



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

Títol: Planta de triturat i classificat de sulfat de bari

Document: 1.Memòria i annexes (Volum 2 : Annexes)

Alumne: Xavier Montaner Masó

Director/Tutor: Francisco Javier Espinach Orús

Departament: Organització, Gestió Empr. i Disseny Producte

Àrea: Expressió Gràfica en L'enginyeria

Convocatòria (mes/any): 09/13

DOCUMENT Nº1 (VOLUM 2) : ANNEXES A LA MEMÒRIA

INDEX DELS ANNEXES

A. ANNEX A : CÀLCUL I DISSENY DEL PROCÉS	6
A.1. Etapa A.....	6
A.1.1. Esquema de procés	6
A.1.2. Etapa de Trituració primària	6
A.1.3. Corbes granulomètriques.....	7
A.1.4. Característiques dels triturats.....	7
A.1.5. Primera etapa de Garbellat.....	8
A.2. Etapa B.....	23
A.2.1. Esquema de procés	23
A.2.2. Etapa de Trituració secundària	24
A.2.3. Corbes granulomètriques.....	24
A.2.4. Característiques del material molturat.....	24
A.2.5. Segona etapa de Garbellat.....	25
B. ANNEX B : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE LES TREMUGES	41
B.1. Procés de càlcul de les tremuges	41
B.1.1. Introducció	41
B.1.2. Classificació de les sitges/tremuges.....	42
B.1.3. Generalitats respecte al càlcul de pressions.....	44
B.1.4. Eurocodi UNE-ENV_1991-4 : Regles per el càlcul de càrregues.....	45
B.1.5. Aplicació de l' Eurocodi UNE-ENV_1991-4 al projecte actual.....	46
B.1.6. Altres consideracions de càrrega	51
B.2. Tremuja d'Alimentació	52
B.2.1. Característiques principals	52
B.2.2. Patró de flux de descàrrega	53
B.2.3. Estudi de pressions segons L' Eurocodi UNE-ENV.....	54
B.2.4. Altres consideracions de càrrega	62
B.2.5. Dimensionat de la tremuja.....	63
B.2.6. Dimensionat de les plaques d'ancoratge	83
B.2.7. Dimensionat de les cimentacions	90

B.3.	Tremuja del molí de cons	99
B.3.1.	Característiques principals	99
B.3.2.	Patró de flux de descàrrega	100
B.3.3.	Estudi de pressions segons L'Eurocodi UNE-ENV	101
B.3.4.	Altres consideracions de càrrega	109
B.3.5.	Dimensionat de la tremuja.....	110
C.	ANNEX C : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE LES CINTES TRANSPORTADORES	128
C.1.	Característiques generals i procediment de càlcul	128
C.1.1.	Introducció	128
C.1.2.	Definició i característiques	128
C.1.3.	Components i la seva denominació	128
C.1.4.	Criteris de disseny	130
C.2.	Cinta d'entrada	147
C.2.1.	Característiques principals	147
C.2.2.	Càlculs de transport	149
C.2.3.	Elecció de la banda de transport.....	151
C.2.4.	Càlcul i dimensionat de les estacions de transport	151
C.2.5.	Càlcul de l'esforç necessari per moure la banda	154
C.2.6.	Tensions de la banda.....	155
C.2.7.	Càlcul i dimensionat del capçal motriu	157
C.2.8.	Càlcul i dimensionat del capçal posterior	167
C.2.9.	Càlcul de Estructura de la cinta.....	174
C.3.	Cinta nº1	184
C.3.1.	Característiques principals	184
C.3.2.	Càlculs de transport	186
C.3.3.	Elecció de la banda de transport.....	188
C.3.4.	Càlcul i dimensionat de les estacions de transport	188
C.3.5.	Càlcul de l'esforç necessari per moure la banda	191
C.3.6.	Tensions de la banda.....	193
C.3.7.	Càlcul i dimensionat del capçal motriu	195
C.3.8.	Càlcul i dimensionat del capçal posterior	204

D. ANNEX D : DIMENSIONAT DELS ELEVADORS.....	210
D.1. Característiques dels elevadors.....	210
D.2. Dimensionat dels elevadors	211
D.2.1. Selecció de la banda de transport.....	211
D.2.2. Dimensionat del tambor motriu	212
D.2.3. Longitud de banda requerida.....	212
D.2.4. Dimensionat del catúfols	213
D.2.5. Càlculs de transport	215
D.2.6. Tensions de la banda de transport.....	216
D.2.7. Potència motor reductor.....	218
D.2.8. Velocitat del motor reductor	218
D.3. Característiques de les unions de la banda de transport	219
D.4. Característiques de l'alimentació dels elevadors.....	219
D.5. Característiques de la descàrrega	219
D.6. Dispositius de seguretat a considerar	220
E. ANNEX E : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE L'ESTRUCTURA DE LA PLANTA.....	222
E.1. Aptitud al servei.....	222
E.1.1. Durabilitat	222
E.1.2. Estats límits últims	222
E.1.3. Estats límits de servei	222
E.2. Accions a considerar	223
E.2.1. Accions Permanents.....	223
E.2.2. Accions Variables	223
E.2.3. Accions Accidentals.....	226
E.3. Combinació d'accions	226
E.4. Coeficients de seguretat i simultaneïtat	227
E.5. Generalitats respecte a la comprovació a resistència dels perfils	228
E.6. Materials.....	229
E.6.1. Tipologia d'acer	229
E.6.2. Característiques de les soldadures	229
E.7. Càlculs de l'estructura	230
E.7.1. Llistat d'accions.....	230
E.7.2. Detall de les accions.....	231

E.7.3. Restriccions de moviment	237
E.7.4. Característiques dels Perfils.....	238
E.7.5. Combinació d'accions	240
E.7.6. Resultats : Sol·licitacions i deformacions.....	243
E.7.7. Diagrames de moments.....	278
E.7.8. Reaccions a la base dels pilars	283
E.7.9. Anàlisi Modal	284
E.7.10. Càlcul de les unions soldades.....	287
F. ANNEX F : CÀLCUL I DIMENSIONAT DELS FONAMENTS, MURS I FOSSAT	292
F.1. Dimensionat de les plaques d'ancoratge	292
F.2. Dimensionat de les cimentacions.....	295
F.3. Murs de formigó armat amb quantia mínima.....	302
F.4. Murs del fossat	302

ANEX A : CÀLCUL I DISSENY DEL PROCÉS

A. ANNEX A : CÀLCUL I DISSENY DEL PROCÉS

A.1. Etapa A

A.1.1. Esquema de procés

L'etapa A s'inicia amb el transport del mineral a una capacitat de 120 t/h des de la tremuja d'alimentació fins al triturador primari de mandíbules, a través de la cinta d'alimentació. Amb una mida de partícula compresa entre 0 i 100mm, el mineral es tritura per tal d'aconseguir una reducció preliminar de la granulometria.

Tot seguit, a través de l'elevador de catúfols nº1, el material ascendeix fins arribar al garbell nº 1, punt el qual a partir d'un procés de post-garbellat, s'obtidran les següents fraccions de classificats :

- Graves compreses entre 25 i 95mm que seran reenviades de nou al triturador primari.
- Partícules mitjanes i graves compreses entre 3 i 25mm.
- Partícules fines compreses entre 0,5 i 3mm.
- Mescla de partícules molt fines entre 0 i 0,5mm barrejades amb fangs.

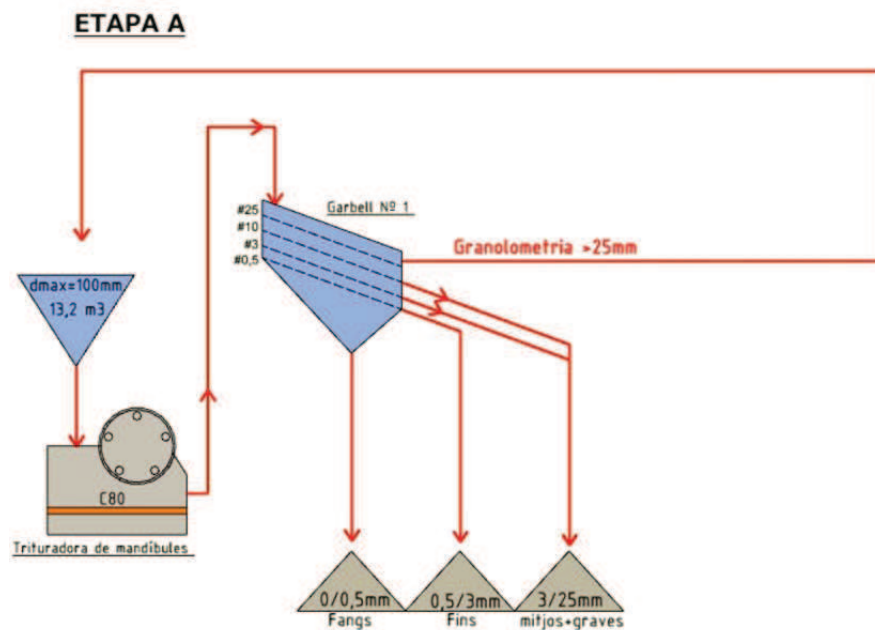


Figura.A.1.1 Esquema de procés ETAPA A

A.1.2. Etapa de Trituració primària

Triturador primari de mandíbules



Model	Sèrie C80
Fabricant	Metso
Potència	75 Kw
Velocitat	350 r.p.m
Reglatge de mandíbula	70mm
Granulometria max.	0-105mm
Capacitat	95-135 h

Taula.A.1.2 Característiques trituradora METSOC80

A.1.3. Corbes granulomètriques

Mitjançant les corbes granulomètriques del triturador METSO C80, representades a la figura.A.1.3 següent, i amb un ajustatge de la mandíbula de 70mm, s'obtenen les característiques del mineral que posteriorment serà classificat en el garbell nº 1.

Les dimensions de partícula necessàries per a realitzar els càlculs del procés de garbellat, es detallen a continuació :

- Les 3 mides de classificat (25mm,10mm i 3mm)
- Fracció de material amb una granulometria més petita que la meitat de l'obertura de la malla, anomenada semi mida (12,5mm, 5mm i 1,5mm)

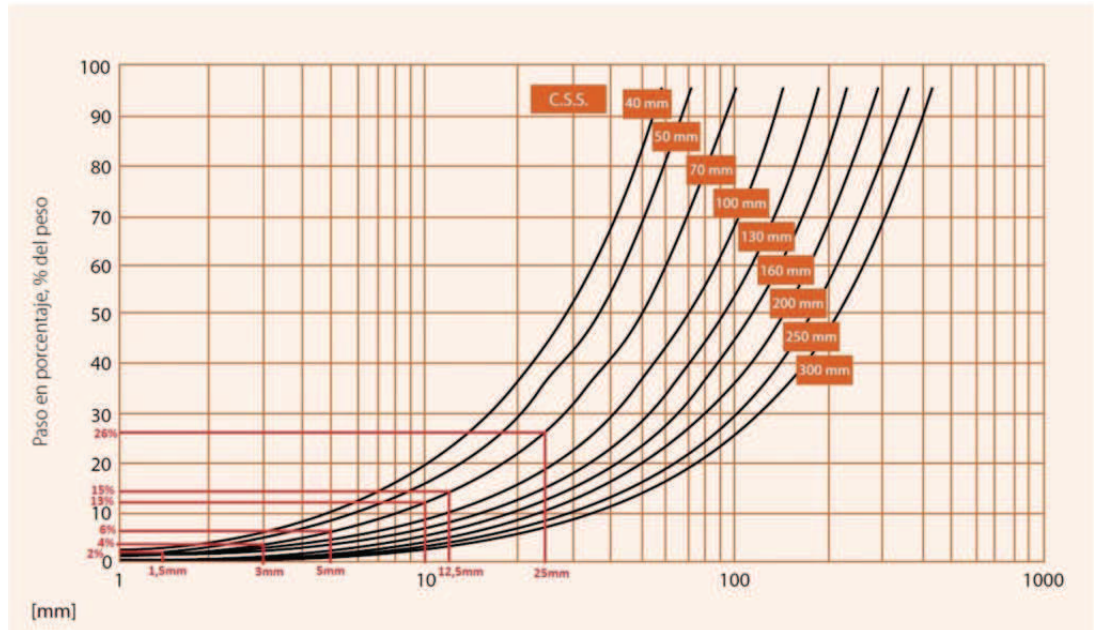


Figura.A.1.3 Corbes granulomètriques METSO C80

A.1.4. Característiques dels triturats

Amb una alimentació de 120 t/h i establerts els percentatges de material segons cadascuna de les diferents granulometries assenyalades anteriorment, es calcula la quantitat de mineral obtinguda a la sortida de la trituradora segons les dimensions de partícula :

granulometria (mm)	<25	<10	<3	<12,5	<5	<1,5
percentatge %	26%	13%	4%	15%	6%	2%
Capacitat (T/h)	31,2	15,6	4,8	18	7,2	2,4

Taula.A.1.4 capacitats obtingudes segons mida de partícula a la sortida de la trituradora

A.1.5. Primera etapa de GarbellatA.1.5.1 Característiques del garbell n°1

Fabricant	Dragonbabbitless
Potència	15 Kw
Dimensions generals	6241X2376X3623 mm
Nº màx. de classificacions	4

Taula.A.1.5.A Característiques garbell n°1A.1.5.2 Característiques de les malles de classificat

Primer pis :

Dimensions	1347x4100mm
Superfície de malla	5,52 m ²
Forma de malla	quadrada
Obertura de malla	25mm
Diàmetre del filament	4mm
Superfície útil	74,32 %
Pes	7,4 Kg/m ²
Material	AISI304

Segon pis :

Dimensions	1347x4040mm
Superfície de malla	5,44 m ²
Forma de malla	quadrada
Obertura de malla	10mm
Diàmetre del filament	3mm
Superfície útil	59,12 %
Pes	9,29 Kg/m ²
Material	AISI304

Tercer pis :

Dimensions	1347x4030mm
Superfície de malla	5,42 m ²
Forma de malla	quadrada
Obertura de malla	3mm
Diàmetre del filament	1,8mm
Superfície útil	39,06 %
Pes	9,06 Kg/m ²
Material	AISI304

Quart pis :

Dimensions	1347x4040mm
Superfície de malla	5,44 m ²
Forma de malla	quadrada
Obertura de malla	0,5mm
Diàmetre del filament	0,28 mm
Superfície útil	41,7 %
Pes	1,33 Kg/m ²
Material	AISI304

Taula.A.1.5.B Característiques de les malles

A.1.5.3 Procediment de càlcul

Els càlculs realitzats en aquest projecte són absolutament empírics basats en les experiències dels fabricants de garbells, per la qual cosa hauran de ser tant o més encertats com més experiència tinguin aquests fabricants i per descomptat quant més gran sigui el seu coneixement sobre el tema en qüestió.

Existeix un gran nombre de mètodes per a calcular procés, però finalment tots deriven de 2 sistemes bàsics :

- 1) Mètode d'alimentació, basat en la massa sòlida per unitat de temps que pot alimentar-se a una superfície específica de malla d'una determinada llum de pas.
- 2) Mètode passant, basat en la massa sòlida per unitat de temps que passa per una superfície específica de malla d'una determinada llum de pas.

En el nostre cas, utilitzant unitats del SI, la superfície específica en qüestió és d'1 m² i la llum de pas de la malla, Lm s'expressa en mm. Per descomptat la massa sòlida s'expressa en t/h.m² i es coneix com a capacitat bàsica o específica, bé de pas o d'alimentació, a una malla de llum determinada.

Lògicament la capacitat específica segons el primer mètode, basat en l'alimentació a una malla, dóna valors més grans que el segon basat en la massa que passa a través de la mateixa.

Els bons fabricants han realitzat nombroses experiències per a determinar la capacitat específica, fixant les condicions de l'experiència, especialment en referència a la granulometria del producte d'alimentació, i concretament al percentatge de partícules superiors a la de classificació rebuig, que formen la fracció gruixuda, i el percentatge de partícules inferiors al valor de la meitat d'aquesta mida de classificació, semi mida. Es definirà com a passant la massa que passa per la malla, que constitueix la fracció fina.

També es considera en aquestes experiències l'eficiència o rendiment de classificació assolit, és a dir, la massa de partícules que realment travessa la malla, -es classifica-, davant la qual teòricament hauria d'haver passat-contingut de partícules inferiors a la mida de classificació a l'alimentació-. La massa de partícules fines que no travessen la malla, lògicament se'n van amb la fracció gruixuda o rebuig, constituint els anomenats desclassificats, i que òbviament com veurem més endavant estan relacionats amb l'eficiència, el percentatge de passants, i el rebuig.

En el moment de realitzar les proves per a determinar la capacitat específica es prepara un producte d'alimentació "sintètic" amb un percentatge de rebuig i semi mida preestablerts, que en la majoria dels mètodes prestigiosos coneguts, oscil·la entre 25% i 50% per al rebuig, i entre 25% i 40% per la semi mida, sent gairebé unànime el valor de 40% per a aquest últim. L'eficiència s'estableix entre 90% i 95%.

Tots els mètodes de càlcul prestigiosos inclouen uns factors de correcció per a cobrir les diferències del producte real d'alimentació davant el considerat durant la prova del mètode en qüestió, i el mateix es pot dir respecte a l'eficiència de garbellat.

És important considerar això últim, ja que això significa que no poden barrejar-se els factors de correcció d'un mètode amb els valors de capacitat específica d'un altre, i per descomptat molt menys utilitzar els valors de capacitat específica d'un mètode passant quan es segueixi un mètode alimentació.

A més dels factors esmentats anteriorment referits al rebuig, semi mida i eficiència, s'han de considerar altres factors de correcció sobre la base de la posició del pis de garbellat (1^o, 2^o, 3^o, 4^o), a la forma de la partícula (rodona natural o cúbica triturada), densitat específica del producte, forma de l'obertura de la malla (rodona, quadrada, rectangular), posició del garbell (inclinada o horitzontal), àrea oberta de pas o àrea lliure, condició de garbellat (sec o humit), factor per reg de garbellat via humida, i en general qualsevol altra condició que pugui afectar el rendiment del procés.

En resum, qualsevol mètode de càlcul podria resumir-se a partir de l'equació següent:

$$S = \frac{P}{Bc} \quad [\text{eq. A.1}]$$

on ,

$$Bc = B \cdot Ft \quad [\text{eq. A.2}]$$

S: superfície necessària de garbellat, expressada en m².

P: massa de sòlids-d'alimentació o que ha de passar per la malla-, expressada en t / h

Bc: capacitat específica o bàsica corregida-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

B: capacitat específica o bàsica-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

ft: factor total de correcció de la capacitat bàsica, sense unitats.

Els càlculs de procés de garbellat seguiran el procediment següent :

1. Càlculs de producció preliminaris.
2. Càlcul del primer pis (25mm)
 - Obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica
 - Càlcul dels valors de capacitat bàsica o específica corregida
 - Càlcul del factor total de correcció
 - Càlcul del factor d'eficiència
 - Càlcul de l'eficiència o rendiment
 - Càlcul de desclassificats
3. Càlcul del segon pis (10mm)
 - Obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica
 - Càlcul dels valors de capacitat bàsica o específica corregida
 - Càlcul del factor total de correcció
 - Càlcul del factor d'eficiència
 - Càlcul de l'eficiència o rendiment
 - Càlcul de desclassificats
4. Càlcul del tercer pis (3mm)
 - Obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica
 - Càlcul dels valors de capacitat bàsica o específica corregida
 - Càlcul del factor total de correcció
 - Càlcul del factor d'eficiència
 - Càlcul de l'eficiència o rendiment
 - Càlcul de desclassificats
5. Obtenció dels resultats finals del procés.

I. Càlculs de producció preliminaris

Mitjançant les característiques granulomètriques de la massa d'alimentació del garbell i coneixent el percentatge de mineral existent per a cadascuna de les mides de classificat a l'alimentació, es realitzen els primers càlculs orientatius de producció per a cada pis del garbell. En aquest apartat no es considera l'eficiència ni la presència de desclassificats.

II. Capacitat bàsica o específica B

L'obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica és absolutament empírica, basada en diversos assajos creats per diversos fabricants de garbells. Es tracta de la quantitat de producte, expressada en t/m².h i amb densitat aparent de 1,6 t/m³, que passa a través d'una malla d'una llum determinada i que compleix els requeriments següents :

- 1- Malla fabricada a partir de filament d'acer.
- 2- La superfície lliure és del 50%.
- 3- La malla es localitza en el primer pis del garbell.
- 4- El garbell utilitzat es troba inclinat 20°.

El producte d'alimentació usat per a les proves conté un 25% de partícules superiors a la llum de la malla (Rebuig), un 40% de partícules inferiors a la mitat de la llum de la malla (semi mida) i es considera una eficiència de garbellat del 94%.

Els resultats obtinguts dels anàlisis anteriorment esmentats per tal de conèixer la capacitat bàsica o específica de forma orientativa, es representa a la taula següent :

Luz de malla mm	Material		
	Carbón	Triturado	Natural
0,50	2,0	2,7	3,5
0,80	2,6	3,4	4,4
1,00	2,8	3,7	4,9
1,25	3,1	4,1	5,5
2,0	4,0	5,3	7,1
4,0	6,0	8,0	10,5
5,6	7,5	10,0	13,0
6,3	8,1	10,8	14,0
8,0	9,4	12,5	16,0
10,0	10,8	14,4	18,6
12,5	12,5	16,6	21,5
16,0	14,3	19,0	25,1
20,0	16,5	22,0	29,0
25,0	19,5	26,0	33,4
31,5	22,5	30,0	37,9
40,0	26,0	34,7	42,5
50,0	29,3	39,0	47,4
63,0	33,0	44,0	52,0
80,0	36,8	49,0	57,0
100,0	42,0	56,0	63,0
120,0	47,3	63,0	68,0

Taula.A.1.5.C Capacitats bàsiques en t/m²h (Font : Tecnología de Los aparatos de fragmentación y clasificación dimensional)

III. Capacitat bàsica o específica corregida Bc

Coneixent la superfície de les malles usades en el garbell nº 1 i la capacitat de producte que passa per a cadascuna de les malles, es fa us de l'expressió [eq. A.1] per tal d'obtenir els valors de capacitat bàsica per a cadascuna de les etapes de garbellat:

$$Bc = P/s \text{ [eq. A.3]}$$

on,

S: superfície necessària de garbellat, expressada en m².

P: massa de sòlids-d'alimentació o que ha de passar per la malla-, expressada en t / h

Bc: capacitat específica o bàsica corregida-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

IV. Càlcul del factor total de correcció Ft`

A partir de l'expressió [eq. A.2] anteriorment assenyalada :

$$Ft = \frac{Bc}{B} \text{ [eq. A.4]}$$

on,

ft: factor total de correcció de la capacitat bàsica, sense unitats.

Bc: capacitat específica o bàsica corregida-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

B: capacitat específica o bàsica-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

V. Càlcul del factor d'eficiència **Fe** :

$$Fe = \frac{Ft}{Fd \cdot Fh \cdot Fi \cdot Fr \cdot Fs \cdot Fa \cdot Fp \cdot Fm \cdot Fo} \text{ [eq. A.5]}$$

ft: factor total de correcció de la capacitat bàsica, sense unitats.

fd: factor de densitat específica aparent, sense unitats.

fh: factor d'humitat, sense unitats.

fi: factor d'inclinació, sense unitats.

fr: factor de rebuig, sense unitats.

fs: factor de semi mida, sense unitats.

fa: factor de reg, sense unitats.

fp: factor de posició de malla, sense unitats.

fm: factor de malla, sense unitats.

Fo: factor de superfície lliure de malla, sense unitats.

VI. Factor de densitat específica aparent **Fd** :

Els valors "empírics" de la capacitat bàsica obtinguda en els assajos descrits anteriorment, es basen en un producte de densitat específica 1,6 t/m³, de manera que qualsevol altre producte de diferent densitat tindrà una capacitat proporcional a aquesta. En els càlculs d'aquest apartat es considera com a cas més desfavorable la densitat del sulfat de bari, ja que serà el mineral més dens que processarà la planta :

$$Fd = \frac{\rho}{1,6} = \frac{2,8}{1,6} = 1,75 \text{ [eq. A.6]}$$

VII. Factor d'humitat **Fh**:

Els valors de la capacitat bàsica han estat obtinguts d'acord amb un cribatge en sec, o amb una humitat inferior al 3%. Sovint els productes d'alimentació no estan exempts d'humitat i de vegades una humitat excessiva per sobre de H = 9% pot impedir el garbellat, provocant el "cegat" de les malles, i per tant és necessari realitzar el garbellat en via humida.

D'altra banda cada producte té una humitat crítica, però generalitzant es pot establir el següent factor de correcció, fh.

Si H > 9%, no es pot garbellar en sec

Si ≤ 9% H > 6%, fh = 0,75

Si ≤ 6% H > 3%, fh = 0,85

Si H ≤ 3%, fh = 1,00

VIII. Factor d'inclinació del garbell **Fi**:

Generalment per garbellats de partícules mitjanes i gruixudes s'utilitzen garbells inclinats, essent l'inclinació normal 20 °, encara que en alguns garbells pot ajustar-se aquesta inclinació, disminuint aquesta per classificats més fins i augmentant-la per classificats més gruixuts. Existeixen garbells per classificacions fines amb inclinacions entre 5 ° i 15 °. Els càlculs de la capacitat bàsica han estat fets mitjançant garbells inclinats, per tant, el factor a aplicar en aquest cas seria fi = 1. En altres casos caldrà aplicar un factor segons s'indica a continuació:

Garbells inclinats (20 °) fi = 1,00

Garbells inclinats (15 °) fi = 0,96

Garbells inclinats (10 °) fi = 0,94

Garbells inclinats (5 °) fi = 0,87

Garbells horitzontals fi = 0,83

El garbell nº 1 utilitzat es troba amb una inclinació de 20°, per tant, es considera un factor d'inclinació Fi=1

IX. factor de rebuig Fr :

La capacitat bàsica considera un producte d'alimentació amb un 25% de rebuig, de manera que qualsevol altre percentatge, significa que s'ha de corregir la capacitat bàsica amb un factor fr, lògicament $fr = 1$ per a un valor del rebuig $R = 25\%$.

