

**PROJECTE MODIFICAT**

**PRIMER ESTABLIMENT PER A L'ADEQUACIÓ PAISATGÍSTICA DEL PATRIMONI  
GEOLÒGIC DEL ROCAM COSTANER A LA PUNTA PONCELLA DE ROSES**

---

AJUNTAMENT DE ROSES  
PU16020EN

ABRIL 2020

ÀREA D'URBANISME  
DOCUMENT NÚM. 5 – PROJECTES PARCIALS  
I ALTRES DOCUMENTS COMPLEMENTARIS

## **DOCUMENT NÚM. 5. PROJECTES PARCIALS I ALTRES DOCUMENTS COMPLEMENTARIS**

- 1. Projecte d'estructura



**Passarel·la a Roses**

**MEMÒRIA TÈCNICA DE L'ESTRUCTURA**

**30 de març de 2020**

**CONTROL DOCUMENTAL**

<b>Windmill Structural Consultants, S.L.P.</b>			
	Nom	Data	Càrrec
Preparat	Alberto Fernández	30 de març de 2018	Arquitecto Analista
Revisat	Amanda Colom	30 de març de 2018	Arquitecta cap de projectes
Aprovat	Josep Ramón Solé Marzo	30 de març de 2018	Dr. Arquitecte i soci director

<b>Registre dels canvis en el document</b>		
Edició	Data	Motiu del canvi
18.140.01	31 maig de 2018	Primera edició del document
20.030.01	30 de març de 2020	Projecte modificat

<b>Llista de distribució</b>		
Nom	Càrrec	Empresa
Marina Cervera	Arquitecta	
Josep Mercadé	Arquitecte	
Josep M <sup>a</sup> Caba		Infraestructures de Muntanya SL



## **ÍNDEX**

- 1 OBJECTE**
- 2 DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE**
  - 2.1 Usos**
- 3 GEOTÈCNIA**
  - 3.1 Classificació de l'obra segons el CTE**
  - 3.2 Estratigrafia**
  - 3.3 Sismicitat**
- 4 DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA**
  - 4.1 Configuració dels esquemes resistents**
  - 4.2 Materials**
  - 4.3 Vida útil nominal**
- 5 BASES DE CÀLCUL**
  - 5.1 Accions**
  - 5.2 Coeficients de majoració d'accions**
  - 5.3 Característiques mecàniques dels materials estructurals**
  - 5.4 Característiques mecàniques del terreny**
  - 5.5 Hipòtesis de càlcul**
  - 5.7 Mètodes de càlcul**
  - 5.8 Programes**
  - 5.9 Model de càlcul**
- 6 RESISTÈNCIA EN SITUACIÓ D'INCENDI**
  - 6.1 Resistència necessària**
  - 6.2 Resistència garantida**
- 7 PROCÉS CONSTRUCTIU**
- 8 MANTENIMENT DE L'ESTRUCTURA**
  - 8.1 Elements de formigó armat**
  - 8.2 Elements d'acer laminat**
- 9 MARC NORMATIU**
  - 9.1 Declaració d'acompliment de los DB del CTE**
  - 9.2 Altres normatives d'obligat compliment**
  - 9.3 Normatives complementàries**



## 1 OBJECTE

L'objecte de la present memòria és el de descriure i justificar la solució adoptada per a materialitzar l'estructura corresponent a la construcció d'una passarel·la, junt amb el seu accés mitjançant una escala, en el rocam costaner a la Punta Poncella de Roses, com a part integrant del projecte general d'arquitectura redactat per **Marina Cervera i Josep Mercadé**.

En aquest sentit, s'estableixen aquí de manera explícita les bases conceptuals, constructives, normatives i teòriques, que han fonamentat el disseny i els càlculs estructurals del projecte, quedant completament detallat el marc normatiu utilitzat.

Tanmateix, es donen les pautes imprescindibles a prendre en consideració en el decurs de la construcció dels elements resistents principals de la futura construcció i del seu posterior manteniment.



## **2 DESCRIPCIÓ GENERAL DEL PROJECTE**

El projecte es compon de dos elements principals: la passarel·la de 30m de longitud i l'escala d'accés que salva un desnivell de 7m partint des del mur de contenció a executar al començament del accés.

La superfície construïda es d'aproximadament 76 m<sup>2</sup> als efectes col·legials.

### **2.1 Usos**

L'ús previst en el projecte es el de passarel·la d'accés públic.





### **3 GEOTÈCNIA**

#### **3.1 Classificació de l'obra segons el CTE**

Els aspectes rellevants del projecte als efectes de la informació geotècnica són els següents:

- |  |                    |
|--|--------------------|
| - Número de plantes de la construcció: | 1                  |
| - Superfície total construïda:         | <77 m <sup>2</sup> |
| - Tipus de construcció:                | C-0                |
| - Grup de terreny:                     | T-1                |

#### **3.2 Estratigrafia**

A tenor de la informació rebuda, es coneixen els següents estrats:

- Roca no meteoritzada.

Haurà de verificar-se a l'obra la exactitud de l'estrat de recolzament de la fonamentació.

#### **3.3 Sismicitat**

L'acceleració bàsica de l'emplaçament, als efectes de la instrucció NCSE-02, resulta inferior a 0,04g.



## 4 DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA

### 4.1 Configuració dels esquemes resistents

#### 4.1.1 Estructura

Tant la construcció de la passarel·la com la de l'escala, responen a un mateix esquema estructural amb bigues d'acer de secció doble T (HEB 160, IPE 160, IPE 180) contínues sobre suport tubulars d'acer ( $\varnothing 135.4$ ) per mitjà d'un suport sobre neoprens.

