

Resum

El present projecte consisteix en el disseny, càlcul i delimitació de l'estructura i fonamentació d'un centre de triatge de RSU (Residus Sòlids Urbans) situat al Polígon Industrial "la Borda" a Caldes de Montbui que rep el nom de CTR CALDES.

Per portar a terme el disseny de la mateixa és necessari conèixer els requeriments d'aquest tipus d'activitat industrial, per tant, en aquest projecte també s'estudia el procés industrial que s'hi durà a terme.

Es presenta una introducció a l'activitat industrial a desenvolupar, així com una explicació de la zona d'implantació i la demanda del servei a la zona.

A continuació es passa a detallar el disseny del centre. Aquesta edificació constarà de dos volums amb tipologies estructurals diferents. Són el volum d'oficines i el volum de la nau. La part d'oficines serà un edifici de formigó amb planta baixa, planta pis i coberta. L'estructura serà prefabricada amb forjats de plaques alveolars, bigues i pilars de formigó armat in situ. En aquesta zona d'oficines s'hi durà a terme totes les tasques administratives i de serveis. La nau on es durà a terme l'activitat industrial serà una estructura metàl·lica. Els fonaments es realitzaran mitjançant sabates.

Es presenten els criteris de càlcul seguits i els resultats obtinguts. Es desenvolupen les verificacions utilitzades que prescriuen les normatives, utilitzant el Código Técnico de la Edificación, la Instrucció EHE i la Instrucció EFHE.

Els càlculs dels elements estructurals i els càlculs de la fonamentació s'han fet manualment usant fulles d'excel (adjuntes en l'annex B) i comprovant els resultats mitjançant programes informàtics de càlcul d'estructures.





Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	7
2. PREFACI	8
2.1. Motivació del projecte	8
3. INTRODUCCIÓ	9
3.1. Objectius del projecte	9
3.2. Abast del projecte	9
4. ACTIVITAT INDUSTRIAL	10
4.1. Emplaçament	10
4.2. Procés industrial	12
4.3. Maquinària necessària per dur a terme l'activitat	15
4.4. Disseny i distribució del Centre	17
4.4.1. Volum d'oficines	17
4.4.2. Volum industrial	19
5. TIPOLOGIA ESTRUCTURAL	21
5.1. Estructura volum d'oficines	21
5.2. Estructura volum industrial	22
5.3. Fonamentació	22
6. VOLUM D'OFICINES	23
6.1. Normes d'aplicació	23
6.2. Accions considerades en el càlcul	23
6.2.1. Accions permanents	23
6.2.2. Accions variables	24
6.2.3. Accions accidentals	27
6.3. Combinació d'accions	28
6.3.1. Notacions	28
6.3.2. Capacitat portant	29
6.3.3. Aptitud al servei	30
6.3.4. Coeficients parcials de seguretat (γ) per a les accions	31



6.3.5. Coeficients de simultaneïtat (Ψ).....	32
6.3.6. Resum de les combinacions	32
6.4. Càlcul dels esforços deguts al sisme	33
6.4.1. Dades de l'obra	33
6.4.2. Compliment de la normativa.....	34
6.5. Materials del volum d'oficines.....	34
6.5.1. Formigó armat.....	34
6.5.2. Plaques alveolars.....	39
6.5.3. Bigues formigó armat.....	41
6.6. Càlcul dels elements de l'estructura.....	42
6.6.1. Verificació dels estats límits últims	43
6.6.2. Verificació dels estats límits de servei.....	44
6.6.3. Plaques alveolars.....	46
6.6.4. Bigues formigó armat in situ.	51
6.6.5. Pilars.....	52
6.7. Programes informàtics de càlcul	57
7. VOLUM INDUSTRIAL	58
7.1. Normes d'aplicació	58
7.2. Accions considerades en el càlcul	58
7.2.1. Accions permanents	58
7.2.2. Accions variables	58
7.2.3. Accions accidentals	62
7.3. Combinació d'accions.....	62
7.3.1. Notacions	62
7.3.2. Capacitat portant.....	63
7.3.3. Aptitud al servei.....	64
7.3.4. Coeficients parcials de seguretat (γ) per a les accions.....	65
7.3.5. Coeficients de simultaneïtat (Ψ).....	67
7.3.6. Resum de les combinacions	67
7.4. Materials del volum industrial	69
7.4.1. Acer laminat	69
7.5. Càlcul dels elements de l'estructura.....	72
7.5.1. Verificació dels estats límits últims	73
7.5.2. Verificació dels estats límits de servei.....	74
7.5.3. Tancaments de coberta i de façana	76
7.5.4. Corretges de façana	76
7.5.5. Corretges de coberta	76
7.5.6. Armadures de coberta	77



7.5.7. Biga d'arriostament de coberta i arriostament de façana	77
7.5.8. Pilars	78
7.5.9. Unions	78
7.5.10. Murs: Perimetral i fossats	78
7.6. Programes informàtics de càlcul	79
8. FONAMENTACIÓ	82
8.1. Dades del terreny	82
8.2. Dimensionat de les sabates	82
9. ESTUDI IMPACTE AMBIENTAL	85
10. ESTUDI ECONÒMIC	91
CONCLUSIONS	93
AGRAÏMENTS	95
BIBLIOGRAFIA	97
Referències bibliogràfiques	97
Bibliografia complementària	98
ANNEX A: BASES DE CàLCUL	
ANNEX B: CàLCULS I RESULTATS ANALÍTICS	
ANNEX C: DOCUMENTACIÓ COMPLEMENTÀRIA	
ANNEX D: ESTUDI ECONÒMIC	
ANNEX E: PLEC DE CONDICIONS	
ANNEX F: PLÀNOLS	



1. Glossari

Els símbols i abreviatures utilitzats són els de les normatives i llibres consultats.

S'utilitzen les unitats del sistema internacional.

Taula d'unitats

Concepte	Tradicional		S.I.
Tensió	1 kg/cm ²	10 t/m ²	100 kN/m ²
Moment flector	1 m·t		10 kN·m
Axil, tallant, força	1 t	1000 kg	10 kN
Resistència, mòdul d'elasticitat	1 kg/cm ²	10 t/m ²	0,1 MPa 0,1 N/mm ²
Acció puntual	1 t	1000 kg	10 kN
Acció per unitat de longitud	1 t/m	1000 kg/m	10 kN/m
Acció per unitat de superfície	1 t/m ²	1000 kg/m ²	10 kN/m ²
Pes específic	1 t/m ³	1000 kg/m ³	10 kN/m ³



2. Prefaci

2.1. Motivació del projecte

Aquest Projecte Final de Carrera presenta el desenvolupament del càlcul de l'estructura d'un centre de triatge de residus sòlids urbans seguint els requeriments de l'activitat industrial.

Els motius per l'elecció d'aquest projecte d'edificació, implantació i desenvolupament del centre han estat els següents:

- És un edifici que dona servei a unes necessitats vigents a la comarca del Vallès Oriental i del Vallès Occidental, intentant descarregar de residus a tractar les plantes existents actualment.
- Aconseguir promoure la reutilització, el reciclatge i la valoració ambiental, mitjançant visites guiades a la instal·lació.
- Per iniciar el disseny de l'edifici s'ha d'estudiar l'àmbit en que es desenvoluparà l'activitat industrial.
- En un mateix edifici es donen diversos elements estructurals amb requeriments de càlcul diferents: fonaments, estructura prefabricada, estructura in situ i estructura metàl·lica.
- El tipus d'estructura escollit permet l'estudi i el desenvolupament de molts detalls i solucions constructives que són presents habitualment a obra.
- Permet un estudi integral d'un projecte de construcció des de l'inici on només hi ha un solar fins al final on es porta a terme l'explotació de l'activitat.



3. Introducció

3.1. Objectius del projecte

L'objectiu del projecte és el disseny, càlcul i delineació de l'estructura i fonamentació d'un centre de triatge de residus urbans a Caldes de Montbui, que s'adapti a les necessitats particulars d'aquesta instal·lació. D'aquesta manera es pretén aplicar els coneixements adquirits al llarg de la carrera i en el despatx Indus Càlcul, estudiar les diferents tipologies estructurals que es trobin en la fase de disseny, els detalls constructius en el moment de la seva construcció i les normatives vigents aplicables.

3.2. Abast del projecte

Encara que l'objectiu del treball és el càlcul estructural, s'ha fet una tasca de recerca per a que el disseny del centre de triatge tingui una coherència funcional i s'adapti en línies generals a la normativa sobre aquest tipus d'edifici.

A partir de les necessitats de la planta es dissenya en grans trets l'arquitectura i s'estudia la solució estructural.

Es calculen els diferents elements estructurals de manera manual i utilitzant programes informàtics en la majoria de casos per comprovar la solucions, entenent el seu funcionament: els mètodes de càlculs interns que utilitza i les consideracions que fan.

Es desenvolupen les accions a considerar, les característiques dels materials, els criteris necessaris per al càlcul i per a la verificació dels elements, utilitzant els diferents documents del Código Técnico de la Edificación, la Instrucció EHE [1] i la NCSE-02 [2].

A partir dels resultats obtinguts es procedeix a la delineació de la solució constructiva en plànols d'estructura complint els criteris de la norma UNE 1035 (ISO 7200).

Es donen algunes indicacions constructives dels elements més peculiars de la solució adoptada. S'estudia l'impacte ambiental de l'edifici. Es realitza un estudi econòmic que inclou amidaments i pressupost. Es redacta un plec de condicions.

El present treball formaria part del projecte executiu el qual inclouria a més de l'estructura, el projecte d'instal·lacions, aïllaments, etc.



4. Activitat industrial

En aquest apartat es descriuen les característiques que ha de tenir un centre de triatge de residus sòlids urbans, la distribució i les característiques del terreny on estaria situada.

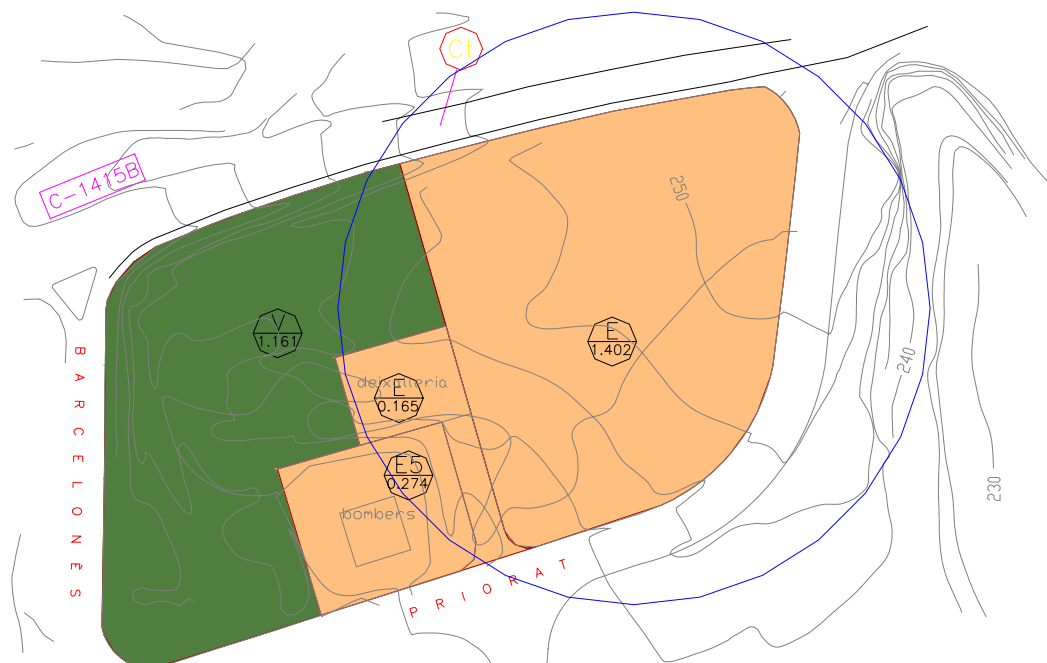
4.1. Emplaçament

S'escull la parcel·la situada al carrer Priorat del Polígon industrial de "La Borda" a Caldes de Montbui pel nou emplaçament del Centre de triatge de residus sòlids urbans.

Normativa municipal. Pla urbanístic

Segons el Pla d'Ordenació Urbanística Municipal de Caldes de Montbui/ 2.002 en el capítol V: "Regulació i desenvolupament del sòl urbanitzable" en la secció 11: Zona urbanitzable, qualifica el solar escollit com un solar d'Equipaments amb una superfície de 1.402 Ha.

Tot i que la qualificació del solar és d'Equipaments, el règim pel qual es regirà la construcció serà un tipus d'ordenació A9.2



Les condicions d'edificació que dicta l'Ajuntament de Caldes de Montbui són les següent:

- La parcel·lació mínima ha de ser de 25 m de façana i una superfície mínima de 2.000 m²,
- L'ocupació màxima ha de ser d'un 70%,
- La separació mínima amb el carrer ha de ser de 8 m, amb els laterals de 5 m i amb el fons de 5 m,
- El volum màxim ha de ser de 7m³/m² amb un nombre de plantes de PB+2PP,
- Les alçades mínimes de les plantes habitables o de permanència del personal serà de 2,50 m,
- Les parcel·les industrials hauran de tenir un tractament de façana al carrer unificada amb un muret de formigó vist de 0,80 m d'alçada i la resta fins a una alçada de 2 m amb reixes formades per perfils tubulars de suport amb malla galvanitzada.

Espais

Un centre de triatge de RSU consta habitualment dels següents espais:

- Nau industrial on es realitzarà l'activitat,
- Zona d'oficines on es duen a terme les tasques administratives, formatives i de control.

Requisits de la parcel·la:

L'emplaçament del CTR CALDES ha d'estar situat en una zona industrial fora del nucli urbà i amb espai suficient pel trànsit de camions de recollida de deixalles urbanes.

La parcel·la escollida és veïna de la deixalleria de Caldes de Montbui, la qual cosa fa que el transport dels residus recollits en la deixalleria de Caldes siguin mínims i que per tant els costos de transport de la deixalleria cap al Centre de Triatge sigui mínims.

Aquesta proximitat pot fomentar la creació d'una zona verda a la població, composta per la deixalleria (amb accés obert al públic) i la planta de triatge (oberta al públic prèvia visita concertada).



Característiques constructives

La forma de la planta de la zona d'oficines és rectangular i té una orientació Sud-oest, així la llum natural entra des del migdia fins a última hora de la tarda, estalviant així consum de llum artificial.

El terra tècnic del volum d'oficines ha de tenir una alçada mínima de 0,5 m per permetre la distribució del cablejat i del sistema de climatització. Aquest terra ha de ser registrable i el seu material d'acabat ha de ser antiestàtic. L'alçada entre el fals terra i el fals sostre ha de ser d'un mínim de 3 m.

Al perímetre de la nau industrial es disposarà un muret perimetral d'ample mínim i una alçada de 1,20 m per evitar que qualsevol possible impacte de vehicle pugui abonyegar el tancament de façana de la nau.

El paviment de la nau industrial té una inclinació mínima (aproximadament 5°) cap al Sud per facilitar la neteja de la nau. Aquesta neteja es fa mitjançant una mànega d'aigua a pressió instal·lada en la part més elevada de la nau. Així aquesta aigua empeny els residus líquids cap a una reixeta que es col·locarà en la part més baixa.

L'ample de l'escala serà com a mínim de 1 m. L'accés de persones amb minusvalia o necessitats especials a la planta pis es fa amb l'ajuda d'una cadira adaptada a l'escala.

4.2. Procés industrial

El CTR CALDES és un equipament destinat al triatge de residus sòlids urbans que procedeixen de les diverses poblacions a les que dona servei. En aquesta planta no es tractarà matèria orgànica i els residus que es sotmetran al tractament seran els provinents del contenidor groc i del contenidor blau, bàsicament: paper, cartró, envasos fèrrics, plàstic i residus tèxtils. El concepte de treball del centre parteix de la consideració que els residus constitueixen una font de recursos.

L'activitat industrial que es duu a terme en el centre segueix cronològicament els següents passos:

Recepció de residus:

- Els camions de recollida que arriben al CTR CALDES disposen d'un sistema d'identificació que permet conèixer el tipus i la procedència del residu.
- En el moment que arriba el camió de recollida, s'enfila en una bàscula industrial on es controla i s'enregistra el seu pes.





Fotografia: Ecoparc Talarrubias

- Els vehicles entren a la nau de recepció i tractament travessant una comporta doble que evita fuga d'olors i diposita els residus en les dues fosses de recepció, una fossa pel paper i el cartró i l'altre pels altres tipus de deixalles.