R	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Factor f_r	1,10	1,08	1,06	1,04	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92

R	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Factor f_r	0,90	0,88	0,86	0,84	0,80	0,76	0,70	0,64	0,55	0,40

Taula.A.1.5.D Factor de rebuig

X. factor de Semi mida Fs:

Com en el cas anterior, la capacitat bàsica ha estat calculada partint d'un producte amb un contingut d'un 40% de partícules més fines que la meitat de la llum de la malla, per això qualsevol desviació ha de ser corregida aplicant un factor fs, sent $fs = 1$ per a un valor del semi mida de 40%.

semi mida	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Factor f_s	0,50	0,55	0,60	0,65	0,72	0,77	0,85	0,92	1,00	1,10

semi mida	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Factor f_s	1,20	1,30	1,45	1,60	1,75	1,95	2,20	2,55	3,00	3,65

Taula.A.1.5.E Factor de semi mida

XI. Factor de reg Fa:

Les etapes de garbellat es realitzen via humida on a continuació del garbellat les fraccions fines seran rentades o enviades a diferents processos en humit. En aquest cas, a causa de la humitat del producte, generalment per sobre del 9%, es necessari a un garbellat amb reg d'aigua.

L'aportació d'aigua al cribratge, en forma de reg amb difusors apropiats, en volum i la pressió adequada suposa una ajuda, per la qual cosa la capacitat de garbellat augmenta, de manera que això ha de ser considerat.

El reg d'aigua beneficia principalment al cribratge de mides mitjanes i pràcticament no afecta mides de classificació superiors a 50 mm, aconseguint les majors avantatges al voltant dels 4 mm. Així doncs el factor positiu de correcció fa, que ha d'afectar el càlcul del procés, varia en funció de la llum de la malla L_m , segons la taula següent:

L_m (mm)	<0,5	1,0	1,25	2,0	4,0	5,6	6,3	8,0	10,0
Factor, f_a	1,00	1,42	1,70	2,20	2,50	2,35	2,25	2,00	1,42

L_m (mm)	11,2	12,5	14,0	16,0	20,0	22,4	31,5	40	50
Factor, f_a	1,35	1,30	1,25	1,20	1,15	1,13	1,06	1,03	1,00

Taula.A.1.5.F Factor de reg

L'aportació d'aigua en el garbell nº 1 es realitza en el primer pis, per aquest motiu, es considerarà aquest factor corrector en els càlculs de l'etapa primària de garbellat.

XII. Factor de posició de malla F_p :

Les partícules, al caure sobre del garbell, degut al comportament d'avanç horitzontal descriuen una paràbola, la qual cosa significa que els pisos inferiors no són aprofitats al llarg de tota la seva longitud, de manera que la superfície efectiva de cribratge és menor a mesura que la malla es localitza en posicions cada vegada més inferiors. Conseqüentment cal aplicar un factor corrector en funció de la posició del pis de garbellat.

primer pis, $f_p = 1,0$
 segon pis, $f_p = 0,9$
 tercer pis, $f_p = 0,8$
 quart pis, $f_p = 0,7$

XIII. Factor de malla F_m :

La capacitat bàsica ha estat calculada amb malla de filferro d'acer de secció de pas quadrada, de manera que un altre tipus d'obertura també tindrà una repercussió en la capacitat de garbellat.

Si la malla és d'obertura quadrada $f_m = 1,0$
 Si la malla és d'obertura rodona $f_m = 0,8$

Si la malla és de secció rectangular, depenent de la proporció llarg / ample, l / a , s'aplicarà un factor diferent.

Si $2 < l/a < 3$, $f_m = 1,15$
 Si $3 < l/a < 6$, $f_m = 1,20$
 Si $l/a > 6$, $f_m = 1,25$

XIV. Factor de superfície lliure de malla F_o :

Els càlculs de la capacitat bàsica han estat realitzats amb malles de filferro d'acer, d'execució "mitjana", és a dir, amb un diàmetre de fil mitjà de acord a la llum de la malla, la qual cosa dóna una superfície lliure de pas determinada.

Podria establir-se que la capacitat de garbellat és directament proporcional a la superfície lliure. Evidenciant aquest fet, en el moment de calcular la superfície de garbellat necessària, s'hauria de tenir en compte la superfície lliure considerada en els assajos i la real a instal·lar, corregint la superfície proporcionalment a la diferència entre les àrees lliures, la "model" i la "real". La superfície lliure considerada en el càlcul proposat ha estat del 50%, mentre que les malles industrials varien entre el 30% i el 75% de superfície lliure. El factor F_o a considerar seria:

Superfície %	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Factor f_o	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,20	1,40

Taula.A.1.5.G Factor de superfície lliure

XV. Càlcul de l'eficiència o rendiment

Els valors de capacitat bàsica s'han calculat d'acord amb una eficiència o rendiment del 94%, és a dir, el 6% de les partícules fines que hauria d'haver passat per la llum de la malla no han passat, de manera que qualsevol divergència amb aquesta hipòtesi ha de ser corregida amb un factor d'eficiència, f_e , que serà $f_e = 1$ per a una eficiència $E = 94\%$.

E	98	96	94	92	90	85	80
Factor f_e	0,60	0,85	1,00	1,05	1,12	1,26	1,41

E	75	70	65	60	55	50	45
Factor f_e	1,56	1,70	1,85	2,00	2,10	2,30	2,35

Taula.A.1.5.H Eficiència de garbellat

XVI. Càlcul de desclassificats

En el procés de garbellat interessa principalment assegurar la qualitat dels diferents productes i en general que el valor de desclassificats, D, en el producte gruixut sigui el menor possible. Un valor normal de desclassificats podria considerar-se entre 10% i 15%. Aquest valor de desclassificats condiona l'eficiència, E, de garbellat i sovint combinar una bona eficiència i un baix valor de desclassificats és impossible.

És molt freqüent que quan el producte a garbellar té un elevat contingut de partícules inferiors a la mida de tall, fins i tot amb una elevada eficiència, superior al 90%, s'obtinguin alts valors de desclassificats, i això per pura matemàtica no per deficiència de l'equip de garbellat. Recíprocament assolir un baix valor de desclassificats significaria operar amb eficiències per sobre del 98% la qual cosa és lògicament impossible.

Per a realitzar els càlculs del procés de garbellat cal conèixer la relació entre eficiència i desclassificats en funció del percentatge de partícules fines inferiors a la mida de tall, el que coneixem com a passants, P.

$$D = \frac{P \cdot (1-E)}{1-(P \cdot E)} \quad [\text{eq. A.7}]$$

A.1.5.4 Càlculs de producció preliminaris

Per a realitzar els càlculs del procés, es divideix la massa total d'alimentació en 3 tipus de fraccions diferents :

- Material de rebuig "R" : Fracció de material que ha estat rebutjada per la malla, bé sigui degut a una mida de partícula superior a l'obertura de la malla, o a imperfeccions del funcionament del procés.
- Material de semi mida "S" : Fracció de material amb una granulometria més petita que la meitat de l'obertura de la malla.
- material passant "P" : Fracció de material que passa a través de la malla.

Amb les dades mostrades a la taula A.1.4 , fent referència a les capacitats del mineral obtingudes a partir de les corbes del triturador, es coneixen les diferents fraccions de producte per a cadascuna de les etapes de garbellat :

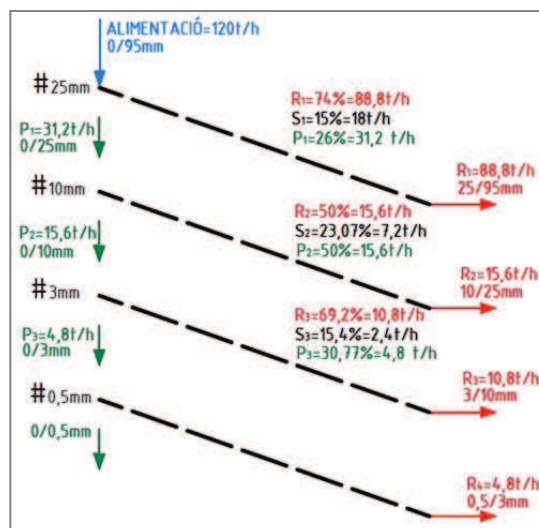


Figura.A.1.5.A Resultats de les capacitats teòriques

La figura A.1.5.A mostra orientativament que existirà una gran quantitat de graves rebutjada a la primera etapa de garbellat, conseqüència de la reducció de granulometria primària del triturador de mandíbules.

Cal dir, que disminuint l'ajustatge de la mandíbula del triturador a uns 40-50mm, es reduiria la quantitat de rebuig a la primera etapa, però al mateix temps es limitaria la capacitat màxima que pot processar el triturador i per tant les capacitats finals obtingudes de cada mida de classificat serien menors. Així doncs, amb un ajustatge de mandíbula de 70mm, es preveu l'enviament d'aquesta massa a la tremuja d'alimentació per tal de ser triturada novament i començar de nou el procés, constituint així el que s'anomena massa de recirculació.

Respecte a l'obtenció de partícules fines de 0/0,5mm amb acumulació de fangs, cal esmentar que no podrà ser controlada ja que dependrà de molts factors, com ara les característiques del material d'entrada, la seva granulometria i les impureses incrustades al voltant de les partícules, per tant no es tindrà en compte en els càlculs d'aquest projecte.

I. Càlculs del primer pis

Capacitat bàsica o específica B_1 :

Es processa un mineral, que prové d'un procés de trituració, a través d'una malla amb una llum de 25mm. Consultant la taula A.1.5.C anterior, s'obté la capacitat bàsica següent :

$$B_1 = 26 \text{ t/m}^2\text{h}$$

Capacitat bàsica o específica corregida B_{c1} :

Capacitat bàsica corregida B_{c1} (t/m ² h)	Superfície de malla S_1 (m ²)	Massa de partícules passants P_1 (t/h)
5,65	5,52	31,2

$$B_{c1} = \frac{P_1}{S_1} = \frac{31,2}{5,52} = 5,65$$

Factor total de correcció F_{t1} :

Factor total de correcció F_{t1}	Capacitat bàsica corregida B_{c1} (t/m ² h)	Capacitat bàsica B_1 (t/m ² h)
0,21	5,52	26

$$F_{t1} = \frac{B_{c1}}{B_1} = \frac{5,52}{26} = 0,21$$

Factor d'eficiència F_{e1} :

Factor d'eficiència F_{e1}	Factor total de correcció F_{t1}	Factor de densitat específica F_{d1}	Factor d'humiditat F_{h1}	Factor d'inclinació F_{i1}	Factor de rebuig F_{r1}
0,15	0,21	1,75	1	1	0,77

Factor de semi mida F_{s1}	Factor de reg F_{a1}	Factor de posició de malla F_{p1}	Factor de malla F_{m1}	Factor de superfície lliure de malla F_{o1}
0,65	1,11	1	1	1,49

$$F_{e1} = \frac{F_{t1}}{F_{d1} \cdot F_{h1} \cdot F_{i1} \cdot F_{r1} \cdot F_{s1} \cdot F_{a1} \cdot F_{p1} \cdot F_{m1} \cdot F_{o1}} = 0,15$$

Eficiència o rendiment de garbellat E_1 :

La taula.A.1.5.G indica que amb una eficiència del 100% correspondria un factor d'eficiència $Fe=0$, mentre que per a una eficiència del 98% , $Fe=0,6$. Mitjançant la interpolació entre aquest valors es dedueix que l'eficiència teòrica seria del 99,5%, pràcticament impossible, per aquest motiu es considera finalment una $E_1=98\%$.

Càlcul de desclassificats del primer pis D_1 :

Fracció de desclassificats D_1 (%)	Fracció de partícules passants P_1 (%)	Eficiència E_1
0,7	0,26	0,98

$$D_1 = \frac{P_1 \cdot (1 - E_1)}{1 - (P_1 \cdot E_1)} = \frac{0,26 \cdot (1 - 0,98)}{1 - (0,26 \cdot 0,98)} \cdot 100 = 0,7 \%$$

El rebuig del primer pis, com s'ha comentat anteriorment, estarà format per les següents fraccions de producte:

- 1- Material de rebuig " R_1 " : partícules d'alimentació superiors a 25mm. Com mostra a la figura.A.1.5.A l'apartat de càlculs de producció preliminars, $R=88,8$ t/h.
- 2- Desclassificats " D_1 " :Partícules inferiors a 25mm que teòricament haurien d'haver passat per la malla. Els càlculs anteriors indiquen que es tracta d'una fracció del 0,7% del total de partícules rebutjades.

Mitjançant una regla de tres que relaciona aquests valors, s'obté la capacitat de desclassificats del primer pis :

$$\begin{array}{l} 88,8 \text{ t/h} \text{ ----- } 99,3\% \\ X \text{ t/h} \text{ ----- } 0,7\% \end{array}$$

$$X = 0,62 \text{ t/h}$$

Per tant, la quantitat de producte rebutjat serà :

$$R_1 = 88,8 + 0,62 = 89,42 \text{ t/h}$$

Els valors obtinguts de cada fracció de mineral a la primera etapa de garbellat es resumeixen a la figura.A.1.5.B següent :

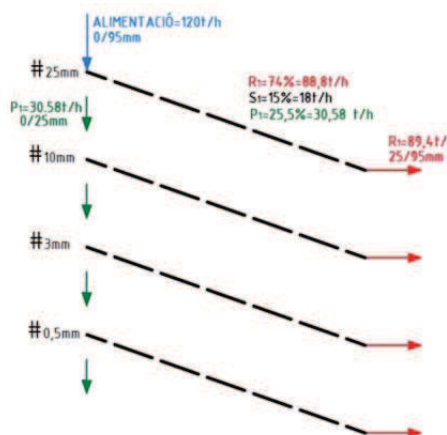


Figura.A.1.5.B Resultats de capacitats obtingudes al primer pis

II. Càlculs del Segon pis

La presència de desclassificats al rebuig del primer pis provoca que l'alimentació del pis 2 del garbell disminueixi a un valor $P_1=30,58$ t/h, quan els càlculs teòrics preliminars mostraven un valor $P_1= 31,2$ t/h. Com a hipòtesis de càlcul es considera que s'ha perdut la mateixa fracció per a totes les mides de classificat. Per aquest motiu es corregeixen les diferents fraccions del segon pis de la següent forma:

$$\begin{aligned} R_2' &= 50\% = 15,29 \text{ t/h} \\ S_2' &= 23,07\% = 7,05 \text{ t/h} \\ P_2' &= 50\% = 15,29 \text{ t/h} \end{aligned}$$

Capacitat bàsica o específica B_2 :

Es processa un mineral, que prové d'un procés de trituració, a través d'una malla amb una llum de 10mm. Consultant la taula 1.1.5.C anterior, s'obté la capacitat bàsica següent :

$$B_2 = 14,4 \text{ t/m}^2\text{h}$$

Capacitat bàsica o específica corregida Bc_2 :

Capacitat bàsica corregida Bc_2 (t/m ² h)	Superfície de malla S_2 (m ²)	Massa de partícules passants P_2 (t/h)
2,81	5,44	15,29

$$Bc_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{15,29}{5,44} = 2,81$$

Factor total de correcció Ft_2 :

Factor total de correcció Ft_2	Capacitat bàsica corregida Bc_2 (t/m ² h)	Capacitat bàsica B_2 (t/m ² h)
0,19	2,81	14,4

$$Ft_2 = \frac{Bc_2}{B_2} = \frac{2,81}{14,4} = 0,19$$

Factor d'eficiència Fe_2 :

Factor d'eficiència Fe_2	Factor total de correcció Ft_2	Factor de densitat específica Fd_2	Factor d'humitat Fh_2	Factor d'inclinació Fi_2	Factor de rebuig Fr_2
0,15	0,19	1,75	1	1	0,9

Factor de semi mida Fs_2	Factor de reg Fa_2	Factor de posició de malla Fp_2	Factor de malla Fm_2	Factor de superfície lliure de malla Fo_2
0,76	1	0,9	1	1,18

$$Fe_2 = \frac{Ft_2}{Fd_2 \cdot Fh_2 \cdot Fi_2 \cdot Fr_2 \cdot Fs_2 \cdot Fa_2 \cdot Fp_2 \cdot Fm_2 \cdot Fo_2} = 0,15$$

Eficiència o rendiment de garbellat E_2

La taula.A.1.5.G indica que amb una eficiència del 100% correspondria un factor d'eficiència $Fe=0$, mentre que per a una eficiència del 98% , $Fe=0,6$. Mitjançant la interpolació entre aquest valors es dedueix que l'eficiència teòrica seria del 99,5%, pràcticament impossible, per aquest motiu es considera finalment una $E_2=98\%$.

Càlcul de desclassificats del segon pis D_2 :

Fracció de desclassificats D_2 (%)	Fracció de partícules passants corregida P_2' (%)	Eficiència E_2
2	50	0,98

$$D_2 = \frac{P_2' \cdot (1 - E_2)}{1 - (P_2' \cdot E_2)} = \frac{0,5 \cdot (1 - 0,98)}{1 - (0,5 \cdot 0,98)} \cdot 100 = 2 \%$$

El rebuig del segon pis, com s'ha comentat anteriorment, estarà format per les següents fraccions de producte:

- 1- Material de rebuig " R_2' " : partícules d'alimentació superiors a 10mm. $R_2'=15,29$ t/h.
- 2- Desclassificats " D_2 " :Partícules inferiors a 10mm que teòricament haurien d'haver passat per la malla. Els càlculs anteriors indiquen que es tracta d'una fracció del 2% del total de partícules rebutjades.

Mitjançant una regla de tres que relaciona aquesta valors, s'obté la capacitat de desclassificats del primer pis :

$$\begin{aligned} 15,29 \text{ t/h} & \text{-----} 98\% \\ X \text{ t/h} & \text{-----} 2\% \\ X & = 0,31 \text{ t/h} \end{aligned}$$

Per tant, la quantitat de producte rebutjat serà :

$$R_2 = 15,29 + 0,31 = 15,6 \text{ t/h}$$

Els valors obtinguts de cada fracció de mineral a la segona etapa de garbellat es resumeixen a la figura.A.1.5.C següent :

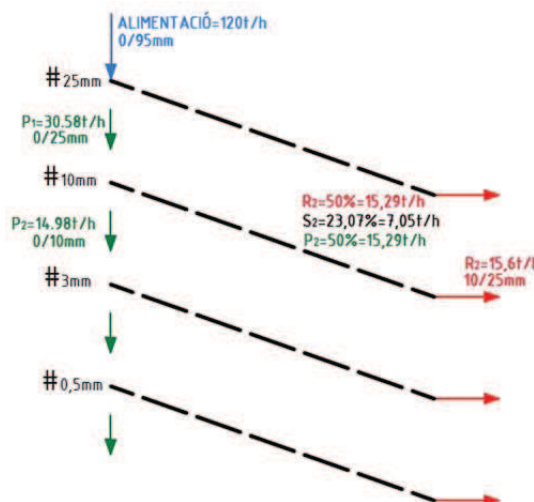


Figura.A.1.5.C Resultats de les capacitats obtingudes al segon pis

III. Càlculs del tercer pis

La presència de desclassificats al rebuig del segon pis provoca que l'alimentació del pis 3 del garbell disminueixi a un valor $P_2=14,98$ t/h, quan els càlculs teòrics preliminars mostraven un valor $P_2= 15,6$ t/h. Com a hipòtesis de càlcul es considera que s'ha perdut la mateixa fracció per a totes les mides de classificat. Per aquest motiu es corregeixen les diferents fraccions del tercer pis de la següent forma:

$$R_3'=69,2\%= 10,37 \text{ t/h}$$

$$S_3'=15,4\%= 2,3 \text{ t/h}$$

$$P_3'=30,77\%= 4,6 \text{ t/h}$$

Capacitat bàsica o específica B_3

Es processa un mineral, que prové d'un procés de trituració, a través d'una malla amb una llum de 3mm. Consultant la taula 1.1.5.C anterior i mitjançant la interpolació dels valors més propers, s'obté la capacitat bàsica següent :

$$B_3= 6,65 \text{ t/m}^2\text{h}$$

Capacitat bàsica o específica corregida B_{c3}

Capacitat bàsica corregida B_{c3} (t/m ² h)	Superfície de malla S_3 (m ²)	Massa de partícules passants P_3 (t/h)
0,85	5,42	4,6

$$B_{c3} = \frac{P^2}{S^2} = \frac{4,6}{5,42} = 0,85$$

Factor total de correcció F_{t3}

Factor total de correcció F_{t3}	Capacitat bàsica corregida B_{c3} (t/m ² h)	Capacitat bàsica B_3 (t/m ² h)
0,13	0,85	6,65

$$F_{t3} = \frac{B_{c3}}{B_3} = \frac{0,85}{6,65} = 0,13$$

Factor d'eficiència F_{e3}

Factor d'eficiència F_{e3}	Factor total de correcció F_{t3}	Factor de densitat específica F_{d3}	Factor d'humitat F_{h3}	Factor d'inclinació F_{i3}	Factor de rebuig F_{r3}
0,23	0,13	1,75	1	1	0,81

Factor de semi mida F_{s3}	Factor de reg F_{a3}	Factor de posició de malla F_{p3}	Factor de malla F_{m3}	Factor de superfície lliure de malla F_{o3}
0,66	1	0,8	1	0,78

$$F_{e3} = \frac{F_{t3}}{F_{d3} \cdot F_{h3} \cdot F_{i3} \cdot F_{r3} \cdot F_{s3} \cdot F_{a3} \cdot F_{p3} \cdot F_{m3} \cdot F_{o3}} = 0,23$$

Eficiència o rendiment de garbellat **E₂**

La taula.A.1.5.G indica que amb una eficiència del 100% correspondria un factor d'eficiència Fe=0, mentre que per a una eficiència del 98% , Fe=0,6. Mitjançant la interpolació entre aquest valors es dedueix que l'eficiència teòrica seria del 99,24%, pràcticament impossible, per aquest motiu es considera finalment una E₃=98%.

Càlcul de desclassificats del segon pis **D₃** :

Fracció de desclassificats D₃ (%)	Fracció de partícules passants corregida P'₃ (%)	Eficiència E₃
0,88	30,77	0,98

$$D_3 = \frac{P'_3 \cdot (1 - E_3)}{1 - (P'_3 \cdot E_3)} = \frac{0,3077 \cdot (1 - 0,98)}{1 - (0,3077 \cdot 0,98)} \cdot 100 = 0,88 \%$$

El rebuig del tercer pis, com s'ha comentat anteriorment, estarà format per les següents fraccions de producte:

- 1- Material de rebuig "**R₃'**" : partícules d'alimentació superiors a 3 mm. R₃'=10,37 t/h.
- 2- Desclassificats "**D₃**" :Partícules inferiors a 3 mm que teòricament haurien d'haver passat per la malla. Els càlculs anteriors indiquen que es tracta d'una fracció del 0,88% del total de partícules rebutjades.

Mitjançant una regla de tres que relaciona aquesta valors, s'obté la capacitat de desclassificats del primer pis :

$$\begin{matrix} 10,37 \text{ t/h} & \text{-----} & 99,12\% \\ X \text{ t/h} & \text{-----} & 0,88\% \end{matrix}$$

$$X = 0,092 \text{ t/h}$$

Per tant, la quantitat de producte rebutjat serà :

$$R_3 = 10,37 + 0,092 = 10,46 \text{ t/h}$$

Els valors obtinguts de cada fracció de mineral a la tercera etapa de garbellat es resumeixen a la figura.A.1.5.D següent :

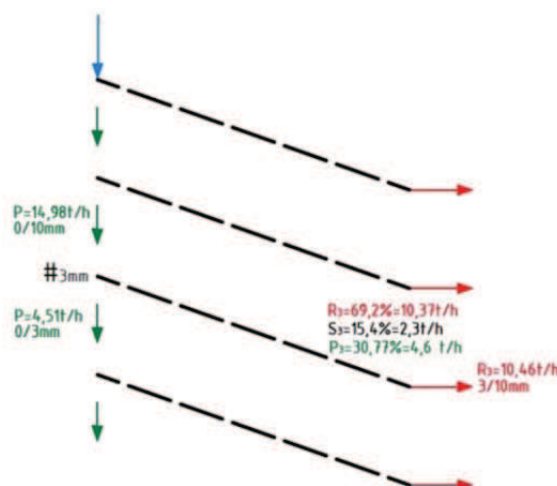


Figura.A.1.5.D Resultats de les capacitats obtingudes en el tercer pis

A.1.5.5 Capacitats de producció de l'ETAPA B

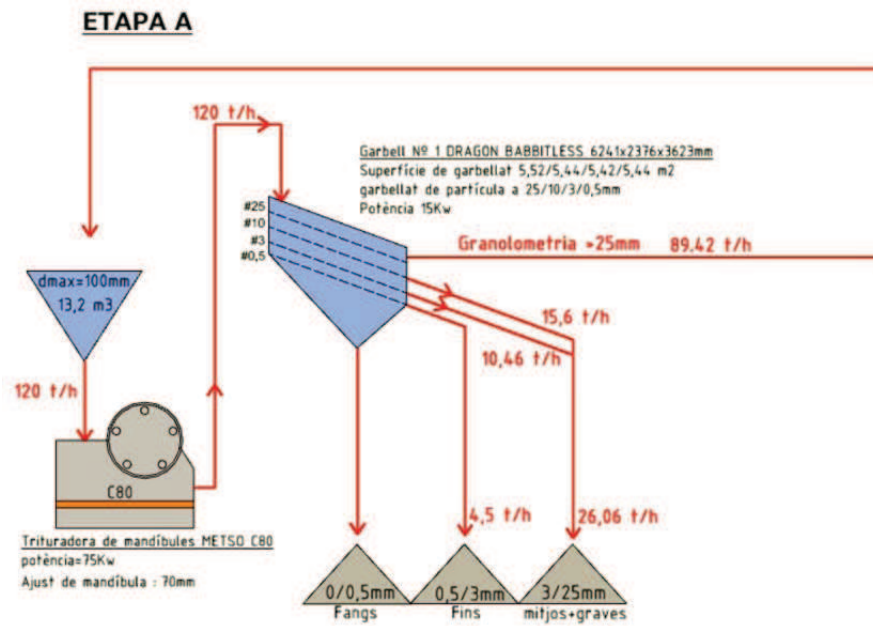


Figura.A.1.5.E Capacitats de producció ETAPA A

A.2. Etapa B

A.2.1. Esquema de procés

L'etapa B és el seguiment del procés que s'obté a partir de la primera etapa A. Aquest procés permet classificar mineral amb major concentració de partícules fines i mitjanes que la que ofereix la primera etapa ja que es disposa d'una nova trituració mitjançant un molí de cons.