Es planteja que la construcció del conjunt sigi executada a l'obra per mitjà d'unions cargolades, de manera que els diferents trams a unir hagen estat soldats a taller prèviament a l'aplicació d'un galvanitzat de protecció.

#### 4.1.2 Fonaments

Es realitza una modificació de fonamentació original del projecte. La modificació de consisteix en substituir les sabates aïllades de formigó dels pilars de la passarel·la per una fonamentació realitzada amb 3 micropilons per cada pilar, que queden units per una placa d'ancoratge d'acer a mode de encep. Els micropilons deuran perforarse directament al estrat de roca no meteoritzada.

Per altra banda, es manté la sabata correguda per a la fonamentació del mur de contenció situat al inici de l'escala d'accés a la passarel·la. Aquesta fonamentació deura quedar encastada un mínim de 20 cm a l'estrat de roca no meteoritzada.

#### 4.1.3 Sistemes de contenció

Es planteja la construcció d'un muro de contenció de 20cm de gruix, amb el seu extradós farcit de graves de  $1.800\text{kg/m}^3$  de densitat.

### 4.2 Materials

Els materials requerits per a la configuració dels elements estructurals de caràcter resistent, deixant a part els elements prefabricats, són els següents:

#### 4.2.1 Formigó armat

Les parts de formigó armat del projecte, es preveuen resoltes mitjançant l'ús dels següents materials:

- Fonaments i murs
  - Formigó: HA-30-B-20-IIIa
  - Armadures: B-500 S

#### 4.2.2 Acer laminat

Les parts d'acer laminat del projecte, es preveuen resoltes mitjançant l'ús dels següents materials:

- Acer per perfils i xapes: S 275 JR Galvanitzat



· Cargols, femelles i volanderes: Classe 10.9

### **4.3 Vida útil nominal**

En absència d'un requeriment específic per part de la propietat i atenent al que disposa la normativa vigent, s'ha considerat una vida útil nominal als elements resistents projectats de 50 anys.

Per a garantir la citada vida útil nominal, amb independència del que disposen els apartats de la present memòria corresponents a les bases de càlcul i al manteniment de l'estructura, s'han disposat les següents estratègies de disseny:

#### **4.3.1 Elements de formigó armat i pretensat**

Els recobriments projectats, en funció del ciment proposat en cada cas, atenen als mínims establerts a l'apartat 37.2 de la instrucció EHE-08.

#### **4.3.2 Elements d'acer laminat**

Els elements d'acer queden protegits en tots els casos per galvanitzat en calent en base als criteris fixats al plec de condicions adjunts a la present.



## 5 BASES DE CàLCUL

### 5.1 Accions

El conjunt d'accions observades a l'anàlisi dels elements integrants de la part de projecte documentada a la present memòria han estat establertes en base al que disposa la normativa vigent i, en particular, la *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera* (IAP-11) i el *Documento Básico de Seguridad Estructural. Acciones en la edificación* (DB-SE-AE) del *Código Técnico en la Edificación* (CTE).

Els estats de càrrega superficial dels pisos i/o sostres del projecte queden detallats a la documentació gràfica adjunta a la present.

Atenent precisament a la IAP-11 i al DB SE-AE, s'han considerat els següents grups d'accions:

#### 5.1.1 Accions permanents

Es consideren dins d'aquest grup les accions provocades per elements constructius els efectes de les quals no presenten en el temps variacions rellevants als efectes de l'anàlisi de l'estructura.

Pel que fa al projecte aquí documentat cal esmentar els següents:

##### 5.1.1.1 Degudes al pes propi dels elements constructius

El pes propi del conjunt d'elements, incloent l'estructura, ha estat determinat a partir del pes específic mitjà dels seus materials constructius. A tal efecte, s'han utilitzat els valors fixats al Annex C del DB SE-AE, quan així ha estat possible.

En aquest cas, els pesos específics més rellevants han estat els següents:

· Formigó en massa	24,0 kN/m <sup>3</sup>
· Formigó armat	25,0 kN/m <sup>3</sup>
· Acer per perfils i barres	78,5 kN/m <sup>3</sup>

En quant als pesos per unitat de superfície horitzontal, s'han de destacar els següents:

· Paviment de fusta	0,5 kN/m <sup>2</sup>
· Formació de escalons i paviment	2,0 kN/m <sup>2</sup>

##### 5.1.1.2 Accions del terreny

Els efectes del terreny sobre els elements que conformen el projecte s'ha tingut en compte en base la seva pressió normal vertical,  $\sigma_v$ , a la cota d'anàlisi i en base a l'empenta associada a aquesta pressió normal.

Per a la determinació de la tensió  $\sigma_v$  s'ha pres en consideració tant el pes propi del terreny com les accions gravitatòries exercides per elements o construccions



recolzats a sobre. En el cas de sols saturats el pes específic observat és el corresponent a la densitat saturada.

