

## **ANNEX C: MEMÒRIA DE CÀLCUL**

---

## **ÍNDEX**

DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE .....	2
BASES DE CÁLCUL .....	3
CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS .....	3
CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY .....	11
ACCIONS CONSIDERADES .....	11
COEFICIENTS DE SEGURETAT .....	25
HIPÒTESIS DE CàLCUL .....	27
MÈTODES DE CàLCUL .....	30
PROGRAMES INFORMÀTICS DE CàLCUL UTILITZATS .....	33
CRITERIS DE DIMENSIONAT .....	33
NORMATIVA .....	35
DECLARACIÓ DE CUMPLIMENT DELS DOCUMENTS BÀSICS .....	35
MANTENIMENT DE L'ESTRUCTURA .....	35
Elements constituïts per acer laminat .....	35
Estructures de formigó .....	37

## **DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE**

La present memòria documenta tècnicament l'estructura prevista per una promoció pública de 21 habitatges al municipi de Premià de Dalt.

El projecte consisteix en un bloc de 21 habitatges situat a una parcel·la que té un desnivell suau, i que llinda amb el carrer de Torrent Castells.

Tota la planta soterrani es destina a aparcament i trasters.

### **ESTRUCTURA HORIZONTAL**

L'estructura horitzontal consta de:

- Forjat reticular de 30+5 i 30+6 cm (segons planta) amb nervis de 15 cm amb un intereix de 85 cm.
- Lloses massisses de 28, 35 i 36 cm. Llosa massissa de 28 cm per a balcons i zones de pas a les plantes primera (SPB), segona (SP1) i coberta (SP2). Llosa massissa de 36 cm a les zones de pas i carrer interior de la planta baixa (SPS). Llosa de 35 per les zones de comunicació vertical de la planta 1 (SPB), planta 2 (SP1) i planta coberta (SP2).
- Solera de formigó de 15+15 cm a la planta soterrani, per a tràfic rodad.

### **ESTRUCTURA VERTICAL**

L'estructura vertical es realitzarà amb pilars i pantalles de formigó. Els murs de contenció del soterrani seran murs de formigó de 30 cm.

### **FONAMENTACIÓ**

Donada la poca resistència que té superficialment el terreny es realitza una fonamentació profunda amb pilot de 45, 55 i 65 cm de diàmetre. La resistència per punta considerada ha estat de 35kg/cm<sup>2</sup>.

No es disposa de la resistència per fust dels pilots, per tant, no s'ha considerat aquesta.

Per a garantir que no hi hagi bolc als encepats de dos pilots s'arriostaran amb riostres tipus R-4, encastades als encepats.

No hi ha problemes de sisme a Premià de Dalt  $a_b \leq 0,04g$ .

Es realitzarà una solera de 15cm sobre un emmacat de graves de 15cm a tota la planta soterrani.

## **BASES DE CÁLCUL**

### **CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS**

Els materials emprats per a la realització dels elements estructurals es detallen a continuació.

#### **FORMIGÓ.**

S'utilitza per a la realització dels elements resoltos amb formigó armat i formigó pretensat o postesat. Les seves característiques més rellevants i, alhora, considerades en els anàlisis adjunts, són les següents:

#### **Denominació i tipificació**

##### **PILONS - PILARS – MURS RESISTENTS**

Tipificació:	<b>HA-30/F/10/IIIa</b>
Característiques intrínseques:	
▪ $F_{ck}$ :	<b>30 Mpa</b>
▪ Consistència:	<b>Fluida</b>
▪ TMA:	<b>10 mm</b>
▪ Tipus d'ambient:	<b>IIIa</b>
Contingut mínim de ciment:	<b>325 kg/m<sup>3</sup></b>
Màxima relació A/C:	<b>0.50</b>
Resistència als 7 dies:	<b>21.0Mpa</b>

## ESTRUCTURA RESTANT

Tipificació: **HA-30/B/20/IIIa**

Característiques  
intrínseques:

- $F_{ck}$ : **30 Mpa**
- Consistència: **Blana**
- TMA: **20 mm**
- Tipus d'ambient: **IIIa**

Contingut mínim de ciment: **325 kg/m<sup>3</sup>**

Màxima relació A/C: **0.50**

Resistència als 7 dies: **21.0Mpa**

### Característiques mecàniques. Diagrama $\sigma$ - $\varepsilon$ de càlcul.

Per a la determinació del comportament de les peces de formigó i per la seva comprovació anterior s'ha adoptat el diagrama paràbola-rectangle, establert per la Instrucció *EHE-08* en el seu apartat 3º.

D'aquest diagrama, cal destacar el tram elàstic no lineal constituït per la rama parabòlica, d'equació:

$$\sigma = 850 f_{cd} \varepsilon (1 - 250 \varepsilon); \quad 0 \leq \varepsilon \leq 0.002$$

on:

$\sigma$  és la tensió,

$f_{cd}$  és la resistència de càlcul a compressió del formigó, obtinguda després de l'aplicació sobre la resistència característica,  $f_{ck}$ , el coeficient de minoració de resistències,  $\gamma_f$ , detallat en l'apartat corresponent de la present memòria

$\varepsilon$  es la deformació esdevinguda,

així com el tram rectilini de la seva fase plàstica, l'equació del qual és:

$$\sigma = 0.85 f_{cd}; \quad 0.002 < \varepsilon \leq 0.0035$$

### **Característiques mecàniques. Mòdul de deformació longitudinal.**

A nivell de deformacional han sigut considerats els següents mòduls de deformació:

- a) Per a càrregues instantànies o ràpidament variables,  $E_{jo}$ :

$$E_{oj} = 10.000\sqrt[3]{f_{cm,j}}$$

- b) Mòdul instantani de deformació longitudinal secant,  $E_j$ :

$$E_j = 8.500\sqrt[3]{f_{cm,j}}$$

on  $f_{cm,j}$  és la resistència mitja del formigó a la edat de  $j$  dies, obtinguda mitjançant l'expressió:

$$f_{cm,j} = f_{ck,j} + 8, \text{ en Mpa.}$$

### **Coefficient de Poisson.**

S'ha considerat el valor 0.2.

### **Coefficient de dilatació Tèrmica.**

S'ha considerat el valor  $10^{-5} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$

### **Coefficient de retracció.**

Segons indicacions de l'article 39.7 de la EHE.

### **Coefficient de fluència.**

Segons indicacions de l'article 39.8 del la EHE

### **Assajos i control.**

Les característiques del material en totes les seves variants, així com els assajos a que haurà d'estar sotmès, queden especificats en els *Plecs de Condicions per a la Execució i la Posada en Obra del Formigó Armat* i en el Pla de Control adjunt.

### **Aspecte extern.**

L'aspecte extern que hauran de presentar els formigons col·locats en obra es detallen explícitament en el *Plec de Condicions para la Posada en Obra del Formigó Armat*, adjunt a la present. A grans trets, cap destacar que no se acceptaran formigons fissurats, no homogenis en color o textura o bruts, tant de fluorescències com de taques d'òxid o grassa.