El tractament:

- En el CTR CALDES hi ha dues línies de tractament que parteixen de les dues fosses de recepció. La línia directa de tractament del cartró i el paper i la línia de tractament general de la resta de residus recepcionats.



Fotografia: Ecoparc Mirabel

Línia de tractament general:



- Des de la fossa de recepció, i mitjançant una cinta transportadora, les deixalles arriben a una cabina de triatge, on es selecciona manualment el material de rebuig i el recuperable, bàsicament cartró, plàstics, vidre, envasos fèrrics i residus tèxtils.



Fotografia: Ecoparc Talarubias

Els operaris que treballen en la cabina de triatge separen manualment els residus i els llencen en uns orificis habilitats per cada tipus de residu els quals cauen per gravetat i es dipositen en uns habitacles habilitats per tal ús i per a cada tipus de residu.

Després d'aquest triatge manual el rebuig que encara queda es passa per una zona on hi ha un electroimant i separa els residus fèrrics.

Un cop s'acaba aquest procés el rebuig que resti i que no s'hagi separat és mínim.

- Tots aquests residus s'envien directament a una compactadora.

Línia directa de tractament de paper i cartró:

- Des de la fossa de recepció de la línia directa de paper i cartró, aquests arriben directament a una premsa-compactadora que prepara bales de material per reciclar.
- Des de la cabina de triatge de la línia general de tractament pot arribar paper i cartró que no estiguessin separats en un inici i que s'hagi separat manualment.

Les bales compactades dels diferents tipus de residus es dipositen en uns dipòsits controlats a l'espera de que siguin vinguts a buscar per portar a les diferents plantes de reciclatge.





Fotografia: Ecoparc Talarrubias

El possible rebuig de matèria orgànica: FORM (Fracció orgànica de residus municipal) i FV (Fracció vegetal) es traslladaran a una planta de tractament on es dugui a terme una activitat de compostatge i metanització. Aquesta planta pot ser l'Ecoparc 2 situat al Polígon Can Salvatella de Barberà del Vallès.

Nota: En l'Annex F s'adjunta gràficament la descripció del procés industrial

4.3. Maquinària necessària per dur a terme l'activitat.

La maquinària necessària per dur a terme el procés industrial és la següent:

Línia general de tractament:

Zona de triatge:

- Transportador de recepció i alimentació al triatge: Cinta transportadora que uneix la fossa de recepció a la cinta de triatge. Aquesta cinta té una longitud en planta de 16.50m amb una pendent de 30° i salvant una alçada de 5,80 m.
- Cinta de triatge: Cinta transportadora que fa el recorregut per la cabina de triatge. Té una longitud de 23,00 m i és horitzontal a una alçada de 1,00 m respecte la plataforma de triatge.
- Plataforma de triatge: Zona on es col·loquen els treballadors per dur a terme el triatge manual. Té una superfície de 90 m² (una longitud de 18 m amb una amplada de 5 m). Aquesta plataforma consta de 6 forats a banda i banda de la cinta de triatge per on per gravetat cauen els residus triats manualment.



- Cabina de triatge: Cabina on es situa la plataforma de triatge, els treballadors i el recorregut de la cinta de triatge.
- Separador magnètic: Element en la cinta de triatge que permet separar els envasos fèrrics dels envasos lleugers.

Tots aquests elements componen la zona de triatge amb unes dimensions totals de 38,50 m de llargada i 5,00 m d'amplada ocupant una superfície de 192,50 m²

Zona de premsa de metalls:

- Cinta d'alimentació de la premsa de metalls: Cinta transportadora que uneix la fossa de materials fèrrics amb la premsa de metalls. Aquesta cinta té una longitud en planta de 4,96m i salva una alçada de 2,30 m amb una pendent de 30°
- Premsa de metalls: Màquina premsadora de residus metàl·lics.

Zona de premsa de plàstics:

- Premsa de plàstics: Màquina premsadora de residus plàstics.

Tota aquesta estació de triatge ocupa 409,25 m² corresponents a la zona de triatge i 56,10 m² corresponents a la zona de la premsa de metalls i de plàstics. Tot això suma una superfície total de la línia general de tractament de 521,45 m².

Línia directa de cartró i paper:

- Cinta d'alimentació al triturador de paper: Cinta transportadora que uneix la fossa de recepció de paper i cartró cap al triturador. Té una longitud de 5,50 m i amb un angle de 30° salva una alçada de 2,23 m
- Triturador de paper: Màquina necessària per triturar i disminuir el volum de paper i cartró. El material resultant del triturador va a parar directament al transportador d'alimentació a la premsa de bales
- Transportador d'alimentació a la premsa de bales: Cinta transportadora que uneix el resultat del triturador de paper i cartró cap a la premsa de paper. Aquesta cinta té una longitud en planta de 18,02 m i que amb un angle de 30° salva una alçada de 2,96 m.
- Premsa de bales: Màquina premsadora amb un resultat de bales de paper i cartró.

Tota aquesta estació de paper i cartró ocupa una superfície total de 312,81 m²



En resum, la superfície total ocupada per maquinària és de 834,26 m² que s'haurà de tenir en compte en el disseny i distribució del volum industrial.

4.4. Disseny i distribució del Centre

En aquest apartat s'explica raonadament el disseny i la distribució dels diferents espais segons els requeriments imposats pel procés industrial en el cas del volum industrial i pels requeriments d'administració en el cas del volum d'oficines.

4.4.1. Volum d'oficines

En la zona d'oficines hi treballaran 15 persones i s'ha d'administrar aquest espai per donar cabuda als treballadors de la zona d'oficines i de la zona industrial en les zones d'espai comuns com poden ser els vestuaris o la zona de menjador / sala d'esbarjo.

El volum d'oficines consta de planta baixa, planta primera i coberta. Les plantes tenen una forma rectangular, amb una superfície de 320 m² per planta amb una alçada entre elles de 4,50 m entre planta baixa i planta pis i 3,50 m de planta pis a coberta.

L'acabament exterior de les façanes de la zona d'oficines són panells prefabricats i panells de vidre.

La distribució de l'espai segueix la següent relació:

	Sala	Àrea (m ²)	Núm. usuaris
Planta Baixa	Vestuari homes	24,44	12
	Vestuari dones	24,44	
	Menjador / Sala esbarjo	43,06	variable
	Magatzem / Servei de neteja	10,82	2
	Recepció	43,20	1
	Sala de control / Sala de Manteniment	26,72	3
	Sala d'espera	31,01	---
	Zona de taller i reparació de maquinària	66,00	3
	Altres (passadissos, zones comuns)	50,31	---
	TOTAL	320,00	21
Planta Pis	Sala Audiovisuals / Biblioteca	64,40	variable
	Lavabos	10,84	---
	Zona arxiu	9,48	---
	Administració	13,56	2
	Despatx Cap de comunicació	14,13	1
	Despatx Cap d'enginyeria i projectes	17,49	1
	Despatx de Cap de Mediambient i prevenció	17,49	1
	Sala de reunions	20,58	---



Despatx de direcció	17,89	1
Altres (passadissos, zones comuns)	134,14	---
TOTAL	320,00	6

Cada sala té la seva funció específica:

Planta Baixa:

Vestuaris: Estan condicionats amb guixetes per la roba de treball, dutxes i lavabo pel personal que treballa en la zona industrial. Hi ha un accés directe des del vestuari cap a la nau.

Menjador / Sala d'esbarjo: Sala que inclou una taula amb cadires, una petita nevera, un microones, una màquina de cafè i una màquina de begudes. L'ús d'aquesta sala és per a tots els treballadores del centre tant si es volen quedar a esmorzar, com a dinar, com fer un petit descans.

Magatzem / Servei de neteja d'oficines: Espai habilitat per a què el servei de neteja de la zona d'oficines pugui guardar el material que necessita.

Recepció: Espai on es porten les tasques la recepció de visites i telefonia.

Sala de control / Sala de Manteniment: Sala on es controlaran visual i informàticament tots els processos industrials que es duen a terme a la fàbrica. S'instal·la un gran vidre que dóna vista a la nau industrial per poder veure qualsevol anomalia.

Sala d'espera: Espai habilitat amb uns sofàs on les visites poden esperar a ser ateses.

Zona de taller i reparació de maquinària: Zona on es duu a terme tasques de reparació de la maquinària.

Planta Pis:

Sala Audiovisuals / Biblioteca: Un dels objectius del CTR CALDES és difondre i educar en la cultura del reciclatge i el mediambient, tant sigui a escolars com a persones interessades. D'aquí parteix aquesta sala preparada pel passí de reportatges sobre el centre, realització d'activitats amb els escolars segons les seves edats.



Aquesta sala té un accés directe cap a la nau industrial, on s'accedeix a la passarel·la que permet fer una visita a la planta sense molestar al procés industrial.

Lavabos: Zona apta per a qualsevol persona de la planta.

Zona arxiu: Espai habilitat amb prestatges per guardar documentació.

Administració: Espai reservat per les tasques de l'administració pròpia del centre.

Despatx del cap de comunicació: Aquesta figura és la responsable del marketing, visites guiades, publicitat i premsa.

Despatx del cap d'enginyeria i projectes: Responsable de projectes d'enginyeria variis que es puguin dur a terme, ja siguin possibles ampliacions com el canvi d'una màquina.

Despatx del cap de mediambient i prevenció: Responsable del correcte funcionament dels processos mediambientals que es realitzen a la instal·lació. Ha de fer les certificacions necessàries.

Sala de reunions: Espai habilitat per reunions.

Despatx de direcció: La figura de la direcció del CTR CALDES és gestionar els diferents departaments a més de ser la cara visible i responsable de tota la instal·lació.

4.4.2. Volum industrial

Tal i com es descriu en el procés industrial, l'àrea total que ocupa només la maquinària és de 247,75 m², però també cal tenir en compte l'àrea d'influència dels treballs que suposa cada màquina, el recorregut i espai que necessiten els transpalets per traslladar les bales compactades al dipòsit per a cada tipus de residu, l'espai necessari per al moviment de les persones i l'espai necessari pels camions d'arribada de deixalles.

Per tant, i tal i com s'observa en el plànol P-003 de l'Annex F els espais necessaris són els següents:

Línia general de tractament: Suposa una superfície total de 409,25 m²

Premses fèrriques i de plàstic: Suposen una superfície total de 56,10 m² per a cada premsa.

Línia directa de cartró i paper: Intervé amb una superfície de 312,81 m²



Així doncs l'àrea total de la nau industrial a construir tenint en compte totes les necessitats espaials serà de 1920 m²



5. Tipologia estructural

A continuació es descriu la tipologia estructural escollida en el disseny del CTR CALDES.

5.1. Estructura volum d'oficines

L'estructura del volum d'oficines constarà de diferents elements estructurals amb característiques diferents entre ells. Els forjats són de plaques alveolars prefabricades de formigó pretensat, aquestes es recolzen sobre bigues de formigó armat igual que els pilars. L'escala es resol amb lloses de formigó armat "in situ" de 20 cm de cantell, sobre les que s'estendrà l'esgraonat d'obra.

La llum entre pilars serà de 8 m en cada sentit.

Els forjats són **plaques alveolars prefabricades de formigó pretensat** de l'empresa HORMIPRESA, en concret són plaques del model NP12025 i tipus NP2505 amb un cantell total de 30cm. (cantell de la placa de 25 cm + 5 cm de capa de compressió) i una amplada de 120 cm.

Els avantatges bàsics de l'ús de plaques alveolars són els següents:

- Gran economia a qualsevol altre tipus de forjat, tenint les mateixes característiques estàtiques que es posen en evidència en presència de grans llums i sobrecàrregues.
- Velocitat i simplicitat en el transport i posada en obra (3-4 operaris poden muntar 500-600 m² de forjat al dia)
- Absolutament autoportant per a totes les llums i sobrecàrregues, pel que no són necessaris apuntalaments.
- Gran lleugeresa. La relació buit/ple < 0,50, però mantenint la solidesa.
- Notable rigidesa de forjat, que permet obtenir fletxes molt baixes encara que hi hagi una forta esveltesa.
- Màxima durabilitat i resistència a la carbonatació.

Aquestes plaques alveolars recolzen sobre **bigues de formigó armat** construïdes in situ, igual que els **pilars** que sustenten l'estructura.



5.2. Estructura volum industrial

L'estructura del volum industrial es resol mitjançant una estructura de bigues, biguetes, encavallades i pilars d'acer laminat.

L'estructura metàl·lica també compta amb una passarel·la paral·lela a la façana nord a una alçada de 4,50 m. que serveix per fer visites guiades a la nau per escolars i persones interessades en el procés.

Els pòrtics estan separats 8 m entre si en sentit OX i variable en sentit OY. (Veure la disposició en els plànols)

5.3. Fonamentació

La fonamentació es resol mitjançant una fonamentació superficial amb sabates degut a les característiques del terreny i els valors de les reaccions a la fonamentació.



6. Volum d'oficines

6.1. Normes d'aplicació

EHE, Instrucción de Hormigón Estructural [1].

NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación [2].

Código Técnico de la Edificación DB-SE / Seguridad Estructural [3].

Código Técnico de la Edificación DB-SI / Seguridad en caso de incendio [4].

Código Técnico de la Edificación DB-SE-AE / Acciones en la edificación [6].

EFHE, Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

6.2. Accions considerades en el càlcul

6.2.1. Accions permanents

Són aquelles càrregues que actuen en tot moment i són constants en magnitud i posició.

6.2.1.1. Pes propi

S'entén com a càrrega de pes propi aquella produïda per la gravetat de la massa dels elements constructius.

Forjats:

Forjat	Tipus càrrega	Càrrega
Planta pis	Pes propi placa alveolar de cantell 30=25+5 cm	4,96 kN/m ²
	Pes paviment	1,00 kN/m ²
	Pes envans	0,80 kN/m ²
	Pes fals sostre	0,15 kN/m ²
Coberta	Pes propi placa alveolar de cantell 30=25+5 cm	4,96 kN/m ²



	Pes propi de grava	0,70 kN/m ²
	Pes propi de formigó per formació de pendents	1,20 kN/m ²
Escales	Pes propi llosa cantell 20 cm	5,00 kN/m ²
	Formació d'esgraonat i esteses de marbre	3,00 kN/m ²

Taula 6-1 Pes propi dels forjats

Per a la determinació dels pesos propis d'altres elements resistents s'han estimat els següents pesos específics aparents:

- Formigó armat: 25,00 kN/m³
- Acer laminat: 78,50 kN/m³

El pes d'altres materials de construcció s'ha estimat segons la Taula C.1 de l'annex C del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6].

6.2.2. Accions variables

Són aquelles càrregues que poden actuar o no sobre l'estructura.

6.2.2.1. Sobrecàrrega d'ús

Segons la classificació de la Taula 3.1 de l'apartat 3.1.1 Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6] s'han considerat les següents càrregues distribuïdes uniformement als forjats:

Forjat	Tipus càrrega	Càrrega
Planta Pis	Zona treball	2,00 kN/m ²
	Zona arxiu	4,00 kN/m ²
Planta Coberta	Accessible únicament per a conservació amb pendent inferior a 20°, subcategoria d'ús G1	1,00 kN/m ²

Taula 6-2 Sobrecàrregues dels forjats


6.2.2.2. Vent

Per determinar la hipòtesis de vent es calculen les accions a partir dels articulats del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación [6].

L'acció de vent q_e es considera com una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, de valor¹:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (\text{Eq. 6.1})$$

q_b és la pressió dinàmica del vent obtinguda mitjançant l'annex D del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6] en funció de l'emplaçament geogràfic de l'obra.

- Emplaçament: Caldes de Montbui (Barcelona), zona C
- Velocitat bàsica del vent: $v_b = 29 \text{ m/s}$
- Pressió dinàmica del vent: $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$

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'annex D, apartat D.2 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6].

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) \quad (\text{Eq. 6.2})$$

$$F = k \ln(\max(z, Z)/L) \quad (\text{Eq. 6.3})$$

Sent k , L , Z els paràmetres característics de cada tipus d'entorn, segons la taula D.2 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6].

El grau de fragositat de l'entorn: Zona IV (zona urbana en general, industrial i forestal).

$$k = 0,22$$

¹ Segons l'apartat 3.3 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]



$$L(m) = 0,3$$

$$Z(m) = 5,0$$

$$F = 0,22 \ln(\max(z,5)/0,3)$$

$$c_e = 0,22 \ln(\max(z,5)/0,3) (0,22 \ln(\max(z,5)/0,3) + 7 \cdot k)$$

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 apartats 3.2.4 i 3.2.5 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6].