La pressió corresponent a l'empenta,  $\sigma_h'$ , s'ha calculat en base a la següent expressió:

$$\sigma_h' = \sigma_v' \cdot \lambda - 2c' \sqrt{\lambda} + \gamma_w \cdot h_w$$

$$\sigma_v' = \sigma_v - \sigma_w$$

A on,  $c'$ , és la cohesió efectiva,  $\varphi$  és l'angle de fregament intern del tram del terreny sota anàlisi i,  $\lambda$ , és el coeficient d'empenta que pot adoptar els següents tres valors:

- En el cas de trams de terreny que desplacen horitzontalment a l'element estructural analitzat:

$$\lambda = \frac{1 - \operatorname{sen} \varphi'}{1 + \operatorname{sen} \varphi'}$$

- En el cas de trams de terreny que no es desplacen

$$\lambda = 1 - \operatorname{sen} \varphi'$$

- En el cas de trams de terreny que es veuen desplaçats horitzontalment per l'element estructural

$$\lambda = \frac{1 + \operatorname{sen} \varphi'}{1 - \operatorname{sen} \varphi'}$$

Per al càlcul de la pressió vertical de sols s'han observat les següents expressions:

- En terrenys secs i humits:

$$\sigma_v = h \cdot \gamma$$

- En terrenys submergits:

$$\sigma_v' = h \cdot \gamma'$$

Amb,

$h$  és l'alçada del tram de terreny considerat

$h_w$  és l'alçada de l'aigua

$\gamma$  és la densitat natural del terreny

$\gamma'$  és la densitat submergida del terreny

$\gamma_w$  és el pes específic de l'aigua

### 5.1.2 Accions variables

Es consideren dintre d'aquest grup les accions provocades per elements constructius els efectes dels quals sí presenten en el temps variacions rellevants als efectes de l'anàlisi de l'estructura.



Pel que fa al projecte aquí documentat s'han de citar les següents:

#### 5.1.2.1 Sobrecàrrega deguda a l'ús

Atenent al capítol 3 del DB-SE-AE del CTE, les càrregues pròpies dels usos previstos al projecte han estat introduïdes a l'anàlisi estructural amb tota generalitat mitjançant les següents accions característiques:

- Passarel·les vianants 5,0 kN/m<sup>2</sup>

#### 5.1.2.2 Vent

Els efectes de l'acció del vent han estat considerats en dues direccions ortogonals, direccions que resulten coincidents amb la orientació dels elements estructurals principals del projecte.

En compliment del que estableix el CTE, la intensitat de l'acció estàtica equivalent del vent sobre els paraments exposats ha estat calculada en base a la següent expressió:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_{p/s}$$

A on,

$q_b$  és la pressió dinàmica del vent

$C_e$  és el coeficient d'exposició

$C_{p/s}$  és el coeficient eòlic de pressió o succió, segons el cas.

S'ha adoptat, simplificadament, un valor de pressió dinàmica del vent,  $q_b$ , de 0,50 kN/m<sup>2</sup>.

Als efectes de determinar el coeficient d'exposició i els coeficients eòlics s'han tingut en compte les següent dades:

· Grau d'asperesa:	I
· Alçada màxima de l'edificació:	14,0 m
· Coeficient d'exposició:	3,2
· Coeficient de pressió:	0,70
· Coeficient de succió:	0,30

#### 5.1.2.3 Accions tèrmiques

Donades les característiques i dimensions dels elements projectats, no s'ha considerat necessària la introducció dels efectes de dilatació o contracció tèrmica en els models d'anàlisi estructural.

#### 5.1.2.4 Accions de neu

Per a la determinació dels efectes de l'acció de la neu s'han tingut en compte les dues següent dades:



- Zona climàtica hivernal: 2
- Alçada topogràfica de la parcel·la: 14,00 m.s.n.m.

De les dues dades anteriors es dedueix una acció superficial sobre elements horitzontals o propers a l'horitzontalitat de 0,40 kN/m<sup>2</sup>.

#### 5.1.2.5 Accions del nivell freàtic

No s'han degut de considerar accions d'aquesta natura, en no haver detectat la presència del nivell freàtic.

#### 5.1.2.6 Accions per retracció del formigó

No ha estat necessària la consideració dels efectes d'escurçament del formigó atenent a les següents variables:

- Dimensions màximes de les construccions projectades.

### 5.1.3 Accions accidentals

#### 5.1.3.1 Sisme

La valoració de la necessitat de comptabilitzar els eventuais efectes d'un sisme en els càlculs estructurals ha estat realitzada sota el que estableix la *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y Edificación*, NCSE-02.

Així doncs, donat que l'acceleració sísmica bàsica,  $a_b$ , resulta inferior a 0,04, no s'han introduït les accions sísmiques als models d'anàlisi.

### 5.2 Coeficients de majoració d'accions

Als efectes de les verificacions dels Estats Límits, segons els criteris que es defineixen en l'apartat que detalla allò referent a aquestes verificacions, les accions s'han considerat afectades pels coeficients que es detallen a continuació:

En la verificació dels Estats Límits de Servei:

Tipus d'acció		Efecte favorable	Efecte desfavorable
$\gamma_G$	Permanent	1,00	1,00
$\gamma_P$	Pretensat	Accions de pretesat	0,95
		Accions de posttesat	0,90
$\gamma_{G^*}$	Permanent de valor no constant	1,00	1,00
$\gamma_Q$	Variable	0,00	1,00

**Taula 5-1.** Coeficients pels Estats Límits de Servei



En la verificació dels Estats Límits Últims:

Tipus d'acció		Situació Persistent o Transitòria		Situació Accidental	
		Efecte Favorable	Efecte Desfav.	Efecte Favorable	Efecte Desfav.
$\gamma_G$	Permanent	1,00	1,35	1,00	1,00
$\gamma_P$	Pretensat	1,00	1,00	1,00	1,00
$\gamma_{G^*}$	Permanent de valor no constant	1,00	1,50	1,00	1,00
$\gamma_Q$	Variable	0,00	1,50	0,00	1,00
$\gamma_A$	Accidental	-	-	1,00	1,00

