

MA.EST Memòria justificativa i de Càlcul Estructural

ÍNDIX

1.	DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE	1
1.1.	Dades generals	1
1.2.	Estructura.....	2
1.3.	Fonamentació	3
2.	NORMATIVA D'APLICACIÓ	10
2.1.	D'obligat compliment.....	10
3.	ACCIONS CONSIDERADES EN EL CÀLCUL	11
3.1.	Gravitatòries.....	11
3.2.	Vent.....	11
3.3.	Sisme	12
3.4.	Accions tèrmiques.....	13
4.	COMBINACIONS D'ACCIONS	13
4.1.	Capacitat portant.....	13
4.1.1.	Combinació d'accions persistents o transitòries.....	13
4.1.2.	Combinació d'accions extraordinàries.....	13
4.2.	Aptitud al servei.....	14
4.2.1.	Combinació d'accions de llarga duració	14
4.2.2.	Combinació d'accions de curta duració reversibles	14
4.3.	Coefficients parcials de seguretat (γ) per a les accions.....	15
4.3.1.	Estructures d'acer o de fàbrica.....	15
4.4.	Coefficients de simultaneïtat (Ψ)	15
4.4.1.	Estructures de formigó	16
4.4.2.	Fonamentació	17
4.5.	Coefficients de simultaneïtat (Ψ)	17
5.	MATERIALS	18
5.1.	Formigó armat.....	18
5.1.1.	Generalitats.....	18
5.1.2.	Resistència de càlcul	18
5.2.	Acer laminat	19
5.2.1.	Generalitats.....	19
5.2.2.	Coefficients de seguretat per l'acer laminat	21
6.	VERIFICACIÓ DELS ESTATS LÍMITS ÚLTIMS	22
6.1.	Formigó armat.....	22
6.2.	Acer laminat	22
7.	VERIFICACIÓ DELS ESTATS LÍMITS DE SERVEI	23
7.1.	Formigó armat.....	23
7.2.	Acer laminat	23
7.2.1.	Fletxes	23
7.2.2.	Desplaçaments horitzontals:	24

1. DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE

1.1. Dades generals

L'edificació objecte d'aquesta memòria és l'edifici docent de l'Hospital Sant Joan de Déu, situat al carrer Sta. Rosa, 39 i 57 a Esplugues de Llobregat (Barcelona). De planta irregular, limita en el seu perímetre amb la via pública. L'edifici existent es troba dividit per un junt de dilatació, el costat mar consta de 3 plantes soterrani, planta baixa, tres plantes pis i badalot, l'edifici costat muntanya és igual però amb una planta pis més.

Podem dividir les actuacions estructurals a realitzar en 3 grups diferenciats:

Grup 1 :

Ampliació de l'edifici existent connectant per la façana posterior del carrer Santa Rosa. Consta de 3 edificis que anomenarem A B i C, de planta baixa més 4 plantes pis i planta tècnica d'instal·lacions a coberta (badalot). Aquests volums es connectaran amb passeres. Parcialment els edificis es recolzaran sobre els tres plantes de soterrani actuals de l'aparcament de l'edifici existent, pel que també s'actuarà al seu interior i s'enderrocarà parcialment el sostre de la planta baixa a l'àmbit de la nova construcció respectant l'espai actual a on s'ubica l'estació transformadora.

Grup 2:

Actuacions a l'edifici existent, reforma interior consistent en l'obertura de nous forats per ascensors, escales o instal·lacions. Cubrició de forats existents. Enderroc del sostre de la planta d'instal·lacions de coberta de l'edifici costat mar. Remunta de dos pisos més, sostre planta 4 i sostre pl. 5.

Grup 3:

Nou accés a l'edifici existent. Enderroc del sostre planta 1 actual per la construcció de un nou sostre a dues alçades. Es recolzarà sobre l'edifici existent amb 4 plantes per sota.

L'autor del projecte d'edificació és el despatx d'arquitectura PINEARQ S.L.P.

1.2. Estructura

La informació de la que disposa Indus sobre l'edifici actual consisteix en els plànols d'estructura de 1999, any d'inici de la construcció. El projecte de càlcul el signa Obiols-Moya. No es disposa de la memòria ni de l'estudi geotècnic. Falten alguns plànols de detall de fonaments. Segons les visites efectuades, no sempre coincideix l'estat actual amb els plànols.

L'estructura horitzontal existent, està formada per lloses de formigó armat "in situ" de cantell 34 cm, alleugerida bidireccionalment per cassetons no recuperables de 3 peces de 23x70 cm i alçària 30 cm. La retícula resultant té una pas de 85x85 cm, nervis de 15 cm i capa de compressió de 4.

El junt de dilatació de l'edifici només existeix a partir de la planta 1a. Es respectarà a les ampliacions i se'n crearà un de nou que separi els tres volums a edificar de la façana posterior de l'edifici existent.