S'inicia sempre que el programa A ja estigui en funcionament, ja que les partícules de 3 a 25mm classificades per el garbell nº1, són dirigides cap a l'etapa secundària del procés on seran sotmeses a una trituració secundària més fina.

El transport d'aquestes partícules ,cap al molí de cons secundari, es realitza mitjançant la cinta nº3. Posteriorment a l'etapa de triturat, l'elevador de catúfols nº 2 serà l'encarregat d'elevat el material fins al garbell nº 2, punt el qual el material es classificarà amb fraccions de 0/0,5, 0,5/3 i 3/10 mm.

L'etapa B permet obtenir :

- Baixa capacitat de graves compreses entre 10 i 25 mm.
- Alta producció de partícules mitjanes entre 3 i 10 mm.
- Producció moderada de partícules fines de 0,5 a 3 mm.
- Baixa capacitat de Partícules molt fines de 0 a 0,5mm amb acumulació de fangs.

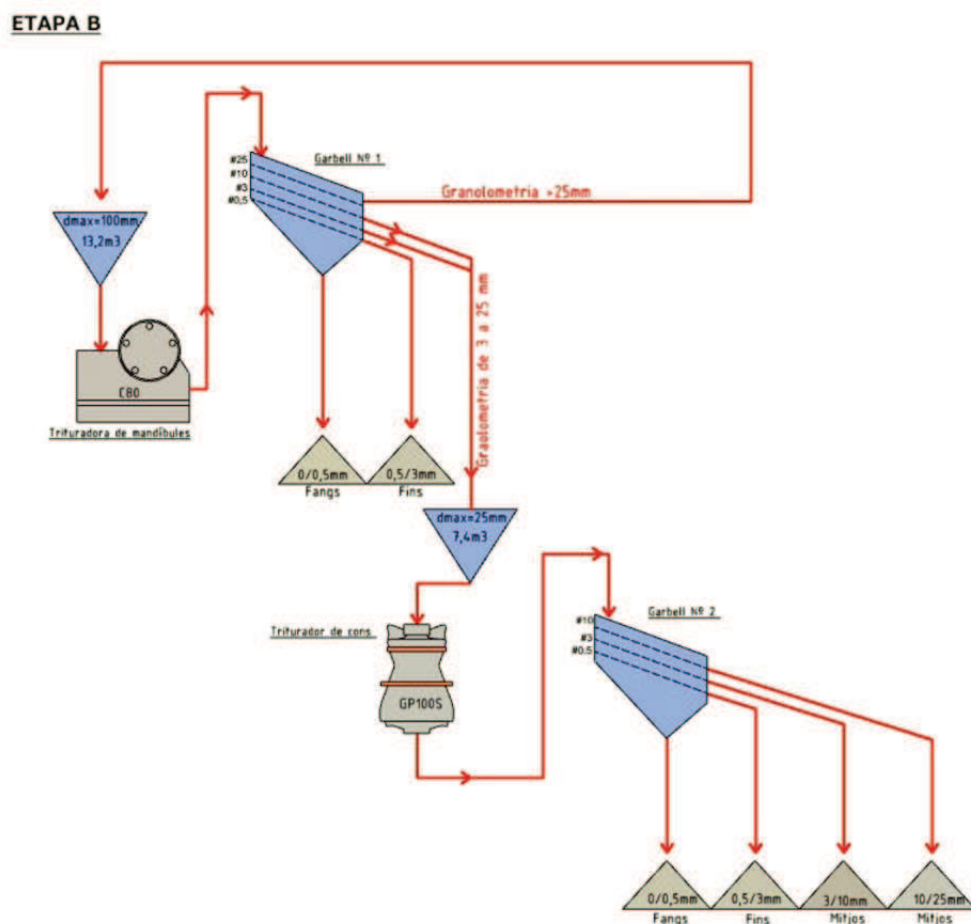


Figura.A.2.1 Esquema de procés 'etapa B

A.2.2. Etapa de Trituració secundària

Triturador secundari de cons



Model	Sèrie GP100S
Fabricant	Metso
Potència	75 Kw
Carrera	16mm
Ajustatge c.s.s	8mm
Capacitat max.	40-50 t/h

Taula.A.2.2 Característiques molí de cons METSOGP100S

A.2.3. Corbes granulomètriques

Mitjançant les corbes granulomètriques del triturador secundari de cons METSO GP100S, representades a la fig.A.2.3 següent, i amb un ajustatge de tancament de 8mm, s’obtenen les característiques del mineral que posteriorment serà processat en el garbell nº 2.

Les dimensions de partícula necessàries per a realitzar els càlculs del procés de garbellat, es detallen a continuació :

- a) Les 3 mides de classificat (10mm,3mm i 0,5mm)
- b) Fracció de material amb una granulometria més petita que la meitat de l’obertura de la malla, anomenada semi mida (5mm, 1,5mm i 0,25mm)

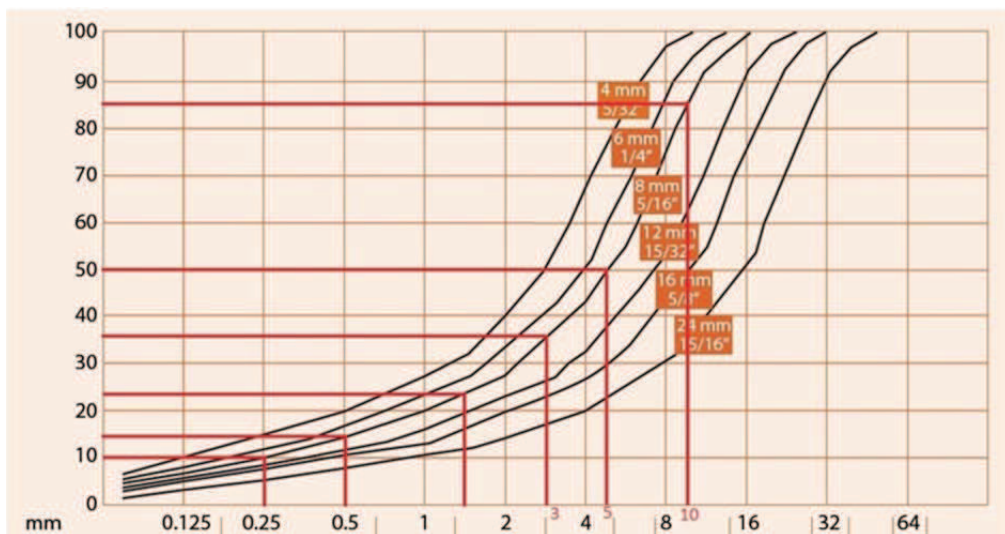


Figura.A.2.3 Corbes granulomètriques METSO GP100S

A.2.4. Característiques del material molturat

Amb una alimentació de 26,06 t/h i establerts els percentatges de material segons cadascuna de les diferents granulometries assenyalades anteriorment, es calcula la quantitat de mineral obtinguda a la sortida del molí segons les dimensions de partícula :

granulometria (mm)	<10	<3	<0,5	<5	<1,5	<0,25
percentatge %	85%	37%	15%	50%	24%	10%
Capacitat (T/h)	22,15	9,64	3,90	13,03	6,25	2,61

Figura.A.2.4 capacitats d’alimentació segons mida de partícula a la sortida del molí

A.2.5. Segona etapa de GarbellatA.2.5.1 Característiques del garbell nº2

Fabricant	Dragonbabbitless
Potència	15 Kw
Dimensions generals	6241X2376X3623 mm
Nº màx. de classificacions	4

Taula.A.2.5.A característiques garbell nº2A.2.5.2 Característiques de les malles de classificat

Primer pis :

Dimensions	1347x4100mm
Superfície de malla	5,52 m ²
Forma de malla	quadrada
Obertura de malla	10mm
Diàmetre del filament	3mm
Superfície útil	59,12 %
Pes	9,29 Kg/m ²
Material	AISI304

Segon pis :

Dimensions	1347x4030mm
Superfície de malla	5,42 m ²
Forma de malla	quadrada
Obertura de malla	3mm
Diàmetre del filament	1,8mm
Superfície útil	39,06 %
Pes	9,06 Kg/m ²
Material	AISI304

Tercer pis :

Dimensions	1347x4040mm
Superfície de malla	5,44 m ²
Forma de malla	quadrada
Obertura de malla	0,5mm
Diàmetre del filament	0,28 mm
Superfície útil	41,7 %
Pes	1,33 Kg/m ²
Material	AISI304

Taula.A.2.5.B característiques de les malles

A.2.5.3 Procediment de càlcul

Els càlculs realitzats en aquest projecte són absolutament empírics basats en les experiències dels fabricants de garbells, per la qual cosa hauran de ser tant o més encertats com més experiència tinguin aquests fabricants i per descomptat quant més gran sigui el seu coneixement sobre el tema en qüestió.

Existeix un gran nombre de mètodes per a calcular procés, però finalment tots deriven de 2 sistemes bàsics :

- 1) Mètode d'alimentació, basat en la massa sòlida per unitat de temps que pot alimentar-se a una superfície específica de malla d'una determinada llum de pas.
- 2) Mètode passant, basat en la massa sòlida per unitat de temps que passa per una superfície específica de malla d'una determinada llum de pas.

En el nostre cas, utilitzant unitats del SI, la superfície específica en qüestió és d'1 m² i la llum de pas de la malla, Lm s'expressa en mm. Per descomptat la massa sòlida s'expressa en t/h.m² i es coneix com a capacitat bàsica o específica, bé de pas o d'alimentació, a una malla de llum determinada.

Lògicament la capacitat específica segons el primer mètode, basat en l'alimentació a una malla, dóna valors més grans que el segon basat en la massa que passa a través de la mateixa.

Els bons fabricants han realitzat nombroses experiències per a determinar la capacitat específica, fixant les condicions de l'experiència, especialment en referència a la granulometria del producte d'alimentació, i concretament al percentatge de partícules superiors a la de classificació rebuig, que formen la fracció gruixuda, i el percentatge de partícules inferiors al valor de la meitat d'aquesta mida de classificació, semi mida. Es definirà com a passant la massa que passa per la malla, que constitueix la fracció fina.

També es considera en aquestes experiències l'eficiència o rendiment de classificació assolit, és a dir, la massa de partícules que realment travessa la malla, -es classifica-, davant la qual teòricament hauria d'haver passat-contingut de partícules inferiors a la mida de classificació a l'alimentació-. La massa de partícules fines que no travessen la malla, lògicament se'n van amb la fracció gruixuda o rebuig, constituint els anomenats desclassificats, i que òbviament com veurem més endavant estan relacionats amb l'eficiència, el percentatge de passants, i el rebuig.

En el moment de realitzar les proves per a determinar la capacitat específica es prepara un producte d'alimentació "sintètic" amb un percentatge de rebuig i semi mida preestablerts, que en la majoria dels mètodes prestigiosos coneguts, oscil·la entre 25% i 50% per al rebuig, i entre 25% i 40% per la semi mida, sent gairebé unànime el valor de 40% per a aquest últim. L'eficiència s'estableix entre 90% i 95%.

Tots els mètodes de càlcul prestigiosos inclouen uns factors de correcció per a cobrir les diferències del producte real d'alimentació davant el considerat durant la prova del mètode en qüestió, i el mateix es pot dir respecte a l'eficiència de garbellat.

És important considerar això últim, ja que això significa que no poden barrejar-se els factors de correcció d'un mètode amb els valors de capacitat específica d'un altre, i per descomptat molt menys utilitzar els valors de capacitat específica d'un mètode passant quan es segueixi un mètode alimentació.

A més dels factors esmentats anteriorment referits al rebuig, semi mida i eficiència, s'han de considerar altres factors de correcció sobre la base de la posició del pis de garbellat (1^o, 2^o, 3^o, 4^o), a la forma de la partícula (rodona natural o cúbica triturada), densitat específica del producte, forma de l'obertura de la malla (rodona, quadrada, rectangular), posició del garbell (inclinada o horitzontal), àrea oberta de pas o àrea lliure, condició de garbellat (sec o humit), factor per reg de garbellat via humida, i en general qualsevol altra condició que pugui afectar el rendiment del procés.

En resum, qualsevol mètode de càlcul podria resumir-se a partir de l'equació següent:

$$S = \frac{P}{Bc} \text{ [eq. A.1]}$$

on ,

$$Bc = B \cdot Ft \text{ [eq. A.2]}$$

S: superfície necessària de garbellat, expressada en m².

P: massa de sòlids-d'alimentació o que ha de passar per la malla-, expressada en t / h

Bc: capacitat específica o bàsica corregida-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

B: capacitat específica o bàsica-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

ft: factor total de correcció de la capacitat bàsica, sense unitats.

Els càlculs de procés de garbellat seguiran el procediment següent :

1. Càlculs de producció preliminaris.
2. Càlcul del primer pis (10mm)
 - Obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica
 - Càlcul dels valors de capacitat bàsica o específica corregida
 - Càlcul del factor total de correcció
 - Càlcul del factor d'eficiència
 - Càlcul de l'eficiència o rendiment
 - Càlcul de desclassificats
3. Càlcul del segon pis (3mm)
 - Obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica
 - Càlcul dels valors de capacitat bàsica o específica corregida
 - Càlcul del factor total de correcció
 - Càlcul del factor d'eficiència
 - Càlcul de l'eficiència o rendiment
 - Càlcul de desclassificats
4. Càlcul del tercer pis (0,5mm)
 - Obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica
 - Càlcul dels valors de capacitat bàsica o específica corregida
 - Càlcul del factor total de correcció
 - Càlcul del factor d'eficiència
 - Càlcul de l'eficiència o rendiment
 - Càlcul de desclassificats
5. Obtenció dels resultats finals del procés.

I. Càlculs de producció preliminaris

Mitjançant les característiques granulomètriques de la massa d'alimentació del garbell i coneixent el percentatge de mineral existent per a cadascuna de les mides de classificat a l'alimentació, es realitzen els primers càlculs orientatius de producció per a cada pis del garbell. En aquest apartat no es considera l'eficiència ni la presència de desclassificats.

II. Capacitat bàsica o específica B

L'obtenció dels valors de capacitat bàsica o específica és absolutament empírica, basada en diversos assajos creats per diversos fabricants de garbells. Es tracta de la quantitat de producte, expressada en t/m².h i amb densitat aparent de 1,6 t/m³, que passa a través d'una malla d'una llum determinada i que compleix els requeriments següents :

- 5- Malla fabricada a partir de filament d'acer.
- 6- La superfície lliure és del 50%.
- 7- La malla es localitza en el primer pis del garbell.
- 8- El garbell utilitzat es troba inclinat 20º.

El producte d'alimentació usat per a les proves conté un 25% de partícules superiors a la llum de la malla (Rebuig), un 40% de partícules inferiors a la mitat de la llum de la malla (semi mida) i es considera una eficiència de garbellat del 94%.

Els resultats obtinguts dels anàlisis anteriorment esmentats per tal de conèixer la capacitat bàsica o específica de forma orientativa, es representa a la taula.A.2.5.C següent :

Luz de malla mm	Material		
	Carbón	Triturado	Natural
0,50	2,0	2,7	3,5
0,80	2,6	3,4	4,4
1,00	2,8	3,7	4,9
1,25	3,1	4,1	5,5
2,0	4,0	5,3	7,1
4,0	6,0	8,0	10,5
5,6	7,5	10,0	13,0
6,3	8,1	10,8	14,0
8,0	9,4	12,5	16,0
10,0	10,8	14,4	18,6
12,5	12,5	16,6	21,5
16,0	14,3	19,0	25,1
20,0	16,5	22,0	29,0
25,0	19,5	26,0	33,4
31,5	22,5	30,0	37,9
40,0	26,0	34,7	42,5
50,0	29,3	39,0	47,4
63,0	33,0	44,0	52,0
80,0	36,8	49,0	57,0
100,0	42,0	56,0	63,0
120,0	47,3	63,0	68,0

Taula.A.2.5.C Capacitats bàsiques en t/m²h (Font : Tecnología de Los aparatos de fragmentación y clasificación dimensional)

III. Capacitat bàsica o específica corregida Bc

Coneixent la superfície de les malles usades en el garbell nº 2 i la capacitat de producte que passa per a cadascuna de les malles, es fa us de l'expressió següent per tal d'obtenir els valors de capacitat bàsica per a cadascuna de les etapes de garbellat:

$$Bc = P/s \text{ [eq. A.3]}$$

on,

S: superfície necessària de garbellat, expressada en m².

P: massa de sòlids-d'alimentació o que ha de passar per la malla-, expressada en t / h

Bc: capacitat específica o bàsica corregida-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

IV. Càlcul del factor total de correcció Ft :

$$Ft = \frac{Bc}{B} \text{ [eq. A.4]}$$

on,

ft: factor total de correcció de la capacitat bàsica, sense unitats.

Bc: capacitat específica o bàsica corregida-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

B: capacitat específica o bàsica-bé d'alimentació o passant-, expressada en t/m².h

V. Càlcul del factor d'eficiència Fe :

$$Fe = \frac{Ft}{Fd \cdot Fh \cdot Fi \cdot Fr \cdot Fs \cdot Fa \cdot Fp \cdot Fm \cdot Fo}$$

ft: factor total de correcció de la capacitat bàsica, sense unitats.
fd: factor de densitat específica aparent, sense unitats.
fh: factor d'humitat, sense unitats.
fi: factor d'inclinació, sense unitats.
fr: factor de rebuig, sense unitats.
fs: factor de semi mida, sense unitats.
fa: factor de reg, sense unitats.
fp: factor de posició de malla, sense unitats.
fm: factor de malla, sense unitats.
Fo: factor de superfície lliure de malla, sense unitats.

Factor de densitat específica aparent **Fd** :

Els valors "empírics" de la capacitat bàsica obtinguda en els assajos descrits anteriorment, es basen en un producte de densitat específica 1,6 t/m³, de manera que qualsevol altre producte de diferent densitat tindrà una capacitat proporcional a aquesta. En els càlculs d'aquest apartat es considera com a cas més desfavorable la densitat del sulfat de bari, ja que serà el mineral més dens que processarà la planta :

$$Fd = \frac{\rho}{1,6} = \frac{2,8}{1,6} = 1,75 \text{ [eq. A.5]}$$

VI. Factor d'humitat **Fh**:

Els valors de la capacitat bàsica han estat obtinguts d'acord amb un cribratge en sec, o amb una humitat inferior al 3%. Sovint els productes d'alimentació no estan exempts d'humitat i de vegades una humitat excessiva per sobre de H = 9% pot impedir el garbellat, provocant el "cegat" de les malles, i per tant és necessari realitzar el garbellat en via humida.

D'altra banda cada producte té una humitat crítica, però generalitzant es pot establir el següent factor de correcció, fh.

Si H > 9%, no es pot garbellar en sec
 Si ≤ 9% H > 6%, fh = 0,75
 Si ≤ 6% H > 3%, fh = 0,85
 Si H ≤ 3%, fh = 1,00

VII. Factor d'inclinació del garbell **Fi**:

Generalment per garbellats de partícules mitjanes i gruixudes s'utilitzen garbells inclinats, essent l' inclinació normal 20 °, encara que en alguns garbells pot ajustar-se aquesta inclinació, disminuint aquesta per classificats més fins i augmentant-la per classificats més gruixuts. Existeixen garbells per classificacions fines amb inclinacions entre 5 ° i 15 °. Els càlculs de la capacitat bàsica han estat fets mitjançant garbells inclinats, per tant, el factor a aplicar en aquest cas seria fi = 1. En altres casos caldrà aplicar un factor segons s'indica a continuació:

Garbells inclinats (20 °) fi = 1,00
 Garbells inclinats (15 °) fi = 0,96
 Garbells inclinats (10 °) fi = 0,94
 Garbells inclinats (5 °) fi = 0,87
 Garbells horitzontals fi = 0,83

El garbell utilitzat en aquest projecte es troba amb una inclinació de 20°, per tant, es considera un factor d'inclinació Fi=1

VIII. factor de rebuig **Fr** :

La capacitat bàsica considera un producte d'alimentació amb un 25% de rebuig, de manera que qualsevol altre percentatge, significa que s'ha de corregir la capacitat bàsica amb un factor fr, lògicament fr = 1 per a un valor del rebuig R = 25%.

R	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Factor f_r	1,10	1,08	1,06	1,04	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92

R	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Factor f_r	0,90	0,88	0,86	0,84	0,80	0,76	0,70	0,64	0,55	0,40

Taula.A.2.5.D Factor de rebuig

IX. factor de Semi mida F_s :

Com en el cas anterior, la capacitat bàsica ha estat calculada partint d'un producte amb un contingut d'un 40% de partícules més fines que la meitat de la llum de la malla, per això qualsevol desviació ha de ser corregida aplicant un factor f_s , sent $f_s = 1$ per a un valor del semi mida de 40%.

semi mida	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Factor f_s	0,50	0,55	0,60	0,65	0,72	0,77	0,85	0,92	1,00	1,10

semi mida	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Factor f_s	1,20	1,30	1,45	1,60	1,75	1,95	2,20	2,55	3,00	3,65

Taula.A.2.5.E Factor de semi mida

X. Factor de reg F_a :

Les etapes de garbellat es realitzen via humida on a continuació del garbellat les fraccions fines seran rentades o enviades a diferents processos en humit. En aquest cas, a causa de la humitat del producte, generalment per sobre del 9%, es necessari a un garbellat amb reg d'aigua.

L'aportació d'aigua al cribratge, en forma de reg amb difusors apropiats, en volum i la pressió adequada suposa una ajuda, per la qual cosa la capacitat de garbellat augmenta, de manera que això ha de ser considerat. El reg d'aigua beneficia principalment al cribratge de mides mitjanes i pràcticament no afecta mides de classificació superiors a 50 mm, aconseguint les majors avantatges al voltant dels 4 mm. Així doncs el factor positiu de correcció f_a , que ha d'afectar el càlcul del procés, varia en funció de la llum de la malla L_m , segons la taula següent:

L_m (mm)	<0,5	1,0	1,25	2,0	4,0	5,6	6,3	8,0	10,0
Factor, f_a	1,00	1,42	1,70	2,20	2,50	2,35	2,25	2,00	1,42

L_m (mm)	11,2	12,5	14,0	16,0	20,0	22,4	31,5	40	50
Factor, f_a	1,35	1,30	1,25	1,20	1,15	1,13	1,06	1,03	1,00

Taula.A.2.5.F Factor de reg

L'aportació d'aigua en el garbell nº 2 es realitza en el primer pis, per aquest motiu es considerarà aquest factor corrector en els càlculs de l'etapa primària de garbellat.

XI. Factor de posició de malla F_p :

Les partícules, al caure sobre del garbell, degut al comportament d'avanç horitzontal descriuen una paràbola, la qual cosa significa que els pisos inferiors no són aprofitats al llarg de tota la seva longitud, de manera que la superfície efectiva de cribratge és menor a mesura que la malla es localitza en posicions cada vegada més inferiors. Conseqüentment cal aplicar un factor corrector en funció de la posició del pis de garbellat.

primer pis, $f_p = 1,0$
 segon pis, $f_p = 0,9$
 tercer pis, $f_p = 0,8$
 quart pis, $f_p = 0,7$

XII. Factor de malla F_m :

La capacitat bàsica ha estat calculada amb malla de filferro d'acer de secció de pas quadrada, de manera que un altre tipus d'obertura també tindrà una repercussió en la capacitat de garbellat.

Si la malla és d'obertura quadrada $f_m = 1,0$

Si la malla és d'obertura rodona $f_m = 0,8$

Si la malla és de secció rectangular, depenent de la proporció llarg / ample, l / a , s'aplicarà un factor diferent.

Si $2 < l/a < 3$, $f_m = 1,15$

Si $3 < l/a < 6$, $f_m = 1,20$

Si $l/a > 6$, $f_m = 1,25$

XIII. Factor de superfície lliure de malla F_o :

Els càlculs de la capacitat bàsica han estat realitzats amb malles de filferro d'acer, d'execució "mitjana", és a dir, amb un diàmetre de fil mitjà de acord a la llum de la malla, la qual cosa dóna una superfície lliure de pas determinada.

Podria establir-se que la capacitat de garbellat és directament proporcional a la superfície lliure. Evidenciant aquest fet, en el moment de calcular la superfície de garbellat necessària, s'hauria de tenir en compte la superfície lliure considerada en els assajos i la real a instal·lar, corregint la superfície proporcionalment a la diferència entre les àrees lliures, la "model" i la "real". La superfície lliure considerada en el càlcul proposat ha estat del 50%, mentre que les malles industrials varien entre el 30% i el 75% de superfície lliure. El factor F_o a considerar seria:

Superfície %	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Factor F_o	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,20	1,40

Taula.A.2.5.G Factor de superfície lliure

XIV. Càlcul de l'eficiència o rendiment

Els valors de capacitat bàsica s'han calculat d'acord amb una eficiència o rendiment del 94%, és a dir, el 6% de les partícules fines que hauria d'haver passat per la llum de la malla no han passat, de manera que qualsevol divergència amb aquesta hipòtesi ha de ser corregida amb un factor d'eficiència, f_e , que serà $f_e = 1$ per a una eficiència $E = 94\%$.

E	98	96	94	92	90	85	80
Factor f_e	0,60	0,85	1,00	1,05	1,12	1,26	1,41

E	75	70	65	60	55	50	45
Factor f_e	1,56	1,70	1,85	2,00	2,10	2,30	2,35

Taula.A.2.5.H Eficiència de garbellat

XV. Càlcul de desclassificats

En el procés de garbellat interessa principalment assegurar la qualitat dels diferents productes i en general que el valor de desclassificats, D , en el producte gruixut sigui el menor possible. Un valor normal de desclassificats podria considerar-se entre 10% i 15%. Aquest valor de desclassificats condiona l'eficiència, E , de garbellat i sovint combinar una bona eficiència i un baix valor de desclassificats és impossible.

És molt freqüent que quan el producte a garbellar té un elevat contingut de partícules inferiors a la mida de tall, fins i tot amb una elevada eficiència, superior al 90%, s'obtinguin alts valors de desclassificats, i això per pura matemàtica no per deficiència de l'equip de garbellat.

Recíprocament assolir un baix valor de desclassificats significaria operar amb eficiències per sobre del 98% la qual cosa és lògicament impossible.