**Taula 5-2.** Coeficients pels Estats Límits Últims

### 5.3 Característiques mecàniques dels materials estructurals

Els materials utilitzats en el projecte d'estructures i fonamentació, i llurs característiques als efectes de les anàlisi realitzades, són els següents:

#### 5.3.1 Formigó

S'ha utilitzat la caracterització proposada per la EHE-08, caracterització de la que s'ha de destacar, per als formigons amb resistències característiques,  $f_{ck}$ , inferiors a 50 N/mm<sup>2</sup>, els següents particulars:

##### 5.3.1.1 Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$

S'ha adoptat el diagrama paràbola rectangle proposat en l'article 39è de la esmentada instrucció. En conseqüència, l'equació que defineix la tensió del formigó,  $\sigma_c$ , associada a una determinada deformació unitària,  $\epsilon_c$ , en el tram parabòlic respon a la següent expressió:

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c0}} \right)^2 \right]$$

A on  $f_{cd}$  és la resistència de càlcul del formigó i  $\epsilon_{c0}$ , la deformació corresponent al trencament per compressió simple que s'igual a 0,002.

La funció anterior resulta vàlida per a deformacions unitàries compreses entre 0 i  $\epsilon_{c0}$ . No s'accepten, per tant, deformacions en tracció o, el que es mateix, es prescindeix de la col·laboració del formigó quan aquest roman en un règim de tracció.

En el tram rectilini per a deformacions unitàries compreses entre  $\epsilon_{c0}$ , i, la deformació de trencament per compressió en flexió,  $\epsilon_{cu}$ , que s'igual a 0,0035, la tensió,  $\sigma_c$ , resulta igual a la resistència de càlcul  $f_{cd}$ .





### 5.3.1.2 Coeficient de minoració

La resistència de càlcul  $f_{cd}$  respon a la minoració de la resistència característica,  $f_{ck}$ , segons el següent criteri:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

El coeficient de minoració,  $\gamma_c$ , varia en funció de la situació en la que s'analitzi el projecte:

- En situacions persistents o transitòries  $\gamma_c=1,5$
- En situacions accidentals  $\gamma_c=1,3$

Els valors  $\gamma_c$  es corresponen amb el nivell de control estadístic de la resistència del formigó, en base al que disposa els articles 15º i 86º de la EHE-08.

### 5.3.1.3 Mòdul de deformació longitudinal

En la part elàstica de l'anàlisi de deformacions dels elements de formigó s'ha considerat, segons el cas, els següents mòduls alternatius:

- Per al càlcul de deformacions provocades per càrregues estàtiques:

$$E_{cm} = 8.500 \cdot \sqrt{f_{cm}}$$

- Per al càlcul de deformacions provocades per càrregues instantànies, ràpidament variables o accions dinàmiques:

$$E_c = \beta_E \cdot E_{cm}$$

Amb,

$$\beta_E = 1,30 - \frac{f_{ck}}{400} \leq 1,175$$

I essent  $f_{cm}$  la resistència mitja del formigó què, en N/mm<sup>2</sup>, s'ha determinat simplificalment de la següent manera:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

### 5.3.1.4 Coeficient de Poison

A l'anàlisi dels elements continus i, en general, quan ha calgut relacionar les deformacions longitudinals unitàries amb les transversals unitàries, s'ha observat un coeficient de Poison de 0,2.



### 5.3.1.5 Coeficient de dilatació

Quan ha estat necessari considerar els efectes tèrmics, s'ha suposat un coeficient de dilatació de  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

### 5.3.1.6 Retracció

Als casos en els què ha estat necessari considerar l'efecte de la retracció del formigó, s'ha considerat les funcions d'escurçament establertes a l'apartat 39.7 de la instrucció EHE-08.

## 5.3.2 Acer per armadures passives

### 5.3.2.1 Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$

S'ha adoptat el diagrama elasto-plàstic perfecte (bilineal) proposat per la instrucció EHE-08, sense enduriment al tram plàstic, amb les següents limitacions:

- La elongació unitària màxima,  $\epsilon_{\max}$ , de l'acer constituent de les armadures passives queda limitada a 0,01.
- L'escurçament màxim unitari de l'armadura queda limitat per l'escurçament màxim del formigó,  $\epsilon_{cu}$  (0,0035)

### 5.3.2.2 Coeficient de minoració

La resistència de càlcul  $f_{yd}$  respon a la minoració de la resistència característica,  $f_{yk}$ , segons el següent criteri:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

El coeficient de minoració,  $\gamma_s$ , varia en funció de la situació en la que s'analitzi el projecte:

- En situacions persistents o transitòries  $\gamma_s=1,15$
- En situacions accidentals  $\gamma_s=1,00$

### 5.3.2.3 Mòdul de deformació longitudinal

S'ha considerat un mòdul d'elasticitat longitudinal  $E=200.000 \text{ N/mm}^2$ .

### 5.3.2.4 Coeficient de Poison

La relació entre deformacions unitàries, longitudinals i transversals, és irrellevant en l'anàlisi d'armadures passives en tractar-se d'elements lineals.

### 5.3.2.5 Coeficient de dilatació tèrmica

S'ha suposat igual al del formigó detallat anteriorment.



### 5.3.3 Acer per a perfils

#### 5.3.3.1 Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$

S'ha considerat un diagrama  $\sigma$ - $\epsilon$  elàstic-plàstic perfecte, en el que l'entrada en el règim plàstic es dona quan la tensió normal arriba a la tensió corresponent al límit elàstic,  $f_{yk}$ .