Grup 1:

Els edificis A B i C es resolen majoritàriament mitjançant estructura de formigó armat. Estructura de plaques alveolars a planta baixa per crear una cambra sanitària, sostres d'estructura reticular recolzada sobre pilars de formigó des de planta 1a fins a planta 5a i badalots d'estructura metàl·lica a base de forjats col·laborant recolzats sobre bigues de perfil·laria d'acer que es recolzen sobre pilars tipus HEB.

En primera fase de l'edifici C només es construirà fins a sostre planta baixa, però es calculen els pilars i els fonaments per suportar les càrregues de 4 forjats més.

Part dels tres edificis travessaran el volum de soterrani actual des de planta baixa travessant els 3 nivells d'aparcament per anar a recolzar-se sobre els fonaments existents o bé sobre els uns de nova execució.

Grup 2:

Les actuacions a l'edifici existent consistents en obrir forats impliquen l'apuntalament previ de la zona, l'enderroc de forjat respectant armadures i la reconstrucció del perímetre amb cercol de formigó perimetral.

Les consistents en tancar o cobrir forats es resolen mitjançant perfil·laria metàl·lica i forjat col·laborant, connectant la perfil·laria al cantell del forjat amb UPN, L i connectors tipus HILTI.

La remunta es resol igual que les plantes corresponents de l'edifici nou, ja que connecten per nivells.

Grup 3:

El nou accés implica construir forjats en tres cotes diferents, en primer lloc una ampliació de la cota +2.72 mitjançant estructura de llosa massissa de formigó de g=22cm recolzada sobre pilars i murs de formigó nou i ancorada al cantell del forjat existent.

Un altre forjat de llosa massissa g=22cm a la cota +5.47 amb claraboies, aquesta llosa es recolza sobre pilars nous que o be neixen sobre el mur, o be son existents o be s'estintolen sobre una biga de formigó recolzada sobre pilars existents reforçats.

Finalment un coberta de llosa de formigó de 20cm plegada i recolzada a bigues de cantell que a la vegada recolzen sobre pilars nous comuns a la llosa de la planta inferior o pilars nou adossats als existents.

1.3. Fonamentació

L'estudi geotècnic ha estat redactat per Centre Català de Geotècnia amb número d'expedient 16920 i data maig de 2018.

Els fonaments existents presenten dues tipologies en funció de la capa resistent sobre la que es recolzen. Tipus profund realitzat amb dames de mur pantalla, també anomenats "armaris" o "sapilots" per arribar ala capa de pissarres, si be es desconeix la profunditat assolida per aquests fonaments.

També hi ha sabates a la zona més propera a la muntanya ja que es troba la roca directament.

Val a dir que hi ha un col·lector que travessa l'edifici existent i que passa per sota de l'edifici A. Caldrà, durant les obres, localitzar-lo abans de fonamentar.

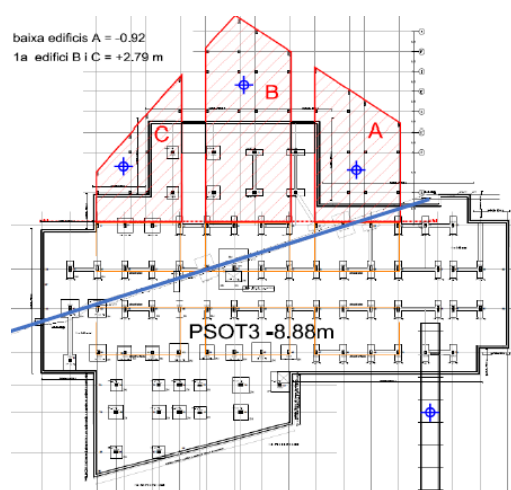
Segons l'estudi geotècnic:

Des d'un punt de vista geomorfològic, ens trobem a un tram de la capçalera d'un antic torrent que actualment està soterrat i canalitzat.

L'edifici actual de docència consta de 3 plantes soterrani, planta baixa i cinc plantes pis. La planta de soterrani -3 es situa a cota de -8,88 metres, i la planta baixa de l'edifici actual queda a la -0,92 metres.

Quan es va construir l'actual edifici es va trobar el traçat del torrent que passa per sota del soterrani -3.

Val a dir que hi ha un col·lector que canalitza el torrent i travessa l'edifici existent. Passa per sota de l'edifici A pel que caldrà, durant les obres, localitzar-lo abans de fonamentar.



Resumin a continuació les dades més rellevants de l'estudi:

3.3. CARACTERÍSTIQUES GEOTÈCNIQUES

En els sondeigs realitzats distingim els següents nivells geotècnics:

CAPA R:

Aquesta capa es troba en superfície a tots els sondeigs efectuats i està coronat per un nivell de paviment.

Està formada per un paquet de materials barrejats, constituïts per llims, argiles, sorres i graves disperses. Es detecten restes de formigó i "bolos" de roca calcària i de pissarra.