Per a realitzar els càlculs del procés de garbellat cal conèixer la relació entre eficiència i desclassificats en funció del percentatge de partícules fines inferiors a la mida de tall, el que coneixem com a passants, P.

$$D = \frac{P \cdot (1-E)}{1-(P \cdot E)} \quad [\text{eq. A.6}]$$

1.2.5.4 Càlculs de producció preliminaris

Per a realitzar els càlculs del procés, es divideix la massa total d'alimentació en 3 tipus de fraccions diferents :

- Material de rebuig "R" : Fracció de material que ha estat rebutjada per la malla, bé sigui degut a una mida de partícula superior a l'obertura de la malla, o a imperfeccions del funcionament del procés.
- Material de semi mida "S" : Fracció de material amb una granulometria més petita que la meitat de l'obertura de la malla.
- material passant "P" : Fracció de material que passa a través de la malla.

Amb les dades mostrades a la taula A.2.4, referents a les capacitats del mineral obtingudes a partir de les corbes del triturador secundari de cons, es coneixen les diferents fraccions de producte per a cadascuna de les etapes de garbellat :

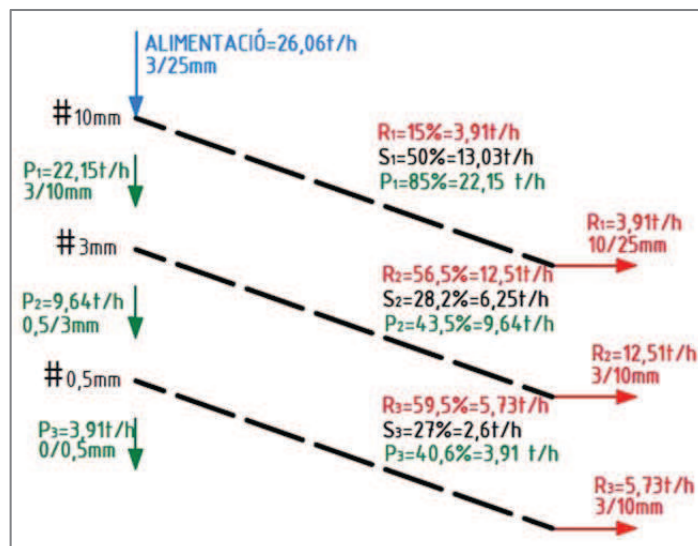


Figura.A.2.5.A Resultats de capacitats teòriques

I. Càlculs del primer pisCapacitat bàsica o específica **B₁**

Es processa un mineral, que prové d'un procés de trituració, a través d'una malla amb una llum de 10 mm. Consultant la taula A.2.5.C anterior, s'obté la capacitat bàsica següent :

$$B_1 = 14,4 \text{ t/m}^2\text{h}$$

Capacitat bàsica o específica corregida **Bc₁**

Capacitat bàsica corregida Bc₁ (t/m ² h)	Superfície de malla S₁ (m ²)	Massa de partícules passants P₁ (t/h)
4	5,52	22,15

$$Bc_1 = \frac{P_1}{S_1} = \frac{22,15}{5,52} = 4$$

Factor total de correcció **Ft₁**

Factor total de correcció Ft₁	Capacitat bàsica corregida Bc₁ (t/m ² h)	Capacitat bàsica B₁ (t/m ² h)
0,28	4	14,4

$$Ft_1 = \frac{Bc_1}{B_1} = \frac{4}{14,4} = 0,28$$

Factor d'eficiència **Fe₁**

Factor d'eficiència Fe₁	Factor total de correcció Ft₁	Factor de densitat específica Fd₁	Factor d'humitat Fh₁	Factor d'inclinació Fi₁	Factor de rebuig Fr₁
0,07	0,28	1,75	1	1	1,04

Factor de semi mida Fs₁	Factor de reg Fa₁	Factor de posició de malla Fp₁	Factor de malla Fm₁	Factor de superfície lliure de malla Fo₁
1,2	1,42	1	1	1,39

$$Fe_1 = \frac{Ft_1}{Fd_1 \cdot Fh_1 \cdot Fi_1 \cdot Fr_1 \cdot Fs_1 \cdot Fa_1 \cdot Fp_1 \cdot Fm_1 \cdot Fo_1} = 0,07$$

Eficiència o rendiment de garbellat **E₁**

La taula.A.2.5.H indica que amb una eficiència del 100% correspondria un factor d'eficiència Fe=0, mentre que per a una eficiència del 98% , Fe=0,6. Mitjançant la interpolació entre aquest valors es dedueix que l'eficiència teòrica seria del 99,78%, pràcticament impossible, per aquest motiu es considera finalment una E₁=98%.

Càlcul de desclassificats del primer pis D_1

Fracció de desclassificats D_1 (%)	Fracció de partícules passants P_1 (%)	Eficiència E_1
10,18	0,85	0,98

$$D_1 = \frac{P^1 \cdot (1 - E^1)}{1 - (P^1 \cdot E^1)} = \frac{0,85 \cdot (1 - 0,98)}{1 - (0,85 \cdot 0,98)} \cdot 100 = 10,18 \%$$

El rebuig del primer pis, com s’ha comentat anteriorment, estarà format per les següents fraccions de producte:

- 1- Material de rebuig “ R_1 ” : partícules d’alimentació superiors a 10mm. Com mostra a la figura.3 a l’apartat de càlculs de producció preliminaris, $R=3,91$ t/h.
- 2- Desclassificats “ D_1 ” :Partícules inferiors a 10mm que teòricament haurien d’haver passat per la malla. Els càlculs anteriors indiquen que es tracta d’una fracció del 10,18% del total de partícules rebutjades.

Mitjançant una regla de tres que relaciona aquests valors, s’obté la capacitat de desclassificats del primer pis :

$$\begin{array}{l} 3,91 \text{ t/h} \text{ ----- } 89,82\% \\ X \text{ t/h} \text{ ----- } 10,18\% \end{array}$$

$$X = 0,44 \text{ t/h}$$

Per tant, la quantitat de producte rebutjat serà :

$$R_1 = 3,91 + 0,44 = 4,35 \text{ t/h}$$

Els valors obtinguts de cada fracció de mineral a la primera etapa de garbellat es resumeixen a la figura.A.2.5.B següent :

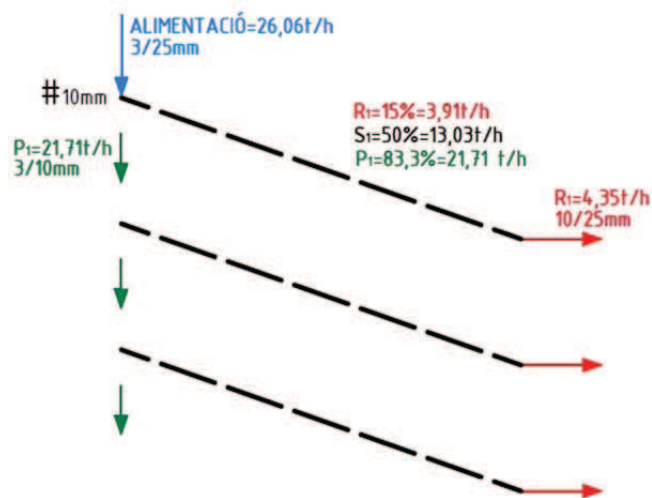


Figura.A.2.5.B Resultats de capacitats obtingudes en el segon pis

II. Càlculs del Segon pis

La presència de desclassificats al rebuig del primer pis provoca que l'alimentació del pis 2 del garbell disminueixi a un valor $P_1=21,71$ t/h, quan els càlculs teòrics preliminars mostraven un valor $P_1= 22,15$ t/h. Com a hipòtesis de càlcul es considera que s'ha perdut la mateixa fracció per a totes les mides de classificat. Per aquest motiu es corregeixen les diferents fraccions del segon pis de la següent forma:

$$R_2'=56,5\%= 12,27 \text{ t/h}$$

$$S_2'=28,2\%= 6,12 \text{ t/h}$$

$$P_2'=43,5\%= 9,44 \text{ t/h}$$

Capacitat bàsica o específica B_2

Es processa un mineral, que prové d'un procés de trituració, a través d'una malla amb una llum de 3mm. Consultant la taula 2 anterior i mitjançant la interpolació dels valors més propers, s'obté la capacitat bàsica següent :

$$B_2= 6,65 \text{ t/m}^2\text{h}$$

Capacitat bàsica o específica corregida B_{C2}

Capacitat bàsica corregida B_{C2} (t/m ² h)	Superfície de malla S_2 (m ²)	Massa de partícules passants P_2 (t/h)
1,74	5,42	9,44

$$B_{C2} = \frac{P_2^2}{S_2^2} = \frac{9,44}{5,42} = 1,74$$

Factor total de correcció F_{t2}

Factor total de correcció F_{t2}	Capacitat bàsica corregida B_{C2} (t/m ² h)	Capacitat bàsica B_2 (t/m ² h)
0,26	1,74	6,65

$$F_{t2} = \frac{B_{C2}}{B_2} = \frac{1,74}{6,65} = 0,26$$

Factor d'eficiència F_{e2}

Factor d'eficiència F_{e2}	Factor total de correcció F_{t2}	Factor de densitat específica F_{d2}	Factor d'humitat F_{h2}	Factor d'inclinació F_{i2}	Factor de rebuig F_{r2}
0,23	0,26	1,75	1	1	0,9

Factor de semi mida F_{s2}	Factor de reg F_{a2}	Factor de posició de malla F_{p2}	Factor de malla F_{m2}	Factor de superfície lliure de malla F_{o2}
0,83	1	0,9	1	1,02

$$F_{e2} = \frac{F_{t2}}{F_{d2} \cdot F_{h2} \cdot F_{i2} \cdot F_{r2} \cdot F_{s2} \cdot F_{a2} \cdot F_{p2} \cdot F_{m2} \cdot F_{o2}} = 0,23$$

Eficiència o rendiment de garbellat E_2

La taula.A.2.5.H indica que amb una eficiència del 100% correspondria un factor d'eficiència $Fe=0$, mentre que per a una eficiència del 98% , $Fe=0,6$. Mitjançant la interpolació entre aquest valors es dedueix que l'eficiència teòrica seria del 99,24%, pràcticament impossible, per aquest motiu es considera finalment una $E_2=98\%$.

Càlcul de desclassificats del segon pis D_2

Fracció de desclassificats D_2 (%)	Fracció de partícules passants corregida P_2' (%)	Eficiència E_2
1,52	43,5	0,98

$$D_2 = \frac{P_2' \cdot (1 - E^2)}{1 - (P_2' \cdot E^2)} = \frac{0,435 \cdot (1 - 0,98)}{1 - (0,435 \cdot 0,98)} \cdot 100 = 1,52 \%$$

El rebuig del segon pis, com s'ha comentat anteriorment, estarà format per les següents fraccions de producte:

- 1- Material de rebuig " R_2' " : partícules d'alimentació superiors a 3mm. $R_2'=12,27$ t/h.
- 2- Desclassificats " D_2 " :Partícules inferiors a 3mm que teòricament haurien d'haver passat per la malla. Els càlculs anteriors indiquen que es tracta d'una fracció del 1,52% del total de partícules rebutjades.

Mitjançant una regla de tres que relaciona aquesta valors, s'obté la capacitat de desclassificats del primer pis :

$$\begin{array}{l} 12,27 \text{ t/h} \text{ ----- } 98,48\% \\ X \text{ t/h} \text{ ----- } 1,52\% \end{array}$$

$$X = 0,19 \text{ t/h}$$

Per tant, la quantitat de producte rebutjat serà :

$$R_2 = 12,27+0,19 =12,46 \text{ t/h}$$

Els valors obtinguts de cada fracció de mineral a la segona etapa de garbellat es resumeixen a la figura.5 següent :

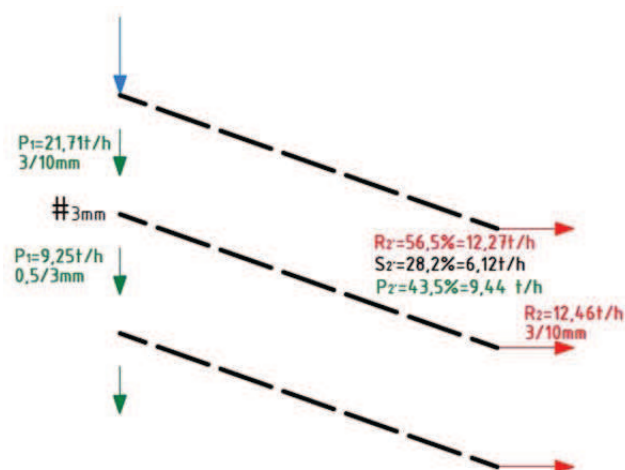


Figura.A.2.5.C Resultats de capacitats obtingudes en el segon pis

III. Càlculs del tercer pis

La presència de desclassificats al rebuig del segon pis provoca que l'alimentació del pis 3 del garbell disminueixi a un valor $P_2=9,25$ t/h, quan els càlculs teòrics preliminars mostraven un valor $P_2= 9,64$ t/h. Com a hipòtesis de càlcul es considera que s'ha perdut la mateixa fracció per a totes les mides de classificat. Per aquest motiu es corregeixen les diferents fraccions del tercer pis de la següent forma:

$$\begin{aligned} R_3' &= 59,5\% = 5,5 \text{ t/h} \\ S_3' &= 27\% = 2,5 \text{ t/h} \\ P_3' &= 40,6\% = 3,75 \text{ t/h} \end{aligned}$$

Capacitat bàsica o específica B_3

Es processa un mineral, que prové d'un procés de trituració, a través d'una malla amb una llum de 0,5mm. Consultant la taula A.2.5.C anterior i mitjançant la interpolació dels valors més propers, s'obté la capacitat bàsica següent :

$$B_3 = 2,7 \text{ t/m}^2\text{h}$$

Capacitat bàsica o específica corregida B_{c3}

Capacitat bàsica corregida B_{c3} (t/m ² h)	Superfície de malla S_3 (m ²)	Massa de partícules passants P_3' (t/h)
0,69	5,44	3,75

$$B_{c3} = \frac{P_3'^2}{S_3^2} = \frac{3,75^2}{5,44^2} = 0,69$$

Factor total de correcció F_{t3}

Factor total de correcció F_{t3}	Capacitat bàsica corregida B_{c3} (t/m ² h)	Capacitat bàsica B_3 (t/m ² h)
0,25	0,69	2,7

$$F_{t3} = \frac{B_{c3}}{B_3} = \frac{0,69}{2,7} = 0,25$$

Factor d'eficiència F_{e3}

Factor d'eficiència F_{e3}	Factor total de correcció F_{t3}	Factor de densitat específica F_{d3}	Factor d'humitat F_{h3}	Factor d'inclinació F_{i3}	Factor de rebuig F_{r3}
0,32	0,13	1,75	1	1	0,87

Factor de semi mida F_{s3}	Factor de reg F_{a3}	Factor de posició de malla F_{p3}	Factor de malla F_{m3}	Factor de superfície lliure de malla F_{o3}
0,81	1	0,8	1	0,84

$$F_{e3} = \frac{F_{t3}}{F_{d3} \cdot F_{h3} \cdot F_{i3} \cdot F_{r3} \cdot F_{s3} \cdot F_{a3} \cdot F_{p3} \cdot F_{m3} \cdot F_{o3}} = 0,32$$

Eficiència o rendiment de garbellat E_2

La taula.A.2.5.H indica que amb una eficiència del 100% correspondria un factor d'eficiència $Fe=0$, mentre que per a una eficiència del 98% , $Fe=0,6$. Mitjançant la interpolació entre aquest valors es dedueix que l'eficiència teòrica seria del 98,92%.

Càlcul de desclassificats del tercer pis D_3 :

Fracció de desclassificats D_3 (%)	Fracció de partícules passants corregida P^3 (%)	Eficiència E_3
1,21	40,6	0,982

$$D^3 = \frac{P^{3'} \cdot (1 - E^3)}{1 - (P^{3'} \cdot E^3)} = \frac{0,406 \cdot (1 - 0,982)}{1 - (0,406 \cdot 0,982)} \cdot 100 = 1,21 \%$$

El rebuig del tercer pis, com s'ha comentat anteriorment, estarà format per les següents fraccions de producte:

- 1- Material de rebuig " R_3 ' " : partícules d'alimentació superiors a 0,5 mm. $R_3'=5,5$ t/h.
- 2- Desclassificats " D_3 " :Partícules inferiors a 0,5 mm que teòricament haurien d'haver passat per la malla. Els càlculs anteriors indiquen que es tracta d'una fracció del 1,21% del total de partícules rebutjades.

Mitjançant una regla de tres que relaciona aquesta valors, s'obté la capacitat de desclassificats del primer pis :

$$\begin{array}{l} 5,5 \text{ t/h} \text{ ----- } 98,79\% \\ X \text{ t/h} \text{ ----- } 1,21\% \end{array}$$

$$X = 0,067 \text{ t/h}$$

Per tant, la quantitat de producte rebutjat serà :

$$R_3 = 5,5 + 0,067 = 5,567 \text{ t/h}$$

Els valors obtinguts de cada fracció de mineral a la tercera etapa de garbellat es resumeixen a la figura.A.2.5.D següent :

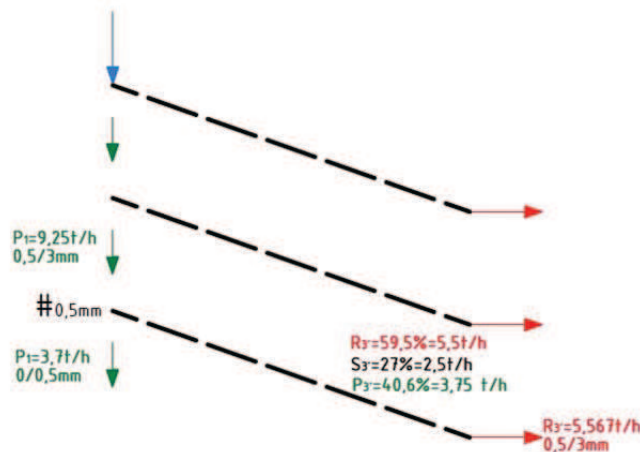


Figura.A.2.5.D Resultats de capacitats obtingudes en el tercer pis

A.2.5.5 Capacitats de producció de l'ETAPA B

ETAPA B

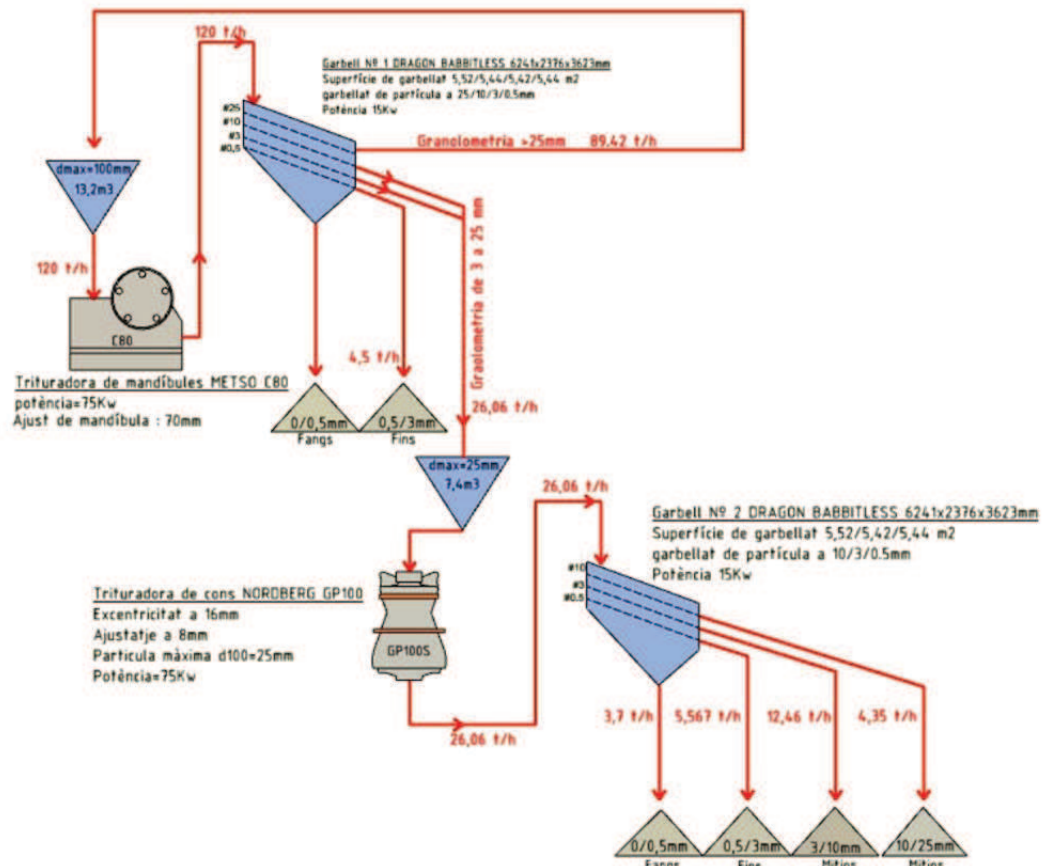


Figura.A.2.5.E Capacitats de producció ETAPA B

ANEX B : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE LES TREMUGES

B. ANNEX B : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE LES TREMUGES**B.1. Procés de càlcul de les tremuges****B.1.1. Introducció**

Les sitges s'utilitzen, dins una àmplia gamma de l' indústria, per emmagatzemar sòlids en quantitats molt variables. Poden ser d'acer, de formigó armat o d'altres materials i la seva descàrrega pot, així mateix, ser per gravetat o utilitzant procediments mecànics.

Les sitges d'acer poden ser de diversos tipus ja sigui estructures formades per xapes rigiditzades o làmines. La seva sustentació és molt diversa, recolzats en pilars, en el seu contorn, penjats, etc ..

Les sitges de fons pla solen sustentar-se directament sobre de la fonamentació.

Per al disseny estructural les sitges es classifiquen, d'acord amb el sistema anglès BMHB, en les classes o categories següents:

Classe 1: Sitges petites, la capacitat és menor de 100 tones. La seva construcció és senzilla i robusta, en general amb reserves substancials de resistència.

Classe 2: Sitges de capacitat mitja (de 100 t a 1000 t). Es poden dissenyar mitjançant càlculs manuals senzills. Cal garantir el flux de càrregues i pressions que donen resultats fiables.

Classe 3: Sitges grans (de capacitats superiors a 1000 t). Es requereixen coneixements especialitzats per tal de prevenir els problemes deguts a la incertesa relatives a la distribució de càrregues i pressions. Estan justificats anàlisis més sofisticats com ara elements finits, etc ..

Classe 4: Sitges amb descàrrega excèntrica, en què l'excentricitat de la sortida $e_o > 0,25$ dc.

Aquest projecte es concentra en el disseny de sitges classe 1 i 2 i segueix els següents passos:

- i. Determinar les característiques del flux del material.
- ii. Determinar la geometria de la sitja per tal que tingui la capacitat necessària.
Obtenir un patró de flux de característiques adequades i per tant acceptables, que assegurin una descàrrega fiable.
- iii. Estimar les càrregues que actuen sobre la sitja o tremuja, tant degudes al material emmagatzemat com a altres com ara el vent, instal·lacions, auxiliars, tèrmiques, etc ..
- iv. Càlcul i detalls de l'estructura.

La sitja ha d'estar definida abans de procedir als càlculs. Les càrregues degudes al material emmagatzemat depenen, entre altres variables, del patró de flux, de les propietats del material i de la geometria. Els mètodes d'anàlisi estructural i de disseny depenen, doncs, fonamentalment de la geometria i del patró de flux. No s'han de subestimar les etapes i, ii en el projecte. L' Eurocodi 1, Part 4 UNE-ENV_1991-4, proporciona regles simplificades per al seu disseny des del punt de vista funcional així com l'estimació de les càrregues sobre les parets.

B.1.2. Classificació de les sitges/tremuges

Pel que fa al disseny, es classifiquen segons la mida, la geometria, el patró de flux de descàrrega, del material emmagatzemat i del tipus d'estructura que les sustenta. A continuació s'analitza la importància de cada un d'aquests paràmetres en el càlcul.

B.1.2.1 Geometria de les sitges

La mida i geometria depenen dels requeriments funcionals com ara el volum d'emmagatzematge, el sistema i forma de descàrrega, les propietats del material emmagatzemat, l'espai disponible, consideracions de tipus econòmic, etc .. Normalment el dipòsit està constituït per una forma vertical (sitja) amb un fons pla o amb un fons de parets inclinades (tremuja). Solen tenir una secció transversal circular, quadrada, poligonal. La figura següent mostra figures típiques de sitges i tremuges.

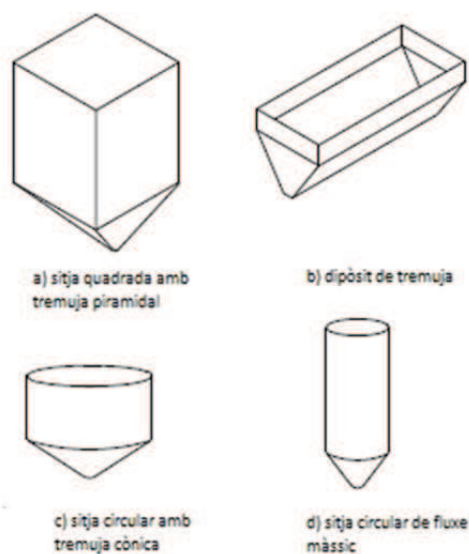


Figura B.1.2.A Geometries usuals

Les sitges cilíndriques són estructures més eficaces que les prismàtiques des del punt de vista de cost estructural. En quant a capacitat d'emmagatzematge d'una sitja de secció quadrada, emmagatzema un 27% més que una cilíndrica de diàmetre igual al costat de l'anterior. Si la sitja té fons pla, la seva capacitat d'emmagatzematge és màxima per a la mateixa alçada.

La mida de la sitja la determina la relació entre l'alimentació i la descàrrega, depenent així mateix de la quantitat de material a emmagatzemar.

Descàrregues molt ràpides requereixen tremuges de parets molt inclinades i altes. Les sitges de fons pla s'utilitzen quan la velocitat de descàrrega que es necessita és baixa, el temps d'emmagatzematge és llarg i el volum de material és gran

La relació entre l'altura de la sitja i el seu diàmetre influeix a les càrregues que produeix el material emmagatzemat. L' Eurocodi UNE-ENV_1991-4 les classifica en esveltes quan $h / dc > 1,5$ i compactes si $h / dc \leq 1,5$.