### **ACER PER A ARMADURES PASSIVES.**

S'utilitza per a la confecció del formigó armat i per a la execució de tots els espàrrecs d'ancoratge dels elements d'estructura metàl·lica contra el formigó. La seva tipificació, segons la *EHE*, es: B-500-SD, acceptant-se també l'acer B-500S, que implica:

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ▪ Tipus d'acer:             | duresa natural                |
| ▪ Límit elàstic, $f_{yk}$ : | 500 Mpa                       |
| ▪ B-500SD:                  | Soldabilitat, alta ductilitat |
| ▪ B-500S:                   | Soldabilitat                  |
| ▪ Mòdul d'elasticitat, E:   | 200.000 Mpa                   |

### **Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$ de càlcul.**

El diagrama tensió- deformació considerat és el corresponent als acers de duresa natural que estableix la norma *EHE*, en el seu article 38.4. En aquest diagrama s'observa una llei trilineal, en la que el seu tram inclinat posseeix una pendent que és el mòdul de deformació longitudinal, de valor  $E=200.000$  Mpa, vàlid per a llindars de tensió compresos entre  $-f_{yd} < \sigma < f_{yd}$ , sent  $f_{yd}$  la resistència de càlcul del material, obtinguda després d'aplicar sobre el seu límit elàstic els coeficients de minoració de resistència,  $\gamma_s$ .

### **Característiques del material i assajos.**

Les característiques del material que es detalla, així com els assajos a que hauran de sotmetre's, queden especificats en els *Plecs de condicions per a la Execució i la Posada en Obra del Formigó Armat* i en el pla de control adjunt.

## ACER PER A LES ARMADURES ACTIVES

S'utilitza per permetre la introducció d'estats de pretensió en el formigó armat, constituint formigó pretesat o bé per introduir accions similars en estructures metàl·liques. També s'utilitza per realitzar ancoratges actius de pantalles contra el terreny. La seva tipificació, segons la EHE, és: Y 1860C, que implica:

- Acer estirat en fred
- Càrrega unitària màxima,  $f_{max}$ : 1860 Mpa
- Límit elàstic,  $f_{yk}$ : 1670 Mpa
- Allargament en trencament: >3.5%
- Relaxació,  $\rho$ : < 2% al 70% de  $f_{max}$  a 1000h
- Mòdul d'elasticitat, E: 190.000 Mpa

### Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$ de càlcul.

El diagrama tensió -deformació considerat és el simplificat, corresponent als acers de duresa natural que estableix la norma *EHE*, en el seu article 38.7. En aquest diagrama s'observa una llei en la que el seu tram inclinat posseeix una pendent que és el mòdul de deformació longitudinal, de valor  $E=190.000$  Mpa, vàlid per llindars de tensió compresos entre  $0 < \sigma < f_{pd}$ , sent  $f_{pd}$  la resistència de càlcul del material, obtinguda després d'aplicar sobre el seu límit elàstic els coeficients de minoració de resistència,  $\gamma_s$ .

### Característiques del material i assajos.

Les característiques del material que es detalla, així com els assajos a que hauran de sotmetre's, queden especificats en els *Plecs de condicions per a l'Execució i la Posada en Obra del Formigó Armat, pretesat i postesat* i en el pla de control adjunt.

## ACER LAMINAT

S'utilitza per la confecció dels elements d'estructura metàl·lica, excepte els espàrrecs d'ancoratge i subjecció en formigó, per lo qual s'utilitza acer B-500S. Segons la norma "Document Bàsic SE-A. Seguretat Estructural – Acer", es distingeixen les característiques dels materials per perfils i xapes, per cargols, rosques i arandeles, i para el material de aportació.



Les característiques del material que es detalla, així com els assajos a que haurà de sotmetre's, queden especificats en els *Plecs de Condicions per l' Execució i la Posada de l' Estructura Metà·lica*.

### Acer per xapes i perfils

S' utilitzen els acers establerts en la norma UNE-EN 10025 (Productes laminats en calent d'acer no aliat, per construccions metà·liques d'ús general), així com els establerts en les normes UNE-EN 10210-1:1994 relativa a Perfils buits per la construcció, acabats en calent, d'acer no aliat de grau fi, i UNE-EN 10219-1:1998 relativa a seccions buides d' acer estructural conformats en fred. En la taula següent (DB SE-A-11, taula 4.1) s' especifiquen les característiques mecàniques mínimes dels acers UNE EN 10025, que son las que han sigut utilitzades en los càlculs del present projecte d' estructura:

DESIGNACIÓ	Tensió de límit elàstic $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )				Temperatura de l'assaig Charpy °C
	Tensió trencament $F_u$ (N/mm <sup>2</sup> )				
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	$3 \leq t \leq 100$	
<b>S235JR</b>					20
<b>S235J0</b>	235	225	215	360	0
<b>S235J2</b>					-20
<b>S275JR</b>					20
<b>S275J0</b>	275	265	255	410	0
<b>S275J2</b>					-20
<b>S355JR</b>					20
<b>S355J0</b>	355	345	335	470	0
<b>S355J2</b>					-20
<b>S355K2</b>					-20 <sup>(1)</sup>
<b>S450J0</b>	450	430	410	550	0

<sup>(1)</sup> Se li exigeix una energia mínima de 40J

Les següents són característiques comunes a tots els acers:

▪ Mòdul d'elasticitat, E	210.000 Mpa
▪ Mòdul d'elasticitat transversal, G	81.000 Mpa
▪ Coeficient de Poisson, $\nu$ :	0.30
▪ Coeficient de dilatació tèrmica, $\lambda$ :	$1.2 \times 10^{-5} (\text{°C})^{-1}$
▪ Densitat	7.850 Kg/m <sup>3</sup> .

En la següent taula (DB SE-A-12, taula 4.2) s'especifiquen els gruixos màxims (en mm) de xapes per els quals no és necessari comprovar el comportament dúctil del material. S'especifiquen les dimensions en funció de la temperatura mínima a la que seran sotmesos durant la vida útil de l'estructura.

<b>Temperatura mínima</b>									
<b>Grau</b>	<b>0 °C</b>			<b>-10 °C</b>			<b>-20 °C</b>		
	<b>JR</b>	<b>J0</b>	<b>J2</b>	<b>JR</b>	<b>J0</b>	<b>J2</b>	<b>JR</b>	<b>J0</b>	<b>J2</b>
<b>S235</b>	50	75	105	40	60	90	35	50	75
<b>S275</b>	45	65	95	35	55	75	30	45	65
<b>S355</b>	35	50	75	25	40	60	20	35	50

Tots els acers mencionats i utilitzats en el present projecte d'estructura són soldables i únicament es requereix l'adopció de precaucions en el cas d'unions especials (entre xapes de gran espessor, d'espessors molt desiguals, en condicions difícils d'execució, etc.).

### **Cargols, rosques i arandeles**

Les característiques mecàniques dels acers per cargols, rosques i arandeles s'han pres de la següent taula (DB SE-A-13, taula 4.3):

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Tensió de límit elàstic $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	300	480	640	900
Tensió de trencament $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	500	600	800	1000

### **Materials d'aportació**

Les característiques mecàniques dels materials d'aportació seran en tots els casos superiors a les del material base.

### **Resistència de càlcul**

Es defineix resistència de càlcul,  $f_{yd}$ , al coeficient de la tensió de límit elàstic i el coeficient de seguretat del material, definit en el seu corresponent apartat.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M$$

Per el cas específic de les comprovacions de resistència última del material o la secció s'ha adoptat com resistència de càlcul el valor:

$$f_{ud} = f_u / \gamma_{M2}$$

sent  $\gamma_{M2}$  el coeficient de seguretat per resistència última.

### **FÀBRICA DE MAÓ.**

#### **Denominació i tipificació.**

El maó utilitzat és de tipus perforat.

#### **Característiques mecàniques. Mòdul de deformació longitudinal.**

Com mòdul de deformació secant instantània s'ha pres 1000 fk.