El gruix d'aquesta capa és molt variable als diferents sondeigs. Al quadre següent es defineixen els gruixos.

SONDEIG	Gruix de capa R
S-1	8,1 m
S-2	11,1 m
S-3	18,0 m
S-3bis	11,8 m
S-4	3,0 m
S-5	8,4 m

Al sondeig S-3, no es va assolir la base d'aquesta capa, per la qual cosa es va decidir reemplaçar el sondeig i fer el S-3 bis.

CAPA A:

Aquesta capa es troba sota la capa R, i té un gruix entre 0,6 i 4,2 metres.

Als sondeigs efectuats a la zona d'ampliació dels edificis, (S-1, S-2, S-3 i S-5) correspon a materials gravitacionals de *peu-de-mont*, formats principalment per graves anguloses i heteromètriques de pissarra i quars, amb sorres i abundant matriu argilosa de color marró i vermellós, mitjanament empaquetades i una mica humides.

CAPA B:

Per sota dels materials de la capa A, es troba el sostre d'aquesta capa formada per blocs de roca pissarra i esquist, amb sorres fines i lleugera matriu d'argiles, de color marró a gris.

Aquests materials, interpretem, que corresponen al sostre del substrat rocós alterat, constituït per roca pissarra (esquist), ben cristal·litzada, fracturada i molt dura.

3.4. NIVELL FREÀTIC

Els dies de realització de l'estudi de camp (Gener-abril de 2018) s'ha trobat un nivell d'aigua al S-1 a 12,5 metres, corresponent a la cota -10,7 metres. Interpretem que es tracta d'un aigua de infiltració, que ha quedat penjat.

L'anàlisi de la mostra d'aigua indica que es de nul·la agressivitat a l'enduriment del formigó.

4- RESUM I CONCLUSIONS

4.1. PROFUNDITATS DE FONAMENTACIÓ. CÀRREGUES ADMISIBLES

4.1.1. FONAMENTACIÓ EXISTENT.

L'actual edifici docent de Sant Joan de Deu consta de tres plantes de soterrani, planta baixa i cinc plantes pis.

Al següent quadre es calcula la càrrega trencament per cada tipus de fonament existent:

FONAMENT	D (cm)	B (cm)	k	$Q=k(P_1-P_0)$
Pilar 1	100	210	1,7	252,1 Kg/cm ²
Pilar 2	100	240	1,6	237,3 Kg/cm ²
Pilar 11	120	270	1,65	244,7 Kg/cm ²

El valors obtinguts de càrrega de trencament son excessivament elevats i per tant, a efectes de càlcul en el present informe, hem agafat com valor de referencia l'obtingut a l'assaig de trencament per càrrega puntual a la capa B, que és de 13 Kg/cm².

4.1.2. ESTAT DE CÀRREGUES I FACTORS DE SEGURETAT

La Direcció Tècnica ens ha facilitat l'estat de carregues actual i ens informa que amb el projecte d'ampliació de l'edifici, es contempla duplicar les càrregues en alguns fonaments.

El factor de seguretat es defineix com el quocient entre la càrrega de ruptura i la càrrega transmesa pel fonament. El codi tècnic demana que els fonaments nous treballin amb un factor de seguretat FS=3.

Per fonaments antics, que ja han estat carregats, no s'ha d'aplicar cap coeficient de seguretat.

Als quadres següents es resumeixen els valors de càrregues i els factors de seguretat, l'actual i el futur que suposarà un increment de càrrega estimant-lo del doble.

	Q (Kg/cm ²)	Q _{act} (Kg/cm ²)	FS (actual)	Q _{final} (Kg/cm ²)	FS (futur)
Pilar 1	13	3,31	3,9	6,62	1,9
Pilar 2	13	3,31	3,9	6,62	1,9
Pilar 11	13	3,08	4,2	6,16	2,11

La Direcció Tècnica haurà de valorar la viabilitat dels fonaments que treballaran amb un factor de seguretat inferior a l'actual, tenint en compte que el valor que hem considerat és conservador.

4.2 FONAMENTACIÓ PER A NOVES ESTRUCTURES.

4.2.1. FONAMENTACIÓ DIRECTA:

Per la construcció de la passarel·la es podria plantejar una fonamentació directa. Per uns fonaments nous s'aplicarà una càrrega admissible de

Capa	Tipus de sòl	Valor de N _{SPT}	Q _{ad} sabata correguda	Q _{ad} Sabata aïllada
R	Replè	11 - 23	No Recolzar	No Recolzar
A	Cohesiú-granular	26	1,5 Kg/cm ²	1,8 Kg/cm ²
B	roca	50	3,4 Kg/cm ²	4,2 Kg/cm ²

4.2.2.FONAMENTACIÓ PROFUNDA

4.2.2 A) FONAMENTS NOUS AMB PILOTS

Capa	Tipus de sòl	Valor mig de N _{SPT}	Valor mig Cu	Valor mig PI	Càrrega en punta	Càrrega per fust
R	Replè	17	0,55 Kg/cm ²	---	---	0,10 Kg/cm ²
A	Cohesiú-granular	26	0,75 Kg/cm ²	---	---	0,21 Kg/cm ²
B	Granular-roca alterada	>50	6,5 Kg/cm ²	151 Kg/cm ²	34 Kg/cm ²	0,63 Kg/cm ²

Les càrregues per punta s'han calculat tenint en compte un encastament de 6 sis vegades la amplada del mur dins dels materials de la capa.