Les tremuges són generalment tronco-còniques, tronco-piramidals o altres formes. Les tremuges tronco-piramidals són més fàcils de construir encara que poden presentar problemes en el flux de descàrrega, causa de l'acumulació del material a les cantonades. Les sortides poden ser concèntriques o excèntriques. S'han d'evitar el màxim possible les descàrregues excèntriques ja que és més difícil avaluar la distribució de pressions i pot presentar problemes de solidificacions del material emmagatzemat. L'angle d'inclinació de les parets de les tremuges s'adopta amb la finalitat d'obtenir una descàrrega contínua que proporcioni el flux de material desitjat.

B.1.2.2 Patró de flux

L' Eurocodi UNE-ENV_1991-4 descriu dos tipus de flux, que es mostren a la figura B.1.2.B. Són el flux de massa i el flux d'embut. La pressió de la descàrrega està influenciada per aquests patrons i, per tant, s'ha d'assegurar aquest patró abans del càlcul de les càrregues degudes al material emmagatzemat. En el cas de flux de massa, tot el contingut flueix com una massa única i el flux passa de manera que el material que entra primer surt primer. En sitges de flux d'embut el material flueix per un canal central i, per tant, l'últim que entra és el primer que surt.

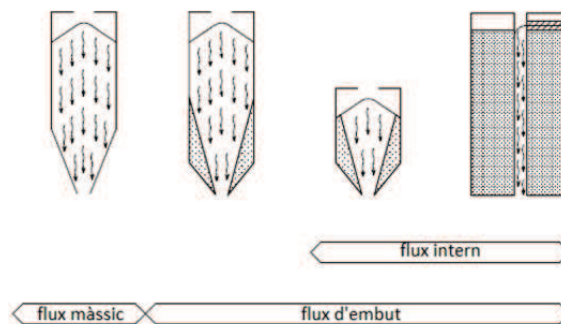


Figura B.1.2.B Patrons de Flux

El tipus de flux depèn de l' inclinació de les parets de la tremuja i del coeficient de fregament del material contra les parets. El flux de massa succeeix quan les parets de la tremuja són altes i individuals mentre que l'embut apareix en sitges compactes amb parets de tremuja poc inclinades. L' Eurocodi UNE-ENV_1991-4 presenta un mètode gràfic (mostrat a la figura B.1.2.C) per determinar el patró de flux de tremuges còniques o altres formes, únicament a efectes de disseny estructural. Quan no és clar el tipus de flux s'han de comprovar tots dos.

$$\varphi_w = \arctg \mu \quad [\text{eq.B1}]$$

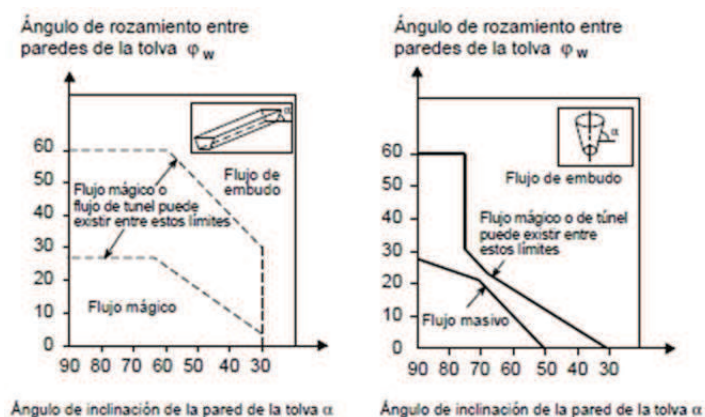


Figura B.1.2.C Mètode gràfic per a la determinació del Patró de Flux

B.1.2.3 Material estructural

La majoria de les sitges són d'acer o formigó armat. La selecció depèn, des del punt de vista econòmic, dels costos de materials, de la fabricació i muntatge. Hi ha altres factors com ara l'espai disponible.

Els avantatges principals de les sitges d'acer en comparació amb les de formigó són:

- les sitges i tremuges d'acer petites i mitjanes poden ser prefabricades amb un temps de muntatge considerablement inferior.
- si la seva estructura és cargolada són relativament fàcils de desmuntar i traslladar a un altre lloc

Els inconvenients principals de les sitges i tremuges d'acer són la necessitat de manteniment contra la corrosió i desgast, que faran necessari, en aquest cas, el folrat de les parets.

L'elecció de material estructural depèn també de la seva geometria ja que les parets de les sitges estan sotmeses a càrregues horitzontals i verticals. Les càrregues verticals són degudes al fregament del material sobre les parets i les horitzontals degudes a l'empenta del material. Les sitges de formigó armat cal tenir especial cura en el càlcul dels esforços a causa de les empentes i les traccions corresponents. En les sitges metàl·liques, concretament les de secció circular, les empentes transversals són suportades mitjançant un esforç de tracció de la violla. En aquests sitges cal tenir en compte els efectes del vinclament deguts a les càrregues verticals.

En el dimensionat i elecció del material estructural també es tindran en compte les càrregues de servei, efectes del vent, neu i moviments sísmics segons quina sigui la seva ubicació .

B.1.3. Generalitats respecte al càlcul de pressions

B.1.3.1 Generalitats

La majoria de teories existents per al càlcul de càrregues del material emmagatzemat en sitges parteixen del supòsit que la distribució de pressions al voltant del perímetre és uniforme a qualsevol profunditat. En realitat, sempre hi ha una no-uniformitat de la càrrega. Això pot ser conseqüència d' imperfeccions sobre les parets, de l'influència de tècniques d'ompliment no concèntriques, o de forats de descàrrega posicionats excèntricament respecte al centre del mateix.

La pressió exercida pel material emmagatzemat sobre la paret de la sitja és diferent quan el material flueix que quan es troba de forma estacionaria. L'estat tensional mentre el material està emmagatzemat canvia al començar a fluir i les parets del dipòsit es troben sotmeses a altes pressions localitzades de curta durada.

Estudis d'investigació han identificat dos tipus d'alta pressió durant la descàrrega. La primera es coneix com pressió de caiguda, passa a l'inici del flux i només és significativa a la tremuja. El segon tipus de pressió elevada s'atribueix a una reorientació local de la tensió dins del material que flueix quan passa per les imperfeccions de les parets.

El no tenir en compte, en el disseny, la càrrega no-uniforme, aquesta és la principal causa de falles de les sitges. Presenta problemes particulars a les sitges circulars dissenyades per resistir únicament les forces com a membrana. Les pressions degudes a la descàrrega excèntrica són irregulars i poden ser superiors o inferiors a la pressió uniforme calculada utilitzant les teories clàssiques.

Tot i que s'han identificat elevades pressions de descàrrega i les seves causes fonamentals, són difícils de quantificar, és freqüent, multiplicar la pressió estàtica calculada per una constant obtinguda a partir de dades experimentals.

Tradicionalment s'ha aplicat aquest factor empíric a la pressió estàtica sense tenir en compte la resposta estructural de la sitja. Com que les pressions de descàrrega únicament afecten àrees locals, produeixen una variació de pressió que pot originar una condició de tensió a la paret, molt pitjor que l'originada per una elevada pressió uniforme. És a dir de suposar una pressió elevada però constant a qualsevol nivell no ha de ser sinònim de seguretat.

B.1.4. Eurocodi UNE-ENV_1991-4 : Regles per el càlcul de càrregues

Aquesta reglamentació pretén impulsar un marc de referència comú a tots els països que componen la Unió Europea, i la seva aplicació a Espanya està molt estesa ja que no hi ha una altra normativa específica sobre la matèria. Només considera la determinació de les accions que es produeixen a la sitja per efecte del material emmagatzemat, i no inclou cap comentari sobre la seva projecció o disseny.

El Eurocodi UNE-ENV_1991-4 dóna regles detallades per al càlcul de les càrregues degudes al material emmagatzemat en les sitges, subjectes a les limitacions següents:

- L'excentricitat de l'entrada i la sortida es limita a 0,25 d_c on d_c és el diàmetre del dipòsit o la longitud del costat més curt (veure Figura B.1.4.A)
- L'impacte de les càrregues durant l'ompliment són petites.
- Els dispositius de descàrrega no tenen influència a la distribució de les pressions.
- El material emmagatzemat flueix lliurement i presenta una baixa cohesió.
- En el càlcul de les pressions es pot menysprear qualsevol ajuda a les parets de la sitja deguda a la rigidesa del material granulat. Això significa que la interacció entre la deformació de la paret i la càrrega del material emmagatzemat es considera menyspreable.
- El diàmetre màxim de les partícules del material emmagatzemat no serà major de 0,3 d_c .
- La transició sitja-tremuja es trobarà en un únic pla horitzontal.
- s'aplicaran les següents limitacions geomètriques :

$$h / d_c < 10$$

$$h < 100 \text{ m}$$

$$d_c < 50 \text{ m}$$

- Únicament es té en compte l'emmagatzematge de líquids a pressió atmosfèrica normal.

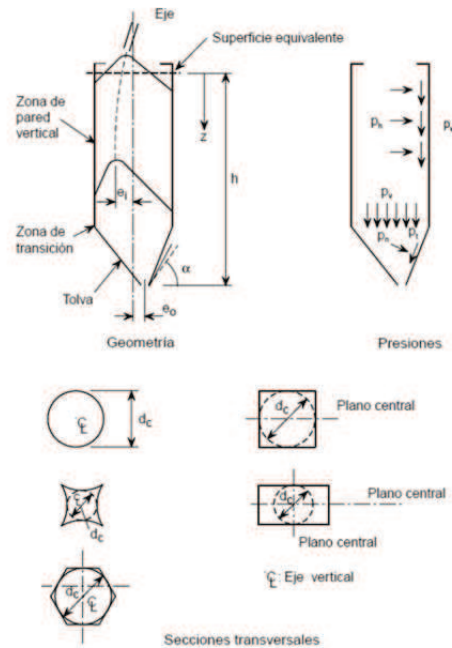


Figura B.1.4.A Formes de sitges mostrant les anotacions de mesures i pressions existents

B.1.5. Aplicació de l' Eurocodi UNE-ENV_1991-4 al projecte actual

B.1.5.1 Pressió Horitzontal P_h , pressió vertical P_v i pressió de fricció P_w

Les pressions a qualsevol profunditat de la sitja es calculen mitjançant la clàssica teoria de Janssen. El seu principal objectiu és l'estimació de les pressions verticals que es produeixen a l'interior de la massa de material emmagatzemat, i les pressions horitzontals que s'exerceixen sobre la paret de la sitja a diferents altures.

Les hipòtesis de partida que considera aquesta teoria són les següents:

- Les pressions verticals, P_v , romanen constants en el cas de superfícies horitzontals.
- El valor de l'angle de fregament entre la paret i el material emmagatzemat, φ_w , és constant.
- El pes específic del material emmagatzemat, γ , no varia en cap punt de la sitja.
- Es considera que les parets de la sitja són completament rígides.
- La relació (ec.B.1.5.A) entre les pressions horitzontals i verticals, k , és constant per a cada alçada de la sitja i igual a: $k_s = (P_h / P_v)$ on P_h representa les pressions horitzontals i P_v les pressions verticals.
- Es poden aplicar les teories de Mohr-Coulomb i Rankine per als materials granulars emmagatzemats a la sitja.

Un cop establertes les hipòtesis de partida, la teoria de Janssen, considera un element diferencial (figura B.1.5.A) situat a una profunditat Z amb una alçada, dz , on s'estableix un equilibri entre les forces actants, i a partir del qual es podran calcular les pressions exercides sobre la paret en cada alçada de la sitja. D'aquesta manera, si el material emmagatzemat es troba en repòs, s'establirà un equilibri entre el pes de l'element diferencial, les pressions verticals existents, i les forces de fregament aparegudes a causa de l'empenta del material sobre les parets.

$$A(\sigma_v + d\sigma_v) + U \mu K_s \sigma_v dz = \gamma Adz + A \sigma_v \quad [\text{eq. B.2}]$$

on U , és el perímetre de la paret de la sitja per l'altura z considerada, A , és l'àrea de la secció isòbara de la sitja, γ , és el pes específic del material emmagatzemat, i μ , és el coeficient de fregament entre la paret de la sitja i el material emmagatzemat.

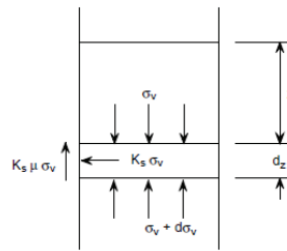


Figura B.1.5.A Tensions en una franja horitzontal

Amb la reorganització i solució de l'equació diferencial de primer ordre s'obté l'equació de Janssen per la pressió vertical P_v a la profunditat Z , la pressió horitzontal P_{hf} i la pressió deguda a la fricció amb la paret P_{wf} .

$$P_{wf}(Z) = \gamma \frac{A}{U} C_z(Z) \quad [\text{eq. B.3}]$$

$$P_{hf}(Z) = \frac{\gamma A}{\mu U} C_z(Z) \quad [\text{eq. B.4}]$$

$$P_{v0}(Z) = \frac{\gamma A}{K_s \mu U} C_z(Z) \quad [\text{eq. B.5}]$$

$$C_z = 1 - e^{\left(\frac{-Z}{Z_0}\right)} \quad [\text{eq. B.6}]$$

$$Z_0 = \frac{A}{K_s \mu U} \quad [\text{eq. B.7}]$$

Per a més facilitat l'Eurocodi proporciona una fórmula per al càlcul de la força de compressió axial sobre la sitja deguda a la pressió de fricció P_{wf} de la paret a qualsevol profunditat. La compressió axial per unitat de perímetre a una profunditat z és igual a la integral de la pressió deguda al fregament sobre la paret, el valor és:

$$P_w(Z) = \int_0^Z P_{wf}(Z) dZ = \gamma \frac{A}{U} [Z - Z_0 C_z(Z)] \quad [\text{eq. B.8}]$$

La precisió del mètode depèn de la selecció d'un valor per a la relació entre la pressió horitzontal i la pressió vertical K_s i del coeficient de fricció de la paret μ .

L'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 proposa diferents valors per materials granulats ja experimentats tal i com es mostra a la taula següent:

Material granular	Densidad ^{b)} γ [kN/m ³]	Relación de presiones (K_s) ^{a)}	Coeficiente de rozamiento de la pared μ_m		Máximo coeficiente de mayoración de la presión C_0
			Acero ^{b)}	Hormigón	
cebada ¹⁾	8,5	0,55	0,35	0,45	1,35
cemento	16,0	0,50	0,40	0,50	1,40
cilindros de cemento	18,0	0,45	0,45	0,55	1,40
arena seca ²⁾	16,0	0,45	0,40	0,50	1,40
harina ¹⁾	7,0	0,40	0,30	0,40	1,45
ceniza volante ²⁾	14,0	0,45	0,45	0,55	1,45
maiz ¹⁾	8,5	0,50	0,30	0,40	1,40
azúcar ¹⁾	9,5	0,50	0,45	0,55	1,40
trigo ¹⁾	9,0	0,55	0,30	0,40	1,30
carbón ^{1), 2)}	10,0	0,50	0,45	0,55	1,45

Taula B.1.5.A Propietats dels materials granulats segons Eurocodi UNE-ENV_1991-4

Per a materials no especificats a l' Eurocodi, la relació de pressions K_s es determinarà de la forma següent :

- Koenen (1895) va adoptar la taxa per l'estat actiu de pressions de Rankine següent en funció de l'angle efectiu de fregament intern \varnothing del material i que donarà força exactitud en sitges de parets llises:

$$K_s = \frac{1 - \sin \varnothing}{1 + \sin \varnothing} \quad [\text{eq. B.9}]$$

- Walker (1966) va fer notar que el material emmagatzemat situat en contacte amb la paret de la sitja no podia suportar les respectives tensions tangencials si es suposava l'existència de l'estat plàstic corresponent a l'estat actiu de Rankine. Aquests estudis varen conduir a trobar un valor K_s igual a l'equació [eq. B.10] quan es tractava de sitges de parets llises i a al valor següent per a parets rugoses, on les partícules del material llisquen unes sobre altres es farà us de la següent equació :

$$K_s = \frac{1 - \sin^2 \varnothing}{1 + \sin^2 \varnothing} \quad [\text{eq. B.10}]$$

- Segons DIN1055 Per a càlculs estàtics més conservadors $K_s=0,5$ i $K_s=1$ per a càlculs de pressions dinàmiques.

2.1.5.2 Pressions de càrrega sobre parets verticals

La pressió d'emplenat a les parets verticals de la sitja es compona d'una pressió fixa i una altre anomenada pressió local.

- Pressió fixa : Es calcula mitjançant les equacions anteriors [eq. B.3] i [eq. B.4]
- Pressió local : S'afegeix a la càrrega fixa simètrica una càrrega puntual per simular l'efecte d'una càrrega no-simètrica. Així mateix, a les sitges de classe 3 i 4 és obligatori considerar l'anomenada càrrega local, la finalitat és la simulació de les asimetries en les pressions que poden aparèixer com a conseqüència de les excentricitats d'ompliment o buidatge, o bé per l'anisotropia del material emmagatzemat. La càrrega local representa una acció addicional a tenir en compte en les sitges de classe 3 i 4. No obstant això, en les sitges de classe 1 i 2 l' Eurocodi UNE-ENV_1991-4 permet la utilització d'una distribució de pressions simètrica simplificada per al càlcul de dipòsits amb diàmetre inferior a 5 m. La pressió simètrica s'augmenta per compensar la pressió puntual que no es calcularà, i fruit d'això és el disseny de contenidors segurs però més conservadors que els dissenyats per pressions puntuals i una pressió simètrica inferior.

Les tremuges i sitges d'aquest projecte podran ser calculades a partir de la distribució de pressions simplificada ja que es troben compreses dins les classes 1 i 2 amb diàmetres inferiors a 5m. Així doncs la pressió horitzontal d'emplenat per a sitges d'acer amb rigiditzadors o seccions transversals no circulars, es veurà incrementada a partir de les equacions següents :

$$Ph_{f,s} = Ph_f (1 + 0,2\beta) \quad [\text{eq. B.11}]$$

$$\beta = 1 + 4 \frac{e_1}{dc} \quad [\text{eq. B.12}]$$

on Ph_f és la pressió horitzontal inicialment calculada amb l'equació [eq. B.4], e_1 l'excentricitat màxima de càrrega del material i dc el diàmetre del dipòsit o la longitud del costat més curt.

B.1.5.3 Pressions de càrrega a la tremuja

L 'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 denomina a les tremuges com a la part inferior de la sitja amb forma cònica o tronco-piramidal i amb un angle d'inclinació de les parets $\alpha > 20^\circ$.

Es considera que la paret inclinada, on $\alpha > 20^\circ$, està sotmesa a una pressió normal P_n i a una força de fricció P_t per unitat de superfície. Les parets del sistema d'alimentació suporten tot el pes del material emmagatzemat dins la tremuja, menys el que suporten per fricció les parets verticals. Per definir la càrrega a la tremuja cal conèixer la pressió vertical a la transició entre sitja i tremuja.

L 'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 adopta fórmules empíriques per al càlcul de les pressions normals i de fricció a les parets de la tremuja, obtingudes a partir d'una sèrie d'assajos amb tremuges. Els assajos mostren que és acceptable suposar una distribució variable linealment des del valor corresponent a la sitja, just a la línia de transició amb la tremuja, fins a l'existent a la sortida. La pressió normal a la paret de la tremuja P_n es calcula a través de les següents equacions:

$$P_n = P_{n3} + P_{n2} + (P_{n1} - P_{n2}) \frac{X}{l_h} \quad [\text{eq. B.13}]$$

$$P_{n1} = P_{v0} (C_b \cos^2\alpha + \sin^2\alpha) \quad [\text{eq. B.14}]$$

$$P_{n2} = P_{v0} C_b \cos^2\alpha \quad [\text{eq. B.15}]$$

$$P_{n3} = 3 \frac{A}{U} \frac{\gamma K_s}{\sqrt{\mu}} \sin^2\alpha \quad [\text{eq. B.16}]$$

$$P_t = P_n \mu \quad [\text{eq. B.17}]$$

X és la longitud entre 0 i l_h (veure fig.B.1.5.B).

P_{n1} , P_{n2} és la pressió deguda a l'emplenat de la tremuja.

P_{n3} és la pressió deguda a la pressió vertical sobre el material emmagatzemat directament per sobre de la transició.

C_b és el coeficient de majoració de la pressió sobre del fons igual a 1,2

P_{v0} és la pressió vertical actuant a la transició calculada mitjançant l'equació (eq B.5)

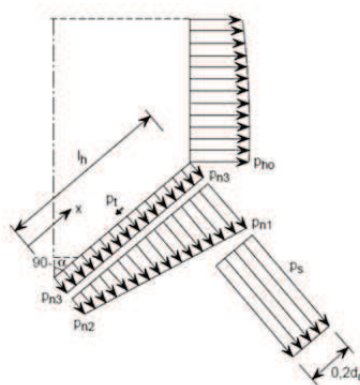


Figura B.1.5.B Càrregues a la tremuja

B.1.5.4 Pressions de descàrrega sobre parets verticals

La pressió de descàrrega a les parets verticals de la sitja es compon d'una pressió fixa i una altre anomenada pressió local.

- Pressió fixa : Es calcula mitjançant les equacions següents

$$P_{we} = C_w P_{wf} \quad [\text{eq. B.18}]$$

$$P_{he} = C_h P_{hf} \quad [\text{eq. B.19}]$$

P_{wf} és la pressió deguda a la fricció amb la paret durant l'emplenat obtinguda de l'equació anterior [eq. B.3]

P_{hf} és la pressió horitzontal durant l'emplenat obtinguda de l'equació anterior [eq. B.4]

Per sitges que no es carreguin des de la part superior o sitges curtes ($h/dc < 1$) $C_w = C_h = 1$

Per la resta de sitges esvelts $C_w = 1,1$ i $C_h = C_0$

Per sitges $1 < h/dc < 1,5$; $C_w = 1 + 0,2 \left(\frac{h}{dc} - 1 \right)$ i $C_h = 1 + 2 \left(C_0 - 1 \right) \left(\frac{h}{dc} - 1 \right)$ [eq. B.20] [eq. B.21]

- Pressió local : S'afegeix a la càrrega fixa simètrica una càrrega puntual per simular l'efecte d'una càrrega no-simètrica. Així mateix, a les sitges de classe 3 i 4 és obligatori considerar l'anomenada càrrega local, la finalitat és la simulació de les asimetries en les pressions que poden aparèixer com a conseqüència de les excentricitats d'ompliment o buidatge, o bé per l'anisotropia del material emmagatzemat. La càrrega local representa una acció addicional a tenir en compte en les sitges de classe 3 i 4. No obstant això, en les sitges de classe 1 i 2 l' Eurocodi UNE-ENV_1991-4 permet la utilització d'una distribució de pressions simètrica simplificada per al càlcul de dipòsits amb diàmetre inferior a 5 m. La pressió simètrica s'augmenta per compensar la pressió puntual que no es calcularà, i fruit d'això és el disseny de contenidors segurs però més conservadors que els dissenyats per pressions puntuals i una pressió simètrica inferior.

Les tremuges i sitges d'aquest projecte podran ser calculades a partir de la distribució de pressions simplificada ja que es troben compreses dins les classes 1 i 2 amb diàmetres inferiors a 5m. Així doncs la pressió horitzontal de descàrrega per a sitges d'acer amb rigiditzadors o seccions transversals no circulars, es veurà incrementada a partir de les equacions següents :

$$P_{he,s} = P_{he} (1 + 0,2\beta) \quad [\text{eq. B.22}]$$

$$\beta = 1 + 4 \frac{e_1}{dc} \quad [\text{eq. B.23}]$$

on P_{he} és la pressió horitzontal inicialment calculada amb l'equació (Eq. B.19), e_1 l'excentricitat màxima de càrrega del material i dc el diàmetre del dipòsit o la longitud del costat més curt.

B.1.5.5 Pressions de descàrrega sobre la tremuja

Al començament de la descàrrega s'han mesurat pressions elevades a les tremuges per al cas de flux màssic a causa del canvi de l'estat de tensió del material emmagatzemat. Aquest canvi es sol anomenar obertura i origina una càrrega instantània a la transició. Té lloc quan el material passa d'un estat estàtic (pressió activa) a un dinàmic (pressió passiva). L' Eurocodi proporciona un valor empíric P_s molt aproximat per la càrrega instantània:

$$P_s = 2 P_{h_0} \quad [\text{eq. B.24}]$$

P_{h_0} és la pressió d'emplenat ala transició (veure Figura.B.1.5.B)

P_s es pren com a normal a les parets de la tremuja a una distància igual a $0,2 dc$.

El concepte de càrrega instantània únicament s'aplica a sitges de flux massic. A les tremuges de flux en embut aquesta càrrega serà parcial o totalment absorbida per la capa de material estacionari, de manera que no és tan important com en les tremuges de flux massic. La transició entre sitja i tremuja està sol·licitada a compressió a causa de les càrregues de la tremuja. La càrrega instantània actua en direcció contrària a l'anteriorment indicada, de manera que augmentaria la càrrega que pot suportar la tremuja durant la descàrrega (aquesta càrrega instantània pot no actuar, per tant, no s'ha d'utilitzar en el projecte).

B.1.5.6 Força de tracció a la zona de transició

Per al projecte del suport de la tremuja i l'anell de reforç a la zona de transició és necessari conèixer la component vertical de la força de tracció sobre la part superior de la tremuja. Aquesta component vertical es calcula per mitjà d'un equilibri de forces, afegint una sobrecàrrega vertical de valor $C_b \cdot P_{v0}$ calculada al nivell de transició més el pes del contingut de la tremuja .

$$N \sin \alpha = \frac{C_b P_{v0} + P}{2} \quad [\text{eq. B.25}]$$

$$P = V_t \gamma \quad [\text{eq. B.26}]$$

P és el pes del material emmagatzemat dins la tremuja.

V_t és el volum de la tremuja.

γ és la densitat del material emmagatzemat.

