T.E.P. se ha establecido el precio especial de 200,— pesetas (4,— dólares USA para el extranjero).

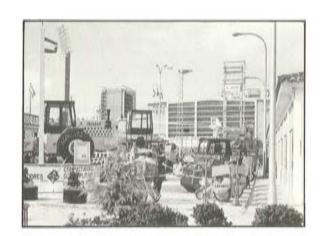
Los interesados en su adquisición deberán dirigir sus pedidos a la Secretaría de la Asociación Técnica Española del Pretensado, Apartado 19.002, Madrid-33, Tfno: 202 04 40.



#### 24 · 28 FEBRERO 1984 ZARAGOZA

#### 3. SALON INTERNACIONAL DE MAQUINARIA PARA OBRAS PUBLICAS Y CONSTRUCCION

Dirección y Oficinas: PALACIO FERIAL Teléfono 35 81 50 • Dirección Telegráfica SMOPyC Télex 58 185 FEMU E @ Apartado de Correos, 108 ZARAGOZA-9 (España)



Del 24 al 28 del próximo mes de febrero tendrá lugar en Zaragoza el Tercer Salón Internacional de Maquinaria para Obras Públicas y Construcción SMOPYC/84.

Un salón que va a contar con una nutrida presencia de expositores tanto nacionales como extranjeros, superando ampliamente la edición de 1982.

En el aspecto de las visitas hay que señalar la participación de misiones comerciales extranjeras procedentes de los países que están interesados en la producción nacional y que pueden llegar a ser compradores de los fabricados españoles. También hay que destacar la visita que realizarán a SMOPYC/84, técnicos de ATEMCOP y SEOPAN.

Por cuarta vez consecutiva se celebrará un concurso sobre diseño industrial aplicado a la Maquinaria de Obras Públicas y Construcción y asimismo tendrá lugar la ya tradicional jornada de la Prensa Técnica en la que se mantiene un contacto directo con las publicaciones especializadas en la temática del certamen.

En el aspecto científico hay que señalar la celebración de un ciclo de conferencias técnicas que se desarrollará a lo largo de los días 24 y 25. El programa es el siguiente:



#### CICLO DE CONFERENCIAS TECNICAS 24 y 25 de febrero de 1984

FABRICACION Y PUESTA EN OBRA DE MEZCLAS ASFALTICAS RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

FIRMES DE HORMIGON

Conferencia Magistral LAS OBRAS PUBLICAS Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACION DE EMPLEO

Para mayor información, dirigirse a la dirección o teléfono arriba indicados.

CATALOGO OFICIAL (España: 600 Ptas.).



asociación técnica española del pretensado