Capa	Qf IGU* (Kg/cm ²)	Qf IRS* (Kg/cm ²)
R	0,49 Kg/cm ²	1,17 Kg/cm ²
A	0,55 Kg/cm ²	1,48 Kg/cm ²
B	2,47 Kg/cm ²	3,77 Kg/cm ²

* Coeficient de seguretat $F_3=1,65$ ja aplicat.

4.2.3 B) FONAMENTACIÓ PROFUNDA AMB MICROPILOTS.

Capa	Tipus de sòl	Valor mig N _{spt}	Valor mig Qu	Valor PI (Kg/cm ²)	Qf IGU* (Kg/cm ²)	Qf IRS* (Kg/cm ²)
R	Replè	17	1,1 Kg/cm ²	---	0,20 Kg/cm ²	0,50 Kg/cm ²
A	Cohesiú-granular	26	1,5 Kg/cm ²	---	0,55 Kg/cm ²	1,48 Kg/cm ²
B	Granular-Roca alterada	50	13 Kg/cm ²	151 Kg/cm ²	2,47 Kg/cm ²	3,77 Kg/cm ²

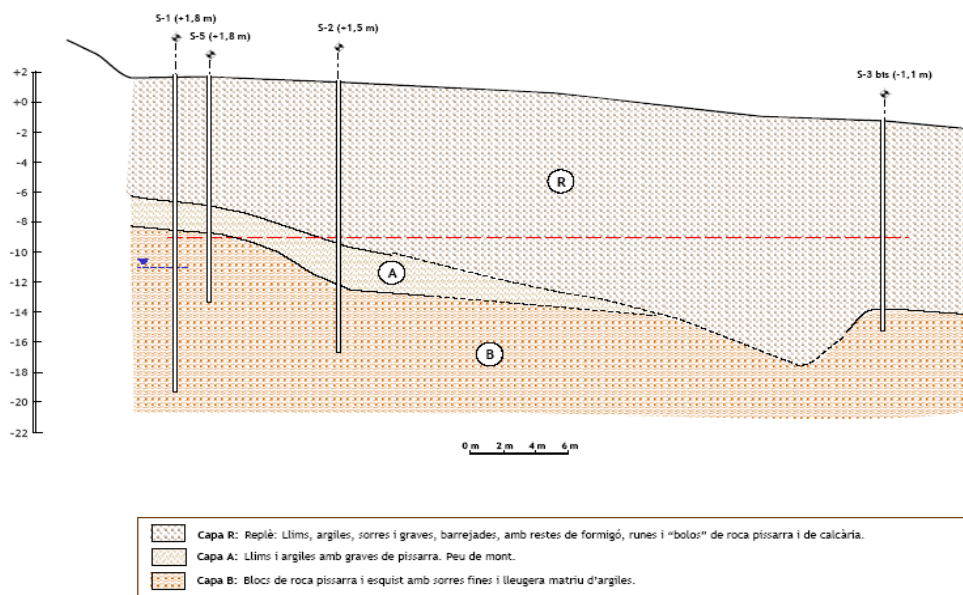
* Coeficiente de seguridad $F_3=1,65$ ya aplicado.

Capa	Càrrega en punta	Càrrega per fust
R	---	0,21 Kg/cm ²
A	---	0,21 Kg/cm ²
B	34 Kg/cm ²	0,63 Kg/cm ²

Les càrregues per punta s'han calculat tenint en compte un encastament de 6 sis vegades la amplada del mur dins dels materials de la capa.

Aquesta solució assegura uns assentaments pràcticament nuls.

- Sector Edifici existent:



Per calcular les característiques de la construcció dels murs i l'estabilitat dels talussos es prendran els següents paràmetres:

Paràmetres	Capa R	Capa A	Capa B
Cohesió aparent Kg/cm ²	0,0 - 0,02	0,14	0,30
Densitat mitja T/m ³	1,85 - 2,2	2,0	2,8
Angle de fregament intern	23°	27°	29°
Permeabilitat cm/sg	1·10 ⁻³	1·10 ⁻⁴	8·10 ⁻⁵

Segons aquestes indicacions es projecten:

Obra Nova:

Els fonaments de l'obra nova, edificis A B i C, així com l'ampliació del forjat de planta 1a al nou accés es fonamentaran mitjançant pilotis encastats 6 diàmetres a la capa resistent B de pissarres.