#### **Característiques mecàniques. Resistència característica a compressió.**

La resistència característica del maó  $f_b$  és de 20 N/mm<sup>2</sup>, i la del morter  $f_m = 10$  N/mm<sup>2</sup>. La fàbrica s'ha calculat con una resistència de 7 N/mm<sup>2</sup>.

## **CARACTERÍSTIQUES DEL TERRENY**

S'ha considerat una tensió admissible del terreny d'1Kg/ cm<sup>2</sup> per a sabates aïllades i 0,75 Kg/ cm<sup>2</sup> per a sabates corregudes segons geotècnic adjunt a la present memòria.

## **ACCIONS CONSIDERADES**

La determinació de les accions sobre l'edifici sobre la seva estructura s'ha realitzat tenint en consideració l'aplicació de les normatives que es relacionen en l'apartat corresponent de la present memòria.

Segons el DB SE-AE Accions en l' edificación, les accions i les forces que actuen sobre un edifici se poden agrupar en 3 categories: accions permanents, accions variables i accions accidentals.

La consideració particular de cada una de elles es detalla en els següents subapartats, i respon a l'estipulat en els apartats 2, 3 i 4 del DB SE-AE.

### ACCIONS PERMANENTS.

S'inclouen dins d'aquesta categoria totes les accions, la variació de les quals en magnitud amb el temps és despreciable, o que la seva variació és monòtona fins que s'arribi a un valor límit. Es consideren 3 grups d'accions permanents que es detallen a continuació.

### **Pes propi**

S'inclouen en aquest grup el pes propi dels elements estructurals, tancaments i elements separadors, envans, tot tipus de fusteries, revestiments (paviments, guarnits, arrebossats, falsos sostres), farcits (com els de terres) i equip fix.

El valor característic del pes propi dels elements constructius s' ha determinat com el seu valor mitjà obtingut a partir de les dimensions nominals i dels pesos específics mitjos. En la taula següent s'inclouen els pesos dels materials, productes i elements constructius habituals.

a)	Murs de fàbrica de maó:	
	- de maó massís:	18 KN/m <sup>3</sup>
	- de maó perforat:	15 KN/m <sup>3</sup>
	- de maó buit:	12 KN/m <sup>3</sup>

b)	Murs de fàbrica de bloc: - de bloc buit de morter: - de bloc buit de guix:	16 KN/m <sup>3</sup> 10 KN/m <sup>3</sup>
c)	Formigó: - Formigó armat: - Formigó en massa: - Formigó lleuger:	25 KN/m <sup>3</sup> 24 KN/m <sup>3</sup> 16 KN/m <sup>3</sup>
d)	Paviments: - Hidràulic o ceràmic (6cm. Grossor total): - Terratzo: - Parquet:	1 KN/m <sup>2</sup> 0,80 KN/m <sup>2</sup> 0,40 KN/m <sup>2</sup>
e)	Materials de coberta: - Planxa plegada metàl·lica: - Teula corba: - Pissarra: - Tauler de rajola:	0,12 KN/m <sup>2</sup> 0,5 KN/m <sup>2</sup> 0,3 KN/m <sup>2</sup> 1 KN/m <sup>2</sup>
f)	Materials de construcció: - Arena: - Ciment: - Pissarra: - Escòria granulada:	15 KN/m <sup>3</sup> 16 KN/m <sup>3</sup> 17 KN/m <sup>3</sup> 11 KN/m <sup>3</sup>
g)	Farciments: - Terreny, jardineres...:	20 KN/m <sup>3</sup>

Per el cas de tancaments lleugers distribuïts homogèniament en planta, tal com indica el DB SE-AE, s'ha considerat la seva assimilació a una càrrega superficial equivalent uniformement repartida sobre el forjat de 0,8 kN/m<sup>2</sup>, multiplicat per la raó mitja entre la superfície d'envans i la de la planta considerada. Així mateix, per a vivendes, s'ha considerat una càrrega de 1 kN/m<sup>2</sup> repartida uniformement sobre la superfície de forjat, tal com indica el DB abans mencionat.

Per la resta de tancaments s'ha calculat directament el pes dels envans projectats, obtenint per una altura lliure de 3,00 metres entre forjats la següent relació de peses lineals.

<b>Element vertical</b>	<b>Pes</b>
Façanes: tancaments ceràmics de dos fulles sense obertures, de maó perforat de 15cm i envans de maó buit de 10 cm. Altura 3,00 m.	10,75 KN/ml
Façanes: tancaments ceràmics de dos fulles amb obertures, de maó perforat de 15cm i envans de maó buit de 10 cm. Altura 3,00 m.	8,00 KN/ml
Tancaments lleugers d'alçada fins els 3,00 m	4 KN/ml
Parets mitgeres: envans de maó perforat d'alçada fins els 3,00 m i gruix de 15cm.	6,75 KN/ml
Petos perimetrals coberta: bloc de formigó d'altura 40 cm.	1,20 KN/ml
Lamel·les d'alumini balcó P1, d'altura fins els 5,72 m	7,65 KN/ml
Lamel·les d'alumini zona escales P1, d'altura fins els 5,65 m	7,55 KN/ml

A falta de dades dels pesos propis dels equips i les instal·lacions fixes s'ha considerat una repercussió de 4 kN/m<sup>2</sup>.

### **Accions del terreny**

Són les accions derivades de la empenta del terreny, tant les procedents del seu pes com d'altres accions que actuen sobre ell, o les accions degudes als seus

desplaçaments i deformacions. En general les accions del terreny repercutiran sobre la fonamentació i sobre els elements de contenció de terres.

La determinació de les accions del terreny sobre els diferents elements afectats s'ha fet a partir de l'estipulat en el DB SE-C. Tal com descriu l'apartat 2.3.2.3 del DB mencionat, s'han determinat les accions del terreny sobre la fonamentació i elements de contenció segons 3 tipus de accions:

- Accions que actuen directament sobre el terreny i que per raons de proximitat poden afectar al comportament de la fonamentació.
- Càrregues i empentes degudes al pes propi del terreny
- Accions de l'aigua existent en l'interior del terreny.

Per la determinació de les accions del terreny sobre fonamentacions profundes s'ha considerat la forma i dimensions de l'encepat a fi de influir el seu pes, així com el de les terres o aquell que pugui gravitar sobre aquest.

Per la determinació de les accions del terreny sobre els elements de contenció s'han considerat les sobrecàrregues degudes a la presència d'edificacions pròximes, possibles apilaments de materials, vehicles, etc. Les forces dels puntals i ancoratges s'han considerat com accions.

S'han considerat, sobre els elements de contenció, els estats d'empenta estipulats en l'apartat 6.2.1 de la DB SE-C, que es corresponen amb la teoria de les empentes de Rankine:

**Empenta activa:** quan l'element de contenció gira o es desplaça cap a l'exterior baix les pressions del farciment o la deformació de la seva fonamentació fins a arribar a unes condicions d'empenta mínim. L'empenta activa es defineix com la resultant de les empentes unitàries  $\sigma'_a$ , que s'ha determinat mitjançant les següents fórmules:

$$\sigma'_a = K_A \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_A}$$

$$K_A = \operatorname{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right); \text{ sent } \phi \text{ l' angle de fregament intern del terreny, } c' \text{ la cohesió i } \sigma'_v \text{ la}$$

tensió efectiva vertical, de valor  $\gamma \cdot z$ , sent  $\gamma$  el pes específic efectiu del terreny i  $z$  l'altura del punt considerat respecte a la rasant del terreny en la seva escomesa a l'element de contenció.