- Per a paraments verticals:

Esveltesa en el pla paral·lel al vent: 0,20 en sentit OX

Coeficient eòlic de pressió: $c_p = +0,7$

Coeficient eòlic de succió: $c_s = -0,3$

Esveltesa en el pla paral·lel al vent: 1,00 en sentit OY

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

Coeficient eòlic de succió: $c_s = -0,5$

- Per a la coberta:

Els valors dels coeficients eòlics de pressió i succió s'obtenen a partir de l'annex D del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]. S'agafa com a model la coberta plana. Tal com s'explica en l'apartat D.2, com s'aporten valors de diferent signe separats, l'acció de vent pot ser de succió o de pressió i per tant s'ha de considerar les dues possibilitats.



6.2.2.3. Accions tèrmiques

No es consideren perquè la dimensió màxima de la planta no supera els 40 m de longitud¹.

6.2.2.4. Neu

La coberta del volum d'oficines és una coberta plana, i tal com indica la norma Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6], en cobertes planes d'edificis situats en localitats d'altitud inferior a 1000 m, és suficient considerar una càrrega de neu de 1,00 kN/m²

- Caldes de Montbui (Barcelona)
- Zona de clima hivernal: 2
- Altitud: 203 m

Sobrecàrrega horitzontal de neu: $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$

6.2.3. Accions accidentals

6.2.3.1. Sisme

Segons la norma NCSE-02 “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación” [2], l'acceleració bàsica en la zona de l'obra, Caldes de Montbui (Barcelona) és de 0,04·g. Donat que l'acceleració sísmica bàsica és igual a 0,04·g, l'edifici es considera d'importància normal, els pòrtics estan ben arriostrats i el número de plantes sobre rasant és inferior a 7, l'aplicació de la normativa sismorresistent no és obligatòria (apartat 1.2.3.). Tal i com es detalla en el punt 6.4 d'aquesta memòria.

Per tant, degut a que l'aplicació de la normativa sismorresistent no és obligatòria, no es consideren accions degudes al sisme.

¹ Segons l'apartat 3.3.1.3 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]



6.2.3.2. Incendi

La resistència al foc indica el temps durant el qual l'element constructiu ha de mantenir unes característiques de comportament mínimes: l'estabilitat o capacitat portant, l'absència d'emissió de gasos inflamables per la cara no exposada, l'estanqueïtat al pas de les flames o gasos calents i la resistència tèrmica suficient per impedir que es produeixin en la cara no exposada temperatures superiors a les que estableix la norma UNE 23 093.

6.2.3.3. Impacte

No hi ha zona interior de circulació de vehicles, i per tant no es considera l'impacte de vehicles.

6.3. Combinació d'accions

6.3.1. Notacions

A_d	Valor de càlcul d'una acció accidental
G_k	Valor característic d'una acció permanent
Q_k	Valor característic d'una acció variable simple
γ_G	Coefficient parcial per una acció permanent
γ_Q	Coefficient parcial per una acció variable
ψ_0	Coefficient pel valor de combinació d'una acció variable
ψ_1	Coefficient pel valor freqüent d'una acció variable
ψ_2	Coefficient pel valor casi permanent d'una acció variable



6.3.2. Capacitat portant

6.3.2.1. Combinació d'accions persistents o transitòries

S'estima el valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació persistent o transitòria segons l'expressió¹:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 6.4})$$

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 ($\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$)

6.3.2.2. Combinació d'accions extraordinàries

S'estima el valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació extraordinària segons l'expressió²:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot \Psi_{2,1} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 6.5})$$

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.

¹ Segons l'apartat 4.2.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]

² Segons l'apartat 4.2.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]



- 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, γ , són iguals a la unitat si el seu efecte és favorable, o zero si és desfavorable, en els termes anteriors.

6.3.3. Aptitud al servei

6.3.3.1. Combinació d'accions de llarga duració

Els efectes deguts a les accions de llarga duració, del tipus anomenat quasi permanent, a partir de l'expressió¹:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 6.6})$$

On es considera l'actuació simultània de:

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

6.3.3.2. Combinació d'accions de curta duració reversibles

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'expressió²:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,i} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 6.7})$$

¹ Segons l'apartat 4.3.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]

² Segons l'apartat 4.3.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]



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 ($\Psi_2 \cdot Q_k$)

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

S'aplica, segons Taula 4.1 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]:

Tipus de verificació	Tipus d'acció	Situació persistent o transitòria	
		desfavorable	favorable
Resistència	Permanent		
	Pes propi, pes del terreny	1,35	0,80
	Empenta del terreny	1,35	0,70
	Pressió de l'aigua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilitat		desestabilitzadora	estabilitzadora
	Permanent		
	Pes propi, pes del terreny	1,10	0,90
	Empenta del terreny	1,35	0,80
	Pressió de l'aigua	1,05	0,95
Variable	1,50	0	

Taula 6-3 Coeficients parcials per a les accions



6.3.5. Coeficients de simultaneïtat (Ψ)

S'aplica, segons Taula 4.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]:

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecàrrega superficial d'ús ¹			
-Zones administratives (categoria B)	0,7	0,5	0,3
-Cobertes accessibles únicament per a	0	0	0
Neu (altituds >1000 m)	0,7	0,5	0,2
Vent	0,6	0,5	0

Taula 6-4 Coeficients de simultaneïtat

6.3.6. Resum de les combinacions

6.3.6.1. Capacitat portant

Combinació d'accions persistents o transitòries:

$$1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot sús + 1,5 \cdot 0,6 \cdot vent + 1,5 \cdot 0,7 \cdot neu$$

$$1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot vent + 1,5 \cdot 0,7 \cdot sús + 1,5 \cdot 0,7 \cdot neu$$

$$1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot neu + 1,5 \cdot 0,6 \cdot vent + 1,5 \cdot 0,7 \cdot sús$$

Combinació d'accions extraordinàries:

No hi ha accions accidentals a considerar.

¹ Categories segons el Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]



6.3.6.2. Aptitud al servei

Combinació d'accions de llarga duració:

$$pp + cp + 0,3 \cdot sús + 0,2 \cdot neu + 0,0 \cdot vent$$

Combinació d'accions de curta duració reversibles:

$$pp + cp + 0,5 \cdot sús + 0,0 \cdot vent + 0,2 \cdot neu$$

$$pp + cp + 0,5 \cdot vent + 0,3 \cdot sús + 0,2 \cdot neu$$

$$pp + cp + 0,5 \cdot neu + 0,0 \cdot vent + 0,3 \cdot sús$$

Combinació d'accions de curta duració irreversibles

$$pp + cp + sús + 0,6 \cdot vent + 0,7 \cdot neu$$

$$pp + cp + vent + 0,7 \cdot sús + 0,7 \cdot neu$$

$$pp + cp + neu + 0,6 \cdot vent + 0,7 \cdot sús$$

On: *pp* Càrregues degudes al pes propi

cp Càrregues permanents

vent Sobrecàrregues de vent

sús Sobrecàrregues d'ús

neu Sobrecàrregues de neu

6.4. Càlcul dels esforços deguts al sisme

El càlcul sísmic es fa d'acord la normativa NCSE-02 [2].

6.4.1. Dades de l'obra

- Situació de l'obra: Caldes de Montbui (Barcelona)

- Acceleració bàsica: $a_b = 0,04 \text{ g}$



- Importància de l'edifici: Normal
- Nombre de plantes sobre rasant: 2
- Tipologia estructural: Forjats de plaques alveolars i estructura metàl·lica

6.4.2. Compliment de la normativa

Donat que es compleixen les següents condicions:

- L'edifici és d'importància normal
- L'acceleració sísmica bàsica és inferior a 0.08-g
- L'estructura està formada per pòrtics ben travats en totes direccions(*)
- 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 això s'ha optat per no considerar l'acció sísmica.

() 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"*

6.5. Materials del volum d'oficines

6.5.1. Formigó armat

La tipificació del formigó és la següent d'acord amb l'apartat 39.2. de la EHE [1]:

Àmbit	Formigó armat
Forjats	HA-25 / B / 12 / I HP-40 / P / 12 / IIIb
Pilars	HA-25 / B / 20 / I
Fonaments	HA-25 / B / 20 / IIa

Taula 6-5 Tipificació del formigó



Segons l'estudi geotècnic, l'aigua és d'agressivitat química nul·la per al formigó i, per tant, el ciment del formigó no necessita la característica addicional de resistència als sulfats¹.

Les característiques del ciment depenen de la classe d'exposició i estan tabulades en la taula 4.3 de la EHE [1].

Per al formigó armat de classe I:

- Màxima relació aigua ciment: $a/c = 0,65$
- Mínim contingut de ciment: 250 kg/m^3

Per al formigó armat de classe IIa:

- Màxima relació aigua ciment: $a/c = 0,60$
- Mínim contingut de ciment: 275 kg/m^3

Els ciments utilitzats per elements de formigó armat són els comuns de classe resistent 32,5 o superior tipus CEM II.

Resistència mitja a compressió:

Per a l'edat de 28 dies s'estima a partir de la següent expressió, segons els comentaris de l'apartat 39.6 de la EHE [1], la resistència mitja del formigó a compressió serà:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8MPa \quad (\text{Eq. 6.8})$$

On: f_{cm} Resistència mitja del formigó a compressió

f_{ck} Resistència del projecte del formigó a compressió.

Per tant, per al formigó HA-25: $f_{cm} = 25MPa + 8MPa = 33MPa$

¹ Segons l'apartat 8.2.3 de la EHE [1]



i per al formigó HA-40: $f_{cm} = 40MPa + 8MPa = 48MPa$

Mòdul de deformació longitudinal:

Segons l'apartat 39.6 de la EHE [1], el mòdul de deformació longitudinal del formigó per càrregues instantànies o ràpidament variables es pren:

$$E_{0,j} = 10000 \sqrt[3]{f_{cm,j}} \quad (\text{Eq. 6.9})$$

On $f_{cm,j}$ és la resistència mitja a compressió i j els dies d'edat.

Per a 28 dies d'edat serà, per al formigó HA-25: $E_{0,28} = 32075MPa$

i per al formigó HA-40: $E_{0,28} = 36342MPa$

Per al mòdul instantani de deformació longitudinal secant a l'edat de j dies es pren:

$$E_j = 8500 \sqrt[3]{f_{cm,j}} \quad (\text{Eq. 6.10})$$

Per a 28 dies d'edat serà, per al formigó HA-25: $E_{28} = 27264MPa$

i per al formigó HA-40: $E_{28} = 30891MPa$

Coeficient de Poisson:

S'adopta un valor mig de 0,20 per al coeficient de Poisson.

6.5.1.1. Armadures passives

La tipificació de les barres d'acer corrugat és, d'acord amb l'apartat 31.2. de la EHE [1]:

Àmbit	Acer corrugat
Acer d'armar (a tota l'obra)	B 500 S
Engraellat (a tota l'obra)	B 500 T

Taula 6-6 Tipificació de l'acer corrugat



6.5.1.2. Durabilitat

Classes d'exposició

La tipificació de les classes d'exposició és, d'acord amb l'apartat 8.2.2 i 8.2.3 de la EHE [1]:

Classes generals d'exposició relatives a la corrosió de les armadures			
Àmbit	Classe	Subclasse	Designació
Forjats	No agressiva	No agressiva	I
Pilars	No agressiva	No agressiva	I
Murs	Normal	Humitat alta	Ila
Fonaments	Normal	Humitat alta	Ila
Classes específiques d'exposició relatives a d'altres processos de degradació diferents de la corrosió			
Fonaments	Erosió	Erosió	E
Murs	No química agressiva	No química agressiva	-

Taula 6-7 Classes d'exposició

Formigó

Per a garantir la qualitat del formigó és compliran les següents prescripcions contingudes en la EHE [1] durant el procés de disseny i execució de l'estructura:

- Selecció de matèries primes d'acord a l'indicat en els articles 26 a 36.
- Dosificació adequada, segons l'indicat a 37.3.1, així com en l'article 68.
- Posada en obra correcte, segons l'indicat en l'article 70.
- Curat del formigó, segons l'indicat en l'article 74.

Armadures

Per a les armadures passives es prescriuen els següents recobriments nominal en el projecte r_{nom} , per tal d'assegurar que en obra el recobriment no serà en cap punt inferior al recobriment mínim r_{min} , segons l'apartat 37.2.4 de la EHE [1].



Àmbit	Designació	r_{\min} [mm] ¹	r_{nom} [mm]
Forjats	I	20	30
Pilars	I	20	30 (40*)
Murs	Ila	25	35 (40*)
Fonaments	Ila	25	35

Taula 6-8 Recobriments de les armadures

$$r_{\text{nom}} = r_{\min} + \Delta r \quad (\text{Eq. 6.11})$$

On Δr és el marge de recobriment en funció del tipus d'element i el nivell de control d'execució. Aquest valor es pren de 10 mm.

* per a diàmetres inferiors a 20 mm en requeriments de R 120

En elements formigonats contra el terreny el recobriment mínim serà de 70 mm, excepte en els casos en que s'ha preparat el terreny i posat formigó de neteja.

6.5.1.3. Resistència de càlcul

Coeficients de minoració

Segons la taula 15.3 de la EHE [1], els coeficients de minoració de la resistència de materials per al formigó armat per als Estats Límits Últims (E.L.U.) són diferents segons el material i la situació del projecte.

Per a situacions persistents o transitòries es prenen:

$$\gamma_c = 1,50 \text{ per al formigó}$$

¹ Taula 37.2.4 de la EHE [1]



$\gamma_s = 1,15$ per a l'acer passiu i actiu

Per a situacions accidentals:

$\gamma_c = 1,30$ per al formigó

$\gamma_s = 1,00$ per a l'acer passiu i actiu

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_d segons l'article 15 de la EHE [1]:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_d \quad (\text{Eq. 6.12})$$

Per a situacions persistents o transitòries es pren,

per al formigó HA-25: $f_{cd} = (25MPa) / 1,5 = 16,7MPa$

Per a situacions accidentals,

per al formigó HA-25: $f_{cd} = (25MPa) / 1,3 = 19,2MPa$

6.5.1.4. Resistència al foc

Utilitzant el mètode simplificat i les taules de l'annex C del Documento Básico SI *Seguridad en caso de incendio* [4], es determina la resistència dels elements de formigó davant l'acció del foc representada per la *corba normalitzada temps-temperatura* per a cada tipus d'element en la secció més desfavorable:

6.5.2. Plaques alveolars

Tal i com indica la *EFHE: Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados*, els materials considerats en el projecte i en la seva execució, hauran de complir amb caràcter general totes les especificacions establertes per això en la Instrucció EHE.

Les plaques alveolars que s'usen en l'execució de l'obra estan composades pels següents materials, segons la fitxa de característiques tècniques de la llosa alveolar pretensada model NP12025:



Formigó:

Tipologia: HP-40/P/12/IIIb

f_{ck} a 28 dies: 40 N/mm²

f_{ck} en la transferència: 25 N/mm²

Armatures passives:

Les armatures passives de les lloses alveolars pretensades compliran les condicions especificades en l'article 31º de la Instrucció EHE:

Àmbit	Acer corrugat
Acer d'armar (a tota l'obra)	B 500 S

La distància lliure, horitzontal i vertical, entre dos barres aïllades consecutives, serà igual o major que al major dels tres valors següents:

- a) 15 mm;
- b) El diàmetre major;
- c) 1,25 vegades la mida màxima de l'àrid

Armatures actives:

Les armatures actives de les lloses alveolars pretensades compliran les condicions especificades en l'article 32º de la Instrucció EHE.

Les plaques alveolars que es col·locaran a obra tenen dos tipus d'armatures actives. L'armadura activa tipus A i l'armadura activa tipus B amb característiques diferents entre elles.