S'ha escollit una tipologia CPI 8 de formigonat per el tub central amb previsió de corones de diamant per si fossin necessàries per a travessar la pissarra i encastar 2.70m (6 diàmetres per pilotis de diàmetre 45cm)

Es compte com a cota superior dels enceps la cota corresponent a la base de la cambra sanitària.(-2.74) i es preveuen varies longituds en funció de la possible cota de la roca. Caldrà verificar en obra aquestes cotes.

Donada la naturalesa de la capa de Reblert es fa una previsió econòmica per poder assumir un canvi de pilotatge a pilotis encamisats per la possible inestabilitat de la perforació.

Els nous fonaments i els reforços que calgui fer a l'interior de l'edifici es faran mitjançant sabates a l'àmbit així fonamentat, ampliant enceps existents o amb micropilots, fent servir màquines de petites dimensions, ja que són les úniques que hi poden accedir.

Murs perimetrals:

El murs perimetrals de soterrani de l'obra nova es recolzen en els enceps dels nous pilars, n'hi ha varies tipologies en funció de l'alçada de terres a contenir.

El mur perimetral del solar serà de terra armada i amb un muret-barana en coronació.

2. NORMATIVA D'APLICACIÓ

2.1. D'obligat compliment

- CTE: Código Técnico de la Edificación, i específicament:
 - DB SE Seguridad Estructural
 - DB SE-AE Acciones en la edificación
 - DB SE-C Cimentación
 - DB SE-F Fábrica
 - DB SE-A Acero
 - DB-SE-M Madera.
 - DB SI Seguridad en caso de incendio
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Instrucción de Acero Estructural (EAE).
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02).

3. ACCIONS CONSIDERADES EN EL CÀLCUL

3.1. Gravitatòries

Pes propi forjat reticular existent cantell 30+4=34	5,80 kN/m ²
Pes propi forjat reticular nou cantell 30+5=35	6,05 kN/m ²
Pes propi forjat llosa massissa cantell 20cm	5,00 kN/m ²
Pes propi forjat llosa massissa cantell 22cm.....	5,50 kN/m ²
Pes propi forjat xapa col.laborant 6+6=12.....	2,50 kN/m ²
Pes paviment	1,00 kN/m ²
Ús	4,00 kN/m ²
Neu	0,40 kN/m ²

3.2. Vent

L'acció de vent q_e s'ha considerat com una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, de valor¹:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

on q_b és la pressió dinàmica del vent obtinguda mitjançant l'annex D del DB-SE-AE en funció de l'emplaçament geogràfic de l'obra.

- Emplazamiento: Esplugues de Llobregat (Barcelona)
- Presión dinámica del viento: $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$

c_e és el coeficient d'exposició, variable amb l'alçada del punt considerat, en funció del grau de fragositat de l'entorn on es troba ubicada la construcció, determinat segons l'establert a l'article 3.3.3 del DB-SE-AE.

¹ Segons article 3.2 Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación*

Simplificadament, es pot prendre un valor constant independent de l'alçada, de 2,0.

c_p és el coeficient eòlic o de pressió, depenent de la forma i orientació de la superfície respecte al vent, i en el seu cas, de la situació del punt respecte a les vores de l'esmentada superfície. El seu valor s'estableix en els articles 3.3.4 i 3.3.5 del DB- SE-AE.

Coeficient eòlic de pressió: $c_p = +0,8$

Coeficient eòlic de succió: $c_s = -0,6$

3.3. Sisme

Segons la norma NCSE-02 "Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación":

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| - Situació de l'obra: | Esplugues de Llobregat (Barcelona) |
| - Acceleració bàsica: | $a_b = 0,04 \text{ g}$ |
| - Importància de l'edifici: | Normal |
| - Nombre de plantes sobre rasant: | 5 |
| - Tipologia estructural: | Formigó armat |

Donat que es compleixen les següents condicions:

1. L'edifici és d'importància normal (*).
2. L'acceleració sísmica bàsica és inferior a 0,08 g.
3. L'estructura està formada per pòrtics ben travats en totes direccions (**).
4. El nombre de plantes és igual o inferior a 7.

no és obligatòria l'aplicació de la normativa sismorresistent (article 1.2.3. de la NCSE-02). En base a això s'ha optat per no considerar l'acció sísmica.

(*) Nota: En l'article 1.2.2 de la normativa s'indica que els edificis es consideren d'importància especial quan la seva destrucció pel terratrèmol pugui interrompre un servei imprescindible o donar lloc a efectes catastròfics. Al tractar-se d'un edifici sanitari però de funció docent es no considera que la seva importància sigui "especial", avaluant-se com a "normal".

(**) Nota: Els comentaris a l'article 1.2.3. de la normativa estableixen que "l'existència d'una capa superior armada, monolítica i enllaçada a l'estructura en la totalitat de la superfície de cada planta permet considerar els pòrtics com a ben travats entre ells a totes les direccions".