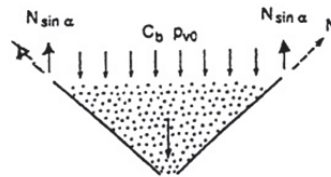


Figura B.1.5.C Càrregues de tracció a la tremuja

B.1.6. Altres consideracions de càrrega

- La Corrosió : Els sòlids emmagatzemats poden atacar químicament l'estructura, alterant l'angle de fregament contra la paret i la flexibilitat de la mateixa. La corrosió depèn de les característiques químiques del material emmagatzemat i del contingut d'humitat. Típicament, s'incrementa el gruix de paret projectat per compensar la corrosió. Aquest increment depèn del temps de vida projectat per la sitja.
- Càrrega de vent i moviments sísmics
- Variació de la temperatura : L'acer de la sitja dilata a causa de l'augment de temperatura. Aquest allargament tendeix a desaparèixer quan baixa la temperatura. Aquest retorn a l'estat inicial es troba impedit parcialment per l'oposició de la matèria emmagatzemada, la qual cosa provoca la compressió d'aquesta originant pressions horitzontals. La tensió provocada per la variació de temperatura s'afegirà a la tensió del material en els altres càlculs. Aquesta tensió a la xapa s'expressa mitjançant la següent expressió segons el mètode Andersen:

$$n' = \frac{E \alpha \Delta t}{3} \quad [\text{eq. B.28}] \quad (\text{llibre "silos" de Brown i Nielsen})$$

E : mòdul de rigidesa de l'acer

α : Coeficient de dilatació de l'acer

Δt : increment de temperatura respecte 20°

B.2. Tremuja d'Alimentació

B.2.1. Característiques principals

Característiques del material a emmagatzemar

Material	Barita BaSO ₄
Densitat γ	2,8 T/m ³
Granulometria màxima	100mm
Angle de repòs o fricció interna	35°
Coefficient de fregament amb l'acer	0,45

Característiques dimensionals

Altura	2.510mm
Amplada	3.000mm
Profunditat	3.000mm
Volum d'emmagatzematge	13,2m ³
Capacitat	37 t

Materials de fabricació :

Parets tronco piramidals(Tremuja)	Acer S275JR (Sy=275Mpa, Su=410Mpa)
Paret verticals(Sitja)	Acer S235JR (Sy=235Mpa, Su=360Mpa)

Espessor de paret

Parets tronco piramidals(Tremuja)	xapa de 6mm
Paret verticals(Sitja)	Xapa de 5mm

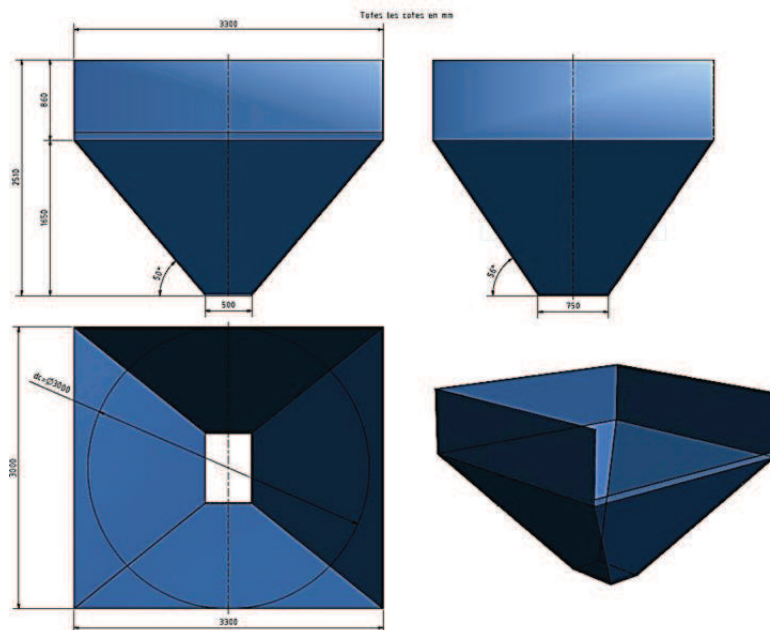


Fig.B.2.1 dimensions de la tremuja d'alimentació

B.2.2. Patró de flux de descàrrega

B.2.2.1 Angle de fregament del material amb les parets

Angle de fregament φ_w (°)	Coefficient de frec del material amb les parets μ
24,22°	0,45

$$\varphi_w = \arctg \mu = \arctg 0,45 = 24,22^\circ$$

B.2.2.2 Determinació del patró de flux

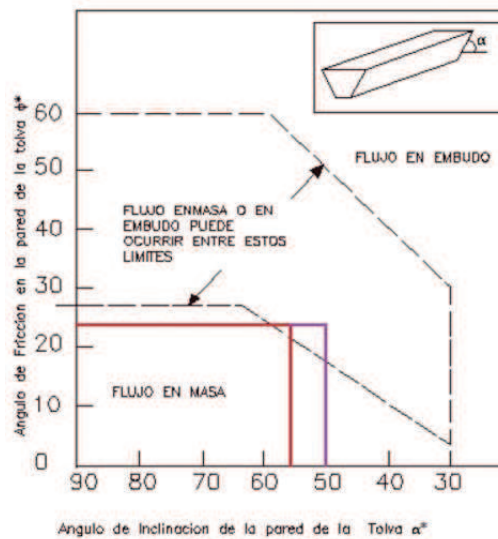


Figura B.2.2 Taula de flux segons Eurocodi UNE-ENV

La zona tronco piramidal de la tremuja d'alimentació està formada per parets amb inclinacions diferents. Un parell de cares es dissenyen amb una inclinació de 50°, mentre que les altres dues amb una inclinació de 56°. A partir de la gràfica anterior que proposa l'Eurocodi UNE-ENV_1991-4, s'aprecia que tant per inclinacions a 50° com a 56°, el material es descarregarà de forma incerta entre un flux de massa i un flux d'embut.

Degut a aquesta incertesa, els càlculs de la tremuja contemplaran el cas més desfavorable. Aquest es dona quan es considera una descàrrega de flux màssic, el qual origina una sobrecàrrega instantània a les parets de la tremuja pròximes a la zona de transició sitja-tremuja durant els inicis de la descàrrega.

B.2.3. Estudi de pressions segons L'Eurocodi UNE-ENVB.2.3.1 Classificació de la tremuja d'alimentació segons l'Eurocodi

L'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 considera la determinació de les accions que es produeixen a la sitja o a la tremuja per efecte del material emmagatzemat. Les característiques dimensionals del conjunt anomenat tremuja d'alimentació, a afectes de l'Eurocodi, condiciona la metodologia de càlcul ja explicada a l'apartat "procés de càlcul de sitges i tremuges" d'aquest projecte.

La relació entre l'altura i les dimensions de la secció transversal defineixen la tremuja d'alimentació, segons l'Eurocodi, com a sitja curta o compacta ja que la relació $h/dc < 1,5$ ($2.510 / 3.000 = 0,83$).

La relació entre l'espessor de paret i les dimensions de la secció transversal defineixen la tremuja d'alimentació, segons l'Eurocodi, com a sitja de paret prima ja que la relació $dc/t > 200$ ($3.000/10=300$).

B.2.3.2 Càlcul de pressions d'empenat sobre les parets verticals (sitja)I. Pressió horitzontal màxima Phf deguda a l'emmagatzematge del material :

La pressió horitzontal sobre les parets verticals serà nul·la a la part superior de la sitja. La pressió del material emmagatzemat augmentarà a mesura que augmenta la profunditat fins a la zona de transició, punt el qual, amb una profunditat màxima de 0,86 m, la pressió prendrà el valor més elevat degut a l'acumulació de tot el material sobre d'aquesta cota.

A : Superfície de la secció transversal de la secció de parets verticals (m)

$$A = 3 \times 3,3 = 9,9 \text{m}^2$$

Ks : Relació de pressions horitzontals i verticals.

$$Ks = 0,5$$

μ : coeficient de fregament entre material i paret.

$$\mu = 0,45$$

U : Perímetre intern de la secció de parets verticals (m)

$$U = (3 \times 2) + (3,3 \times 2) = 12,6 \text{m}$$

Paràmetre Z_0 :

Z_0	Superfície de secció transversal A (m ²)	Relació de pressions Ks	coeficient de fregament μ	Perímetre U (m)
3,49	9,9	0,5	0,45	12,6

$$Z_0 = \frac{A}{Ks \mu U} = \frac{9,9}{0,5 \times 0,45 \times 12,6} = 3,49$$

Constant de Janssen C_z :

Constant de Janssen C_z	Profunditat d'emplenat z (m)	Paràmetre Z_0
0,22	0,86	3,49

$$C_z = 1 - e^{\left(\frac{-z}{Z_0}\right)} = 1 - e^{\left(\frac{-0,86}{3,49}\right)} = 0,22$$

Pressió horitzontal màxima Ph_f :

Pressió horitzontal màxima Ph_f (Kg/m ²)	Densitat del material emmagatzemat γ (Kg/m ³)	Superfície de secció transversal A (m ²)	Perímetre U (m)	Constant de Janssen C_z	coeficient de fregament μ
1.075,5	2.800	9,9	12,6	0,22	0,45

$$Ph_f(z=0,86) = \gamma \frac{A}{\mu U} C_z = 2800 \times \frac{9,9}{0,45 \times 12,6} \times 0,22 = 1.075,5 \text{ Kg/m}^2$$

La distribució de pressions horitzontals de sòlids granulats, tal i com ens mostra la teoria de Janssen explicada a l'apartat "procés de càlcul de sitges i tremuges" d'aquest projecte, en realitat no manté una pressió lineal perfecte entre el punt de màxima pressió i el de mínima pressió. Per tal de simplificar els càlculs es considera que la pressió horitzontal actua com si es tractés d'una pressió hidrostàtica, amb el valor màxim ja calculat a través de la teoria de Janssen tal i com es mostra a la figura següent.



Fig.B.2.3.A distribució de pressions horitzontals

II. Pressió horitzontal corregida $Ph_{f,s}$ deguda a l'emplenat :

La pressió horitzontal Ph_f ja calculada fa referència a la pressió que origina el material emmagatzemat de forma immòbil sobre les parets verticals. L'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 presenta uns factors correctors empírics els quals corregeixen aquesta pressió per tal de simular la magnitud real de les pressions durant l'emplenat. Durant aquest procés apareix una nova pressió sobre les parets anomenada sobrepressió local.

Al tractar-se d'un conjunt sitja+ tremuja en el que la secció transversal $d_c < 5m$, L'Eurocodi permet calcular la pressió horitzontal corregida mitjançant el mètode simplificat explicat a l'apartat "procés de càlcul de sitges i tremuges" d'aquest projecte. Cal dir que aquest mètode també considera la distribució asimètrica de pressions provocada per l'acumulació excèntrica de material emmagatzemat a la part superior.

Es considera una excentricitat màxima e_1 de $0,25 \times d_c = 0,25 \times 3 = 0,75m$

Coefficient de majoració β de la pressió local :

Coefficient de majoració β	Excentricitat d'emplenat e_1 (m)	dimensions de la secció transversal d_c (m)
2	0,75	3

$$\beta = 1 + 4 \frac{e_1}{d_c} = 1 + 4 \frac{0,75}{3} = 2$$

Pressió horitzontal corregida $Ph_{f,s}$:

Pressió horitzontal corregida $Ph_{f,s}$ (Kg/m ²)	Pressió horitzontal màxima Ph_f (Kg/m ²)	Coefficient de majoració β
1.505,7	1.075,5	2

$$Ph_{f,s} = Ph_f (1 + 0,2\beta) = 1.075,5 (1 + (0,2 \times 2)) = 1.505,7 \text{ Kg/m}^2$$

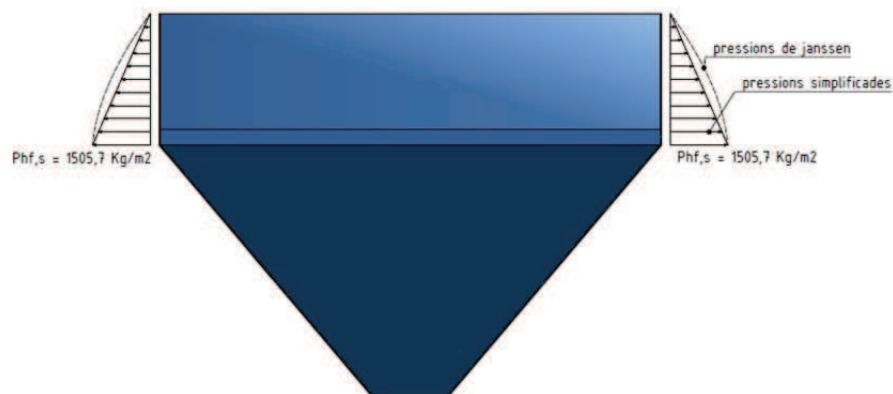


Fig.B.2.3.B distribució de pressions horitzontals corregides

III. Pressió de fregament Pwf sobre les parets de la sitja :

La pressió generada per la fricció del material sobre les parets verticals serà nul·la a la part superior de la sitja degut a l'absència de material emmagatzemat en aquest punt. La pressió de fricció augmentarà a mesura que augmenta la profunditat fins a la zona de transició, punt el qual, amb una profunditat màxima de 0,86 m, la pressió prendrà el valor més elevat degut a l'acumulació de tot el material sobre d'aquesta cota.

En funció de l'altura s'obté la taula de pressions per a cadascun dels punts de les parets verticals de la sitja, on es pren com a cota 0 de referència la part superior de la sitja.

$$P_{wf}(z) = \gamma \frac{A}{U} C_z$$

Altura Z (m)	A (m)	U (m)	γ (Kg/m ²)	Z0	Cz	Pwf (kg/m ²)
0	9,9	12,6	2.800	3,49	0,00	0,00
0,043	9,9	12,6	2.800	3,49	0,01	26,40
0,086	9,9	12,6	2.800	3,49	0,02	52,80
0,129	9,9	12,6	2.800	3,49	0,04	79,20
0,172	9,9	12,6	2.800	3,49	0,05	105,60
0,215	9,9	12,6	2.800	3,49	0,06	131,34
0,258	9,9	12,6	2.800	3,49	0,07	156,64
0,301	9,9	12,6	2.800	3,49	0,08	182,60
0,344	9,9	12,6	2.800	3,49	0,09	206,36
0,387	9,9	12,6	2.800	3,49	0,11	231,00
0,43	9,9	12,6	2.800	3,49	0,12	255,20
0,473	9,9	12,6	2.800	3,49	0,13	279,40
0,516	9,9	12,6	2.800	3,49	0,14	301,40
0,559	9,9	12,6	2.800	3,49	0,15	325,60
0,602	9,9	12,6	2.800	3,49	0,16	348,48
0,645	9,9	12,6	2.800	3,49	0,17	371,14
0,688	9,9	12,6	2.800	3,49	0,18	393,58
0,731	9,9	12,6	2.800	3,49	0,19	415,73
0,774	9,9	12,6	2.800	3,49	0,20	437,58
0,817	9,9	12,6	2.800	3,49	0,21	459,14
0,86	9,9	12,6	2.800	3,49	0,22	484,00



Fig.B.2.3.C Pressions de fregament

IV. Pressió vertical màxima Pvo :

La pressió vertical serà nul·la a la part superior d'emmagatzematge de la sitja. La pressió del material emmagatzemat augmentarà a mesura que augmenta la profunditat fins a la zona de transició, punt el qual, amb una profunditat màxima de 0,86 m, la pressió prendrà el valor més elevat degut a l'acumulació de tot el material sobre d'aquesta cota.

Pressió vertical màxima Pvo (Kg/m ²)	Densitat del material emmagatzemat γ (Kg/m ³)	Superfície de secció transversal A (m ²)	Perímetre U (m)	Relació de pressions Ks	Constant de Janssen Cz	coeficient de fregament μ
2.151,1	2.800	9,9	12,6	0,5	0,22	0,45

$$P_{vo}(h=0,86m) = \frac{\gamma A}{K_s \mu U} C_z = \frac{2.800 \times 9,9}{0,5 \times 0,45 \times 12,6} \times 0,22 = 2.151,1 \text{ Kg/m}^2$$

B.2.3.3 Càlcul de pressions verticals d'emplenat sobre les parets inclinades (Tremuja)

La zona tronco piramidal de la tremuja d'alimentació, conté 2 cares amb inclinacions diferents. La primera es troba inclinada 50º, mentre que l'altra es dissenya amb una inclinació de 56º.

Les parets que pateixen pressions més elevades són les que es troben inclinades amb un major angle d'inclinació, en aquest cas, les cares laterals inclinades 56º.

Els càlculs de la tremuja es realitzen de forma simplificada i conservadora, considerant que les pressions són iguals a totes les cares. Per aquest motiu únicament es calcularà la pressió sobre les cares amb major inclinació i de forma desfavorable es considera que aquesta serà la pressió que actuarà a totes les cares per igual.

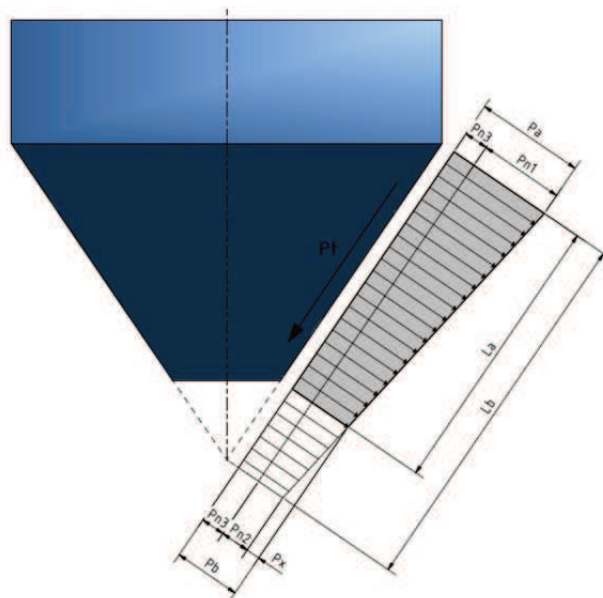


Fig.B.2.3.D Pressions a la tremuja

I. Pressió normal 1 a la paret inclinada de la tremuja :

Pressió normal Pn1 (Kg/m ²)	Pressió vertical màxima Pvo (Kg/m ²)	Coefficient de majoració de la pressió Cb	Angle d'inclinació de les parets de la tremuja α (º)
2.285,7	2.151,1	1,2	56

$$P_{n1} = P_{v0} (C_b \cos^2\alpha + \sin^2\alpha) = 2.151,1 \times (1,2 \times \cos^2 56 + \sin^2 56) = 2.285,7 \text{ Kg/m}^2$$

II. Pressió normal 2 a la paret inclinada de la tremuja :

Pressió normal Pn2 (Kg/m ²)	Pressió vertical màxima Pvo (Kg/m ²)	Coefficient de majoració de la pressió Cb	Angle d'inclinació de les parets de la tremuja α (º)
807,2	2151,1	1,2	56

$$P_{n2} = P_{v0} C_b \cos^2\alpha = 2151,1 \times 1,2 \times \cos^2 56 = 807,2 \text{ Kg/m}^2$$

III. Pressió normal 3 a la paret inclinada de la tremuja :

Pressió normal Pn3 (Kg/m ²)	Superfície de secció transversal A (m ²)	Perímetre U (m)	Densitat del material emmagatzemat γ (Kg/m ³)	Relació de pressions Ks	coeficient de fregament μ	Angle d'inclinació de les parets de la tremuja α (º)
338,1	9,9	12,6	2.800	0,5	0,45	56

$$P_{n3} = 3 \frac{A}{U} \frac{\gamma K_s}{\sqrt{\mu}} \sin^2\alpha = 3 \frac{9,9}{12,6} \frac{2.800 \times 0,5}{\sqrt{0,45}} \sin^2 56 = 338,1 \text{ Kg/m}^2$$

IV. Pressió normal màxima Pa :

Pressió normal max Pa (Kg/m ²)	Pressió normal Pn3 (Kg/m ²)	Pressió normal Pn1 (Kg/m ²)
2.623,8	338,1	2.285,7

$$P_a = P_{n1} + P_{n3} = 338,1 + 2.285,7 = 2.623,8 \text{ Kg/m}^2$$

V. Pressió normal Px :

Pressió normal Px (Kg/m ²)	Pressió normal Pn1 (Kg/m ²)	Pressió normal Pn2 (Kg/m ²)	Longitud Lb (m)	Longitud La (m)
372,4	2.285,7	807,2	2,66	1,99

$$P_x = ((P_{n1} - P_{n2}) \times (L_b - L_a)) / L_b = ((2.285,7 - 807,2) \times (2,66 - 1,99)) / 2,66 = 372,4 \text{ Kg/m}^2$$

VI. Pressió normal Pb :

Pressió normal Pb (Kg/m ²)	Pressió normal Pn2 (Kg/m ²)	Pressió normal Pn3 (Kg/m ²)	Pressió normal Px (Kg/m ²)
1.517,7	807,2	338,1	372,4

$$Pb = Pn2 + Pn3 + Px = 338,1 + 807,2 + 372,4 = 1.517,7 \text{ Kg/m}^2$$

VII. Pressió de fregament Pt :

El valor de la pressió originada per el fregament del material, variarà al llarg de la longitud de les parets inclinades de la tremuja. El valor màxim d'aquesta pressió es localitza a la zona de transició considerada la cota 0 i la seva magnitud disminueix a mesura que s'apropa a la boca de sortida. En funció de la cota "X" de la longitud de la paret inclinada s'obté la taula de pressions per cadascuna de les diferents cotes de longitud .

$$Pn = Pn3 + Pn2 + ((Pn1 - Pn2) (X/Lb))$$

$$Pt = Pn \times \mu$$

X : longitud entre 0 i Lb (m). Veure Fig.6.Pressions Tremuja

μ : Coeficient de fregament del material amb les parets , 0,45

X	Pn	Pt (Kg/m ²)
0	1.145,3	515,39
0,0995	1.200,6	540,27
0,199	1.255,91	565,16
0,2985	1.311,21	590,05
0,398	1.366,52	614,93
0,4975	1.421,82	639,82
0,597	1.477,13	664,71
0,6965	1.532,43	689,6
0,796	1.587,74	714,48
0,8955	1.643,04	739,37
0,995	1.698,35	764,26
1,0945	1.753,65	789,14
1,194	1.808,96	814,03
1,2935	1.864,26	838,92
1,393	1.919,57	863,81
1,4925	1.974,87	888,69
1,592	2.030,18	913,58
1,6915	2.085,48	938,47
1,791	2.140,79	963,35
1,8905	2.196,09	988,24
1,99	2.251,4	1.013,13

B.2.3.4 Càlcul de les pressions de buidat

L 'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 considera que les pressions d'emplenat i buidat per a sitges curtes o compactes són idèntiques ja que els coeficients correctors que s'usen per a la modificació de les pressions durant la descàrrega són iguals a la unitat.

A diferència del cas d'emplenat de material, durant el començament del buidatge apareixeran pressions elevades quan s'obté una descàrrega de flux massic. Aquest canvi es sol anomenar obertura i origina una càrrega instantània a la transició. Té lloc quan el material passa d'un estat estàtic (pressió activa) a un dinàmic (pressió passiva). L' Eurocodi proporciona un valor empíric Ps molt aproximat per la càrrega instantània.

Donat que la tremuja d'alimentació es troba en una situació incerta, entre flux massic i flux d'embut, el projecte considera l'acció d'aquestes pressions a una distància 0,2 dc inclinada al llarg de les parets troncocòniques i pròxima a la zona de transició tal i com suggereix l'Eurocodi. Per aquest motiu el buidatge és el cas més crític i el que s'analitza en aquest projecte .

I. Càrrega instantània d'obertura Ps :

Càrrega instantània d'obertura Ps (Kg/m ²)	Pressió horitzontal màxima Phf,s (Kg/m ²)
3.011,4	1.505,7

$$Ps = 2xPhf,s = 2 x 1.505,7 = 3.011,4 \text{ Kg/m}^2$$

II. Distància d'actuació de la pressió Ps :

$$\text{distància} = 0,2 \text{ dc} = 0,2 x 3 = 0,6 \text{ m}$$

III. Resum de pressions de buidat :

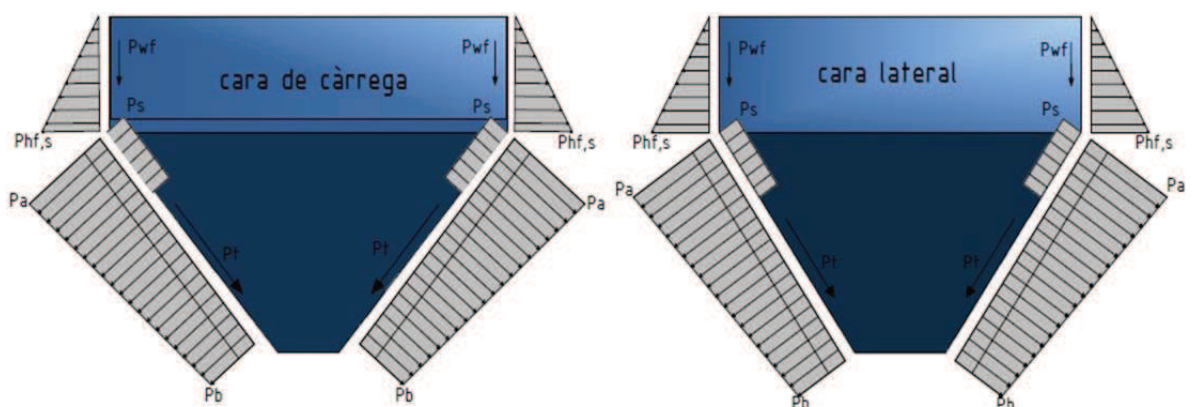


Fig.B.2.3.E Resum de pressions

Phf,s	1.505,7 Kg/m ²
Pa	2.623,8 Kg/m ²
Pb	1.517,7 Kg/m ²
Ps	3.011,4 Kg/m ²
Pwf	De 0 a 484 kg/m ²
Pt	De 515,39 a 1013,13 Kg/m ²

B.2.4. Altres consideracions de càrrega**B.2.4.1 Variació de temperatura**

L'acer dilata a causa de l'augment de la temperatura. Aquest allargament tendeix a anul·lar-se quan baixa la temperatura provocant un retorn a l'estat inicial, el qual es troba impedit parcialment per l'oposició de la matèria emmagatzemada. La tensió provocada per la variació de temperatura es considera mitjançant la reducció del límit elàstic de l'acer a l'hora de fer les comprovacions de resistència de les parets de la tremuja d'alimentació. Aquesta tensió a considerar s'expressa mitjançant la següent expressió seguint la metodologia Andersen (llibre "silos" de Brown i Nielsen) :

Tensió n' (N/mm ²)	Mòdul de rigidesa de l'acer E (N/mm ²)	Coefficient de dilatació de l'acer α	Increment de temperatura ΔT (°C)
17	210.000	12×10^{-6}	20

$$n' = \frac{E \alpha \Delta T}{3} = 17 \text{ N/mm}^2$$

Per tant les comprovacions de resistència de les parets de la tremuja d'alimentació es realitzarà a partir dels següents valors :

	Acer	Límit elàstic real S_y	Límit elàstic de comprovació S_y'
Parets tronco piramidals(Tremuja)	S275JR	275Mpa	258 Mpa
Paret verticals(Sitja)	S235JR	235Mpa	218 Mpa

B.2.4.2 Càrregues de neu

Les càrregues de neu s'obtenen a partir de la norma DB-AE, la qual estableix un valor de càrrega per a la zona en qüestió :

$$q=45 \text{ Kg/m}^2$$

B.2.4.3 Càrregues de vent

Les càrregues de vent s'obtenen a partir de la norma NTE-ECV:1998. La càrrega total de vent (q) per a una zona eòlica Y en situació topogràfica exposada i per a una altura sobre el nivell del terra de 3 metres resulta :

$$q = 73 \text{ Kg/m}^2$$

Es considera que el vent incidirà sobre la tremuja seguint un angle de 0° respecte Nord i de forma perpendicular a la cara d'emplenat.