Armadura activa tipus A:

Designació simbòlica: Y 1770 C $\Phi=5$ mm

Límit elàstic (0,2%) = 1540 N/mm²

Càrrega unitària màxima = 1770 N/mm²

Allargament de ruptura = 200 mm (3,5%)



Relaxació a 1000 hores= 2,0%

Armadura activa tipus B:

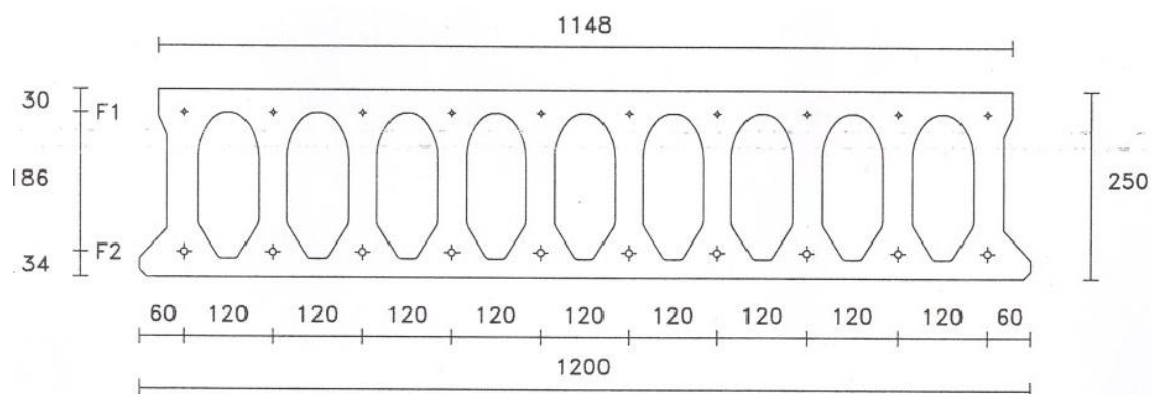
Designació simbòlica: Y 1860 C $\Phi=9,6$ mm

Límit elàstic (0,2%) =1710 N/mm²

Càrrega unitària màxima= 1860 N/mm²

Allargament de ruptura= 500 mm (3,5%)

Relaxació a 1000 hores= 2,0%



Taula 6-9 Secció transversal de la losa. Acotat de les armadures

La distància lliure, horitzontal i vertical entre dos armadures aïllades consecutives serà igual o major que el major dels tres valor següents:

- 15 mm per a la separació horitzontal y 10 mm per la separació vertical;
- El diàmetre major;
- 1,25 vegades la mida màxima de l'àrid per a la separació horitzontal i 0,80 vegades per a la separació vertical;

6.5.3. Bigues formigó armat

Les bigues prefabricades són els elements on es recolzaran les plaques alveolars.



Formigó:

Tipologia: HA-25/B/12/I

Armatures passives:

Les armatures passives de les bigues de formigó armat compliran les condicions especificades en l'article 31º de la Instrucció EHE:

Àmbit	Acer corrugat
Acer d'armar (a tota l'obra)	B 500 S

6.6. Càlcul dels elements de l'estructura

Per als diversos estats de càrrega es realitza un càlcul estàtic de primer ordre en que s'assumeixen com a lineals tant el comportament dels materials com les deformacions de l'estructura front els esforços. Com els desplaçaments no són excessius no és necessari fer un càlcul de l'estructura de segon ordre (no linealitat geomètrica).

Per al mètode de càlcul d'esforços es forma un sistema matricial d'equacions lineals que relacionen els graus de llibertat, els desplaçaments, els girs dels nusos i dels nodes, amb les accions exteriors, les càrregues i les condicions de contorn.

$$[K] \cdot \{D\} = \{F\} \quad (\text{Eq. 6.13})$$

On: [K] Matriu de rigidesa de la estructura

{D} Vector de desplaçaments i girs dels nusos i dels nodes

{F} Vector de forces exteriors.

A partir dels desplaçaments i girs dels nusos i nodes obtinguts, s'obtenen els esforços i tensions de l'estructura.

Per a dimensionar tots els elements estructurals es busca complir els requisits d'estats límits últims i estats límits de servei.



6.6.1. Verificació dels estats límits últims

Per a verificar els estats límits últims s'ha de complir que la capacitat resistent de la estructura sigui suficient per suportar les accions en totes les combinacions¹:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.14})$$

On: E_d Valor de càlcul de l'efecte de les accions

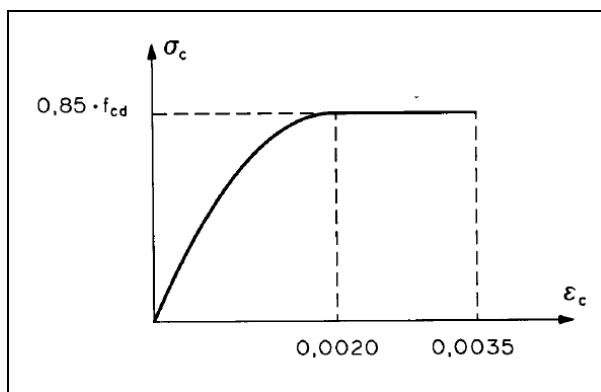
R_d Valor de càlcul de la resistència corresponent

Per al conjunt de l'estructura es comprovarà que compleixi l'estat límit últim d'inestabilitat.

6.6.1.1. Tensions normals

El càlcul de les tensions normals es fa d'acord amb l'article 42 de la EHE [1] "Estat límit d'esgotament front a sol·licitacions normals".

S'utilitza la distribució de tensions coneguda com paràbola-rectangle, descrita a l'apartat 39.5.a) de la EHE [1].



Per a l'acer s'utilitza el diagrama bilineal descrit al apartat 38.2. de la EHE [1].

¹ Apartat 4.2.1. Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]



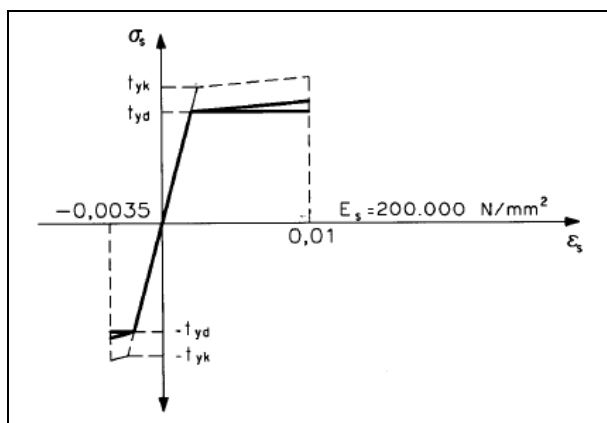


Figura 6-1 Diagrama tensió-deformació de càlcul per armadures passives

6.6.1.2. 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 [1].

6.6.2. Verificació dels estats límits de servei

Per al control de les deformacions als forjats de formigó armat s'empren els límits establerts als comentaris de l'apartat 50.1 de la EHE [1] ja que són més restrictius que els del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3].

	Forjat
Limitació de fletxa a termini infinit	L / 250
Limitació de fletxa activa	L / 400 1,0 cm

Taula 6-10 Limitacions de fletxes

On L és la distància entre recolzaments

En el càlcul de les deformacions es suposa el següent procés constructiu, prenent com a temps zero el moment de formigonat de la coberta:

- Desapuntament als 28 dies.



- Replegament del material i construcció del paviment a partir dels dos mesos.
- Construcció dels tancaments i dels envans a partir dels tres mesos.
- Entrada en servei de l'estructura als sis mesos.

El control de fletxes es realitza a partir del càlcul de la deformada elàstica δ afectada per uns coeficients β amb l'objecte d'introduir correccions derivades d'aspectes importants a tenir en compte com les pèrdues de rigidesa que es produeix durant el procés constructiu degut a les fissuracions.

$$f = \beta \cdot \delta \quad (\text{Eq. 6.15})$$

Per al càlcul de la fletxa instantània es pot corregir la inèrcia de la secció per la inèrcia equivalent a partir de la fórmula empírica de Branson¹. En el llibre *Los forjados reticulares: diseño, análisis, construcción y patología*, el seu autor, Florentino Regalado Tesoro, exposa que es pot agafar un valor de β per a la fletxa instantània β_i entre 1,15 i 1,25.

La fletxa diferida es produeix per càrregues de llarga duració i resulta de les deformacions degudes a la fluència i a la retracció. Es pot obtenir a partir de la fletxa instantània multiplicant aquesta per un factor λ^2 :

$$f_{dif} = f_i \cdot \lambda \quad (\text{Eq. 6.16})$$

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho'} \quad (\text{Eq. 6.17})$$

On: ρ' Quantia geomètrica d'armadura de compressió referida a l'àrea de la secció útil en la secció de referència

ξ Coeficient que depèn de la duració de la càrrega

¹ Apartat 50.2.2.2. de la EHE [1]

² Apartat 50.2.2.3. de la EHE [1]



La fletxa total a termini infinit és la suma de la fletxa instantània i la fletxa diferida i, per tant, s'agafa com la fletxa instantània multiplicada per 2,5.

$$f_{\infty} = f_i + f_{dif} = f_i + f_i \cdot \lambda = f_i \cdot (1 + \lambda) \quad (\text{Eq. 6.18})$$

Aleshores la β de la fletxa a termini infinit β_{∞} és:

$$\beta_{\infty} = \beta_i + \beta_{dif} = \beta_i \cdot (1 + \lambda) \quad (\text{Eq. 6.19})$$

La fletxa activa és la produïda a partir d'un instant donat i pot afectar als elements construïts a partir d'aquest instant, com el cas dels envans. El seu valor és igual a la fletxa a termini infinit menys la existent en el moment en que es construeix l'element que es pot danyar.

$$\beta_{act} = 1,5 \cdot \beta_i \quad (\text{Eq. 6.20})$$

6.6.3. Plaques alveolars

Les plaques escollides són HORMIPRESA model NP12025 tipus 2505 (cantell total 30 cm, 25 cm de cantell de la placa més 5 cm de la capa de compressió)

Geometria, materials i accions

Valors característics i de càlcul:

Longitud total de la placa	$l_t = 8,30 \text{ m}$
Longitud de càlcul de la placa	$l_c = 8,00 \text{ m}$
Cantell total de la placa	$h = 0,30 \text{ m}$
Cantell total de la capa de compressió	$h_c = 0,05 \text{ m}$
Ample de la placa	$b = 1,20 \text{ m}$

Materials

Valors característics:

Resistència característica formigó pretensat HP-40/P/12/IIIb	$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
Resistència característica formigó capa compressió HA-30/F/IIa	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
Límit elàstic característic filferro de pretensat Y 1770 C	$f_{pyk} = 1540 \text{ MPa}$



Límit elàstic característic cordons de pretensat Y 1860 C $f_{cyk}=1710$ MPa

Límit elàstic armadura passiva B-500 S $f_{yk}=500$ MPa

Coefficients parcials de seguretat dels materials:

Estats límits últims:

Formigó $\gamma_c=1,50$

Acer $\gamma_s=1,15$

Estats límits de servei:

Formigó $\gamma_c=1,00$

Acer $\gamma_s=1,00$

Valors de càlcul:

Resistència a compressió formigó de la placa $f_{cd}=26,66$ MPa

Resistència a compressió formigó de la capa de compressió $f_{cd}=20,00$ MPa

Resistència a tracció formigó de la placa $f_{ct,d}=1,90$ MPa

Resistència a tracció formigó de la capa de compressió $f_{ct,d}=1,35$ MPa

Límit elàstic de càlcul filferro de pretensat Y 1770 C $f_{pyd}=1339,1$ MPa

Límit elàstic de càlcul cordons de pretensat Y 1860 C $f_{pyd}=1486,1$ MPa

Límit elàstic de càlcul armadura passiva $f_{yd}=435$ MPa

Tensió inicial de pretensat en les armadures actives $\sigma_p = 1320$ MPa

Les accions a les que estan sotmesos el forjat de planta pis com el de planta coberta queda detallat en l'apartat 6.2 Accions considerades al càlcul.

Sol·licitacions:

Estats límit últims:

Càrrega total majorada per m²

Planta coberta: $q=12,01$ KN/m²



	Planta Pis:	$q=16,82 \text{ KN/m}^2$
Càrrega total majorada per ml de placa	Planta coberta:	$q=14,41 \text{ KN/m}$
	Planta Pis:	$q=20,18 \text{ KN/m}$
Moment flector de càlcul ($M=q\ell^2/8$)	Planta coberta:	$M_d=158,51 \text{ kNm}$
	Planta Pis:	$M_d=161,44 \text{ kNm}$
Esforç tallant de càlcul ($V=q\ell/2$)	Planta coberta:	$V_d=57,64 \text{ kN}$
	Planta Pis:	$V_d=80,72 \text{ kN}$

Estats límit de servei:

Càrrega total per m^2	Planta coberta:	$q=8,21 \text{ KN/m}^2$
	Planta Pis:	$q=11,31 \text{ KN/m}^2$
Càrrega total per ml de placa	Planta coberta:	$q=9,85 \text{ KN/m}$
	Planta Pis:	$q=13,57 \text{ KN/m}$
Moment flector de càlcul ($M=q\ell^2/8$)	Planta coberta:	$M_d=78,80 \text{ kNm}$
	Planta Pis:	$M_d=108,56 \text{ kNm}$
Esforç tallant de càlcul ($V=q\ell/2$)	Planta coberta:	$V_d=39,40 \text{ kN}$
	Planta Pis:	$V_d=54,28 \text{ kN}$

Armadura de la capa de compressió:

Àrea mínima (cm^2/m) de l'armadura de repartiment és en funció de l'espessor de la capa de compressió del formigó "in situ" (h_c en mm) i de l'acer utilitzat (f_{yd} en MPa)

En planta coberta: En la direcció paral·lela als nervis: $A_1 \geq 25 \cdot h_c / f_{yd} = 2,88 \text{ mm}^2/\text{m}$

En la direcció perpendicular als nervis: $A_1 \geq h_c / f_{yd} = 5,75 \text{ mm}^2/\text{m}$

En planta pis: En la direcció paral·lela als nervis: $A_1 \geq 25 \cdot h_c / f_{yd} = 2,88 \text{ mm}^2/\text{m}$

En la direcció perpendicular als nervis: $A_1 \geq h_c / f_{yd} = 5,75 \text{ mm}^2/\text{m}$

S'opta per un engraellat de $1\Phi 5$ en una malla de 15×30 .



Estats límits últims (situacions permanents o transitòries):

Estat límit d'esgotament davant de sol·licitacions normals:

Es comprova que: $M_d \leq M_u$

Moment flector de càlcul:	Planta coberta:	$M_d=158,51$ kNm
	Planta Pis:	$M_d=161,44$ kNm
Moment últim de la secció composta (placa+capa compressió):		$M_u=164,70$ kNm

Per tant, com que tant en la planta de coberta com en la planta pis $M_d \leq M_u$, la placa compleix l'estat límit últim d'esgotament davant de les sol·licitacions normals.

Estat límit d'esgotament davant de tallant:

Segons l'article 44.2.3 de la EHE les comprovacions relatives a l'Estat Límit d'Esgotament per esforç tallant poden portar-se a terme a partir de l'esforç tallant efectiu V_d havent de complir les següents condicions:

$$V_d \leq V_{u1} \qquad V_d \leq V_{u2}$$

Sent: V_d : Valor de càlcul de l'esforç tallant produït per reaccions exteriors.

V_{u1} : Esforç tallant d'esgotament per compressió obliqua de l'ànima.

V_{u2} : Esforç tallant d'esgotament per tracció de l'ànima.

V_{u1} : La comprovació es realitza en el límit del recolzament des de l'eix del recolzament. En aquest cas el valor de V_{u1} és: 184,60 MPa

V_{u2} : La comprovació es realitza a una distància d'un cantell útil del límit del recolzament, des de l'eix del recolzament. El valor de V_{u2} és: 163,30 MPa

Comprovació:	Planta coberta:	$V_d=57,64$ kN < $V_{u1}=184,60$ MPa
		$V_d=57,64$ kN < $V_{u2}=163,30$ MPa
	Planta Pis:	$V_d=80,72$ kN < $V_{u1}=184,60$ MPa
		$V_d=80,72$ kN < $V_{u2}=163,30$ MPa

Estat límit d'esgotament per esforç rasant:



El tallant a un cantell útil des del límit del recolzament degut a totes les càrregues és:

Planta coberta: $V_d = 55,21$ kN

Planta Pis: $V_d = 38,69$ kN

S'ha de comprovar que $\tau_{rd} \leq \tau_{md}$.

Segons l'article 47º de la norma EHE, la tensió rasant de la junta τ_{rd} és:

$$\tau_{rd} = V_d / (p \cdot z) \quad \text{on} \quad p: \text{ ample de la peça} \quad (\text{Eq. 6.21})$$

z : braç mecànic

τ_{rd} en Planta coberta = 0,18 MPa i en Planta Pis = 0,25 MPa

Segons l'article 47.2 de la EHE, la tensió rasant ha de complir:

$$\tau_{md} = \beta \cdot f_{ct} \quad (\text{Eq. 6.22})$$

$$f_{ct} = 0,21 \cdot (f_{cd}^2 / 1,50)^{1/3} \quad (\text{Eq. 6.23})$$

$\beta = 0,4$ rugositat alta (segons taula 47.2 EHE)

τ_{md} en Planta coberta = 0,50 MPa i en Planta Pis = 0,50 MPa

En ambdós plantes es compleix la condició necessària per afirmar que la tensió rasant entre la capa de compressió i la placa és correcta.