3.4. Accions tèrmiques

No es consideren perquè la dimensió màxima de la planta sense junts de dilatació no supera els 40 m de longitud (article 3.3.1.3 del DB- SE-AE.)

4. COMBINACIONS D'ACCIONS

4.1. Capacitat portant

4.1.1. Combinació d'accions persistents o transitòries

Segons l'article 4.2.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* s'ha estimat el valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació persistent o transitòria segons l'expressió:

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

On es considera l'actuació simultània de:

- Totes les accions permanents, en valor de càlcul ($\gamma_G \cdot G_k$)
- Una acció variable qualsevol, en valor de càlcul ($\gamma_G \cdot G_k$), adaptant-se com a tal una darrera l'altre successivament en els diferents anàlisi.
- La resta d'accions variables, en valor de càlcul de combinació ($\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$)

4.1.2. Combinació d'accions extraordinàries

Segons l'article 4.2.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* s'ha estimat el valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació extraordinària segons l'expressió:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot \Psi_{2,1} \cdot Q_{k,i}$$

On es considera l'actuació simultània de:

- Totes les accions permanents, en valor de càlcul ($\gamma \cdot G_k$)
- Una acció accidental qualsevol, en valor de càlcul (A_d), realitzant tantes combinacions independents com accions accidentals hi ha.
- Una acció variable, en valor de càlcul freqüent ($\gamma \cdot \Psi_1 \cdot Q_k$), adaptant-se com a tal una darrera l'altre successivament en els diferents anàlisi.

- La resta d'accions variables, en valor de càlcul quasi permanent ($\gamma \cdot \Psi_2 \cdot Q_k$)

En situació extraordinària, tots els coeficients de seguretat de les càrregues variables, γ , són iguals a la unitat si el seu efecte és favorable, o zero si és desfavorable, en els termes anteriors.

4.2. Aptitud al servei

4.2.1. Combinació d'accions de llarga duració

Segons l'article 4.3.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural*, els efectes deguts a les accions de llarga duració, del tipus anomenat quasi permanent, a partir de l'expressió :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

On es considera l'actuació simultània de:

- Totes les accions permanents, en valor característic (G_k)
- Totes les accions variables, en valor quasi permanent ($\Psi_2 \cdot Q_k$)

4.2.2. Combinació d'accions de curta duració reversibles

Segons l'article 4.3.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural*, els efectes deguts a les accions de curta duració que poden resultar reversibles es determinen mitjançant combinacions d'accions, del tipus anomenat característica, a partir de l'expressió :

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

On es considera l'actuació simultània de:

- Totes les accions permanents, en valor característic (G_k)
- Una acció variable qualsevol, en valor freqüent ($\Psi_1 \cdot Q_k$), adoptant-se com a tal una darrera l'altre en successius anàlisi.
- La resta de les accions variables, en valor quasi permanent ($\Psi_2 \cdot Q_k$)

4.3. Coeficients parcials de seguretat (γ) per a les accions

4.3.1. Estructures d'acer o de fàbrica

S'aplica, segons Taula 4.1 del Documento Básico SE Seguridad Estructural:

Tipus de verificació	Tipus d'acció	Situació persistent o transitòria	
		desfavorable	favorable
Resistència	Permanent	1,35	0,80
	Variable	1,50	0
Estabilitat	Tipus d'acció	desestabilitzadora	estabilitzadora
	Permanent	1,10	0,90
	Variable	1,50	0

4.4. Coeficients de simultaneïtat (Ψ)

S'aplica, segons Taula 4.2 del Documento Básico SE Seguridad Estructural:

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecàrrega superficial d'ús (categories segons DB-SE-AE)			
-Zones residencials (categoria A)	0,7	0,5	0,3
-Zones administratives (categoria B)	0,7	0,5	0,3
-Zones destinades al públic (categoria C)	0,7	0,7	0,6
-Zones comercials (categoria D)	0,7	0,7	0,6
-Zones de trànsit i aparcament de vehicles lleugers amb un pes total inferior a 30 kN (categoria E)	0,7	0,7	0,6
-Cobertes transitables (categoria F)		(2)	
-Cobertes accessibles únicament per a manteniment (categoria G)	0	0	0
Neu (Altituds <1000 m)	0,5	0,2	0
Vent	0,6	0,5	0

² En les cobertes transitables, s'adoptaran els valors corresponents a l'ús des del que s'accedeix

4.4.1. Estructures de formigó

Per l'avaluació dels estats límits últims, els coeficients parcials s'aplicaran segons la taula 12.1 de la norma EHE-08:

Tipus d'acció	Situació persistent o transitòria	
	desfavorable	favorable
Permanent	1,35	1,00
Permanent de valor no constant	1,50	1,00
Variable	1,50	0

Per l'avaluació dels estats límits de servei, els coeficients parcials s'apliquen segons la taula 12.2 de la norma EHE-08:

	desestabilitzadora	estabilitzadora
Permanent	1,00	1,00
Permanent de valor no constant	1,00	1,00
Variable	1,00	0