**Empenta passiva:** quan l'element de contenció és comprimit contra el terreny per les càrregues transmises per una estructura o un altre efecte similar fins a arribar unes condicions de màxima empenta. L'empenta passiva es defineix com la resultant de les empentes unitàries  $\sigma'_p$ , que s'ha determinat mitjançant les següents fórmules:

$$\sigma'_p = K_p \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$$

$$K_p = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right); \text{ sent } \phi \text{ l' angle de fregament intern del terreny, } c' \text{ la cohesió i } \sigma'_v \text{ la}$$

tensió efectiva vertical, de valor  $\sigma'_v = \gamma \cdot z$ , sent  $\gamma$  el pes específic efectiu del terreny i  $z$  l'alçada del punt considerat respecte a la rasant del terreny en la seva comesa a l'element de contenció.

Per la consideració de les sobrecàrregues d'ús actuant en la coronació dels elements de contenció s'ha considerat una alçada de terres equivalent damunt de la rasant, tenint en compte la densitat del material contingut.

$$H_e = \frac{q}{\gamma}; \text{ sent } q \text{ el pes específic del terreny contingut.}$$

Per la consideració d'altres estats de sobrecàrrega diferents de l'uniforme repartida s'ha utilitzat la formulació proposada en l'apartat 6.2.7 del DB SE-C.

S'ha considerat una llei d'empentes en forma acumulativa, considerant cada estrat com una sobrecàrrega per a el subjacent.

L'efecte de l'aigua intersticial s'ha considerat mitjançant el mètode de les pressions efectives.

## ACCIONS VARIABLES

Són les accions la variació de les quals en el temps no és monòtona ni despreciable respecta al valor mitjà. Es contempen dins d'aquesta categoria les sobrecàrregues d'ús, les accions sobre baranes i elements divisoris, l'acció del vent, les accions tèrmiques i l'acció que produeix l'acumulació de neu.

### **Sobrecàrregues d'ús**

La sobrecàrrega d'ús és el pes de tot lo que pot gravitar sobre l'edifici per raó del seu ús.

S'ha considerat, pel càlcul dels esforços en els elements estructurals, l'aplicació d'una càrrega distribuïda uniformement, adoptant els valors característics de la taula 3.1 del DB SE-AE. Per les comprovacions locals de capacitat portant s'ha considerat una càrrega concentrada actuant en qualsevol punt de la zona afectada. Aquesta càrrega concentrada s'ha considerat actuant simultàniament con la sobrecàrrega uniformement repartida en les zones d'ús de tràfic i aparcament de vehicles lleugers, i de forma



independent i no simultània amb ella en la resta de casos descrits en la taula mencionada.

En el cas de balcons volats s'ha considerat una sobrecàrrega lineal repartida actuant en les vores de valor 2 kN/ml.

S'ha realitzat la comprovació amb alternança de càrregues en elements crítics tals com vols importants o zones d'aglomeració.

Pel càlcul d'elements portants horitzontals i verticals s'ha realitzat la reducció de sobrecàrrega permesa en l'apartat 3.1.2 del DB SE-AE.

### **Accions sobre baranes i elements divisoris**

Pel càlcul dels elements estructurals de l'edifici s'ha tingut en compte l'aplicació d'una força horitzontal a una distància de 1,20m sobre el límit superior de l'element, donant lloc a un moment flector sobre els forjats en el cas de baranes. El valor de l'acció horitzontal s'ha determinat en base a l'estipulat en la taula 3.2 del DB SE-AE.

### **Vent**

Són les accions produïdes per la incidència del vent sobre els elements exposats a ell. Per la seva determinació es considera que aquest actua perpendicularment a la superfície exposada amb una pressió estàtica  $q_e$  que pot expressar-se com:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p, \text{ sent:}$$

$q_b$  = Pressió dinàmica del vent.

$C_e$  = Coeficient d'exposició, en funció de l'alçada de l'edifici i del grau d'aspresa de l'entorn.

$C_p$  = Coeficient eòlic o de pressió, dependent de la forma .

Per la determinació de la pressió dinàmica del vent ( $q_b$ ) s'utilitza la simplificació proposada per el DB SE-AE per tot el territori espanyol, adaptant-se el valor de 0,5 KN/m<sup>2</sup>.

Per la determinació del coeficient d'exposició s'ha considerat el grau d'aspresa de l'edifici i l'alçada en cada punt segons la taula 3.3 del DB SE-AE.

Per la determinació del coeficient eòlic o de pressió s'ha considerat l'esveltesa en el pla paral·lela vent segons la taula 3.4 del DB SE-AE.

Cal mencionar que el coeficient d'exposició s'ha anat adaptat a l'alçada dels diferents punts de l'edifici exposats el vent.

### **Accions tèrmiques**

Les accions tèrmiques han estat considerades en el projecte en els casos en que s'ha estimat possible l'existència d'un gradient tèrmic o que les dimensions d'un determinat element continu d'estructura han sobrepassat els valors límit que estableix la normativa al respecte (40 m). Per això s'ha sotmès a l'estructura a l'acció tèrmica causada per un augment de temperatura que correspon al que estableix la norma Documento Bàsic SE-AE Accions en l'edificació en els articles 3.4.1 y 3.4.2. Per elements exposats a la intempèrie s'ha pres com temperatures extremes màximes i mínimes las que constant en el "Annex E. Dades climàtiques".

Per el cas d'estructures i elements de formigó armat ha sigut considerat el criteri que estableix la norma EHE en el article A.5 del seu annex A, *Valors de les Accions*.

Els coeficients de dilatació tèrmica adoptats s'especifiquen en l'apartat on es fa referència a les característiques dels materials.

### **Neu**

Segons el DB SE-AE, el valor de la càrrega de neu per unitat de superfície pot determinar-se amb la fórmula:

$q_n = \mu \cdot s_k$ ; sent  $\mu$  el coeficient de forma de la coberta, i  $s_k$  el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal.

En cobertes planes i terreny horitzontal el coeficient de forma toma el valor  $\mu=1$ . En la localitat de **Premià de Dalt**, el valor característic de la càrrega de neu pren el valor  $s_k=0,40$  kN/m<sup>2</sup>.

Amb aquest valors s'ha considerat una sobrecàrrega de neu en les zones desprotegides de valor 0,40 kN/m<sup>2</sup>.

### **ACCIONS ACCIDENTALS**

## Sisme

En la determinació de les accions sísmiques s'ha considerat la Norma de Construcció Sismorresistent: Part General i Edificació, NCSE-02.

Aquesta norma, en l'article 1.2., apartat 2º, estableix una classificació de les construccions en funció del seu ús, segons el següent criteri:

- a) *De importància moderada*: són les que amb molt poca probabilitat la seva ruïna per terratrèmol pugui causar víctimes, interrompre un servei primari o produir danys econòmics rellevants a tercers.
- b) *De importància normal*: són les que la seva destrucció per terratrèmol pot ocasionar víctimes, interrompre un servei per la col·lectivitat o produir importants pèrdues econòmiques, sense que en cap cas es tracta d'un servei imprescindible ni que la seva destrucció pugui donar lloc a efectes catastròfics.
- c) *De importància especial*: són les que la seva destrucció per terratrèmol pugui interrompre un servei imprescindible o donar lloc a efectes catastròfics.

Segons l'anterior criteri i dades les característiques d'ús de l'edifici, aquest s'ha catalogat de **importància normal**.