Estats límits de servei:

En els càlculs necessaris per a la comprovació d'aquest Estat Límit de Servei davant de càrregues totals, les tensions s'obtenen com a suma de les originades en cada fase de construcció, tenint en compte les càrregues aplicades, les combinacions de sustentació i les seccions resistents en cada fase.

S'ha de comprovar que $M_p \leq M_{o2}$, on M_{o2} és el moment que produeix una fissura de 0,2 mm en la fibra superior/inferior de la secció i ve donat pel full de característiques de la placa alveolar. En aquest cas $M_{o2} = 148,70$ kNm

Aquestes hipòtesis es poden avaluar a partir de la Hipòtesis de Navier (Article 15.1 de *EFHE: Instrucció para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados*). Per a les seccions sotmeses a moments positius el moment de comprovació és:



$$M_p = (\alpha(g_1 + (1 - k_1) \cdot g_2 \cdot l^2 / 8) + (g_3 + q) \cdot l^2 / 8) \quad (\text{Eq. 6.24})$$

On :

α : relació entre els mòduls resistents 1,47

k_1 : Coeficient d'apuntament

g_1 : Pes propi de la placa

g_2 : Pes capa de compressió

g_3 : Càrregues permanents

q : Sobrecàrrega d'ús

El resultat que s'obté és en Planta coberta $M_p=84,33$ kNm i en Planta Pis $M_p=109,13$ kNm. Ambdós inferiors a $M_{o2}=148,70$ kNm.

Per tant, es dedueix que la placa no es fisurarà a llarg termini amb la totalitat de les accions actuant.

Resistència al foc :

En l'aplicació segons el que disposa l'article 7 de la EHE [1], per el cas de lloses alveolars, es consulta a la taula A.7.7 que facilitat els recobriments mínims d'armadures en funció del grau de resistència exigít i el cantell dels elements per a lloses massisses.

Per a una resistència al foc normalitzada REI-90, és necessari un espessor mínim de 100 mm i un recobriment de 25 mm. A més a més, per tractar-se de peces amb armadura inferior constituïda per filferros pretensats, s'incrementarà els recobriments en 10 mm. És a dir que la peça tindrà un recobriment major de 35 mm.

6.6.4. Bigues formigó armat in situ.

Les bigues es calculen suposant-les com a bigues continues que segueixen el sentit longitudinal del volum d'oficines.

Les accions a les que estan sotmeses les bigues tant de planta pis com el de planta coberta queden detallades en l'apartat 6.2 Accions considerades al càlcul.

Després del seu càlcul i dimensionat es té que seran unes bigues de cantell de 40cm de base per 60mm de cantell i armades segons els plànols d'estructura de l'annex F (plànols E-006 i E-008)



Els resultats es mostren en l'annex B.1.2. "Càlcul bigues recolzament."

6.6.5. Pilars

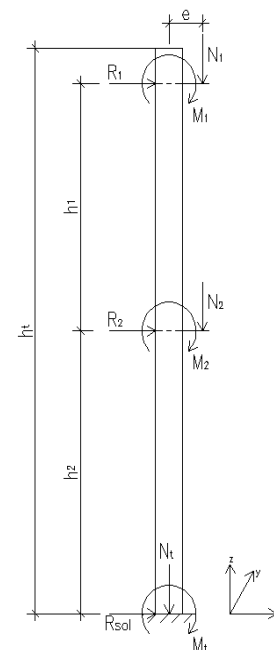
Pel dimensionament dels pilars de formigó "in situ" es realitza el càlcul de les reaccions que té cada pilar tant en coberta, com en la planta pis, com en la base del pilar. A partir d'aquí i mitjançant el prontuari del formigó es dimensionaran les seccions.

Es separen diferents hipòtesis de càlcul:

- Pilars de cantonada: P1, P2, P11 i P12

En aquests pilars no hi ha vinclament ja que estan arriestrats en ambdues direccions.

- Comb.A : $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot sús + 1,5 \cdot 0,6 \cdot vent \ OX$
- Comb.B: $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot sús + 1,5 \cdot 0,6 \cdot vent \ OX$
- Comb.C:
 - Coberta $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,5 \cdot sús + 1,5 \cdot vent \ OX$
 - Pis $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,7 \cdot sús + 1,5 \cdot vent \ OX$
- Comb.D:
 - Coberta $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,5 \cdot sús + 1,5 \cdot vent \ OY$
 - Pis $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,7 \cdot sús + 1,5 \cdot vent \ OY$



Taula 6-11 Accions sobre pilars: P1, P2, P11, P12

- Pilars de vora: P3, P4, P9, P10

P3 i P9 pilars sotmesos a vent i amb existència de vinclament

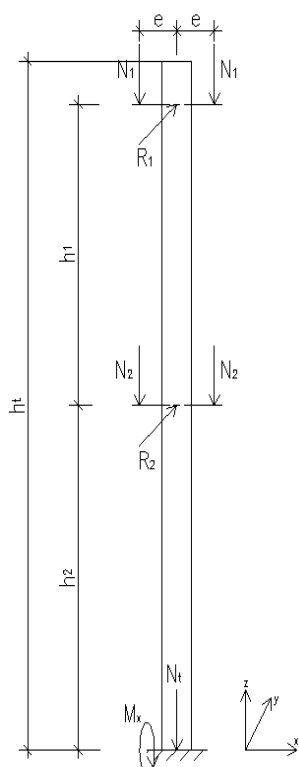
- Comb.A : $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot sús \ esq + 1,5 \cdot sús \ dret + 1,5 \cdot 0,6 \cdot vent$
- Comb.B: $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot sús \ esq + 1,5 \cdot vent$
- Comb. C:



- Coberta N= $1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{sús dret} + 1,5 \cdot \text{vent}$
- Pis $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,7 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot \text{sús dret} + 1,5 \cdot \text{vent}$
- Comb D:
 - Coberta N= $1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot \text{vent}$
 - Pis $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,7 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot \text{vent}$
- Comb E: $N = 0,80 \cdot pp + 0,80 \cdot cp + 1,5 \cdot \text{vent}$

P4 i P10 sense vent i amb existència de vinclament

De mode explicatiu es mostra a continuació el càlcul de l'axil, tallant i moment, tant en la base de la planta pis, com en la base del pilar en el cas de vinclament.



Càlcul excentricitat:

$$e_x = M_x / N \quad (\text{Eq. 6.25})$$

$$e_y = M_y / N \quad (\text{Eq. 6.26})$$

$$e_{\text{TOT}} = e_a + e_x \quad (\text{Eq. 6.27})$$

on :

e_a : excentricitat accidental que serveix per tenir en compte els efectes de segon ordre

e_x : excentricitat major entre e_x i e_y

Càlcul de l'excentricitat accidental e_a

Taula 6-12 Accions sobre pilars: P3, P4, P9, P10

Si l'esveltesa mecànica és $35 < \lambda < 100$ es pot utilitzar el mètode aproximat descrit en l'article 43.5.2 de la EHE [1].

Càlcul de l'esveltesa mecànica: λ



$$\lambda = l_0 / i \quad (\text{Eq. 6.28})$$

on l_0 : longitud de vinclament $l_0 = \beta \cdot l = 1,40 \cdot 7,5 = 10,50 \text{ m}$

$$\text{on } \beta = \sqrt{\sum_1^2 \alpha_i \cdot \beta_i}, \quad \alpha_i = \frac{P_i}{\sum P_i} \text{ on } P_i \text{ són les reaccions que arriben}$$

als pilars en els diferents nivells. Per tant $P_T \cdot \beta^2 = \sum_1^2 P_i \cdot \beta_i$. El valor de β resultant és 1,40

$$i: \text{radi de gir} \quad i = h / (12)^{1/2} = 0,14$$

Per tant $\lambda = 75 < 100$ es pot aplicar el mètode aproximat

Mètode aproximat per flexió composta recta:

$$e_a = (1 + 0,12 \cdot \beta) (\varepsilon_y + \varepsilon) ((h + 20e_e)(l_0^2) / (h + 10e_e)(50i_c)) \quad (\text{Eq. 6.29})$$

e_a : Excentricitat fictícia usada per representar els efectes de segon ordre

e_e : Excentricitat de càlcul de primer ordre equivalent. Per suports translacionals $e_e = e_x$

ε_y : Deformació de l'acer per a la tensió de càlcul. $\varepsilon_y = f_{yd} / E_s$

Càlcul de les accions resultants per dimensionar els pilars:

Per dimensionar els pilars són necessaris els valors de l'axil, del tallant i del moment. Tant l'axil, com el tallant són els calculats sense tenir en compte el vinclament. El moment resultant serà $M_d = M_x \cdot e_{TOT}$

- Pilars de vora: P5, P6, P7, P8 (Pilars amb 3 reaccions)

P3 i P9 pilars sotmesos a vent i amb existència de vinclament

- Comb.A : $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot \text{sús dret} + 1,5 \cdot \text{sús posterior} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{vent}$
- Comb.B: $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot \text{sús posterior} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{vent}$
- Comb. C:
 - Coberta $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{sús dret} + 1,5 \cdot \text{vent}$
 - Pis $N = 1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot 0,7 \cdot \text{sús esq} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot \text{sús dret} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot \text{sús posterior} + 1,5 \cdot \text{vent}$



- Comb D:

- Coberta $N= 1,35\cdot pp+1,35\cdot cp+1,5\cdot 0,5\cdot sús\ esq +1,5\cdot vent$

- Pis $N= 1,35\cdot pp+1,35\cdot cp+1,5\cdot sús\ esq+1,5\cdot 0,7\cdot sús\ posterior +1,5\cdot vent$

- Comb E: $N= 0,80\cdot pp+0,80\cdot cp+1,5\cdot vent$

P6 i P8 sense vent i amb existència de vinclament

Els resultats de les accions per les que es dimensionen els pilars són els següents (unitats en kN i kN·m):

PIL		PLANTA COBERTA				PLANTA PIS				PLANTA BAIXA				
		N	V	Mx	My	N	V	Mx	My	N	V	Mx	My	
P1	A	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	72,1	437,5	4,6	---	244,8	Flexió composta recta
	B	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	102,9	437,5	4,6	-69,8	175,0	Flexocompressió esbiaixada
	C	165,8	8,0	---	66,3	218,4	20,6	---	87,4	384,2	4,6	---	295,9	Flexió composta recta
	D	165,8	8,0	---	66,3	218,3	20,6	---	87,3	384,1	4,6	-142,2	153,3	Flexocompressió esbiaixada
P2	A	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	72,1	437,5	4,6	---	244,8	Flexió composta recta
	B	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	102,9	437,5	4,6	-69,8	175,0	Flexocompressió esbiaixada
	C	165,8	8,0	---	66,3	218,4	20,6	---	87,4	384,2	4,6	---	295,9	Flexió composta recta
	D	165,8	8,0	---	66,3	218,3	20,6	---	87,3	384,1	4,6	-142,2	153,3	Flexocompressió esbiaixada
P3	A	453,0	9,5	---	---	453,0	9,5	61,9	---	1038,5	34,4	371,7	---	Flexió composta recta
	B	432,3	9,5	---	---	466,7	24,8	60,8	38,9	899,0	9,3	354,8	242,7	Flexocompressió esbiaixada
	C	423,9	15,9	---	---	514,2	41,4	84,9	---	938,1	9,3	478,4	---	Flexió composta recta
	D	409,8	15,9	---	---	431,0	41,4	83,6	32,8	840,8	9,3	467,0	227,0	Flexocompressió esbiaixada
	E	234,3	15,9	---	---	206,1	41,4	72,5	---	440,4	57,3	387,3	---	Flexió composta recta
P4	A	453,0	0,0	---	---	453,0	0,0	---	17,8	1038,5	0,0	113,6	---	Flexió composta recta
	B	432,3	0,0	---	---	466,7	0,0	0,0	30,3	899,0	0,0	0,0	161,8	Flexió composta recta
	C	423,9	0,0	---	---	514,2	0,0	16,7	---	938,1	0,0	104,1	---	Flexió composta recta
	D	409,8	0,0	---	---	431,0	0,0	---	20,5	840,8	0,0	---	142,9	Flexió composta recta
	E	234,3	0,0	---	---	206,1	0,0	72,5	---	440,4	0,0	387,3	---	Flexió composta recta
P5	A	453,0	9,5	---	---	737,4	24,8	61,9	---	1190,3	34,4	516,8	---	Flexió composta recta
	B	424,2	9,5	---	---	737,3	24,8	59,4	38,2	1161,5	34,4	522,7	302,0	Flexocompressió esbiaixada
	C	424,2	15,9	---	---	620,8	41,4	140,0	---	1045,0	57,3	574,7	250,8	Flexocompressió esbiaixada
	D	424,2	15,9	---	---	656,4	41,4	84,8	42,4	1080,6	57,3	594,6	291,8	Flexocompressió esbiaixada
	E	234,3	15,9	---	---	234,3	15,9	72,5	---	440,6	57,3	387,4	---	Flexió composta recta
P6	A	453,0	0,0	---	---	737,4	0,0	17,8	---	1190,3	0,0	322,6	---	Flexió composta recta
	B	424,2	0,0	---	---	737,3	0,0	---	28,2	1161,5	0,0	325,2	278,8	Flexocompressió esbiaixada
	C	424,2	0,0	---	---	620,8	0,0	16,7	---	1045,0	0,0	261,2	219,4	Flexocompressió esbiaixada
	D	424,2	0,0	---	---	656,4	0,0	---	28,2	1080,6	0,0	270,2	248,5	Flexocompressió esbiaixada
	E	234,3	0,0	---	---	234,3	0,0	9,2	---	440,6	0,0	53,1	---	Flexió composta recta
P7	A	453,0	9,5	---	---	737,4	24,8	61,9	---	1190,3	34,4	516,8	---	Flexió composta recta
	B	424,2	9,5	---	---	737,3	24,8	59,4	38,2	1161,5	34,4	522,7	302,0	Flexocompressió esbiaixada
	C	424,2	15,9	---	---	620,8	41,4	140,0	---	1045,0	57,3	574,7	250,8	Flexocompressió esbiaixada
	D	424,2	15,9	---	---	656,4	41,4	84,8	42,4	1080,6	57,3	594,6	291,8	Flexocompressió esbiaixada
	E	234,3	15,9	---	---	234,3	15,9	72,5	---	440,6	57,3	387,4	---	Flexió composta recta



P8	A	453,0	0,0	---	---	737,4	0,0	17,8	---	1190,3	0,0	322,6	---	Flexió composta recta
	B	424,2	0,0	---	---	737,3	0,0	---	28,2	1161,5	0,0	325,2	278,8	Flexocompressió esbiaixada
	C	424,2	0,0	---	---	620,8	0,0	16,7	---	1045,0	0,0	261,2	219,4	Flexocompressió esbiaixada
	D	424,2	0,0	---	---	656,4	0,0	---	28,2	1080,6	0,0	270,2	248,5	Flexocompressió esbiaixada
	E	234,3	0,0	---	---	234,3	0,0	9,2	---	440,6	0,0	53,1	---	Flexió composta recta
P9	A	453,0	9,5	---	---	453,0	9,5	61,9	---	1038,5	34,4	371,7	---	Flexió composta recta
	B	432,3	9,5	---	---	466,7	24,8	60,8	38,9	899,0	9,3	354,8	242,7	Flexocompressió esbiaixada
	C	423,9	15,9	---	---	514,2	41,4	84,9	---	938,1	9,3	478,4	---	Flexió composta recta
	D	409,8	15,9	---	---	431,0	41,4	83,6	32,8	840,8	9,3	467,0	227,0	Flexocompressió esbiaixada
	E	234,3	15,9	---	---	206,1	41,4	72,5	---	440,4	57,3	387,3	---	Flexió composta recta
P10	A	453,0	0,0	---	---	453,0	0,0	---	17,8	1038,5	0,0	113,6	---	Flexió composta recta
	B	432,3	0,0	---	---	466,7	0,0	0,0	30,3	899,0	0,0	0,0	161,8	Flexió composta recta
	C	423,9	0,0	---	---	514,2	0,0	16,7	---	938,1	0,0	104,1	---	Flexió composta recta
	D	409,8	0,0	---	---	431,0	0,0	---	20,5	840,8	0,0	---	142,9	Flexió composta recta
	E	234,3	0,0	---	---	206,1	0,0	72,5	---	440,4	0,0	387,3	---	Flexió composta recta
P11	A	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	72,1	437,5	4,6	---	244,8	Flexió composta recta
	B	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	102,9	437,5	4,6	-69,8	175,0	Flexocompressió esbiaixada
	C	165,8	8,0	---	66,3	218,4	20,6	---	87,4	384,2	4,6	---	295,9	Flexió composta recta
	D	165,8	8,0	---	66,3	218,3	20,6	---	87,3	384,1	4,6	-142,2	153,3	Flexocompressió esbiaixada
P12	A	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	72,1	437,5	4,6	---	244,8	Flexió composta recta
	B	180,2	2,7	---	72,1	257,3	12,4	---	102,9	437,5	4,6	-69,8	175,0	Flexocompressió esbiaixada
	C	165,8	8,0	---	66,3	218,4	20,6	---	87,4	384,2	4,6	---	295,9	Flexió composta recta
	D	165,8	8,0	---	66,3	218,3	20,6	---	87,3	384,1	4,6	-142,2	153,3	Flexocompressió esbiaixada

Tal i com descriuen els articles 42.3.2. *Flexión simple o compuesta* i l'article 43.5.2 *Mètode aproximado. Flexión compuesta recta* i l'article 43.5.3 *Método aproximado. Flexión compuesta esviada* de la EHE [1] es calcula el seu dimensionament i els seu armat.