S'ha considerat que s'aconsegueix el límit elàstic quan la deformació unitària longitudinal resulta igual o superior al 0,2%.

#### 5.3.3.2 Coeficient de minoració

En comprovacions de plastificació o de fenòmens d'inestabilitat, la tensió de comparació,  $f_{yd}$ , s'obté dividint la tensió corresponent al límit elàstic,  $f_{yk}$ , per un coeficient de minoració  $\gamma=1,05$ .

#### 5.3.3.3 Mòdul de deformació longitudinal

La relació tensió i deformació unitària en la branca elàstica del comportament queda determinada mitjançant un mòdul de deformació longitudinal  $E=200.000$  N/mm<sup>2</sup>.

#### 5.3.3.4 Coeficient de Poison

Quan ha resultat necessari relacionar les deformacions longitudinals unitàries amb les deformacions transversals unitàries, s'ha considerat un coeficient de Poison igual a 0,3.

#### 5.3.3.5 Coeficient de dilatació tèrmica

Només en els casos en els que ha estat necessari considerar els efectes tèrmics, s'ha suposat un coeficient de dilatació de  $1,2 \cdot 10^{-5}$  °C<sup>-1</sup>.

### 5.3.4 Fàbrica

#### 5.3.4.1 Diagrama $\sigma$ - $\epsilon$

S'ha considerat un diagrama  $\sigma$ - $\epsilon$  elàstic-plàstic, en el que l'entrada en el règim plàstic es dona quan la tensió normal arriba a la tensió corresponent al límit elàstic,  $f_k$ .

#### 5.3.4.2 Coeficient de minoració

En comprovacions de plastificació o de fenòmens d'inestabilitat, la tensió de comparació,  $f_d$ , s'obté dividint la tensió corresponent al límit elàstic,  $f_k$ , per un coeficient de minoració  $\gamma_M$  (veure taula 4.8 del DB SE-F).



### 5.3.4.3 Mòdul de deformació longitudinal

La relació tensió i deformació unitària en la branca elàstica del comportament queda determinada mitjançant un mòdul d'elasticitat secant instantani E. Aquest mòdul queda condicionat a la resistència de la fàbrica, sent la seva expressió:

$$E = 1000 \cdot f_k$$

Per a càlculs de estats límits de servei, aquest valor de E es pot multiplicar pel valor 0,60.

### 5.3.4.4 Coeficient de Poison

Quan ha resultat necessari relacionar les deformacions longitudinals unitàries amb les deformacions transversals unitàries, s'ha considerat un coeficient de Poison igual a 0,25.

### 5.3.4.5 Coeficient de dilatació tèrmica

Només en els casos en els que ha estat necessari considerar els efectes tèrmics, s'ha suposat un coeficient de dilatació que queda indicat a la taula 4.7 del DB SE-F.

## 5.4 Característiques mecàniques del terreny

En base al reconeixement del terreny realitzat pels arquitectes, s'ha considerat una tensió admissible, per a un sol de roca no meteoritzada, per un factor de seguretat de 3, de 0,30 N/mm<sup>2</sup>. Esta tensió admissible haurà de ser verificada a l'obra.

## 5.5 Hipòtesis de càlcul

Els models d'anàlisi han inclòs totes les hipòtesis combinades de càlcul derivades dels criteris de combinació que es detallen seguidament:

### 5.5.1 Combinacions per l'anàlisi dels Estats Límits de Servei (ELS)

- Per a les situacions poc provables o característiques

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

- Per a les situacions poc freqüents

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

- Per a les situacions quasi-permanents

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



De totes aquelles combinacions en situació de servei que s'han tingut en compte a l'anàlisi objecte del present document, aquelles que han resultat més rellevants són:

$$\text{HIP\_ELS} \quad 1,00 G_k + 1,00 Q_k$$

### 5.5.2 Combinacions per l'anàlisi dels Estats Límits Últims (ELU)

- Per a les situacions persistents o transitòries

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

- Per a les situacions accidentals

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

- Per a les situacions amb efectes sísmics

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

De totes aquelles combinacions en situació última que s'han tingut en compte a l'anàlisi objecte del present document, aquelles que han resultat més rellevants són:

$$\text{HIP\_ELU} \quad 1,35 G_k + 1,50 Q_k$$

A on,

$G_{k,j}$  és el valor característic de les accions permanents

$G^*_{k,j}$  és el valor característic de les accions permanents de valor no constant

$P_k$  és el valor característic de l'acció del pretensat

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$  és el valor representatiu de les accions variables concomitants

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$  és el valor representatiu freqüent de l'acció variable determinant

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$  és el valor representatiu quasi-permanent de les accions variables

$A_k$  és el valor característic de l'acció accidental

$A_{E,k}$  és el valor característic de l'acció sísmica

### 5.6 Estats Límit

Els elements estructurals que conformen el projecte han estat dimensionats per a satisfer els següents estats límit:

- ELS de deformació

En funció del que estableix l'apartat 7.1.1 de la IAP-11, s'han verificat les fletxes dels pisos sota els criteris que es detallen tot seguit:



- L/1200 en passarel·les de vianants, quan es considera el valor freqüent de la sobrecàrrega d'ús.