Per una altra banda, l'acceleració sísmica de càlcul  $a_c$ , d'acord amb l'article 2.2 de la mencionada norma, s'ha calculat segons l'expressió:

$$a_c = S\rho a_b$$

on:

- $a_c$  és l'acceleració sísmica de càlcul,
- $a_b$  és l'acceleració sísmica bàsica,
- $\rho$  és el coeficient de risc i
- S és el coeficient d'amplificació del terreny.

Pel cas objecte de la present, els anteriors valors han resultat:

- Acceleració sísmica bàsica,  $a_b$ , i coeficient de risc,  $\rho$ :

Localitat: **Premià de Dalt**

$a_b$ : **0.04g**

$\rho$ : **1.0**

- Coeficient d' amplificació del terreny,  $S$ :

Tipus de terreny: **Terreny tipus III.**

Coeficient C: 1,60

Criteri:  **$\rho a_b \leq 0.1g$**

$$S = \frac{C}{1.25} = \frac{1.60}{1.25} = 1,28$$

- Acceleració sísmica de càlcul:

$$a_c = S \rho a_b = 1.28 \times 1.00 \times 0.04g = 0.051g > 0,04g$$

D'acord amb l'article 1.2.3 de la *NCSE-02*, donada la classificació de la construcció, i els valors de l'acceleració sísmica bàsica i acceleració sísmica de càlcul determinades, i que existeix una capa superior armada monolítica i enllaçada a l'estructura en la totalitat de la superfície de la planta, **NO** han sigut considerades les repercussions produïdes per l'acció sísmica en l' estructura.

### Incendi

En les zones de trànsit destinats als serveis de protecció contra incendis, s'ha considerat una acció de 20 kN/m<sup>2</sup> disposats en una superfície de 3m d'ample per 8m de llarg, en qualsevol de les posicions de una banda de 5m d'amplada i en les zones de maniobra on es preveu el pas de este tipus de vehicles.

Per comprovacions locals de resistència s'ha considerat una càrrega independent de l'anterior, de 45 kN actuant en una superfície quadrada de 200mm de costat sobre el paviment terminat, en el punt més desfavorable

## Impacte

Per la consideració de les accions d'impacte s'ha determinat la càrrega estàtica equivalent del cos impactant, considerant el teorema de conservació de l'energia mecànica.

S'ha considerat l'impacte de vehicles en els elements estructurals de las zones de trànsit.

S'ha considerat el impacte del contrapès de els aparells elevadors en els elements estructurals que són susceptibles de rebre'l, tals com fosos penjats d'ascensor.

### **ESTATS DE CÀRREGA CONSIDERATS EN ELS FORJATS**

A continuació es resumeixen els estats de càrrega considerats en cada forjat o zona de forjat en base a les accions establertes en el apartat anterior.

Zona / element:	<b>SOLERA (pàrquing)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Solera de formigó</b>	
Intereix:	-	
Cantell del forjat:	<b>15+15 cm</b>	
Pes propi :	3,75	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	0,50	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	4,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>8,25</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA SOTERRANI (Habitatge)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Forjat reticular</b>	
Intereix:	<b>85cm</b>	
Cantell del forjat:	<b>30+6cm</b>	
Pes propi :	6,02	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	1,80	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	2,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>9,82</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA SOTERRANI (Zones de pas)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Llosa massissa</b>	
Intereix:	-	
Cantell del forjat:	<b>36 cm</b>	
Pes propi :	9,00	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	1,80	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	3,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>13,80</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA SOTERRANI (Zones exteriors)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Forjat reticular</b>	
Intereix:	<b>30+6cm</b>	
Cantell del forjat:	<b>36 cm</b>	
Pes propi :	6,02	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	2,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	3,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,40	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>11,42</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA BAIXA/PRIMERA (Habitatge)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Forjat reticular</b>	
Intereix:	<b>85cm</b>	
Cantell del forjat:	<b>30+5 cm</b>	
Pes propi :	5,85	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	1,80	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	2,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>9,65</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA BAIXA/PRIMERA (Zones de pas)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Llosa massissa</b>	
Intereix:	-	
Cantell del forjat:	<b>28 cm</b>	
Pes propi :	7,00	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	1,80	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	3,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>11,80</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA BAIXA/PRIMERA (Zones de comunicació vertical)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Llosa massissa</b>	
Intereix:	-	
Cantell del forjat:	<b>35 cm</b>	
Pes propi :	8,75	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	1,80	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	3,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>13,55</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>



Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA COBERTA (Maquinària)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Forjat reticular</b>	
Intereix:	<b>85 cm</b>	
Cantell del forjat:	<b>30+5 cm</b>	
Pes propi :	5,85	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	2,50	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	2,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,40	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>10,75</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Zona/ element:	<b>SOSTRE PLANTA COBERTA (voladissos)</b>	
Tipus de forjat:	<b>Llosa massissa</b>	
Intereix:	-	
Cantell del forjat:	<b>28 cm</b>	
Pes propi :	7,00	kN/m <sup>2</sup>
Carregues permanents:	0,20	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega d'ús:	1,00	kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarrega de neu:	0,40	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total:</b>	<b>8,60</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

## **COEFICIENTS DE SEGURETAT**

Els coeficients de seguretat adoptats afecten tant a les característiques mecàniques dels materials, com a les accions que sol·liciten a l'estructura. Ambdues tipologies es detallen a continuació.

### COEFICIENTS DE MINORACIÓ DE RESISTÈNCIES DELS MATERIALS.

Els coeficients de minoració de resistència graven de forma diferent als elements en funció de diversos paràmetres, dels quals el més rellevant és el tipus de material que els constitueixen. Per a cada cas es té:

#### **Formigó armat.**

Amb relació als coeficients de minoració de resistència del formigó armat és necessari distingir entre el que s'aplica directament sobre el formigó,  $\gamma_c$ , i el que ho fa sobre l'acer per armadures passives i actives,  $\gamma_s$ . Ja que el nivell de control de execució de l'obra és normal, els coeficients respectius són 1.50, 1.15 i 1.15, respectivament.

#### **Acer laminat.**

S'han adoptat els següents valors:

$\gamma_{M0} = 1,05$  relatiu a la plastificació del material.

$\gamma_{M1} = 1,10$  relatiu a fenòmens d' inestabilitat.

$\gamma_{M2} = 1,25$  relatiu a resistència última del material o secció, i a mitjans d' unió.

$\gamma_{M3} = 1,10$  relatiu a la resistència del llisament d' unions amb cargols pretesats en ELS.

$\gamma_{M3} = 1,25$  relatiu a la resistència del llisament d' unions amb cargols pretesats en ELU.

$\gamma_{M3} = 1,40$  relatiu a la resistència del llisament d' unions amb cargols pretesats en ELU, en el cas de buits òvals o amb sobre mesura.

#### **Fàbrica de maó.**

S'ha considerat un coeficient de seguretat de  $\gamma_M = 3,0$ , per el qual s'ha tingut en compte una Categoria d' execució C, i una Categoria del control de fabricació de II.

## COEFICIENTS DE MAJORACIÓ D' ACCIONS.

Paral·lelament als anteriors, les de majoració d'accions també depenen del material. Amb aquest criteri s'observen els coeficients que a continuació es detallen.

### Formigó armat.

Segons tipifica la *EHE* en el seu article 12, apartats 1 i 2, i en l' article 95, els coeficients de majoració considerats per un nivell de execució normal són els que es relacionen en la taula 1 per els *Estats Límit Últim* (ELU) i en la taula 2 per els *Estats Límit de Servei* (ELS).