Així doncs el dimensionament dels pilars i el seu armat serà:

	PLANTA COBERTA			PLANTA PIS			PLANTA BAIXA		
	Armat			Armat			Armat		
	Dim.	Armat	Estrebs	Dim.	Armat	Estrebs	Dim.	Armat	Estrebs
P1	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)
P2	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)
P3	50x50	12Φ12	Φ8/20 (4r)	50x50	12Φ12	Φ8/20 (4r)	60x60	12Φ20	Φ8/20 (4r)
P4	50x40	8Φ12	Φ8/20 (4r)	50x40	8Φ12	Φ8/20 (4r)	50x40	8Φ12	Φ8/20 (4r)
P5	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	60x60	12Φ20	Φ10/20 (4r)
P6	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	60x60	12Φ20	Φ10/20 (4r)
P7	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	60x60	12Φ20	Φ10/20 (4r)
P8	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	60x60	12Φ20	Φ10/20 (4r)
P9	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	60x60	12Φ20	Φ10/20 (4r)
P10	50x40	8Φ12	Φ8/20 (4r)	50x40	8Φ12	Φ8/20 (4r)	50x40	8Φ12	Φ8/20 (4r)
P11	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)
P12	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)	50x50	12Φ16	Φ10/20 (4r)



6.7. Programes informàtics de càlcul

Tots els càlculs del volum d'oficines descrits es realitzen mitjançant els següents programes:

Programa	Descripció	Autor o Distribuïdor
Wineva 6.03	Càlcul d'estructures genèriques per barres	ETSAV, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès. UPC
Prontuario Informático del Hormigón Estructural 3.0	Prontuari informàtic del formigó estructural	Instituto Espanyol del Cemento y sus Aplicaciones UPM, ETSICCP, Unidad Docente de Hormigón Estructural
CypeCAD 2007.1	Càlcul d'edificis de formigó armat i metàl·lics	CYPE Ingenieros, S.A. Avda. Eusebio Sempere, 5 03003 Alacant

Taula 6-13 Programes informàtics de càlcul utilitzats



7. Volum industrial

7.1. Normes d'aplicació

NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación [2].

Código Técnico de la Edificación DB-SE / Seguridad Estructural [3].

Código Técnico de la Edificación DB-SE-A / Acero [5].

Código Técnico de la Edificación DB-SE-AE / Acciones en la edificación [6].

Código Técnico de la Edificación DB-SI / Seguridad en caso de incendio [4].

7.2. Accions considerades en el càlcul

7.2.1. Accions permanents

Són aquelles càrregues que actuen en tot moment i són constants en magnitud i posició.

7.2.1.1. Pes propi

S'entén com a càrrega de pes propi aquella produïda per la gravetat de la massa dels elements constructius.

7.2.2. Accions variables

Són aquelles càrregues que poden actuar o no sobre l'estructura.



7.2.2.1. Sobrecàrrega d'ús

7.2.2.2. Vent

Per determinar la hipòtesis de vent es calculen les accions a partir dels articulats del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación [6].

L'acció de vent q_e es considera com una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, de valor¹:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (\text{Eq. 7.1})$$

q_b és la pressió dinàmica del vent obtinguda mitjançant l'annex D del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación [6] en funció de l'emplaçament geogràfic de l'obra.

- Emplaçament: Caldes de Montbui (Barcelona), zona C
- Velocitat bàsica del vent: $v_b = 29 \text{ m/s}$
- Pressió dinàmica del vent: $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$

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'annex D, apartat D.2 del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación [6].

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) \quad (\text{Eq. 7.2})$$

$$F = k \ln(\max(z, Z)/L) \quad (\text{Eq. 7.3})$$

Sent k , L , Z els paràmetres característics de cada tipus d'entorn, segons la taula D.2 del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación [6].

El grau de fragositat de l'entorn: Zona IV (zona urbana en general, industrial o forestal).

¹ Segons l'apartat 3.3 del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación [6]



$$k = 0,22$$

$$L(m) = 0,3$$

$$Z(m) = 5,0$$

$$F = 0,22 \ln(\max(z,5)/0,3)$$

$$c_e = 0,22 \ln(\max(z,5)/0,3) (0,22 \ln(\max(z,5)/0,3) + 7 \cdot k)$$

$$c_e = 1,78$$

c_p és el coeficient eòlic o de pressió, depenent de la forma i orientació de la superfície respecte al vent. Aquests valors s'obtenen a partir de l'annex D del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]. Aquests valors queden detallats en l'annex A.3 d'aquest projecte.

- Per a paraments verticals:

Seguint la taula D.1 i tenint en compte que el vent pot tenir els sentits $-OX$, OY i $-OY$ es troben els diferents valors de pressió i succió per poder dimensionar els paràmetres verticals.

El valor d'aquestes accions es mostren en l'Annex A.3

- Per a la coberta:

Els valors dels coeficients eòlics de pressió i succió s'obtenen a partir de l'annex D del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]. S'agafa com a model la coberta a dos aigües amb una pendent del $11,31^\circ$ (mitjançant interpolació entre els valors corresponents a una pendent de 5° i una pendent de 15°). Tal com s'explica en l'apartat D.4, s'aporten valors de diferent signe separats, l'acció de vent pot ser de succió o de pressió i per tant s'ha de considerar les dues possibilitats.

El valor d'aquestes accions es poden veure en l'Annex A.3 "Càrregues eòliques"



7.2.2.3. Accions tèrmiques

No es consideren perquè la dimensió màxima de la planta no supera els 40 m de longitud¹.

7.2.2.4. Neu

Com valor de la càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal, q_n pot prendre's per a cada faldó:

$$q_n = \mu \cdot s_k \quad (\text{Eq. 7.4})$$

μ és un coeficient en funció de la forma de la coberta². En el cas d'un faldó limitat inferiorment per cornises o careners sense impediment al lliscament de la neu i inclinació inferior a 30° i la semisuma de les inclinacions β és inferior de 30°:

- Factor de forma en faldó: $\mu = 1 + \beta/30^\circ$

s_k és el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal segons l'apartat 3.5.2 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6] (annex E, taula E.2).

- Caldes de Montbui (Barcelona)
- Zona de clima hivernal: 2
- Altitud: 203 m

Sobrecàrrega horitzontal de neu: $s_k = 0.75 \text{ kN/m}^2$

Atès que la ubicació de la construcció és inferior als 1.000 m no es considera simultàniament a l'anterior una càrrega lineal en la vora de l'element de valor.

¹ Segons l'apartat 3.3.1.3 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]

² Segons l'apartat 3.5.3 del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]



Per tant la càrrega de neu de càlcul serà:

$$q_n = \mu \cdot s_k = (1 + (11.3 / 30)) \cdot 0.5 = 0.68 \text{ kN} / \text{m}^2$$

7.2.3. Accions accidentals

7.2.3.1. Sisme

Segons la norma NCSE-02 “Norma de Construcció Sismorresistente: Parte General y Edificación” [2], l’acceleració bàsica en la zona de l’obra, Caldes de Montbui (Barcelona) és de 0,04·g. Donat que l’acceleració sísmica bàsica és igual a 0,04·g, l’edifici es considera d’importància normal, els pòrtics estan ben arriostrats i el número de plantes sobre rasant és inferior a 7, l’aplicació de la normativa sismorresistent no és obligatòria (apartat 1.2.3.). Tal i com es detalla en el punt 6.4 d’aquesta memòria.

Per tant, degut a que l’aplicació de la normativa sismorresistent no és obligatòria, no es consideren accions degudes al sisme.

7.2.3.2. Incendi

La resistència al foc indica el temps durant el qual l’element constructiu ha de mantenir unes característiques de comportament mínimes: l’estabilitat o capacitat portant, l’absència d’emissió de gasos inflamables per la cara no exposada, l’estanqueïtat al pas de les flames o gasos calents i la resistència tèrmica suficient per impedir que es produeixin en la cara no exposada temperatures superiors a les que estableix la norma UNE 23 093.

7.3. Combinació d’accions

7.3.1. Notacions

A_d	Valor de càlcul d’una acció accidental
G_k	Valor característic d’una acció permanent
Q_k	Valor característic d’una acció variable simple
γ_G	Coefficient parcial per una acció permanent
γ_Q	Coefficient parcial per una acció variable
ψ_0	Coefficient pel valor de combinació d’una acció variable



ψ_1 Coeficient pel valor freqüent d'una acció variable

ψ_2 Coeficient pel valor casi permanent d'una acció variable

7.3.2. Capacitat portant

7.3.2.1. Combinació d'accions persistents o transitòries

S'estima el valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació persistent o transitòria segons l'expressió¹:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 7.5})$$

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 ($\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$)

7.3.2.2. Combinació d'accions extraordinàries

S'estima el valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació extraordinària segons l'expressió²:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot \Psi_{2,1} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 7.6})$$

On es considera l'actuació simultània de:

¹ Segons l'apartat 4.2.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]

² Segons l'apartat 4.2.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]



- 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, γ , són iguals a la unitat si el seu efecte és favorable, o zero si és desfavorable, en els termes anteriors.

7.3.2.3. Combinació d'accions sísmiques

En els casos en els que l'acció accidental sigui l'acció sísmica, totes les accions variables concomitants es tindran en compte amb el seu valor quasi permanent, segons l'expressió¹:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,1} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 7.7})$$

7.3.3. Aptitud al servei

7.3.3.1. Combinació d'accions de llarga duració

Els efectes deguts a les accions de llarga duració, del tipus anomenat quasi permanent, a partir de l'expressió²:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 7.8})$$

On es considera l'actuació simultània de:

¹ Segons l'apartat 4.2.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]

² Segons l'apartat 4.3.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]



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

7.3.3.2. Combinació d'accions de curta duració reversibles

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'expressió¹:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,i} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Eq. 7.9})$$

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 ($\Psi_2 \cdot Q_k$)

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

S'aplica, segons Taula 4.1 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]:

¹ Segons l'apartat 4.3.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]



Tipus de verificació	Tipus d'acció	Situació persistent o transitòria	
		desfavorable	favorable
Resistència	Permanent		
	Pes propi, pes del terreny	1,35	0,80
	Empenta del terreny	1,35	0,70
	Pressió de l'aigua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilitat		desestabilitzadora	estabilitzadora
	Permanent		
	Pes propi, pes del terreny	1,10	0,90
	Empenta del terreny	1,35	0,80
	Pressió de l'aigua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

Taula 7-1 Coeficients parcials per a les accions



7.3.5. Coeficients de simultaneïtat (Ψ)

S'aplica, segons Taula 4.2 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]:

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecàrrega superficial d'ús ¹			
-Zones residencials (categoria A)	0,7	0,5	0,3
-Zones administratives (categoria B)	0,7	0,5	0,3
-Cobertes accessibles únicament per a manteniment (categoria G)	0	0	0
Neu (altituds >1000 m)	0,7	0,5	0,2
Vent	0,6	0,5	0

Taula 7-2 Coeficients de simultaneïtat

7.3.6. Resum de les combinacions

7.3.6.1. Capacitat portant

Combinació d'accions persistents o transitòries:

$$1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot sús + 1,5 \cdot 0,6 \cdot vent + 1,5 \cdot 0,7 \cdot neu$$

$$1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot vent + 1,5 \cdot 0,7 \cdot sús + 1,5 \cdot 0,7 \cdot neu$$

$$1,35 \cdot pp + 1,35 \cdot cp + 1,5 \cdot neu + 1,5 \cdot 0,6 \cdot vent + 1,5 \cdot 0,7 \cdot sús$$

¹ Categories segons el Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6]



Combinació d'accions extraordinàries:

No hi ha accions accidentals a considerar a part de les sísmiques.

Combinació d'accions sísmiques:

$$pp + cp + sisme + 0,2 \cdot neu + 0,3 \cdot sús + 0,0 \cdot vent$$

7.3.6.2. Aptitud al servei

Combinació d'accions de llarga duració:

$$pp + cp + 0,3 \cdot sús + 0,2 \cdot neu + 0,0 \cdot vent$$

Combinació d'accions de curta duració reversibles:

$$pp + cp + 0,5 \cdot sús + 0,0 \cdot vent + 0,2 \cdot neu$$

$$pp + cp + 0,5 \cdot vent + 0,3 \cdot sús + 0,2 \cdot neu$$

$$pp + cp + 0,5 \cdot neu + 0,0 \cdot vent + 0,3 \cdot sús$$

Combinació d'accions de curta duració irreversibles

$$pp + cp + sús + 0,6 \cdot vent + 0,7 \cdot neu$$

$$pp + cp + vent + 0,7 \cdot sús + 0,7 \cdot neu$$

$$pp + cp + neu + 0,6 \cdot vent + 0,7 \cdot sús$$

On: *pp* Càrregues degudes al pes propi

cp Càrregues permanents

vent Sobrecàrregues de vent

sús Sobrecàrregues d'ús

neu Sobrecàrregues de neu

sisme Acció sísmica



7.4. Materials del volum industrial

7.4.1. Acer laminat

7.4.1.1. Generalitats

L'acer utilitzat en el càlcul de l'estructura té una designació i característiques mecàniques¹ dependent del tipus d'element i que a continuació es descriuen.

7.4.1.2. Acer de xapes i perfils

- Designació: S275JR
- Tensió del límit elàstic f_y :

	Gruix nominal peça t [mm]		
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63
f_y [N/mm ²]	275	265	255

Taula 7-3 Tensió del límit elàstic

- Tensió de trencament: $f_u = 410 \text{ N/mm}^2$
- Mòdul d'elasticitat: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Mòdul de rigidesa: $G = 81000 \text{ N/mm}^2$
- Coeficient de Poisson: $\nu = 0,3$

¹ Segons el Documento Básico SE-A Acero [5]



- Coeficient de dilatació tèrmica: $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} (\text{°C})^{-1}$

- Densitat: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

7.4.1.3. Acer de cargols i femelles

Característiques mecàniques f_y i f_u :

Classe ¹	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Tensió de límit elàstic f_y [N/mm ²]	240	300	480	640	900
Tensió de trencament f_u [N/mm ²]	400	500	600	800	1000

Taula 7-4 Característiques mecàniques de l'acer

7.4.1.4. 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

7.4.1.5. Coeficients parcials de resistència

Seguint l'apartat 2.3.3. del Documento Básico SE-A Acero [5], es prenen els coeficients parcials de resistència de l'acer laminat següents:

$\gamma_{M0} = 1,05$ per al coeficient relatiu a la plastificació del material;

$\gamma_{M1} = 1,10$ per al coeficient relatiu als fenòmens d'inestabilitat;

$\gamma_{M2} = 1,25$ per al coeficient relatiu a la resistència última del material o secció, i a la resistència dels elements d'unió.

¹ Qualitats normalitzades per a acers de cargols segons norma ISO



7.4.1.6. Durabilitat

Per a la protecció de les parts d'acer en l'estructura i atès a les condicions de situació, ús, exposició i ventilació de l'edifici, i els materials i tipus de secció dels seus elements, es prescriuen les especificacions a complir per als mètodes de recobriment i protecció (metal·lització, galvanització, o pintura) i els corresponents sistemes d'aplicació, continguts en la norma UNE-ENV 1090-1:1997 per a cada un dels ambients en ella definits.