En funció del que estableix l'apartat 4.3.3 del CTE, s'han verificat les fletxes dels pisos sota els criteris que es detallen tot seguit:

- Quan es considera la integritat de elements constructius, s'ha limitat la deformació produïda després de la seva construcció sota els efectes del valor característic de les accions als següents valors:
  - 1/500 de la distància entre suports en tancaments i/o paviments fràgils.
  - 1/400 de la distància entre suports en tancaments i/o paviments ordinaris.
  - 1/300 de la distància entre suports en la resta de casos.
- Quan es considera el confort dels usuaris, s'ha limitat la deformació produïda pel valor característic de les accions de curta durada al 1/350 de la distància entre suports.
- Quan es considera l'aparença de l'obra, s'ha limitat la deformació produïda per l'efecte de les accions en les situacions quasi permanents al 1/300 de la distància entre suports.

En el cas de elements volats, en les limitacions anteriors s'ha pres com a distància de referència el doble de la dimensió del vol.

- ELS de fissuració

En elements de formigó armat i pretensat s'ha verificat que l'obertura característica de fissura,  $w_k$ , compleix els criteris definits a la taula 5.1.1.2 de la EHE-08.

- ELS de vibració

En els elements sensibles al fenomen de la vibració per raó de la seva esveltesa i/o del seu ús s'ha calculat la freqüència del seu primer mode de vibració verificant que resulta fora dels dos trams següents i, per tant, verificat l'estat límit de vibració:

- |  |        |
|--|--------|
| · Vibracions verticals i longitudinals | 3,4 Hz |
| · Vibracions laterals                  | 3,0 Hz |

- ELU d'equilibri

S'ha comprovat que els efectes de estabilitzants sobrepassen els desestabilitzants.

- ELU d'esgotament

Les tensions que es poden arribar a desenvolupar a qualsevol secció igualen o sobrepassen les eventualment provocades per les accions de disseny.

- ELU d'inestabilitat

Les tensions que es poden arribar a desenvolupar a qualsevol secció igualen o sobrepassen les eventualment provocades per les accions de disseny tenint en compte els efectes de segon ordre.



## 5.7 Mètodes de càlcul

### 5.7.1 Càlcul general d'esforços i deformacions

El càlcul general dels esforços i de les deformacions del conjunt d'elements estructurals ha estat realitzant a partir del plantejament i resolució de l'equació general d'equilibri estàtic de cadascuna de les parts analitzades.

$$[f] = [k][a]$$

A on,

- $[\hat{f}]$  és el vector de accions nodals que inclou forces i moments.
- $[k]$  és la matriu de rigidesa de la part de l'estructura analitzada.
- $[\hat{a}]$  és el vector de corriments nodals que inclou desplaçaments i girs.

En el que respecta al càlcul de la matriu de rigidesa cal discernir entre dos àmbits de càlcul dels seus termes en funció de l'element estructural del que es determini llur rigidesa:

#### 5.7.1.1 Elements tipus barra

En aquest cas la determinació de les rigideses ha estat portada a terme mitjançant el recolzament en la llei de Hooke, els teoremes de Mohr i la torsió de Saint Venant.

#### 5.7.1.2 Elements continus

S'inclou dintre d'aquest cas les lloses de formigó armat, els murs de càrrega, les bigues-paret, les làmines i, en general, qualsevol altre element que per raó de la seva continuïtat, superficial o volumètrica, resulti difícilment representable, als efectes de la seva anàlisi estructural, mitjançant un model de barres.

En aquest cas s'ha discretitzat el mitjà continu, mitjançant el mètode dels elements finits, el què ha permès l'obtenció de la rigidesa de cadascun dels elements de la discretització mitjançant la utilització dels següents tipus d'elements:

- Problemes de placa:  
Element DST (*Batoz, Katili*)
- Problemes de membrana o de càscara:  
Element Andes (*C. Militello, C.A. Felippa*)

L'element de placa operat introdueix els esforços tallants en l'equació general d'equilibri i permet la resolució indistinta de plaques gruixudes i plaques primes.

Als problemes laminars es tracta separatament la component de membrana del problema de la component de placa, en resultar aquests problemes parcials independents, el que ha permès la utilització conjunta dels dos tipus d'elements referits.



## 5.7.2 Anàlisi de columnes i elements de suport

Al càlcul de pilars s'ha tingut en compte els eventuals efectes de segon ordre propis d'aquests elements (vinclament) mitjançant els mètodes simplificats proposats per les instruccions vigents en funció del seu material constituent.

Quan per raó de l'esveltesa d'una columna o de l'esveltesa general d'una o varies plantes de l'estructura, ha estat necessari una anàlisi explícita dels efectes de segon ordre, aquest ha estat resolt segons es detalla a l'apartat corresponent a l'anàlisi no lineal.

### 5.7.2.1 Columnes d'acer

La resistència de les barres d'acer amb compressions rellevants ha estat minorada en base al que disposa el DB-SE-A del CTE, en el seu apartat 6.3

## 5.7.3 Comprovació i dimensió de seccions

### 5.7.3.1 Seccions d'acer

Les seccions d'acer han estat seleccionades per a que la seva resistència de disseny resulti superior a les sol·licitacions actuants.

El càlcul de les resistències de les seccions ha esta abordat segons el que disposa l'apartat 6.2 del DB-SE-A del CTE.

## 5.7.4 Anàlisi no lineal

Als problemes a on ha resultat necessari un anàlisi no lineal explícit s'ha resolt el problema general o particular d'equilibri d'un mode iteratiu seguint els següents procediments:

### 5.7.4.1 Problemes de no linealitat geomètrica

S'ha utilitzat genèricament el mètode de la iteració directa i, als casos d'un comportament acusadament no lineal, el mètode de Newton-Raphson modificat.

### 5.7.4.2 Problemes de no linealitat mecànica

S'ha utilitzat el mètode de Newton-Raphson.