4.4.2. Fonamentació

S'apliquen les combinacions anteriors d'hipòtesis de càrregues, però a l'article 2.4 de DB-SE-C, els coeficients de seguretat parcials se substitueixen de la següent manera:

Situació de dimensionat	Tipus	Materials		Accions	
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F
Persistent o transitòria	Enfonsament	3,0	1,0	1,0	1,0
	Lliscament	1,5	1,0	1,0	1,0
	Bolcada				
	Accions estabilitzadores	1,0	1,0	0,9	1,0
	Accions desestabilitzadores	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilitat global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacitat estructural	-	-	1,6	1,0
	Pilots				
	Arrencament	3,5	1,0	1,0	1,0
	Ruptura horitzontal	3,5	1,0	1,0	1,0
	Pantalles				
	Estabilitat fons excavació	1,0	2,5 ⁽⁶⁾	1,0	1,0
	Sifonament	1,0	2,0	1,0	1,0
	Rotació o translació				
	Equilibri límit	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0
	Model de Winkler	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0
	Elements finits	1,0	1,5	1,0	1,0

4.5. Coeficients de simultaneïtat (Ψ)

S'aplica, segons Taula 4.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural*:

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecàrrega superficial d'ús (categories segons DB-SE-AE)			
-Zones residencials (categoria A)	0,7	0,5	0,3
-Cobertes accessibles únicament per a manteniment (categoria G)	0	0	0
Neu altituds <1000 m	0,5	0,2	0
Vent	0,6	0,5	0

5. MATERIALS

5.1. Formigó armat

5.1.1. Generalitats

5.1.1.1. Formigó

La tipificació del formigó és la següent d'acord amb l'article 39.2. de la EHE-08:

Àmbit	Formigó armat
Edifici existent	HA-20 / P / 20 / I
Obra nova forjat reticular	HA-25 / B / 12 / IIa
Obra nova forjat col.laborant	HA-25 / B / 12 / IIa
Obra nova nou accés	HA-30 / B / 20 / IIIa
Elements especials	PROPAM TECHNO FLUID

5.1.1.2. Armadures passives

La tipificació de les barres d'acer corrugat és, d'acord amb l'article 32.2. de la EHE-08:

Àmbit edifici existent	Acer corrugat
Acer d'armar	AEH 500 S
Engraellat	AEH 500 T
Àmbit edifici obra nova	Acer corrugat
Acer d'armar	B 500 S
Engraellat	B 500 T

5.1.2. Resistència de càlcul

5.1.2.1. Formigó

S'ha considerat com a resistència de càlcul del formigó f_{cd} el valor de la resistència característica de projecte f_{ck} corresponent, dividit pel coeficient parcial de seguretat γ segons article 15 de la EHE-08:

Edifici existent:

Situació persistent o transitòria: $f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 13,3 \text{ N/mm}^2$

Situació accidental: $f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 15,4 \text{ N/mm}^2$

Edifici obra nova:

Situació persistent o transitòria: $f_{cd} = 25 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 16,6 \text{ N/mm}^2$

Situació accidental: $f_{cd} = 25 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 19,2 \text{ N/mm}^2$

Situació persistent o transitòria: $f_{cd} = 30 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 20,0 \text{ N/mm}^2$

Situació accidental: $f_{cd} = 30 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 23,0 \text{ N/mm}^2$

5.1.2.2. Acer

S'ha considerat com a resistència de càlcul del acer f_{yd} el valor de la resistència característica de projecte f_{yk} corresponent, dividit pel coeficient parcial de seguretat γ segons article 15 de la EHE-08:

5.1.2.2.1. Acer passiu

Situació persistent o transitòria: $f_{yd} = 500 \text{ N/mm}^2 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$

Situació accidental: $f_{yd} = 500 \text{ N/mm}^2 / 1,0 = 500 \text{ N/mm}^2$

5.2. Acer laminat

5.2.1. Generalitats

L'acer utilitzat en el càlcul de l'estructura té la següent designació i característiques mecàniques, segons Documento Básico SE-A Acero:

5.2.1.1. Acer en xapes i perfils

- Designació: S275JR, S275J0H, S355J2H
- Tensió del límit elàstic f_y :

	Espessor nominal peça t (mm)		
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$
275 f_y (N/mm ²)	275	265	255

355 f_y (N/mm²)	355	345	335
--	-----	-----	-----

- Tensió de trencament: $f_{u275} = 410 \text{ N/mm}^2$ $f_{u355} = 470 \text{ N/mm}^2$
- Mòdul d'elasticitat: $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Mòdul de rigidesa: $G = 81.000 \text{ N/mm}^2$
- Coeficient de Poisson: $\nu = 0,3$
- Coeficient de dilatació tèrmica: $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$
- Densitat: $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

5.2.1.2. Acer en cargols, femelles i volanderes

- Característiques mecàniques f_y i f_u :

Classe³	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Tensió de límit elàstic f_y (N/mm²)	240	300	480	640	900
Tensió de trencament f_u (N/mm²)	400	500	600	800	1000

5.2.1.3. Material d'aportació

Les característiques mecàniques dels materials d'aportació en soldadures són en tots els casos superiors a les del material base i acords a la norma UNE-EN ISO 14555:1999.