7.4.1.7. Resistència de càlcul

Es defineix com resistència de càlcul, f_{yd} , el quocient de la tensió del límit elàstic i el coeficient de seguretat relatiu del material:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M \quad (\text{Eq. 7.10})$$

La resistència de càlcul en les comprovacions de resistència última del material o la secció,

és: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M2}$ (Eq. 7.11)

$$f_{yd} = (275 \text{ N/mm}^2) / 1,25 = 220 \text{ N/mm}^2$$

7.4.1.8. Resistència al foc

S'estableix la resistència al foc que aporten els elements d'acer davant l'exposició tèrmica de la *corba normalitzada temps-temperatura* segons el mètode simplificat de càlcul del Documento Básico SI *Seguridad en caso de Incendio* [4] Annex D.

Totes les bigues i tirants de l'estructura rebran una protecció passiva mitjançant revestiments aïllants i resistent al foc constituïts per materials ceràmics, amb fibres aïllants i incombustibles o pintures intumescent amb característiques d'ús i aplicació a definir per la D.F., per aconseguir un temps estàndard de Resistència al foc normalitzada de **R30**.



7.5. Càlcul dels elements de l'estructura

L'anàlisi de les sol·licitacions es realitza mitjançant un càlcul espacial en tres dimensions, utilitzant Mètodes Matricials de Rigidesa. L'estructura es modelitza discretitzant-la en elements finits: barres (pels perfils metàl·lics).

Per als diversos estats de càrrega es realitza un càlcul estàtic de primer ordre en que s'assumeixen com a lineals tant el comportament dels materials com les deformacions de l'estructura front els esforços. Com els desplaçaments no són excessius no és necessari fer un càlcul de l'estructura de segon ordre (no linealitat geomètrica).

Per al mètode de càlcul d'esforços es forma un sistema matricial d'equacions lineals que relacionen els graus de llibertat, els desplaçaments, els girs dels nusos i dels nodes, amb les accions exteriors, les càrregues i les condicions de contorn.

$$[K] \cdot \{D\} = \{F\} \quad (\text{Eq. 7.12})$$

On: [K] Matriu de rigidesa de la estructura

{D} Vector de desplaçaments i girs dels nusos i dels nodes

{F} Vector de forces exteriors.

A partir dels desplaçaments i girs dels nusos i nodes obtinguts, s'obtenen els esforços i tensions de l'estructura.

Per a dimensionar tots els elements estructurals es busca complir els requisits d'estats límits últims i estats límits de servei.



7.5.1. Verificació dels estats límits últims

Per a verificar els estats límits últims s'ha de complir que la capacitat resistent de la estructura sigui suficient per suportar les accions en totes les combinacions¹:

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 7.13})$$

On: E_d Valor de càlcul de l'efecte de les accions

R_d Valor de càlcul de la resistència corresponent

Per al conjunt de l'estructura es comprovarà que compleixi l'estat límit últim d'inestabilitat.

S'utilitzaran per a l'anàlisi de les seccions, de les barres i de les unions, criteris de comprovació basats en distribucions elàstiques de tensions, sempre i quan en cap punt de la secció (considerant tant sols la secció eficaç en classe 4) les tensions de càlcul combinades segons el criteri de plastificació de Von Mises superin la resistència de càlcul. Aquesta condició, per a un punt qualsevol sotmès a un estat pla de tensió, s'expressa tal i com segueix:

$$\left(\sigma_{xd}^2 + \sigma_{zd}^2 + \sigma_{xd} \cdot \sigma_{zd} + 3 \cdot \tau_{xzd}^2 \right)^{1/2} \leq f_{yd} \quad (\text{Eq. 7.14})$$

La comprovació de la resistència de les seccions es fa d'acord amb l'apartat 6.2 del Documento Básico SE-A Acero [5]. La capacitat resistent de les seccions depèn de la classe d'aquesta². Per a la distribució de tensions es prenen criteris plàstics per a seccions de classe 1 i 2, criteris elàstics per a seccions de classe 3 i 4, en aquesta última utilitzant la secció eficaç. Es comprova la resistència a tracció, tallant, compressió, flexió, torsió i la interacció dels esforços.

¹ Apartat 4.2.1. Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3]

² Apartat 6.2.1 del Documento Básico SE-A Acero [5]



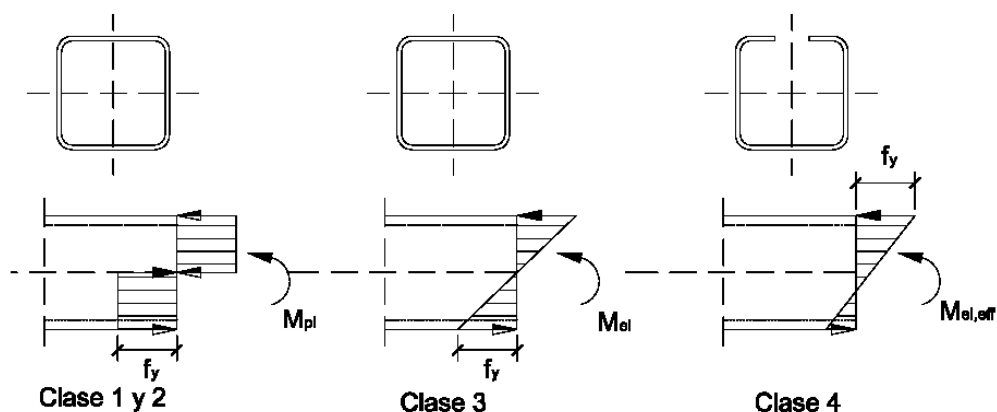


Figura 7-1 Models admesos de distribució de tensions: cas de flexió pura¹

La comprovació de la resistència de les barres es fa d'acord amb l'apartat 6.3 del Documento Básico SE-A *Acero* [5]. Es comprova la resistència a tracció, compressió i la interacció dels esforços.

7.5.2. Verificació dels estats límits de servei

L'apartat 4.3.3.1 del Documento Básico SE *Seguridad Estructural* [3] admet que l'estructura horitzontal d'un trespol 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 Figura 6.1 del Documento Básico SE-A *Acero* [5]



- 1/500 en bigues i biguetes de forjat que suporten murs de fàbrica.
 - 1/400 en bigues de més de 5 metres de llum que no suporten murs de fàbrica.
 - 1/300 en bigues de menys de 5 metres de llum i biguetes de forjat que no suporten murs de fàbrica.
 - 1/250 en bigues i biguetes de coberta
- 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.

Els elements fonamentals de l'estructura metàl·lica són:

- Tancaments de coberta i de façana que formen el tancament superior i lateral i aïllen la construcció dels agents atmosfèrics.
- Corretges de coberta i façana que reben i transmeten les càrregues que arriben tant a la coberta com a la façana als elements principals.
- Armadures de coberta: Llindar de façana o encavallades interiors. Aquests elements tenen un disseny com a bigues simples o com entramats de barres.
- Arriostaments de coberta i laterals, que són els elements que donen estabilitat a l'estructura davant de les accions horitzontals.
- Pilars metàl·lics.

Per resistir el vent perpendicular als pòrtics principals, es calcula l'arriostament de coberta i façanes amb la funció de transmetre els esforços horitzontals a la fonamentació.

Les parts de l'estructura metàl·lica que s'ha predimensionat i calculat de manera independent però mantenint la connexió entre elles fent que les reaccions d'unes siguin les càrregues en les altres.



7.5.3. Tancaments de coberta i de façana

Els tancaments escollits tant pel tancament de coberta com pel tancament de façana són xapes d'acer galvanitzat de l'empresa INCOFLUID.

En el cas del tancament de façana s'ha escollit una xapa INCOFLUID 19/76/1064 MINIONA amb un espessor de 1,20 mm i un pes de 11,06 Kg/m².

Pel tancament de coberta s'ha escollit una xapa INCOFLUID 30/210/1050 amb un espessor de 1,20 mm i un pes de 11,21 Kg/m²

7.5.4. Corretges de façana

A partir de les fitxes de característiques tècniques del tancament de façana i la càrrega de vent que rep cada façana es determina la distància màxima entre corretges de façana.

A partir d'aquesta distància màxima i suposant cada corretja com una biga birrecolzada, es dimensiona el perfil necessari.

El perfil resultant és una UPE 200 per les façanes nord i sud, i un perfil UPE 160 per la façana est.

7.5.5. Corretges de coberta

A partir de les fitxes de característiques tècniques del tancament de coberta es determina la distància màxima entre corretges de façana. Aquesta separació màxima que accepta el tancament de coberta és de 1,70.

Es calculen les corretges de coberta amb una distància màxima entre elles de 1,70 m, tenint en compte que són bigues birrecolzades.

Tal i com es veu en l'annex B.2.1, aquestes corretges han estat calculades segons les diverses zones de vent que indica el Codi Tècnic i tenint en compte que són corretges inclinades i que per tant la càrrega de vent s'ha de descomposar en ambdós sentits.

Tenint en compte que les càrregues eòliques de coberta són molt diferents entre si, es dimensionaran les corretges per cada càrrega de vent, escollint al final el perfil major.

El perfil resultant és un IPE 220 cada 1,70m, els quals es subjecten la biga superior de les encavallades mitjançant pernns.



7.5.6. Armadures de coberta

S'han calculat 2 tipus diferents d'armadures de coberta. Les encavallades interiors i el llindar de façana.

Llindar de façana

Aquesta encavallada és la que rep tota la càrrega de vent i queda recolzada pels pilars de façana, amb una llum entre pilars de 5m.

Tal i com s'observa en la figura B.2.4, aquest llindar s'ha modelitzat com una biga continua.

Un cop calculat el model obtenim que aquest llindar serà un perfil IPE 240.

Encavallades interiors:

Les encavallades interiors es dissenyen tenint en compte que han de cobrir una llum de 20m tal i com es mostra en la figura B.2.3.

Les càrregues que es rebrà a cada nus de la biga encavallada són les reaccions de les diferents biguetes de coberta que recolzen en cada punt del perfil superior.

Aquesta encavallada estarà constituïda per un perfil IPE 270 en el cordó superior, un perfil IPE 180 en el cordó inferior, les bigues verticals seran IPE 100 i les diagonals IPE 80.

7.5.7. Biga d'arriostament de coberta i arriostament de façana

Per evitar els possibles moviments que pugui tenir l'estructura i per transmetre les càrregues de vent i les seves reaccions cap a la fonamentació es dissenya una biga d'arriostament a la coberta.

En la figura B.2.4 es presenta el model en SAP de la biga d'arriostament de coberta. Els recolzaments que queden grafiats a la figura representen els pilars M6 i M8 d'on un cop calculada la biga s'en pot treure les reaccions d'aquests dos recolzaments.

Aquestes reaccions serviran per calcular els arriostaments de façana (creus de Sant Andreu)

La funció d'aquesta biga és que les traccions i compressions que apareguin es transmetin a través de les diagonals fins arribar als pilars de façana.

En el cas de les creus de Sant Andreu es dimensionaran igual per a cada costat tant si són a pressió com a succió, perquè evitar que hi hagi errors en el moment de la seva execució a obra.



7.5.8. Pilars

Els pilars seran HEB 300.

Tots els pilars queden perfectament arriostrats en sentit transversal gràcies a les encavallades interiors i al llindar de façana. Per tal de que els pilars quedin també arriostrats en el sentit transversal es proposa soldar una biga entre pilar i pilar, que en el cas dels pilars centrals serà una HEB 200 i en el cas dels pilars de façana serà una HEB 160. (Detalls constructius especificats en plànols E-012 fins E-017)

En un principi s'havia pensat en treballar amb 2 perfils UPN 180 amb platabandes d'unió, però tenint en compte que el procés industrial que s'hi durà a terme provoca deixalles s'opta per perfils oberts.

Aquests pilars metàl·lics han de suportar els esforços que s'indiquen en l'annex B.2.2

7.5.9. Unions

Qualsevol unió ha de resistir com a mínim un 50% de la resistència última de les barres concurrents en les unions rígides i un 33% de l'axil o tallant últim de les barres concurrents en el cas de les unions articulades.

En el disseny de les unions dels perfils metàl·lics en el volum industrial s'ha treballat en dos tipus d'unions entre perfils, les unions soldades a topall i les unions amb cargols.

Unions soldades a topall

Aquesta tipologia de soldadura és millor soldadura que la soldadura en angle, ja que el material d'aportació és de major resistència que el material base.

Tal i com mostren els quadres d'especificacions de soldadures en els plànols de detall de l'estructura metàl·lica, el cordó de soldadura queda definit segons el tipus de soldadura a topall que es realitzarà en obra sempre tenint en compte que el gola de soldadura ha de ser el 70% de l'amplada mínima dels dos perfils a unir.

7.5.10. Murs: Perimetral i fossats

Quantia mínima:

Es pren un mur d'ample 20 cm. Per a l'armat del mur s'ha de disposar d'una quantia geomètrica mínima, segons especifica la taula 42.3.5 de l'apartat 42.3.5 de la EHE [1]. Per a un mur amb acer B500S la quantia geomètrica mínima referida a la secció total de formigó serà:



- Armadura horitzontal: 3,2‰, a repartir entre les dues cares.
- Armadura vertical: 0,9‰, a la cara de tracció. Es recomana disposar una armadura mínima igual al 30% d'aquesta a l'altra cara.

Armadura horitzontal:

$$\frac{A_s}{b \cdot h} \geq \frac{3,2}{1000} \quad (\text{Eq. 7.15})$$

L'armadura mínima per metre d'alçada entre les dues cares és:

$$A_s \geq 3,2‰ \cdot 20\text{cm} \cdot 100\text{cm} = 6,4 \text{ cm}^2$$

Es disposarà un Ø10 c/20 cm a cada cara com a mínim.

Armadura vertical:

$$\frac{A_s}{b \cdot h} \geq \frac{0,9}{1000} \quad (\text{Eq. 7.16})$$

L'armadura mínima per metre d'ample a la cara de tracció és:

$$A_s \geq 0,9‰ \cdot 20\text{cm} \cdot 100\text{cm} = 1,8 \text{ cm}^2$$

Com pot haver-hi tracció a les dues cares es podria disposar un Ø10/20 a cada cara.

7.6. Programes informàtics de càlcul

Tots els càlculs del volum industrial descrits es realitzen mitjançant els següents programes:

Programa	Descripció	Autor o Distribuïdor
SAP 2000 NonLinear 11.0.8	Càlcul d'estructures genèriques per barres i elements finits	Computers and Structures, Inc. 2007 University Ave. BERKELEY, CA 94704 (EE.UU.)
Wineva 6.03	Càlcul d'estructures genèriques per barres	ETSAV, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès. UPC, Universitat Politècnica de Catalunya



El model de l'estructura per elements finits de l'encavallada, de la biga d'arriostament, de les bigues de la façana i el pòrtic arriostat de façana s'introdueixen en el programa SAP on es defineixen les característiques dels elements barres: material, secció i gruix. El pes propi dels elements queda, per tant, definit.

Es defineixen els diferents tipus de càrrega (permanent, sobrecàrrega d'ús, neu, vent, etc), així com les combinacions d'aquestes tant d'Estats Límits Últims com de Servei.

El mètode de càlcul utilitzat és el mètode d'equilibri basat en el concepte de rigidesa i en l'establiment de l'equilibri de cada nus.

Per a plantejar el sistema d'equacions de les forces i les deformacions han de complir les següents condicions:

1.- Les forces que actuen en els extrems de cada element i els moviments d'aquests extrems han de satisfer les equacions deduïdes del diagrama tensió-deformació del material del que està format l'element.

2.- Els moviments dels extrems de cada element han de ser compatibles amb els dels nusos els quals estan units a aquest element. Aquestes són les condicions de compatibilitat.

3.- Les forces que actuen en els extrems de cada peça han de ser tals, que es mantingui la peça en equilibri. És a dir, la resultant de les forces en els extrems de tots els elements que coincideixen en un nus qualsevol ha de ser igual a la càrrega exterior aplicada en aquest punt. Aquestes són les anomenades condicions d'equilibri.

Es considera un comportament lineal de l'estructura, és a dir, que els esforços i els moviments són funcions lineals de les càrregues aplicades. Aquesta hipòtesis de linealitat presenta dos avantatges importants:

1.- Simplifica notablement la feina real d'analitzar una estructura sota un sistema de càrregues.

2.- Permet la superposició de les solucions, amb el consegüent estalvi de càlcul, quan s'han de considerar molts estats de càrrega.