## 5.7.5 Anàlisi dinàmic

L'anàlisi dinàmic de l'estructura i de les parts que han estat estudiades de forma segregada s'han realitzat a partir del plantejament de l'equació general d'equilibri dinàmic:

$$[f] = [m][\ddot{x}] + [c][\dot{x}] + [k][a]$$

On els nous termes resulten,





- $[m]$  es la matriu de masses nodals  
 $[\ddot{x}]$  es el vector d'acceleracions nodals  
 $[c]$  es la matriu d'amortiguament nodal  
 $[\dot{x}]$  es el vector de velocitats nodals

El vector de forces passa a contenir únicament les accions no inercials, quan aquestes existeixin.

### 5.7.6 Anàlisi modal

Per a la determinació de les maneres de vibració de l'estructura o subestructura analitzada s'ha considerat que l'amortidor resulta nul.

La matriu de masses i, si escau, el vector de forces, han estat calculats en cada escenari de sol·licitació quina ha estat considerat rellevant a aquests efectes.

Per a cada manera de vibració de l'estructura s'ha obtingut la geometria de l'estructura quan aquesta es troba en la màxima amplitud de la seva vibració i les freqüències d'oscil·lació de cada manera.

### 5.7.7 Anàlisi sísmic

Per a la determinació de les maneres de vibració de l'estructura o subestructura analitzada s'ha considerat igualment que l'amortidor resulta nul, la qual cosa ha permès establir la incidència de les masses nodals en cada manera vibració.

El càlcul derivat de les accions sísmiques s'ha realitzat a partir de l'espectre elàstic de resposta proposat a l'apartat 3.7.3 de la instrucció NCSE-02, incorporant els efectes derivats dels amortidors i de la ductilitat propis de l'estructura.

## 5.8 Programes

Els programes utilitzats són d'elaboració pròpia, queden basats en els mètodes de càlcul comentats als apartats precedents, i resulten els següents:

### WM-AGE

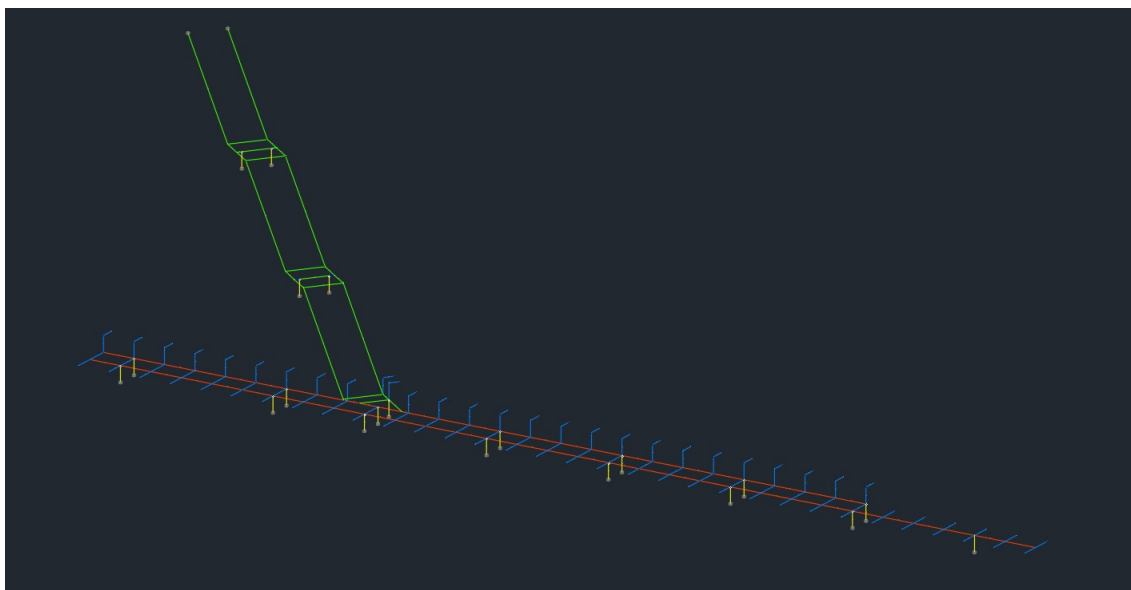
- Anàlisi lineal i en segon ordre d'esforços i deformacions en estructures de barres i estructures contínues (pel mètode d'elements finits), de qualsevol geometria.
- Càlcul de forjats de biguetes autoportants i semiresistents.
- Càlcul de forjats i bigues postesades.
- Anàlisi dinàmica i anàlisi modal espectral.
- Anàlisi no lineal de plaques de formigó armat i post-tesat.
- Càlcul de barres d'acer laminat.



- Armat de jàsseres de formigó armat.
- Armat i dimensionat de columnes de formigó.
- Armat de forjats reticulars.

### 5.9 Model de càlcul

Per tal d'obtenir els esforços de disseny i les deformacions dels elements estructurals proposats en el projecte de referència, s'ha generat un model de càlcul tridimensional ,del qual s'adjunta a continuació una imatge representativa.



**Imatge 5-1.** Model de càlcul tridimensional

Com es mostra a la Imatge 5-1, s'ha modelitzat la estructura amb elements tipus barra.

