

# ÍNDEX MEMÒRIA

ÍNDEX MEMÒRIA.....	1
1. INTRODUCCIÓ.....	2
1.1. Antecedents .....	2
1.2. Objecte.....	2
1.3. Especificacions i abast.....	2
2. DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE .....	2
2.1. Definició de la biga.....	3
2.2. Definició del traçat del tendó.....	4
2.3. Resultats .....	5
3. RESUM DEL PRESSUPOST .....	7
4. CONCLUSIONS.....	8
5. BIBLIOGRAFIA.....	9
5.1. Referències bibliogràfiques.....	9
5.2. Bibliografia complementària.....	9

# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1. Antecedents

El formigó armat és, sense dubte, la tècnica constructiva més utilitzada al nostre país durant els darrers 50 – 60 anys. Però l'encariment de l'acer i les limitacions tècniques que presenta, ha despertat la necessitat de buscar alternatives a aquest sistema. El formigó pretesat, tot i ser un sistema constructiu estudiat i amb una forta teoria, sobretot en enginyeria civil, no és fins als darrers anys que s'està començant a emprar en l'edificació com a alternativa al formigó armat.

## 1.2. Objecte

El present projecte té per objecte el desenvolupament d'una aplicació informàtica per a calcular les pèrdues instantànies i diferides que presenta el formigó posttesat en bigues contínues de formigó estructural.

Aquest programa informàtic està pensat per a aquells professionals que calculen estructures i que tenen coneixements sobre el formigó pretesat. A més, pot ser un bon instrument per a facilitar la comprensió dels alumnes que s'introdueixen en el càlcul del formigó pretesat.

## 1.3. Especificacions i abast

Aquest projecte es limita al càlcul de les pèrdues instantànies i diferides dels tendons de posttesat. Tant les comprovacions de dimensionament com l'anàlisi dels estats límits últim i de servei no formen part d'aquest projecte.

# 2. DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE

Per a la realització del present programa informàtic, s'ha optat per a la programació amb Microsoft® Visual Basic .NET, ja que es vol proporcionar al programa un entorn de Windows per tal d'oferir un format conegut i que ja s'hagi emprat alguna vegada.

També cal destacar que s'ha optat per adoptar un format d'ús diferent a l'habitual que es sol trobar en els programes de càlcul d'estructures. Normalment, els programes d'estructures solen treballar amb una àrea principal de treball, a partir de la qual es poden utilitzar menús, eines i, fins i tot, altres pantalles, però sempre partint d'una pantalla de treball. La premissa

de tot el projecte ha estat desenvolupar un programa que sigui fàcil, ràpid i intuïtiu en el moment d'usar-lo. Per aquests motius, s'ha optat per un format que consta d'un seguit de pantalles poc complexes i amb un aspecte visual senzill.

Així doncs, el format adoptat, a l'hora de desenvolupar el programa, ha estat conceptualment realitzat a partir del funcionament seqüencial, tot donant a l'usuari la possibilitat d'anar endavant i enrere, dins el programa, de manera fàcil i, així, poder realitzar tots els canvis que es vulgui. En l'annex de solucions utilitzades, es mostra en detall aquest esquema seqüencial.

El programa consta de tres grans blocs. S'ha volgut reduir al màxim el nombre de blocs possibles per tal de fer un programa ràpid i poc tediós. Aquests blocs són: definició de la biga, definició del traçat del tendó i resultats.

## **2.1. Definició de la biga**

En aquest bloc, s'ha intentat aconseguir reduir al màxim les etapes per a poder definir, al complet, tota una biga. Per això, s'ha pensat en ajuntar els materials amb què pot està formada la biga per una part, els tipus de seccions que pot tenir per una altra, i totes les distàncies entre recolzaments i els tipus de recolzaments que pot tenir la biga per una altra.

Per aplegar els possibles tipus de materials que existeixen en el món de la construcció, s'ha creat una base de dades amb materials que vénen definits per les diferents normes que hi ha arreu del món (americanes, espanyoles, europees, etc.). Aquests materials estan identificats amb un nom concret, segons cada norma, i cadascun d'ells té unes propietats determinades. A més a més, s'ha donat facilitat a l'usuari perquè pugui crear el seu propi material si no en vol utilitzar cap dels mencionats anteriorment.

Com es veu habitualment, les bigues poden tenir molts tipus de seccions en el sector de la construcció. Per això, s'ha dissenyat aquesta part reduint al màxim el nombre de seccions. Se n'ha creat cinc tipus amb els quals queden perfectament definides la majoria de les seccions més usades actualment. Hi ha una sisena secció que ajuda a definir aquella que sigui poc utilitzada i diferent de la resta.