Tipus d' Acció	Situació Persistent o transitòria		Situació accidental	
	Efecte Favorable	Efecte Desfavorable	Efecte Favorable	Efecte Desfavorable
Permanent	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,50$	$\gamma_G=1,00$	$\gamma_G=1,00$
Pretesat	$\gamma_P=1,00$	$\gamma_P=1,00$	$\gamma_P=1,00$	$\gamma_P=1,00$
Permanent de valor no constant	$\gamma_{G^*}=1,00$	$\gamma_{G^*}=1,60$	$\gamma_{G^*}=1,00$	$\gamma_{G^*}=1,00$
Variable	$\gamma_Q=0,00$	$\gamma_Q=1,60$	$\gamma_Q=0,00$	$\gamma_Q=1,00$
Accidental	-	-	$\gamma_A=1,00$	$\gamma_A=1,00$

*Taula 1: Coeficients de majoració de càrregues en elements de formigó armat i pretesat. Estats Límits Últims*

Amb relació als coeficients parcials de seguretat  $\gamma_c$  per a les accions, es consideren els que estableix el Document Bàsic SE Seguretat estructural, en la taula 4.1 del capítol 4.

Tipus de verificació		Situació Persistent o transitòria	
		Efecte desfavorable	Efecte favorable
Resistència	Permanents		
	Pes propi	1.35	0.80
	Empenta del terreny	1.35	0.70
	Pressió aigua	1.20	0.90
	Variable	1,50	1,00
Estabilitat		desestabilitzadora	estabilitzadora
	Permanent		
	Peso propi	1.10	0.90
	Empenta del terreny	1.35	0.80
	Pressió aigua	1.05	0.95
	Variable	1.50	0

*Taula 3: Coeficients parcials i de seguretat per accions.*

### **HIPÒTESIS DE CÀLCUL.**

Les hipòtesis de càlcul contemplades per l'anàlisi de l'estructura que es presenta han estat diverses, en funció del material constituent d'un element o part de l'estructura, principalment. D'aquesta manera es tenen els següents quadres d'hipòtesis considerades per Estats Límit Últims (ELU) i Estats Límit de Servei (ELS).

#### **ESTRUCTURES DE FORMIGÓ ARMAT I PRETESAT.**

Han estat considerades les que tipifica la *EHE* en el seu article 13, segons el detall:

## -Per Estats Límit Últims

Les situacions de projecte s'han abordat a partir dels següents criteris

- Situacions persistents o transitòries:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Situacions accidentals:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Situacions sísmiques:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

## -Per Estats Límit de Servei

Les diferents situacions de projecte en general s' han abordat amb els següents criteris

- Combinació poc probable

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,1} Q_{k,i}$$

- Combinació freqüent

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinació quasi permanent

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

On:

$G_{k,j}$	Valor característic de les accions permanents
$G_{k,j}^*$	Valor característic de les accions permanents de valor no constant
$P_k$	Valor característic de l'acció del pretesat
$Q_{k,1}$	Valor característic de l'acció variable determinant

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$	Valor representatiu de combinació de les accions variables concomitants
$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	Valor representatiu freqüent de l'acció variable determinant
$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	Valores representatius quasi permanents de les accions variables amb l'acció determinant o amb l'acció accidental
$A_k$	Valor característic de l'acció accidental
$A_{E,k}$	Valor característic de l'acció sísmica

## ESTRUCTURES D'ACER LAMINAT, MAÓ I FUSTA.

Han estat considerades les que tipifica la DB-SE, "Documento Básico SE Seguridad Estructural" en el seu article 4.2.2 i 4.3.2, segons es detalla a continuació:

-Per Estats Límit Últims

Les situacions de projecte s'han abordat a partir dels següents criteris

- Situacions persistents o transitòries:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Situacions accidentals:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Situacions sísmiques:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

-Per Estats Límit de Servei

Les distintes situacions de projecte en general s'han abordat amb els següents criteris

- Combinació poc probable

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,1} Q_{k,i}$$

- Combinació freqüent

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinació quasi permanent

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

On:

$G_{k,j}$	Valor característic de les accions permanents
$G^*_{k,j}$	Valor característic de les accions permanents de valor no constant
$Q_{k,1}$	Valor característic de l'acció variable determinant
$\psi_{0,i} Q_{k,i}$	Valor representatiu de combinació de les accions variables concomitants
$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	Valor representatiu freqüent de l'acció variable determinant
$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	Valores representatius quasi permanents de les accions variables amb l'acció determinant o amb l'acció accidental
$A_k$	Valor característic de l'acció accidental
$A_{E,k}$	Valor característic de l'acció sísmica

## MÈTODES DE CàLCUL

Per la determinació d'esforços en els diferents elements estructurals s'han utilitzat els postulats bàsics de l'elasticitat i la resistència de materials, aplicant-los de forma diversa i a través de distintes metodologies en funció de l'element o conjunt a analitzar, tal i com es detalla més endavant.

Per un altre costat, per la comprovació de seccions de formigó, s'han utilitzat les bases del càlcul en l'Estat Límit Últim (ELU) i en l'Estat Límit de Servei (ELS), considerant que el material treballa en règim inelàstic, contemplant d'aquesta manera la fissuració per tracció i la elasto-plasticitat en compressió, segons s'ha especificat en l'apartat quart de la present. Per la comprovació de les seccions d'acer, en general s'han utilitzat les bases de càlcul en l'Estat Límit d'Últim (ELU) i en l'Estat Límit de Servei (ELS) tenint present el diagrama elasto-plàstic del material.

L'especificació de la metodologia utilitzada per l'anàlisi dels diversos tipus estructurals es detalla a continuació.

## ESTRUCTURES DE BARRES.

El seu anàlisi s'ha portat a terme mitjançant el càlcul matricial d'estructures definides en l'espai.

Per la determinació de les matrius de rigidesa de cada una de les barres han estat contemplats los dos teoremes de Mohr, la llei de Hooke i la teoria de la torsió de Saint Venant, mitjançant lo qual han estat relacionats tots els moviments possibles dels extrems de les barres amb els esforços que els provoquen.

En els casos en els que l'esveltesa de l'estructura ha estat determinant, s'ha utilitzat també el càlcul matricial no lineal, formulant l'equació d'equilibri de l'estructura sota les consideracions de la teoria en segon ordre, deduint les matrius de rigidesa de les barres i els vectors d'accions en funció de l'esforç axial que les sol·licita. En aquest cas el procés ha estat resolt mitjançant una aproximació basada en el mètode de Newton-Raphson.

## LLOSES CONTÍNUES.

Per l' anàlisi de plaques i lloses tant massisses com alleugerades (forjats reticulars i tipus sandwich) i sol·licitades a càrrega transversal s'ha realitzat una aproximació mitjançant el mètode dels elements finits, en règim lineal. Per això ha sigut utilitzada la teoria de flexió de Reissner-Mindlin, que té en compte la deformació transversal per tallant. Per el anàlisi de *plaques gruixudes*, per les que la relació llum/cantell és menor que 10, s'ha utilitzat la teoria directament; en canvi, per l' anàlisi de les plaques primer, per les que la relació llum/cantell és igual o superior a 10, s'ha utilitzat una variació sobre la teoria, imposant la condició de deformació per tallant constant en els elements, lo que permet abordar el anàlisi segons un plantejament de continuïtat  $C_0$ , eliminant a la vegada el efecte de bloqueig de la solució per tallant.