## **6 RESISTÈNCIA EN SITUACIÓ D'INCENDI**

### **6.1 Resistència necessària**

Segons indica el DB-SI del CTE, al seu article 3, els diferents sectors que componen l'estructura del projecte, per a suportar adequadament les accions representades per la corba normalitzada temps-temperatura, en funció del seu ús, posició i/o alçada d'evacuació, deuen arribar a les següents resistències en terminis de temps:

· Zona: Passarel·la	R-30
- Us equivalent:	No habitable

### **6.2 Resistència garantida**

L'estructura principal de l'àrea d'intervenció del projecte queda composta pels següents elements bàsics:

- Murs
- Pilars
- Sostres

La satisfacció de la resistència requerida s'aconseguirà en cada tipus d'element en base als següents criteris:

#### **6.2.1 Parets de càrrega**

##### **6.2.1.1 Murs de formigó armat**

Es tracta de parets de 20 cm d'espessor mínim, on el recobriment nominal és de 35 mm. Segons s'estableix al Annex 6 de la instrucció EHE-08, la seva resistència a foc garantida assoleix els 120 minuts.

#### **6.2.2 Pilars**

##### **6.2.2.1 Pilars d'acer laminat**

Es tracta de columnes resoltes mitjançant perfils del tipus tubulars, per tant de seccions normalitzades i de massivitats baixes. En aquest cas, es contempla la seva protecció ignífuga mitjançant l'aplicació d'una pintura intumescent, per no incrementar el gruix d'aquests elements.

#### **6.2.3 Bigues**

##### **6.2.3.1 Bigues d'acer laminat**

Es tracta de bigues resoltes mitjançant perfils del tipus HEB o IPE, per tant de seccions normalitzades i de massivitats baixes. En aquest cas, es contempla la seva protecció ignífuga mitjançant l'aplicació d'una pintura intumescent, per no incrementar el gruix d'aquests elements.



## 7 PROCÉS CONSTRUCTIU

El projecte contempla de forma general la seqüència convencional d'execució dels capítols corresponents a la materialització dels elements resistents:

- Moviment de terres
- Fonaments
- Estructura

En el cas d'elements de formigó armat realitzats *in situ* s'haurà de parar especial atenció al que disposa en el *Plec de condicions d'execució particular de l'estructura* en relació al seu descimbrat i/o desapuntament, ja que les hipòtesi de càlcul seguides en el projecte prenen com a referència els terminis de descimbrat i/o desapuntament contemplats en el referit plec.

Es planteja que la construcció del conjunt sigi executada a l'obra per mitjà d'unions cargolades, de manera que els diferents trams a unir hagen estat soldats a taller prèviament a l'aplicació d'un galvanitzat de protecció.



## **8 MANTENIMENT DE L'ESTRUCTURA**

Les disposicions contemplades en relació al manteniment dels elements estructurals depenen del seu material constituent:

### **8.1 Elements de formigó armat**

Per a establir les pautes de manteniment, cal distingir entre les condicions ambientals dels elements:

#### **8.1.1 Elements en atmosferes agressives**

S'inclouen dins d'aquest grup els elements afectats per atmosferes marines, els que puguin patir qualsevol atac per clorurs, qualsevol altre atac de naturalesa química o que puguin patir fenòmens d'abrasió o cavitació.

En aquest cas i segons la EHE-08, s'estaria parlant d'elements amb un classe general d'exposició IIIa, IIIb, IIIc o IV, o amb qualsevol classe específica d'exposició diferent de la H.

Als sis mesos d'haver estat executats es realitzarà una inspecció per a detectar possibles defectes o anomalies superficial, com fissures, canvis de textura o duresa, decoloracions, etc.

El programa de revisions posteriors serà bianual.

### **8.2 Elements d'acer laminat**

S'estableixen dos tipus generals de control:

#### **8.2.1 Control general**

Es preveu una inspecció cada 10 anys amb l'objectiu d'identificar símptomes de situacions lleugerament disfuncionals per l'estructura (fissures en tancaments, humitats, etc.)

Es preveu una inspecció cada 15 anys amb l'objectiu d'identificar símptomes de situacions clarament disfuncionals per l'estructura (corrosions localitzades, lliscament d'unions, etc.)

#### **8.2.2 Control de l'estat de conservació**

El control de l'estat de conservació depèn de els trets d'exposició dels elements estructurals:

- Elements exteriors o d'agressivitat moderada: una revisió cada tres anys i una operació de repintat cada 10 anys.
- Elements exposats a una agressivitat elevada: una revisió anual i cada cinc anys una operació de repintat de l'estructura.



## 9 MARC NORMATIU

### 9.1 Declaració d'acompliment de los DB del CTE

En el disseny i anàlisi dels elements estructurals, de fonamentació i de contenció que conformen el present projecte s'ha atès a tot el que estipula el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) en vers a dit elements, destacant-ne els següents Documents Bàsics:

- DB-SE, "Documento Básico SE de 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-I, "Documento Básico SE Seguridad estructural en caso de Incendio"

### 9.2 Altres normatives d'obligat acompliment

Adicionalment s'ha observat el compliment de les següents instruccions:

- IAP-11, "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera"
- EHE-08, "Instrucción del hormigón estructural". Real Decreto 1247/2008.
- NCSE-02, "Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación". Real Decreto 997/2002.
- EAE-12, "Instrucción de acero estructural". Real Decreto 751/2011.

### 9.3 Normatives complementàries

De manera complementària, en l'anàlisi d'aquells aspectes dels que no hi ha disposicions específiques en les instruccions d'obligat compliment, s'ha utilitzat les següents instruccions:

- EUROCÓDIGO 0: Bases del cálculo de estructuras
- EUROCÓDIGO 1: Acciones en estructuras
- EUROCÓDIGO 2: Proyecto de estructuras de hormigón
- EUROCÓDIGO 3: Proyecto de estructuras de acero