B.2.5. Dimensionat de la tremuja

El dimensionat i optimitzat de la tremuja d'alimentació es realitza seguint els passos que es mostren a continuació, mitjançant el càlcul per elements finits que proporciona l'aplicació SAP2000. L'anàlisi, en primer lloc, es basa en un pre-dimensionat de la tremuja on s'exposen els elements principals que componen el conjunt. Tot seguit es mostren els paràmetres i metodologia de càlculs utilitzats i finalment finalitza amb l'exposició i anàlisi dels resultats.

B.2.5.1 Definició de la geometria i materials de fabricació del conjunt sitja-tremuja

A través dels elements tipus "Shell-thin" es crea el model geomètric del conjunt format per les cares verticals (sitja) i les cares tronco piramidals (tremuja). Les superfícies es divideixen en elements més petits formant una matriu de 20 files i 10 columnes per a cadascuna, fet que permet obtenir una matriu de nodes on, més endavant, aplicar les distribucions de pressions variables en funció de l'altura.

Les diferents superfícies, soldades entre elles i que formen les parets del conjunt s'introdueixen al SAP2000 de la següent forma :

	Acer	Límit elàstic Sy (Mpa)	Límit de ruptura Su (Mpa)	Espessor (mm)
Sitja	S235JR	235	360	5
Tremuja	S275JR	275	410	6

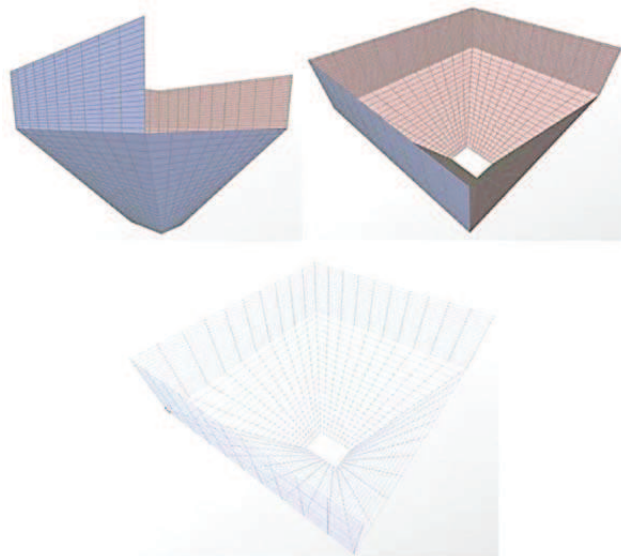


Fig.B.2.5.A Detall de la geometria definida a través de l'aplicació SAP2000

B.2.5.2 Rigidització del conjunt

I. Rigidització de la sitja

Per evitar l'efecte d'obertura de les parets que provoca el material dins la sitja, es decideix reforçar aquesta amb un marc de reforç superior format per 3 perfils tubulars rectangulars laminats de 60x30x3mm d'acer S235. Aquest perfils, juntament amb les parets verticals de la sitja, s'uneixen entre si mitjançant soldadura, reforçant les 3 cares tancades del conjunt.

La zona de transició sitja-tremuja, la més crítica del conjunt, es troba sol·licitada per els esforços més elevats de pressió. Aquest punt sosté tot el pes del material, absorbeix la major part de les sobrepressions d'emplenat/buidat i alhora, mitjançant l'estructura suport, transmet tots els esforços a la base del conjunt.

Donat que es tracta del reforç més important de la tremuja d'alimentació es dimensiona amb un perfil UPN160 d'acer S275. Aquest perfil, juntament amb les parets de la tremuja d'alimentació, s'uneixen entre si mitjançant soldadura, reforçant les 4 cares tancades del conjunt.

Per donar més rigidesa a la sitja i ajudar que els esforços es puguin transmetre més fàcilment als marcs de reforç, es dissenya el conjunt amb muntants verticals formats per perfils tubulars rectangulars laminats de 60x30x3mm d'acer S235, soldats alhora amb les parets de la sitja i els 2 marcs de reforç.

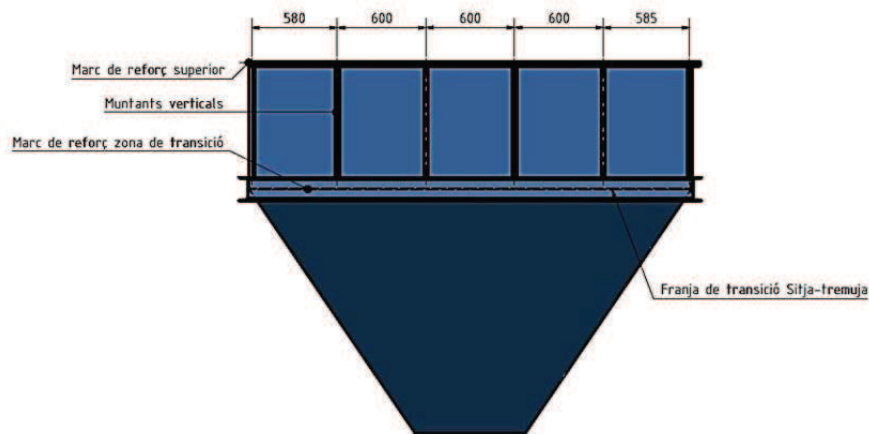


Fig.B.2.5.B Distribució dels reforços de les cares laterals

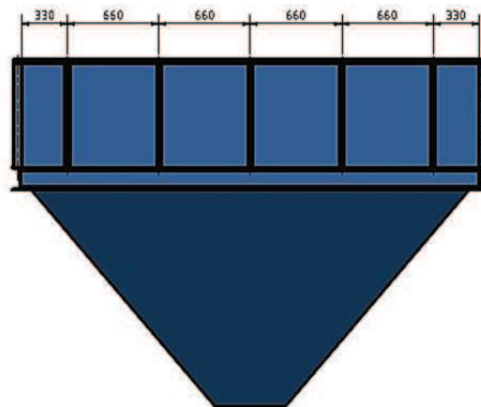


Fig.B.2.5.C Distribució dels reforços de la cara posterior

La distribució dels reforços es planteja segons es mostra a la figura següent amb la utilització dels elements tipus "Frame" que proporciona l'aplicació SAP2000. Els diferents perfils es configuren amb un mallat que relaciona els punts intermedis d'unió entre perfils estructurals i els contactes d'aquests amb les superfícies de les parets, obtenint així, una interacció d'esforços i deformacions entre tots els elements.

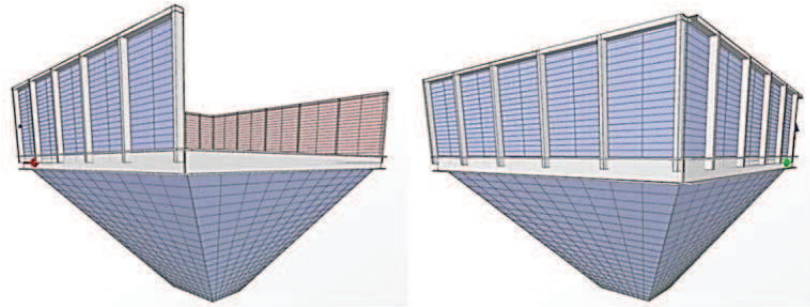


Fig.B.2.5.D Detall de la distribució de reforços (SAP2000)

II. Rigidització de la tremuja

Mitjançant passamans rectangulars d'acer S275 es crea els anells de reforç de les parets de la tremuja, encarregats d'ajudar a la tremuja a mantenir els sobreesforços deguts a l'emplenat i buidat de material. Per altre banda, limiten la deformació de les parets i garanteixen l'estabilitat de les soldadures que uneixen les parets tronco piramidals.

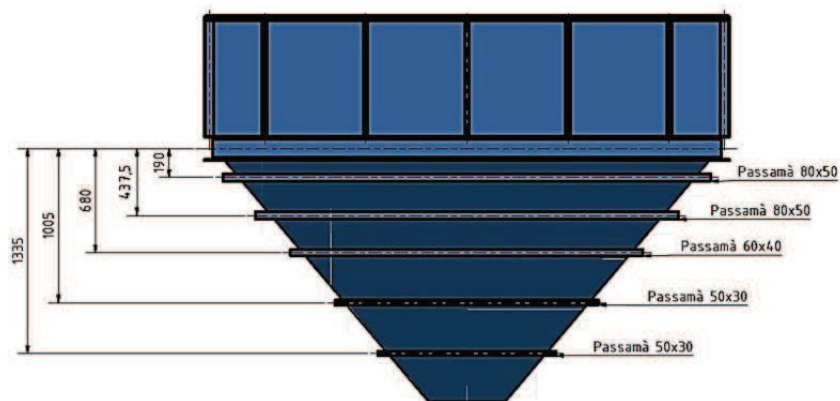


Fig.B.2.5.E Distribució dels reforços de la tremuja

La distribució dels reforços es planteja segons es mostra a la figura següent amb la utilització dels elements tipus "Frame" que ens proporciona l'aplicació SAP2000. Els diferents perfils es configuren amb un mallat que relaciona contactes d'aquests amb les superfícies de les parets, obtenint així, una interacció d'esforços i deformacions entre tots els elements.

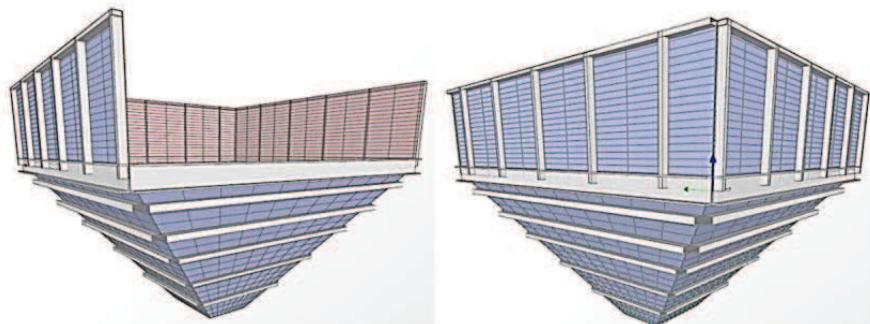


Fig.B.2.5.F Detall dels anells de reforç de la tremuja (SAP2000)

B.2.5.3 Estructura suport

Totes les pressions que actuen sobre les parets de la tremuja d'alimentació s'acaben transmeten al marc de reforç de la zona de transició. Aquest, alhora, és l'encarregat de transmetre totes aquestes pressions a les cimentacions del conjunt mitjançant pilars HEB120 d'acer S275.

Per tal de garantir les condicions de resistència i deflexió amb perfils no massa voluminosos i pesants, es dissenya una estructura arriostrada a les 4 cares a partir de perfils UPN80 d'acer S275. (Per a més detall de les dimensions i disposició de cada perfil, consultar l'apartat de plànols del projecte.)

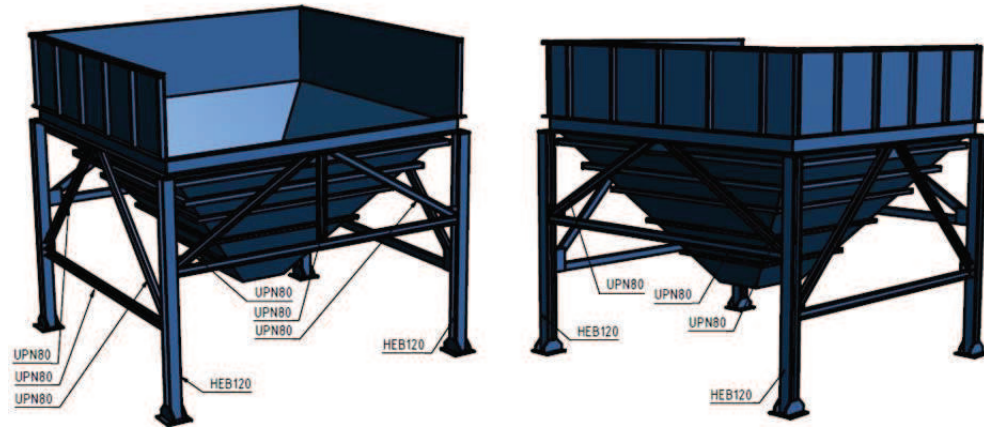


Fig.B.2.5.G Detall estructural de la tremuja d'alimentació

Alhora de realitzar els càlculs amb el SAP2000 es consideren tots els perfils solidaris entre ells mitjançant unions perfectes i soldades, excepte les riestres, ja que es consideren elements articulats que treballen axialment. Per aquest motiu a través del SAP2000 s'alliberen els moments no desitjats que es produeixen en el cas d'unions fixes. Es considera que les cartelles d'unió, tot i estar soldades solidàriament amb les riestres, pateixen petites deformacions que simulen el moviment articulats.

Les bases dels pilars es calcularan com a unions rígides, amb absència de rotació als 3 eixos principals ja que mitjançant les plaques d'ancoratge, s'uneixen solidàriament a les sabates de formigó.

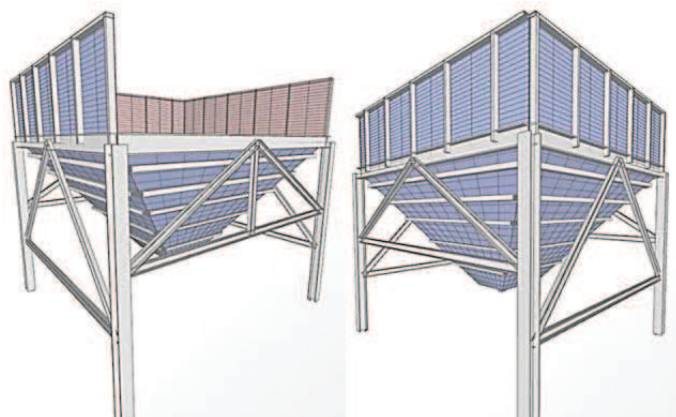


Fig.B.2.5.H Detall estructural de la tremuja (SAP2000)

B.2.5.4 Introducció dels valors de pressió

I. Pressió horitzontal corregida Phf,s sobre la paret posterior de la sitja

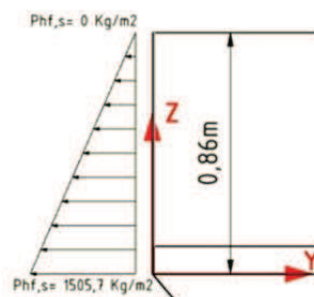
El resultat de la divisió de la paret posterior en superfícies més petites seguint una matriu de 10x20 elements com s'ha explicat anteriorment, és l'obtenció d'una matriu de punts on s'assigna la pressió lineal variable Phf,s en funció de l'altura.

Cada punt queda assignat amb el valor de pressió corresponent mitjançant la introducció de la següent expressió matemàtica en el SAP2000:

$$P = C \times Z + K$$

En funció de l' altura Z, on el paràmetre C= 1750,81 i la constant K= -1505,7 s'obtenen els següents valors de pressió per a cada un dels punts :

	altura Z(m)	Pressió Phf,s (Kg/m2)
Punt 1	0,860	0,00
Punt 2	0,817	75,29
Punt 3	0,774	150,57
Punt 4	0,731	225,86
Punt 5	0,688	301,14
Punt 6	0,645	376,43
Punt 7	0,602	451,71
Punt 8	0,559	527,00
Punt 9	0,516	602,28
Punt 10	0,473	677,57
Punt 11	0,430	752,85
Punt 12	0,387	828,14
Punt 13	0,344	903,42
Punt 14	0,301	978,71
Punt 15	0,258	1053,99
Punt 16	0,215	1129,28
Punt 17	0,172	1204,56
Punt 18	0,129	1279,85
Punt 19	0,086	1355,13
Punt 20	0,043	1430,42
Punt 21	0,000	1505,70



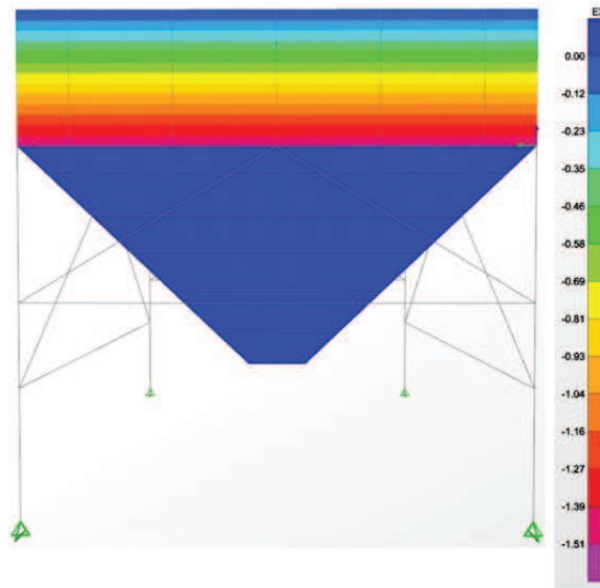


Fig.B.2.5.I Pressions Phf,s sobre la paret posterior en Kg/m² (SAP2000)

II. Pressió horitzontal corregida Phf,s sobre les parets laterals de la sitja

Les pressions són idèntiques que en el cas anterior i es segueix exactament la mateixa metodologia per entrar les dades en el programa SAP2000, amb la diferència que en aquest cas, les pressions no afectaran a tota la longitud de les parets. Es considera que el material no ocuparà tot el volum de la sitja ja que s'ha de preveure l'estat de repòs d'aquest. Aquest fet depèn directament de l' angle de repòs o de fricció interna del material, que en el cas del Sulfat de bari és de 35°.

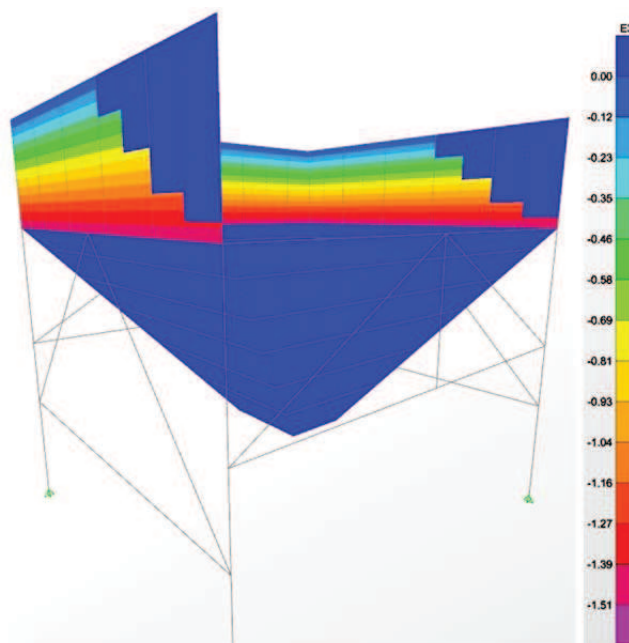


Fig.B.2.5.J Pressions Phf,s sobre les parets laterals en Kg/m² (SAP2000)

III. Pressió de fregament Pwf sobre les parets laterals de la sitja :

La pressió de fregament s'assigna als diferents punts que conformen les seccions o àrees que defineixen les parets de la sitja. Tal pressió s'assigna en funció de l'altura en què es troba situat cada punt.

Els valors introduïts al SAP2000 són els valors de pressió de fregament Pwf prèviament calculats :

Altura Z (m)	Pwf (kg/m2)
0,860	0,00
0,817	26,40
0,774	52,80
0,731	79,20
0,688	105,60
0,645	131,34
0,602	156,64
0,559	182,60
0,516	206,36
0,473	231,00
0,430	255,20
0,387	279,40
0,344	301,40
0,301	325,60
0,258	348,48
0,215	371,14
0,172	393,58
0,129	415,73
0,086	437,58
0,043	459,14
0,000	484,00

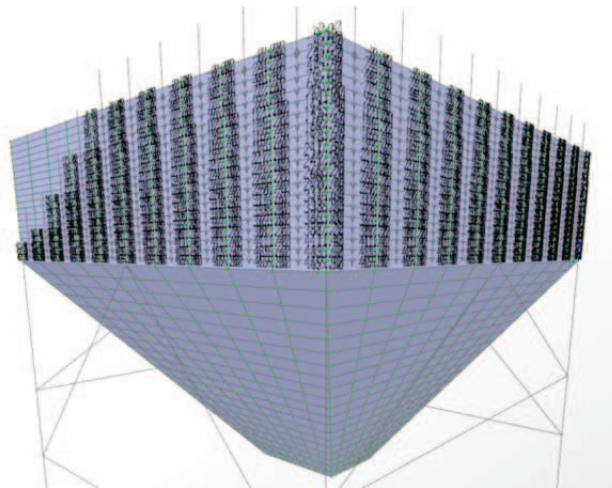


Fig.B.2.5.K Pressions de fricció (SAP2000)

IV. Pressió a les parets tronco piramidals de la tremuja

Per tal d'introduir els valors de pressió $P_t=2.623,8\text{Kg/m}^2$ en el SAP2000, es divideix la pressió total de buidatge en una pressió constant amb valor $P_b= 1.517,7 \text{ Kg/m}^2$ més una pressió variable que és màxima a la zona de transició i mínima a la sortida de la tremuja.

La pressió varia de forma lineal, amb valor màxim $P_a-P_b= 1.106,1 \text{ Kg/m}^2$ i un valor mínim de 0 Kg/m^2 , es defineix mitjançant un patró de punts que segueix l'expressió matemàtica següent :

$$P = C \times Z + K$$

En funció de l' altura Z, on el paràmetre $C= 670,36$ i la constant $K= 1.106,1$ s'obtenen els següents valors de pressió per a cada un dels punts :

	altura Z(m)	Pressió Phf,s (Kg/m2)
Punt 1	0	1.106,1
Punt 2	-0,0825	1.050,8
Punt 3	-0,165	995,49
Punt 4	-0,2475	940,19
Punt 5	-0,33	884,88
Punt 6	-0,4125	829,58
Punt 7	-0,495	774,27
Punt 8	-0,5775	718,97
Punt 9	-0,66	663,66
Punt 10	-0,7425	608,36
Punt 11	-0,825	553,05
Punt 12	-0,9075	497,75
Punt 13	-0,99	442,44
Punt 14	-1,0725	387,14
Punt 15	-1,155	331,83
Punt 16	-1,2375	276,53
Punt 17	-1,32	221,22
Punt 18	-1,4025	165,92
Punt 19	-1,485	110,62
Punt 20	-1,5675	55,31
Punt 21	-1,65	0,00

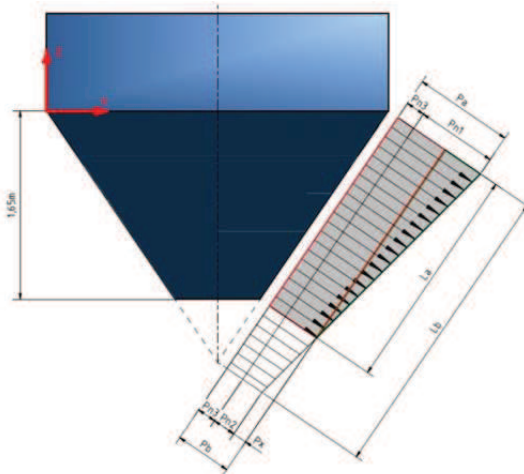


Fig.B.2.5.L Pressió a les parets de la tremuja

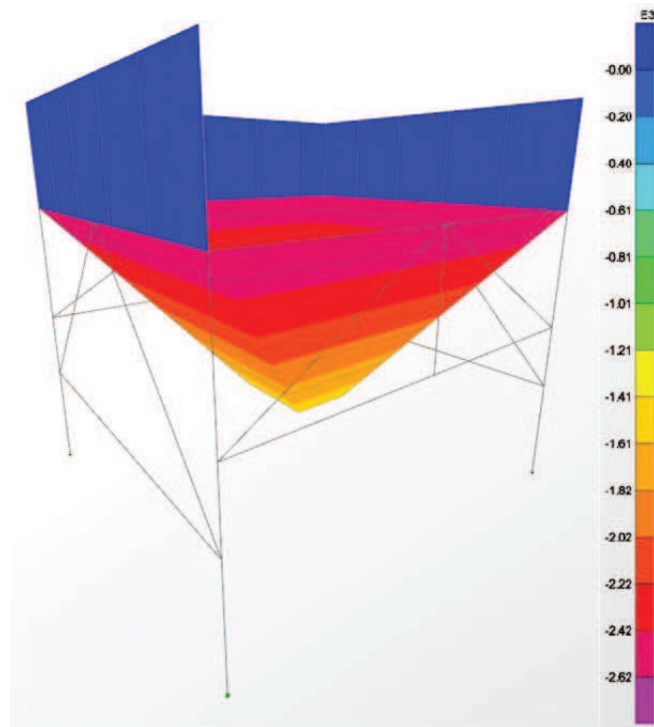


Fig.B.2.5.J Pressió a les parets de la tremuja en Kg/m² (SAP2000)

V. Sobrepressió instantània Ps de buidat o d'obertura

La sobrepressió instantània $P_s=3.011,4 \text{ Kg/m}^2$, present durant el començament de la descàrrega, s'aplica al llarg d'una distància de 0,6m a la zona pròxima a la transició.