Per determinar els tipus i les distàncies entre recolzaments que pot tenir la biga que es vol analitzar, a la pantalla d'aquest primer bloc, s'ofereix l'ajut d'unes taules per a facilitar la introducció de totes les dades necessàries.

Així doncs, en aquest primer bloc, el programa demana a l'usuari que seleccioni tots els materials que s'utilitzaran per a la fabricació de la biga a estudiar, ja sigui els de la pròpia biga com els dels pilars. Seguidament, igual que als materials, es demana a l'usuari que defineixi totes les seccions que formaran part de la biga. I, finalment, es demana a l'usuari que ompli les taules que hi ha, amb les dades que es demanen, per tal de definir íntegrament la biga que es vol analitzar.

És necessari explicar que, per a calcular les pèrdues de posttesat, no cal saber ni les càrregues que tindrà la biga que es vol estudiar, ni conèixer en detall de quin tipus són els recolzaments, ni saber la longitud, el material i la secció que té cada pilar. A la pantalla d'aquest primer bloc, com ja s'ha dit, es demana que l'usuari defineixi els recolzaments. Això s'ha fet per dos motius:

- Per a poder representar gràficament la secció longitudinal de la biga. D'aquesta manera, al segon bloc (definició del traçat de tendó), l'usuari pot visualitzar com queda el tendó dins la biga. Si el traçat sobresurt dels límits de la biga, l'usuari pot realitzar les modificacions pertinents per tal de corregir l'error.
- Per a facilitar a futurs estudiants el desenvolupament de la segona part d'aquest programa informàtic. Tal i com s'ha dit a l'apartat d'especificacions i abast de la memòria, tant les comprovacions dimensionals com l'anàlisi dels estats límits últim i de servei no es comproven en aquest projecte. Per això, si algun alumne vol desenvolupar la part de comprovacions en aquest programa, necessitarà saber les càrregues que té la biga i tot el que fa referència als recolzaments.

## **2.2. Definició del traçat del tendó**

Aquest és el bloc més important de tots, ja que el traçat del tendó és el condicionant de les pèrdues de posttesat. Per això, s'ha parat especial esment en com dissenyar aquest bloc. S'ha proposat facilitar al màxim la manera de definir el traçat del tendó de la biga que l'usuari vol analitzar. El sistema que s'ha emprat és el de definir el traçat del tendó introduint, com a mínim, dos punts. En cada punt s'hi determina unes coordenades, un pendent i una

distància del punt d'inflexió de la corba que definirà el traçat. A l'annex de solucions utilitzades hi ha un apartat on s'explica amb detall.

El programa presenta la pantalla d'aquest segon bloc amb el mateix principi que la del bloc de definició de la biga. Com que la idea és que el programa sigui fàcil, ràpid i intuïtiu, en aquesta pantalla l'usuari pot realitzar tres simples accions: afegir un nou punt al traçat, esborrar, o bé editar algun dels punts. Amb aquestes tres accions, el traçat del tendó queda perfectament definit. Amb l'ajuda d'una taula, l'usuari pot consultar totes les propietats de cada punt.

Així doncs, un cop l'usuari ha definit el traçat del tendó, el programa mostra una darrera pantalla en aquest bloc. En aquesta pantalla, es demana que es determinin varis coeficients i vàries dades per tal de poder calcular les pèrdues de posttesat i passar al bloc dels resultats.

### **2.3. Resultats**

Aquest és el darrer dels tres blocs que formen el programa. En aquest bloc es requereix que l'usuari tingui una mica de coneixements sobre el formigó pretesat, ja que és la part en què s'han d'interpretar els resultats del programa.

Tal i com s'especifica a l'annex de fonaments teòrics, hi ha dos tipus de pèrdues: pèrdues instantànies i pèrdues diferides. Per això, s'ha considerat que era necessari separar totes les pèrdues i totes les forces resultants per a afavorir la comprensió i facilitar la lectura dels resultats.

Els resultats es divideixen en quatre grups:

- a) Pèrdues:
  - Pèrdues de fregament.
  - Pèrdues instantànies.
  - Pèrdues diferides.
  - Pèrdues totals.
  - Pèrdues instantànies/diferides/totals.

## b) Forces:

- Forces romanents després de les pèrdues de fregament.
- Forces romanents instantànies.
- Forces romanents finals.
- Forces equivalents.