El anàlisi de plaques primes ha estat realitzat mitjançant una discretització basada en els elements de la família DK; això és, l' element triangular *DKT* (Discrete Kirchhoff Triangular), de tres nodes i nou graus de llibertat, i l'element *DKQ* (Discrete Kirchhoff Quadrilateral), de quatre nodes i dotze graus de llibertat, indistintament. EL anàlisi de plaques gruixudes s'ha aportat mitjançant l'element quadràtic de la família serendíptia, de vuit nodes i 24 graus de llibertat, i element Dvorkin-Bathe, de quatre nodes i dotze graus de llibertat.

El càlcul de lloses sobre jaç elàstic s'ha avortat mitjançant les mateixes teories de flexió, considerant un comportament elàstic del terreny de base, a partir del valor del seu coeficient de balast particular .



## MURS PANTALLA MURS DE CONTENCIÓ.

Per l'anàlisi de l'estabilitat dels murs de contenció i dels murs pantalla s'ha utilitzat la teoria d'empentes actius i passius de Rankine, sobre un model de barres flexibles immerses en un semi espai elàstic- plàstic, aplicant un procés incremental que té en compte les diferents fases constructives..

Per això s'ha discretitzat la pantalla de contenció i s'ha sol·licitat, per una banda, a les empentes corresponents a cada fase constructiva i, per una altra, a la reacció que provoca el seu encastament sobre un semi espai elasto- plàstic. En el cas del càlcul de murs de contenció convencionals, el suport s'ha resolt directament mitjançant una sabata; en el cas dels anàlisis dels murs de pantalla, mitjançant el seu encastament en el terreny.

## ESTABILITAT DE TAÜTS.

Per la determinació de l'estabilitat de taüts s'ha utilitzat el mètode de l'equilibri de masses de terra discretes, suposant diversos traçats de superfícies de trencament cilíndrics i obtenint el de menor coeficient de seguretat. Aquest coeficient sempre ha resultat ser superior al valor 1.20.

## COMPROVACIÓ DE PERFILERIA METÀL·LICA.

La comprovació de perfilaria metàl·lica s'ha dut a terme sobre la base de les consideracions de la normativa "DB-SE-A, Document Bàsic SE Seguretat estructural Acer", segons mètodes elàstics.

## ARMAT DE SECCIONS DE FORMIGÓ ARMAT I PRETESAT.

L'armat de seccions de formigó s'ha realitzat en trencament, considerant el diagrama que es detalla en el tercer apartat de la present.

Mitjançant aquesta metodologia s'han analitzat els casos de flexió simple recta i esviada, flexo- compressió recta i esviada, compressió composada recta i esviada i tracció composada recta o esviada, segons la determinació del pla de deformacions a partir del plantejament de les equacions d'equilibri intern a nivell secció, compatibles amb les equacions constitutives dels materials.

Per la comprovació a esforços rasants, tipus tallant o moment torsor, s'han utilitzat les consideracions al respecte de la Normativa *EHE, Instrucció de Formigó Estructural*.

## **PROGRAMES INFORMÀTICS DE CÀLCUL UTILITZATS**

PROCESSADORS. DEFINICIÓ D'ESFORÇOS I ESTATS TENSIONALS.

TRICALC                      Càlcul espacial d'estructures tridimensionals

POST- PROCESSADORS. COMPROVACIÓ D'ESTRUCTURES I ARMAT D'ELEMENTS DE FORMIGÓ.

PRONTUARIO INFORMATICO DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

Distintes fulles de càlcul elaborades per el projectista destinades al càlcul d'armades en estructures de formigó sotmeses a flexió, comprovació de perfil·laria metàl·lica, càlcul d'encepats.

## **CRITERIS DE DIMENSIONAT**

En el dimensionat dels elements que componen l'estructura ha sigut considerada la satisfacció de els estats límits últims, ELU i els estats límits de servei, ELS, que es detallen a continuació:

- *ELU de equilibri*: Els efectes de càlcul estabilitzats sobrepassen als efectes de càlcul desestabilitzants.
- *ELU d'esgotament* front a les sol·licitacions: les forces internes capaces de desenvolupar-se en tota la secció d'estructura igualen o sobrepassen les forces de càlcul que les sol·liciten.
- *ELU d'inestabilitat*: les forces internes capaces de desenvolupar-se en tota secció de l'estructura igualen o sobrepassen les forces de càlcul que les sol·liciten sumades a les derivades dels efectes de segon ordre o d'inestabilitat.
- *ELS de fissuració (solament en elements de formigó armat i formigó pretensat)*: l'obertura característica de les fissures,  $w_k$ , compleix amb els valors definits en l'article 49.2 de la EHE en funció de la classe d'exposició de l'element.
- *ELS de deformació*: el dimensionat ha sigut realitzat en base a lo estipulat en l'apartat 4.3.3 del DB SE. Això és:

En el cas de considerar la integritat dels elements constructives, considerant les deformacions que es produeixen després de la posada en obra de l'element (totes les càrregues excepte el pes propi de l'element estructural), limitant-les als valors exposats en la taula següent:

Tipus de tancament	Valor fletxa/llum
Pisos amb envans fràgils o paviments rígides sense juntes	1/500
Pisos amb envans ordinaris o paviments rígids amb juntes.	1/400
Resta dels casos	1/300

En el cas de tenir en compte el confort dels usuaris, considerant les deformacions produïdes per les accions de curta duració (accions variables), limitant-les a  $L/350$  (sent  $L$  la llum de l'element).

En el cas de considerar l'aparença de l'obra, considerant les deformacions produïdes per qualsevol combinació d'accions quasi permanent, limitant-les a  $L/300$  (sent  $L$  la llum de l'element).

Per el cas particular de forjats de formigó s'ha limitat la fletxa activa al valor  $f=1\text{cm}$ .

- *ELS de vibracions:* Les estructures i els seus elements susceptibles de sofrir vibracions per efecte rítmic de les persones han estat dissenyats amb maneres pròpies de oscil·lació majors que els que es mostren en la taula següent.

Estructura	Freqüència mínima (Hz)
Gimnasos, palaus de esports, estadis	8,00
Sales de festes o amb certs sense seients	7,00
Centres comercials i locals de pública concurrència sense seients fixes	5,00
Sales d'espectacles sense seients fixes	3,40
Passarel·les	4,50

La resta d'elements han estat dissenyats amb una primera manera pròpia de vibració de valor pròxim a 3,00Hz.

## **NORMATIVA**

### NORMATIVA BÀSICA

DB-SE, "Documento Básico SE Seguridad estructural"

DB-SE-AE, "Documento Básico SE Seguridad estructural Acciones en la edificación"

DB-SE-C, "Documento Básico SE Seguridad estructural Cimientos"

DB-SE-A, "Documento Básico SE Seguridad estructural Acero"

DB-SE-F, "Documento Básico SE Seguridad estructural Fábrica"

DB-SE-M, "Documento Básico SE Seguridad estructural Madera"

EHE, "Instrucción de hormigón estructural".

N.C.S.R.-02, "Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación".

### **DECLARACIÓ DE CUMPLIMENT DELS DOCUMENTS BÀSICS**

En el disseny i l' anàlisi dels elements estructurals descrits en el present document s'ha atès a totes les exigències i requeriments estipulats en el Còdic Tècnic de l' Edificació (CTE), i en particular a los Documents Bàsics que se citen a continuació:

DB-SE, "Documento Básico SE Seguridad estructural"

DB-SE-AE, "Documento Básico SE Seguridad estructural Acciones en la edificación"

DB-SE-C, "Documento Básico SE Seguridad estructural Cimientos"

DB-SE-A, "Documento Básico SE Seguridad estructural Acero"

### **MANTENIMIENT DE L'ESTRUCTURA.**

#### **Elements constituïts per acer laminat.**

Les estructures d'acer per lo general són les que revesteixen major repercussió en quant a les feines de manteniment es refereix, donada la major inestabilitat del material conseqüència de la seva estructura molecular. Principalment, el manteniment tindrà com objecte detectar, prevenir i resoldre l'oxidació i la corrosió dels seus elements.