Resultats: Amb els càlculs efectuats s'obtenen els següents resultats per a cadascuna de les combinacions d'estats de càrrega desitjats:

Desplaçament i girs per a cadascun dels nusos

Esforços en els elements barra (axils, tallants i moments flectors)



Reaccions sobre els recolzaments.

Els pilars metàl·lics s'han introduït en el programa Wineva, on igual que en el programa SAP, es defineixen les característiques dels elements barres: material, secció i gruix.

El programa Wineva, és un programa de resolució d'estructures de barres en dues dimensions i destinat a la determinació i càlcul de les deformacions elàstiques i els esforços produïts en una estructura de barres.



8. Fonamentació

8.1. Dades del terreny

A partir dels resultats de l'estudi geotècnic realitzat per l'empresa GEOSOND, S.A. el terreny s'ha caracteritzat amb els següents paràmetres:

- Estrat H: nivell d'alteració superficial: arenes de gra mig amb abundant matriu argilosa marró i nòduls de pinyol, que té una consistència tova, tonalitats fosques i aspecte de terra d'alteració.

Cota: 0.00 / -1.40

Pes específic: $\gamma=19.20 \text{ kN/m}^3$

Angle de fregament intern: $\varphi'=28^\circ$

Cohesió: $c<0.001 \text{ MPa}$

- Estrat A: amalgama de nivells d'argila amb arenes i arenes argiloses amb tonalitats marrons, entre les que hi ha zones amb ramificacions de carbonats blancs i nivells d'arenes de gra gruixut - molt gruixut i grava. L'espessor d'aquesta capa supera els 10m.

Cota: -1.40 / ---

Pes específic: $\gamma=20.50 \text{ kN/m}^3$

Angle de fregament intern: $\varphi'=26^\circ$

Cohesió: $c=0.022 \text{ MPa}$

Segons les dades geotècniques no s'ha trobat nivell d'aigua en cap dels sondejos.

8.2. Dimensionat de les sabates

S'opta per una fonamentació superficial, on la càrrega es transmet únicament per pressió sota la base, en aquest cas, la fonamentació es realitzarà mitjançant sabates aïllades o combinades segons siguin els requeriments estructurals.

Sabates aïllades

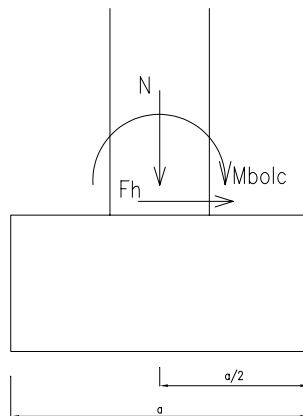
Pel càlcul de sabates aïllades cal que es compleixin dues condicions:



1. Comprovació de l'estabilitat:

Per comprovar l'estabilitat de la sabata cal que es compleixi la següent relació:

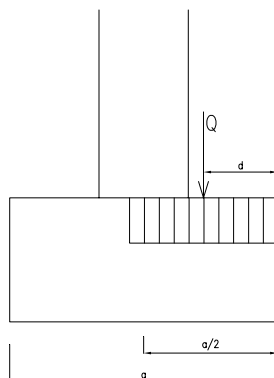
$$\gamma = \frac{M_{est}}{M_{bolc}} > 1,80$$
 Tenint en compte que el M_{est} és el moment produït pel pes de la sabata i l'axil multiplicat per la meitat de la dimensió de la sabata, i que M_{bolc} és el moment provocat per la força de vent i pel tallant, es dimensiona la dimensió de la sabata fins que compleix la condició.



Aquests càlculs es poden veure en l'Annex B.3.1, B.3.2

2. Comprovació de la resistència al terreny:

Cal comprovar també la resistència del terreny respecte la sabata que es dimensiona.



Sabent que $\sigma = \frac{Q}{2 \cdot d \cdot b}$ i que $d = \frac{M_{est} - M_{bolc}}{Q}$ fa que resulti que la tensió que rep el terreny.

Aquesta tensió resultant ha de ser superior a la $\sigma_{terreny} = 1,70 \text{ Kg/cm}^3$.

Aquests càlculs es poden veure en l'Annex B.3.2



Totes les sabates seran centrades i de forma rectangular, excepte el cas del volum industrial on tindran una forma rectangular degut a les empentes horitzontals provocades pel vent.

Sabates combinades

En el cas que hi hagi dos pilars que estiguin molt propers un de l'altre i que per tant les sabates es superposen o estan molt properes en projecció horitzontal, s'opta per fer sabates combinades.

Aquesta és la situació dels pilars d'unió entre el volum de formigó i el volum industrial.



9. Estudi impacte ambiental

La construcció sostenible

La indústria de la construcció és la major consumidora dels recursos físics, juntament amb la indústria associada, de recursos naturals com poden ser fusta, minerals, aigua i energia. Tant mateix, els edificis un cop construïts continuen sent una causa directa de contaminació per les emissions que es produeixen en els mateixos o l'impacte sobre el territori, creant un ambient físic alienant i una font indirecta pel consum d'energia i aigua necessaris pel seu funcionament.

No s'ha d'oblidar que la construcció comporta uns impactes ambientals que inclouen l'ús de material que provenen de recursos naturals, l'ús de grans quantitats d'energia i l'impacte ocasionat en el seu emplaçament.

Per tant, en el moment de fer una construcció sostenible s'hauran de seguir tres premisses importants, tal i com el Doctor Pere Alavedra, Sr. Javier Domínguez, Sra. Engràcia Gonzalo i el Sr. Javier Serra citen en l'article "*La construcción sostenible. El estado de la cuestión*" publicat en el *Butlletí núm.4 de "Ciudades para un mundo más sostenible"* de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

- **Reducció** en l'ús dels recursos disponibles. Es pot portar a terme a través de la reutilització, el reciclatge, l'ús de recursos renovables i un ús eficient dels recursos. [Lanting, 1996]
- **Conservació** de les àrees naturals i de la biodiversitat. Per això cal restringir l'ús del terreny, una reducció de la fragmentació i la prevenció d'emissions tòxiques.
- **Manteniment** d'un mediambient interior saludable i de la qualitat dels ambients urbanitzats mitjançant l'ús de materials amb baixes emissions tòxiques, una ventilació efectiva, una compatibilitat amb les necessitats dels ocupants, previsiones de transport, seguretat i disminució de soroll, contaminació i olors. [Lanting, 1996]

La millor manera per a reduir l'impacte ambiental seria aquella en que es fessin servir solucions que minimitzessin de manera equilibrada els efectes que es produeix sobre el Mediambient, és a dir, el consum de recursos, el consum d'energia, la producció de residus i la contaminació.



Per això s'estableixen les següents criteris:

- Escollir adequadament materials, que siguin durables, requereixin menor manteniment i siguin reutilitzables o reciclables si és possible, preferiblement procedents de recursos renovables, evitant materials tòxics i perillosos, fent ús eficaç de materials no renovables;
- Escollir adequadament processos constructius i utilitzar tecnologies menys negatives pel medi ambient;
- Planificar i controlar la generació de residus (disminuint residus inerts), gestionar adequadament els residus, fomentar el reciclatge, adoptar des del principi del projecte criteris que facilitin el desmuntatge i la separació selectiva dels residus durant la fase de rehabilitació i enderrocament;
- Utilitzar energies renovables, vegetació autòctona, reduir el consum de fonts no renovables, disminuir les emissions de CO₂ i substàncies tòxiques a l'atmosfera i reduir el consum d'aigua.

Impacte ambiental

Al dissenyar l'edifici s'ha de tenir en compte el consum d'energia i intentar reduir-lo, especialment durant la vida útil del edifici. En el cas del projecte, la torre ha de tenir un funcionament assegurat d'energia i les possibles solucions per a subministrar energia queden molt limitades.

Per a la selecció dels materials de construcció s'intenta evitar materials de construcció perillosos per a la salut i el medi ambient, reduir els residus i fomentar el reciclatge. S'han de preveure i planificar els residus per organitzar així els contenidors, classificar els residus i enviar-los als abocadors corresponents.

Els vectors que s'han tingut en compte per l'estudi de l'impacte ambiental són els següents:

- Medi Atmosfèric: tractament i estudi de mesures correctores per l'atmosfera, el soroll, les olors,...;
- Paisatge;
- Sòl;
- Aigües superficials i subterrànies;
- Generació de residus;



- Flora i fauna;

Medi atmosfèric:

S'ha de diferenciar entre els factors que actuaran durant la fase d'obra i els factors que actuaran durant la fase d'explotació, ja que tot i que aquests factors poden ser els mateixos, les mesures correctores a seguir seran diferents.

Durant la fase d'obres

	Mesures correctores
Pols	Regs periòdics
Gasos de maquinària	Revisió de la maquinària
Moviment de terres	Localització acopis (protecció amb malles, resguardar-los del vent)

Durant la fase d'explotació

	Mesures correctores
Emissions localitzades	Pressió negativa a les naus
Emissions difuses	Sistema circulació d'aire

Sorolls:

Tot i que l'emplaçament de l'obra és al polígon industrial "La Borda" de Caldes de Montbui, l'execució de les obres i la implantació de la nova activitat suposarà un increment en la contaminació acústica de la zona.

Igual que en el punt anterior, en aquest cas també es separa entre els sorolls durant la fase d'obres i durant la fase d'explotació.

Durant la fase d'obres

	Mesures correctores
Increment de soroll per transport, demolicions i construcció d'infraestructures	Treballs en horaris diürns Comprovació del correcte estat de la maquinària i vehicles usats en la nova construcció

Durant la fase d'explotació

	Mesures correctores
Emissions sonores: Ventiladors, Motors,...	Utilització de reixetes acústiques Recomanació de control de sorolls

Paisatge:

Tot i que l'entorn on s'ubicarà el nou centre de triatge de residus urbans és industrial, s'intentarà integrar al màxim l'edifici al seu entorn.



Sòl:

Impacte ambiental que pot tenir aquesta nova activitat sobre el sòl ve diferenciat segons la fase d'obres o la fase d'explotació.

Durant la fase d'obres

	Mesures correctores
Increment de terres en l'àmbit de treball.	Reutilització com a terraplè en la mateixa obra Reutilitzar per la formació de paisatge

Durant la fase d'explotació

	Mesures correctores
Possibles filtracions al sòl	Recomanació de control de filtracions de líquids al sòl Instal·lació d'un sistema de desaigües.

Aigües superficials i subterrànies:

Degut a la possibilitat de filtracions d'aigües contaminades al sòl, pot provocar una contaminació de les aigües superficials i subterrànies.

Generació de residus:

La generació de residus durant la fase d'execució de les obres i la generació de residus durant l'explotació de l'activitat seran molt diferents, ja que durant les obres, els residus seran brossa d'obra i materials de construcció. En canvi durant l'explotació, els residus generats seran bales premsades de RSU.

Durant la fase d'obres

	Mesures correctores
Increment de la generació de residus (residus orgànics, brossa, materials de construcció)	Planificar i controlar la generació de residus (disminuint residus inerts) Gestionar adequadament els residus Fomentar el reciclatge Facilitar la separació selectiva dels residus

Durant la fase d'explotació

	Mesures correctores
Generació de residus propis (bales compactades)	Tractament descrit en el procés industrial Transport a zones habilitades a l'espera del seu ús



Flora i fauna:

Durant la fase d'obres es respectarà en la mesura del possible la flora i la fauna existent en la zona. En el cas que s'hagués de plantar s'utilitzarà vegetació autòctona en la mesura que ho permeti el projecte.





10. Estudi econòmic

En l'annex corresponent (Annex D) s'adjunten els amidaments i el pressupost de l'execució material de l'estructura, generat amb el programa TCQ 2000, però a mode de resum es presenta el resum del pressupost total a continuació.

Les diferents parts de la que es compona el pressupost general són:

Obra Civil	973.411,64 €
Instal·lacions (electricitat, climatització, aigua,...)	730.058,73 €
Implantació procés industrial (maquinària, transports interns,...)	778.729,31 €
Projecte d'Enginyeria	48.670,58 €
Burocràcia (permisos, tràmits,...)	24.335,29 €
Altres (mobiliari, ordinadors, ets...)	170.347,03 €
TOTAL PRESSUPOSTAT	2.433.529,10 €





Conclusions

S'ha observat que amb la implantació del Documento Básico SE-AE *Acciones en la edificación* [6] i més específicament en l'annex D pel càlcul de les càrregues de vent, no només ha augmentat considerablement la complicació per fer un càlcul a vent si no que les estructures resultants estan sobredimensionades. Sent conscient d'aquest problema constata la necessitat d'una unió de criteris o simplificació pel càlcul d'estructures habituals i simples.

D'igual manera s'ha constatat que el desenvolupament del càlcul d'un projecte d'estructura en un consultoria d'estructures és diferent. Hi ha criteris utilitzats trets de l'experiència i s'utilitzen models de casos generals per ser més eficient en quant a temps de càlcul.

El principal objectiu del projecte és el càlcul i disseny, però al ser un projecte acadèmic s'ha desenvolupat les comprovacions a realitzar que descriuen les normes. La seva realització ha permès aprofundir i estudiar la nova normativa i posar en pràctica nocions adquirides en les diferents assignatures de la especialització d'Estructures i Construccions Industrials, en temes força diversos.



Agraïments

Voldria agrair l'ajuda, suport incondicional i dedicar aquest projecte a tots els que després de tant temps han seguit confiant en mi i en la finalització d'aquest projecte i carrera: als meus pares, Carles i M^a Antònia, a la meva parella, Albert , al meu germà Josep M^a, als amics, Cristina, Anna, Elena, Belén, i a tota la colla de l'ETSEIB.

També agrair el suport tècnic, experiència professional i consells del meu director de projecte el professor Sr. Manuel Garcia Cabrera i de l'enginyer Luis Chóliz del Junco del despatx INDUS CÀLCUL.

També donar les gràcies a l'enginyer Raúl Sahún i al personal de l'ECOPARC-2 situat al polígon industrial Can Salvatella de Barberà del Vallès per totes les facilitats donades en la visita guiada a les instal·lacions.





Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] MINISTERIO DE FOMENTO, *EHE Instrucción de Hormigón Estructural*, Madrid, 2002
- [2] MINISTERIO DE FOMENTO, *NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación*, Madrid, 2002
- [3] MINISTERIO DE LA VIVIENDA, *Código Técnico de la Edificación DB-SE / Seguridad Estructural*, Madrid, 2006
- [4] MINISTERIO DE LA VIVIENDA, *Código Técnico de la Edificación DB-SI / Seguridad en caso de incendio*, Madrid, 2006
- [5] MINISTERIO DE LA VIVIENDA, *Código Técnico de la Edificación DB-SE-A / Acero*, Madrid, 2006
- [6] MINISTERIO DE LA VIVIENDA, *Código Técnico de la Edificación DB-SE-AE / Acciones en la edificación*, Madrid, 2006
- [7] MINISTERIO DE LA VIVIENDA, *Código Técnico de la Edificación DB-SE-C / Cimientos*, Madrid, 2006
- [8] COMISIÓN PERMANENTE DE LA COMISIÓN, *Guía de aplicación de la Instrucción de Hormigón Estructural EDIFICACIÓN*, Espanya: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento, 2002
- [9] MINISTERIO DE FOMENTO, *EFHE: Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados*, Madrid, 2002
- [10] JOSÉ CALAVERA, *Cálculo de Estructuras de Cimentación*, Madrid: Intemac, 2000



Bibliografía complementària

- [11] JÍMENEZ SALAS, *Geotecnia y cimientos*, Madrid: Intemac, 2001
- [12] PEDRO JIMÉNEZ MONTOYA, ÁLVARO GARCÍA MESEGUER, FRANCISCO MORÁN CABRÉ, *Hormigón armado*, Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2000
- [13] DANIEL GRAUX, *Fundamentos de mecánica del suelo, proyecto de muros y cimentaciones*, Barcelona: Editores Técnicos Asociados, SA, 1975
- [14] JUAN CARLOS ARROYO PORTERO [et al.], *Números Gordos en el proyecto de estructuras*, Madrid: CINTER Divulgación Técnica S.L.L., 2004
- [15] DAVID GARCIA [et al.], *L'estructura i el projecte*, Barcelona: Escola Sert, 2004
- [16] WALTER HENN, *Edificaciones Industriales. Proyectos y construcciones* Tomo II
Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2000
- [17] www.savosa.com (serveis mediambientals Vallès Oriental S.A.)
- [18] www.cresidusvoc.org (Consorsí per a la gestió de residus del Vallès Occidental)
- [19] www.residusiconsu.com
- [20] www.ecoembes.com