## c) Resultats en funció del temps:

- Pèrdues totals en funció del temps.
- Forces romanents en funció del temps.
- Forces equivalents en funció del temps.

## d) Altres:

- Tensió final del tendó respecte la tensió admissible.

Cal explicar que en el formigó pretesat hi ha unes pèrdues per escurçament elàstic del formigó. Aquestes pèrdues, que formen part de les pèrdues instantànies, es troben en funció del número de tendons que té la biga. Com que el nostre programa només calcula les pèrdues per a un sol tendó, les pèrdues per escurçament elàstic hi queden anul·lades.

Un cop l'usuari ha analitzat els resultats, té l'opció de tornar enrere i realitzar les modificacions necessàries per tal d'aconseguir allò que desitja, o bé, si està conforme en tot, pot demanar al programa que generi un informe final.

### **3. RESUM DEL PRESSUPOST**

Per a la realització del següent pressupost s'han considerat diferents partides en funció del tipus de treball realitzat. S'especifiquen en detall en l'annex E: Pressupost.

El cost total del projecte és de: 55.450 €, cinquanta-cinc mil quatre-cents cinquanta euros.

20 d'Agost de 2006.

Xavier Alsina Padrós.

## 4. CONCLUSIONS

El present projecte s’ha realitzat amb la voluntat de crear un programa informàtic que serveixi per a aquells professionals que es dediquen al càlcul d’estructures i que precisen d’un programa que els faciliti el càlcul de les pèrdues de posttesat. A més a més, pot ser una bona eina didàctica per als estudiants d’Enginyeria Industrial i Arquitectes.

Els objectius que persegueix el programa s’han assolit totalment. Així mateix, s’emplaça als estudiants a desenvolupar la segona part del programa o a millorar-lo en futures versions.

20 d’Agost de 2006.

Xavier Alsina Padrós.



## 5. BIBLIOGRAFIA

### 5.1. Referències bibliogràfiques

- Comisión Permanente del Hormigón. *"Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón pretensado. EP-93"*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Centro de publicaciones. Madrid. 1993.
- Comisión Permanente del Hormigón. *"Instrucción de Hormigón Estructural. EHE"*. 2ª edición. Ministerio de Fomento. Centro de publicaciones. Madrid. 1999.

### 5.2. Bibliografia complementària

- Antoine E. Naaman. *"Prestressed concrete. Analysis and design"*. Ed. McGraw-Hill, Inc. USA. 1982.
- A.R.Mari, A.Aguado, L.Agulló, F.Martínez i D.Cobo. *"Hormigón armado y pretensado. Ejercicios"*. Edicions UPC. Barcelona. 1999.
- Edward G. Nawy. *"Prestressed concrete"*. Pearson Education, Inc. New Jersey. 2003.
- *El Guille, la Web del Visual Basic, C#, .NET y más.* (<http://www.elguille.info/NET/default.aspx>, Gener-Juliol de 2006).
- Fco. Javier Ceballos Sierra. *"Visual Basic .Net. Lenguaje y aplicaciones"*. Edición RA-MA. Madrid. 2005.
- Fernando Sánchez Amillategui i Carlos González Pericot. *"Curso de hormigón pretensado. Vol. 1, Fundamentos"*. Madrid. Qualitas, ingeniería y construcción, S.A. 2002.
- Francisco Charte Ojeda. *"Visual C# .Net"*. Ed. Anaya. Madrid. 2000.

- José Calavera. *"Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón"*. INTEMAC, S.A. Madrid. 1999.
- Luís Miguel Blanco. *"Programación en Visual Basic .Net"*. Grupo EIDOS. Madrid. 2002.
- Microsoft® .NET Framework Developer Center. (<http://msdn.microsoft.com/vstudio/express/vb/>, Novembre de 2005).
- Murray R. Spiegel, John Liu i Lorenzo Abellanas. *"Fórmulas y tablas de matemática aplicada"*. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U. Madrid. 2000.
- Pedro Jiménez Montoya, Álvaro García Meseguer i Francisco Morán Cabré. *"Hormigón armado"*. 14ª edición basada en la EHE y ajustada al Código Modelo y al Eurocódigo. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona. 2000.
- Renaud Favre, Jean-Paul Jaccoud, Olivier Burdet i Hazem Charif. *"Dimensionnement des structures en Béton. Vol. 7 i 8"*. École polytechnique fédérale de Lausanne. Lausanne. 1990.