Per això, cal protegir l'estructura de la intempèrie mitjançant els elements constructius especificats en projecte, en les condicions que fixen els Plecs de Condicions adjuntes.

Per preservar la seva durabilitat, l'estructura haurà de sotmetre's a un programa de manteniment concret en base als següents preceptes:

#### 1. Control general del comportament de l'estructura

a) Inspecció convencional cada 10 anys. S'examinarà amb especial atenció, la existència de símptomes de danys estructurals que es manifesten en danys en els elements inspeccionats (fissures en tancaments a causa de deformacions...). També s'identificaran danys potencials (humitats, condensacions, ús inadequat...).

b) Inspecció cada 15 anys. Amb objecte de descobrir danys de caràcter fràgil, que encara no afecten a altres elements no estructurals (tancaments...). En aquest cas s'observaran situacions on puguin produir-se lliscaments no previstos d'unions cargolades, corrosions localitzades...

#### 2. Control de l'estat de conservació del material.

Es distingirà segons la classificació de l'estructura, en funció de la seva exposició:

d) *L'estructura metàl·lica o l'element és interior o no exposat a agents ambientals nocius (Classes d'exposició C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> segons taula 6).* Haurà de realitzar-se una revisió de l'estructura cada cinc anys, detectant punts de inici de l'oxidació. En ells i en la zona colindant haurà d'alçar-se el material degradat i protegir la zona deteriorada mitjançant la imprimació local de pintura antioxidant, com a mínim de les mateixes característiques que la utilitzada en l'obra.

Cada 15 anys hi haurà una revisió exhaustiva de tota l'estructura, realitzant un posterior pintat total de la mateixa con un material com a mínim de les mateixes característiques que l'utilitzat en l'obra.

e) *L'estructura metàl·lica o element és exterior o queda en un ambient d'agressivitat moderada (Classe d'exposició C<sub>3</sub> segons taula 6).* Haurà de realitzar-se una revisió de l'estructura cada tres anys, detectant punts d'inici de l'oxidació. En ells i en la zona colindant haurà d'alçar-se el material degradat i protegir la zona deteriorada mitjançant la imprimació local de pintura antioxidant, com a mínim de les mateixes característiques que la utilitzada en l'obra.

Cada 10 anys hi haurà una revisió exhaustiva de tota l'estructura, realitzant un posterior pintat total de la mateixa con un material com a mínim de les mateixes característiques que l'utilitzat en la obra.

- f) *L'estructura metàl·lica és exterior i exposada a un ambient d'agressivitat elevada (Classe de exposició C<sub>4</sub> i C<sub>5</sub> segons taula 6).* Haurà de realitzar-se una revisió anual de l'estructura, detectant punts d'inici de l'oxidació. En ells i en la zona colindant haurà d'alçar-se el material degradat i protegir la zona deteriorada mitjançant la imprimació local de pintura antioxidant, com a mínim de les mateixes característiques que la utilitzada en l'obra.

Cada cinc anys hi haurà a una revisió exhaustiva de tota l'estructura, realitzant un posterior pintat total de la mateixa amb un material com a mínim de les mateixes característiques que l'utilitzat en l'obra.

En el present cas la classe d'exposició és del tipus C3. Les inspeccions es coordinaran fent coincidir els dos conceptes: comportament de l'estructura i conservació del material.

Designació	Pèrdua de massa per unitat de superfície/pèrdua de grossor en el primer any, acers amb contingut baix de carboni		
	Classe d' exposició a la corrosió atmosfèrica.	Pèrdua de massa g/m <sup>2</sup>	Pèrdua de grossor µm
C1	Molt baixa	≤10	≤1.3
C2	Baixa	>10 fins 200	>1.3 fins 25
C3	Mitja	>200 fins 400	>25 fins 50
C4	Alta	>400 fins 650	>50 fins 80
C5-I	Molt alta (Industrial)	>650 fins 1500	>80 fins 200
C5-M	Molt alta (marina)	>80 fins 200	>30 fins 60

*Taula 6*

### **Estructures de formigó.**

Les parts de l'estructura constituïdes per formigó armat haurà de sotmetre's també a un programa de manteniment, de manera molt igual al definit per l'estructura metàl·lica, ja que el major número de patologies del formigó armat són conseqüència o es manifesten a l'iniciar-se el procés de corrosió de les seves armadures. Bàsicament, doncs, el manteniment haurà de fer front a la detecció, prevenció i reparació de l'oxidació i la corrosió d'aquests elements.

Per preservar la seva durabilitat, l'estructura haurà de sotmetre's a un programa de manteniment concret en base als següents preceptes:

- g) *L'estructura de formigó és interior (Classe d'exposició I segons taula 8.2.2 del capítol II de la Instrucció EHE)*. Serà precisa una revisió dels elements als dos anys d'haver estat construïts i després establir una revisió dels mateixos cada 10 anys amb objecte de detectar possibles fissuracions, carbonatacions o anomalies dels paràmetres.

Si aquestes fissuracions resulten visibles a l'observador, serà convenient injectar-les i protegir-les amb algun tipus de resina epoxi, per evitar l'oxidació de les armadures. Així mateix, si s'observen zones amb profunditzades de carbonatació anòmales, hauran de protegir-se aquestes mitjançant pintures protectores anti-carbonatació.

- h) *L'estructura de formigó és exterior o queda immersa en un ambient humit (Classe d'exposició IIa i IIb segons taula 8.2.2 i classe específica d'exposició tipus H segons taula 8.2.3a del capítol II de la Instrucció EHE)*. En aquest cas serà precisa una revisió dels elements a l'any d'haver sigut construïda i després establir una revisió dels mateixos cada dos anys amb objecte de detectar possibles fissuracions, carbonatacions o anomalies dels paràmetres.

Si aquestes fissuracions resulten visibles a l'observador, serà convenient injectar-les i protegir-les amb algun tipus de resina epoxi, per evitar l'oxidació de les armadures. Així mateix, si s'observen zones amb profunditats de carbonatació anòmales, hauran de protegir-se aquestes mitjançant pintures protectores anti-carbonatació.

- i) *L'estructura de formigó queda exposada a un ambient d'agressivitat elevada (Classe de exposició IIIa, IIIb, IIIc i IV segons taula 8.2.2 i la resta de les classes específiques d'exposició segons taula 8.2.3a del capítol II de la Instrucció EHE)*. Serà precisa una imprimació amb resina epoxi de tots els paraments dels seus elements després d'haver-se completat el fraguat i procedir a una revisió després de sis mesos d'haver estat construït. Posteriorment es sotmetrà a l'estructura a un programa de revisions bianual amb objecte de detectar possibles fissuracions, carbonatacions o anomalies dels paràmetres.

Si aquestes fissuracions resulten visibles l'observador, serà convenient injectar-les i protegir-les amb algun tipus de resina epoxi, per evitar l'oxidació de les armadures. Així mateix, si s'observen zones amb profunditats de carbonatació anòmales, hauran de protegir-se aquestes mitjançant pintures protectores anti-carbonatació.

Serà, a més, preceptiva una nova imprimació de pintura anti-carbonatació cada cinc anys, excepte indicació expressa del fabricant de la pintura en relació a un altre calendari, que no serà superior a 10 anys.