³ Qualitats normalitzades per a acers de cargols segons norma ISO

5.2.2. Coeficients de seguretat per l'acer laminat

Coeficients de minoració de la resistència de l'acer laminat:

- a) $\gamma_{M0} = 1,05$ coeficient parcial de seguretat relatiu a la plastificació del material
- b) $\gamma_{M1} = 1,05$ coeficient parcial de seguretat relatiu als fenòmens d'inestabilitat
- c) $\gamma_{M2} = 1,25$ coeficient parcial de seguretat relatiu a la resistència última del material y a la resistència dels medis d'unió
- d) $\gamma_{M3} = 1,10$ coeficient parcial per la resistència al lliscament d'unions amb cargols pretesats en ELS
- e) $\gamma_{M3} = 1,25$ coeficient parcial per la resistència al lliscament d'unions amb cargols pretesats en ELU
- f) $\gamma_M = 1,10$ coeficient parcial de seguretat relatiu a la resistència de càlcul de l'acer en les bases de pilars

6. VERIFICACIÓ DELS ESTATS LÍMITS ÚLTIMS

6.1. Formigó armat

6.1.1.1. Tensions normals

El càlcul de les tensions normals es fa d'acord amb l'article 42 de la EHE-08 "Estat límit d'esgotament front a sol·licitacions normals"

S'utilitza la distribució de tensions coneguda com paràbola-rectangle, descrita a l'article 39.5. apartat a) de la norma EHE-08.

S'utilitza per l'acer el diagrama bilineal descrit a l'article 38.2. de la norma EHE-08.

6.1.1.2. Tensions tangencials

A efectes d'absorció dels esforços tallants i dels moments torçors, s'apliquen els mètodes descrits als articles 44 "Estat límit d'esgotament front a tallant", 45 "Estat límit d'esgotament per torsió en elements lineals" i 46 "Estat límit de punxonament" de la EHE-08.

6.2. Acer laminat

S'utilitzaran tant per a l'anàlisi de les seccions, de les barres i de les unions, criteris de comprovació basats en el càlcul per capacitat d'acord amb la formulació establerta a l'EAE.

7. VERIFICACIÓ DELS ESTATS LÍMITS DE SERVEI

7.1. Formigó armat

Per al control de les deformacions als forjats reticulars i les jàsseres planes s'empren els límits establerts als comentaris a l'article 50.1 de la Instrucció EHE-08.

En general, s'estableixen com a límits orientatius per a la fletxa total, en termes relatius a la longitud L de l'element que es comprova, el menor dels valors $L/250$ i $L/500 + 1$ cm, i $L/400$ per a la fletxa activa.

En el cas dels forjats unidireccionals, la fletxa total a temps infinit no excedirà al menor dels valors $L/250$ i $L/500 + 1$ cm; per a forjats que sustentin envans o murs de partició o de tancament, la fletxa activa no excedirà al menor dels valors $L/500$ i $L/1000 + 0,5$ cm, essent L la llum del ventall i, en cas de voladís, 1,6 vegades el vol.

7.2. Acer laminat

7.2.1. Fletxes

L'article 4.3.3.1 del Documento Básico SE admet que l'estructura horitzontal d'un trespòl o coberta és suficientment rígida si per a qualsevol dels seus elements i considerant exclusivament les deformacions que es produeixen a partir de la seva posada en obra, la fletxa relativa és menor que els següents valors, en funció del criteri considerat:

Atenent a la integritat dels elements constructius i per a qualsevol combinació d'accions característiques :

- $1/500$ en trespòls amb envans fràgils o paviments rígids sense juntes.
- $1/400$ en trespòls amb envans ordinaris o paviments rígids amb juntes.
- $1/300$ en la resta de casos.

Atenent al confort dels usuaris i en les accions de curta durada:

- $1/350$ en tots els casos.

Atenent a l'aparença de l'obra i per a les combinacions d'accions quasi-permanents:

- 1/300 en tots els casos.

7.2.2. Desplaçaments horitzontals:

L'article 4.3.3.2 del Documento Básico SE admet que l'estructura global té suficient rigidesa lateral si el desplom és menor que els següents valors, en funció del criteri considerat:

Atenent a la integritat dels elements constructius i per a qualsevol combinació d'accions característiques :

- 1/500 de l'alçada total de l'edifici com a desplom total.
- 1/250 de l'alçada de qualsevol planta com a desplom local de la mateixa.

Atenent a l'aparença de l'obra i per a les combinacions d'accions quasi-permanents:

- 1/250 en tots els desploms relatius.