Degut a l'angle de repòs natural que segueix el material quan es troba emmagatzemat estàticament, aquesta pressió no actua en la seva totalitat sobre les parets pròximes a la cara d'emplenat. Aquest fet es deu a l'absència de material acumulat a la sitja just per sobre d'aquest punt. Per a l'obtenció dels càlculs d'aquest projecte es considera que actua la totalitat d'aquesta pressió ja que s'analiza el cas més desfavorable en tot moment.

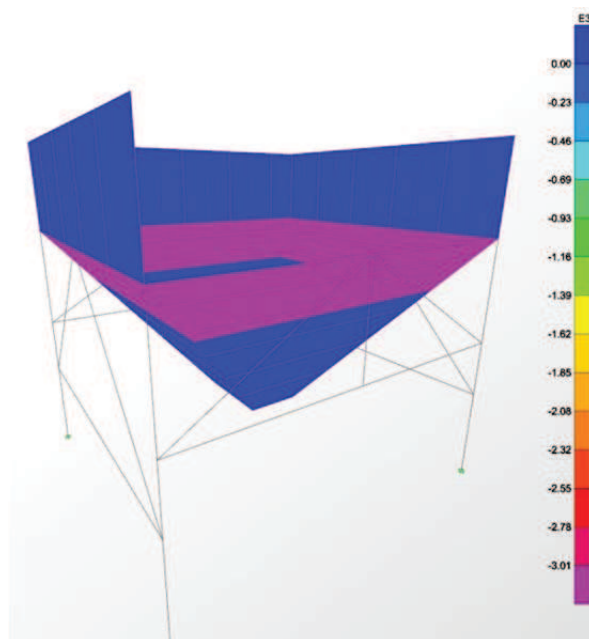


Fig.B.2.5.K sobrepressió instantània de buidat en Kg/m² (SAP2000)

VI. Pressió de Fregament Pt sobre les parets de la tremuja

La pressió de fregament s'assigna als diferents punts que conformen les seccions o àrees que defineixen les parets de la tremuja. Tal pressió s'assigna en funció de la longitud de paret inclinada en què es troba situat cada punt.

Els valors introduïts al SAP2000 són els valors de pressió de fregament Pt prèviament calculats :

X	Pt (Kg/m ²)
0	515,39
0,0995	540,27
0,199	565,16
0,2985	590,05
0,398	614,93
0,4975	639,82
0,597	664,71
0,6965	689,6
0,796	714,48
0,8955	739,37
0,995	764,26
1,0945	789,14
1,194	814,03
1,2935	838,92
1,393	863,81
1,4925	888,69
1,592	913,58
1,6915	938,47
1,791	963,35
1,8905	988,24
1,99	1.013,13

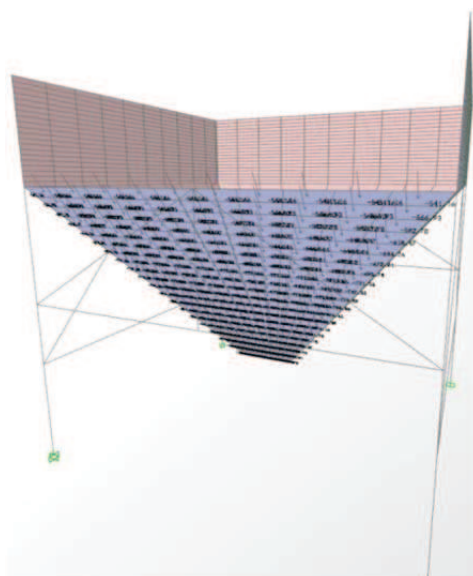


Fig.B.2.5.L. Pressions de fricció (SAP2000)

B.2.5.5 Combinacions de càrrega

Amb la finalitat d'aconseguir la càrrega més desfavorable actuant a la tremuja d'alimentació, es combinen els diferents casos de càrrega per tal d'assolir l'estat pèssim de disseny.

I. Estat de repòs

	accions gravitatòries		Condicions climatològiques	
	Pes Propi	Pes material	Vent	Neu
C1	X	X		
C2	X	X	X	
C3	X	X	X	X

II. Estat de servei

	accions gravitatòries	Condicions climatològiques		Càrregues d'us	
	Pes Propi	Vent	Neu	Pressions buidat	Sobrepresió d'obertura
C4	X			X	X
C5	X	X		X	X
C6	X	X	X	X	X

El cas C6 engloba les pitjors condicions simultànies de treball de la tremuja d'alimentació i per tant és la condició que s'analitza en aquest projecte. Es tracta de l'instant inicial de descàrrega quan apareixen les pressions de buidat i la sobrepresió instantània d'obertura. Aquestes, sumades a les càrregues produïdes pel vent i l'acumulació de neu, defineixen l'instant més crític que es pot donar.

Seguint el codi tècnic de l'edificació vigent CTE-DB-SE-A i el seu document de seguretat estructural, es majoren les càrregues amb els valors que es mostren a continuació:

		Factor seguretat
Càrregues permanents	Pes Propi	1,35
Càrregues variables	Pressions d'emplenat/ buidat	1,5
	Sobrepresió d'obertura	1,5
	Càrregues de Vent	1,5
	Càrregues de Neu	1,5

B 2.5.6 Anàlisi, simulació i interpretació de resultats

I. Esforços a les parets de la sitja

L'anàlisi de resistència de les parets de la sitja, mitjançant el SAP2000, es realitza de forma visual i gràfica tal i com mostra la figura B.2.2.5.M.

Es comproven les parets de la sitja, fabricades de xapa d'acer S235JR ($S_y=235\text{Mpa}$, $S_u=360\text{Mpa}$) i amb un espessor total de 5mm, de manera que no excedeixin la màxima resistència de comprovació $S_y'=218\text{ N/mm}$.

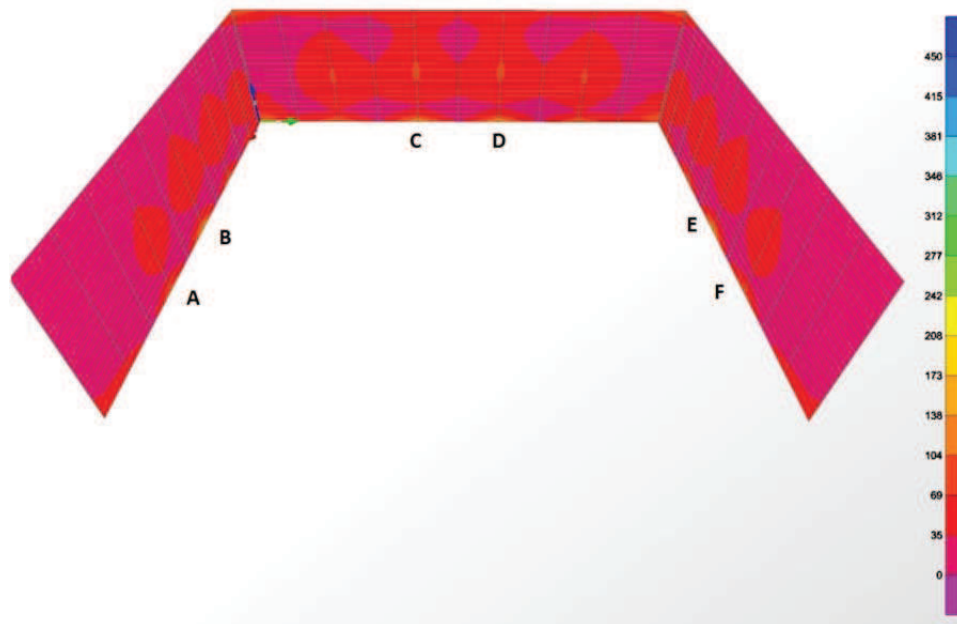


Fig.B.2.5.M Tensions de Von Mises de la sitja, unitats en Mpa (SAP2000)

L'anàlisi de tensions segons el criteri de falla elàstica de Von Mises reflexa les zones més crítiques localitzades a la línia de transició, especialment en els centres de les cares laterals (Punts B i G).

Punt	Tensió màxima (Mpa)
A	107
B	149,3
C	142
D	142
E	149,7
F	107

El resultat de tensions indica que les parets de la sitja ofereixen sobradament la capacitat mínima de resistència molt per sobre del límit elàstic de comprovació $S_y'=218\text{Mpa}$, a la vegada, el marge de seguretat obtingut a partir d'una xapa generosa de 5mm d'espessor, assegura una durada òptima de la sitja i garanteix més fiabilitat en condicions d'oxidació i desgast de les parets.

II. Deformacions a les parets de la sitja

Les zones amb màxima deformació es localitzen al centre de la cara posterior, on els moments generats per les pressions del material són màxims. Tal i com s'aprecia a la figura B.2.5.N següent, L'anàlisi de deformacions de les parets reflexa un bon dimensionat de la sitja, garantint deformacions instantànies relativament petites sense assolir el límit elàstic del material.

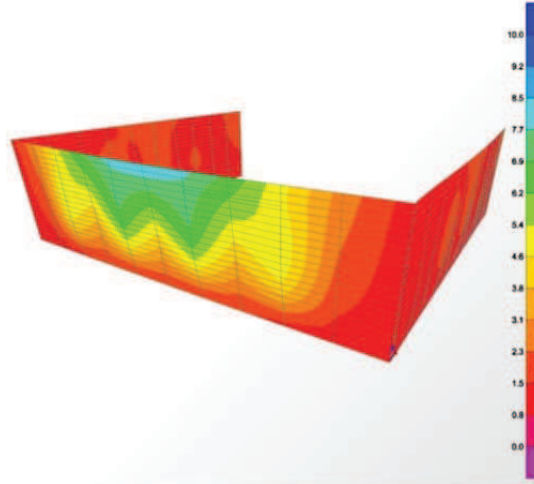


Fig.B.2.5.N Deformacions de la sitja en mm(SAP2000)

III. Esforços a les parets de la tremuja

L'anàlisi de resistència de les parets de la tremuja, mitjançant el SAP2000, es realitza de forma visual i gràfica tal i com mostra la figura B.2.5.O.

Es comproven les parets de la tremuja, fabricades de xapa d'acer S275JR ($S_y=275\text{Mpa}$, $S_u=410\text{Mpa}$) i amb un espessor total de 6mm, de manera que no excedeixin la màxima resistència de comprovació $S_y'=258\text{ N/mm}$ (resistència que preveu la tensió addicional generada per el canvi de temperatura)

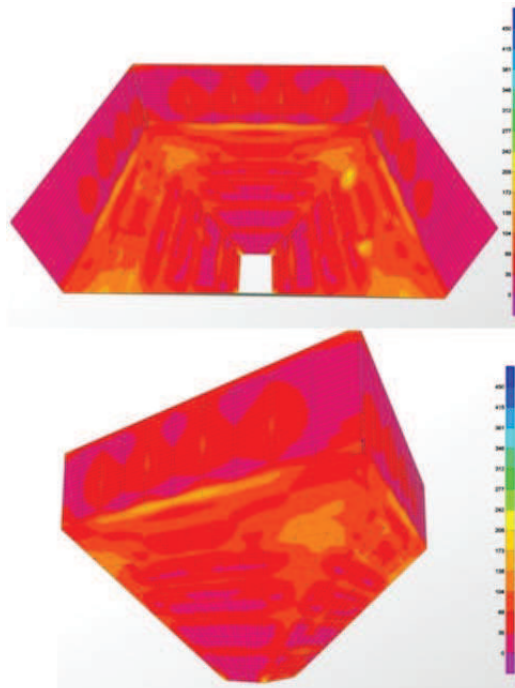


Fig.B.2.5.O Tensions de Von Mises de la tremuja, unitats en Mpa (SAP2000)

L'anàlisi de tensions segons el criteri de falla elàstica de Von Mises reflexa les zones més crítiques localitzades a la zona de transició i als extrems, punts afectats per les concentracions de tensions. Concretament els punts més desfavorables es localitzen a 2 zones concretes, en els extrems de la boca de descàrrega amb una tensió de 250 N/mm^2 i a la zona de transició de la cara posterior amb una tensió de 183 N/mm^2 .

El resultat de tensions indica que les parets de la tremuja ofereixen seguretat respecte la capacitat mínima de resistència, a la vegada, el marge de seguretat obtingut a partir d'una xapa generosa de 6mm d'espessor, assegura una durada òptima de la tremuja i garanteix fiabilitat en condicions d'oxidació i desgast de les parets, sobretot la cara posterior afectada per els impactes propis de l'emplenat.

IV. Deformacions de les parets de la tremuja

Una de les zones amb màxima deformació de la tremuja es localitza a la boca de descàrrega, punts els quals, sense cap reforç previst, tendeixen a obrir-se per l'acció de descàrrega del material. Els valors de deformació no representen cap problema per al funcionament, per aquest motiu, es consideren els resultats satisfactoris.

La zona central de la cara de càrrega també resulta afectada per les deformacions més elevades. L'efecte d'obertura del material en aquesta zona, no queda compensat per una estructura superior com en el cas de les parets posteriors, on la sitja i els seus reforços col·laboren directament a evitar-ho.

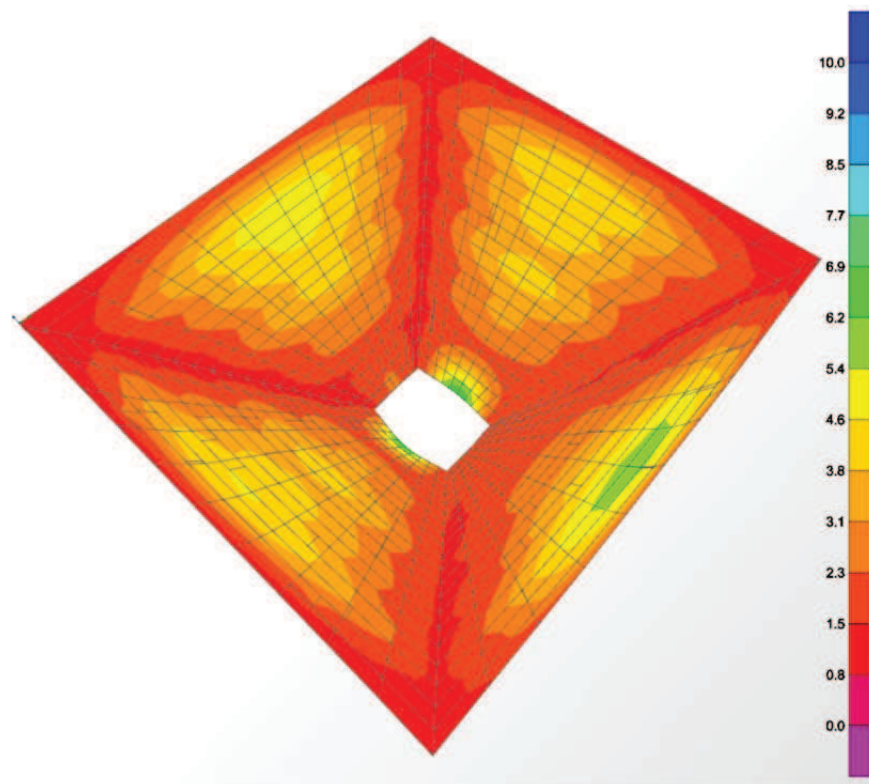


Fig.B.2.5.P Deformacions de la tremuja en mm(SAP2000)

V. Sol·licitació dels Perfils estructurals

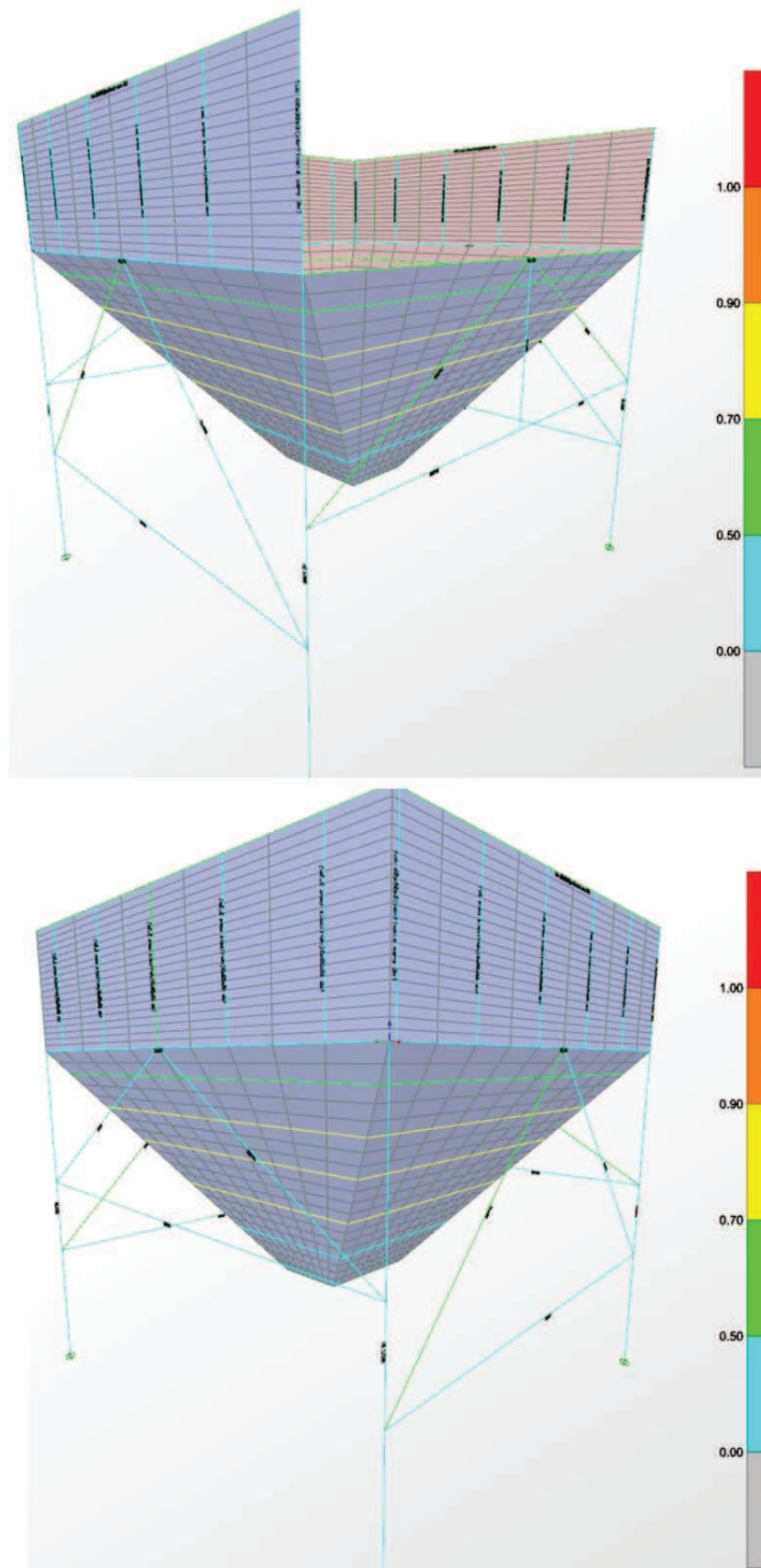


Fig.B.2.5.Q Sol·licitacions dels perfils estructurals (SAP2000)

Muntants verticals de reforç de la sitja :

Tal i com s'aprecia a la figura B.2.5.Q anterior, el muntant més sol·licitat es troba situat a la part central de la cara posterior de la sitja. A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants :

Perfil Estructural : Tub rectangular de 60x30x3 d'acer S-235

```

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK
Combo : C6 majorat
Units : N, mm, C

Frame : 27          Design Sect: tub 60x30x3(verticals cara 3,3m)
X Mid : 0,000      Design Type: Column
Y Mid : 1650,000   Frame Type: Moment Resisting Frame
Z Mid : 430,000    Sect Class : Class 1
Length : 860,000   Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0,000        RLLF : 1,000

Area : 504,000     SMajor : 7502,400    rMajor : 21,132     AVMajor: 360,000
IMajor : 225072,000 SMMinor : 4852,500    rMinor : 12,018     AVMinor: 180,000
IMMinor : 72792,000 ZMajor : 9504,500     E : 210000,000
IXY : 0,000        ZMinor : 5724,500     Fy : 235,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      F      M33      M22      V2      V3      T
0,000      -33017,821 -602540,351  41,704  -3879,543  1,251  -93,974

EMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing      Total      P      MMajor      MMinor      Ratio      Status
Equation      Ratio      Ratio      Ratio      Ratio      Limit      Check
(6.42)          = 0,341 + 0,000 + 0,211      0,950      OK

AXIAL FORCE DESIGN
Med      No,Rd      Nr,Rd      Nb33,Rd      Nb22,Rd
Force      Capacity      Capacity      Major      Minor
Axial      -33017,821  96729,331  118440,000  111782,543  96729,331

MOMENT DESIGN
Med      No,Rd      Nr,Rd      Mb33,Rd      Mb22,Rd
Moment      Capacity      Capacity      Major      Minor
Major Moment -602540,351  2233440,000  2233440,000  2233440,000
Minor Moment  41,704  1345140,000  1345140,000

Factor      K      L      k      ky3      ky2      Cl
Major Moment  1,000  1,000  0,630  0,923      Factor  1,918
Minor Moment  1,000  1,000  1,203      0,722

SHEAR DESIGN
Ved      Vc,Rd      Stress      Status      Ted
Force      Capacity      Ratio      Check      Torsion
Major Shear  3879,543  48943,893  0,079      OK      0,000
Minor Shear  1,251  24421,916  5,124E-05  OK      0,000
    
```

Marc de reforç zona de transició :

Tal i com s'aprecia a la figura B.2.5.Q anterior, el perfil més sol·licitat es troba situat just a la cara de càrrega. A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants :

Perfil Estructural : UPN 160 d'acer S-275

```

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK
Combo : C6 majorat
Units : N, mm, C

Frame : 3          Design Sect: UPN160
X Mid : 3000,000   Design Type: Beam
Y Mid : 1650,000   Frame Type: Moment Resisting Frame
Z Mid : 0,000      Sect Class : Class 1
Length : 3300,000 Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 1650,000    RLLF : 1,000

Area : 2402,000     SMajor : 118575,000   rMajor : 62,043     AVMajor: 1200,000
IMajor : 5246000,000 SMMinor : 18292,631   rMinor : 13,355     AVMinor: 1193,000
IMMinor : 853900,000 ZMajor : 141100,000   E : 210000,000
IXY : 0,000        ZMinor : 39120,000   Fy : 275,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      F      M33      M22      V2      V3      T
1650,000      -68269,922 -1087667,97  -931896,098  -7004,653  -5138,124  86709,386

EMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing      Total      P      MMajor      MMinor      Ratio      Status
Equation      Ratio      Ratio      Ratio      Ratio      Limit      Check
(6.42)          = 0,534 + 0,118 + 0,022      0,950      OK

AXIAL FORCE DESIGN
Med      No,Rd      Nr,Rd      Nb33,Rd      Nb22,Rd
Force      Capacity      Capacity      Major      Minor
Axial      -68269,922  127818,360  660550,000  660550,000  127818,360

MOMENT DESIGN
Med      No,Rd      Nr,Rd      Mb33,Rd      Mb22,Rd
Moment      Capacity      Capacity      Major      Minor
Major Moment -1087667,97  38802500,0  38802500,0  38802500,0
Minor Moment -931896,098  10758000,0  10758000,0

Factor      K      L      k      ky3      ky2      Cl
Major Moment  1,000  0,500  1,011  0,925      Factor  1,000
Minor Moment  1,000  1,000  1,363      0,918

SHEAR DESIGN
Ved      Vc,Rd      Stress      Status      Ted
Force      Capacity      Ratio      Check      Torsion
Major Shear  7004,653  190525,589  0,037      OK      0,000
Minor Shear  5138,124  180681,767  0,028      OK      0,000
    
```

Marc de reforç zona superior :

El perfils més sol·licitats es troben situats a les cares laterals de la sitja. A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants :

Perfil Estructural : Tub rectangular de 60x30x3 d'acer S-235

```

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK
Combo : C6 majorat
Units : N, mm, C

Frame : 9
X Mid : 1500,000
Y Mid : 3300,000
Z Mid : 960,000
Length : 3000,000
Loc : 3000,000

Design Sect: tub 60x30x3 (verticals cara 3m)
Design Type: Beam
Frame Type : Moment Resisting Frame
Sect Class : Class 1
Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
RIIF : 1,000

Area : 804,000
IMajor : 72782,000
IMinor : 235072,000
IXY : 0,000
SMajor : 4852,800
SMinor : 7802,400
EMajor : 5724,000
EMinor : 9504,000
rMajor : 11,018
rMinor : 21,132
E : 210000,000
Fy : 235,000
AVMajor : 180,000
AVMinor : 360,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location P M33 M22 V2 V3 T
3000,000 -8597,150 63301,692 1060014,385 -724,587 -690,185 -105953,920

EMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing Total P MMajor MMinor Ratio Status
Equation Ratio Ratio Ratio Ratio Limit Check
(6.2) 0,594 = 0,073 + 0,047 + 0,475 0,950 OK

AXIAL FORCE DESIGN
Ved Vc,Rd Nc,Rd Nt,Rd Nb33,Rd Nb22,Rd
Force Capacity Capacity Capacity Major Minor
Axial -8597,150 43534,406 118440,000 118440,000 43534,406

MOMENT DESIGN
Ved Vc,Rd Nv,Rd Nt,Rd
Moment Capacity Capacity Capacity
Major Moment 63301,692 1345140,000 1345140,000 1345140,000
Minor Moment 1060014,385 2239440,000 2239440,000

K L k kyx kyz Cl
Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment 1,000 0,200 1,024 0,868 0,278 2,700
Minor Moment 1,000 1,000 0,463 0,000 0,000 0,000

SHEAR DESIGN
Ved Vc,Rd Stress Status Ted
Force Capacity Ratio Check Torsion
Major Shear 724,587 24421,516 0,030 OK 0,000
Minor Shear 690,185 48843,833 0,014 OK 0,000
    
```

Pilars :

Els pilars més desfavorables del conjunt de l'estructura són els 2 pilars posteriors. A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants del pilar posterior més desfavorable:

Perfil Estructural : HEB 120 d'acer S-275

```

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK
Combo : C6 majorat
Units : N, mm, C

Frame : 8
X Mid : 0,000
Y Mid : 3300,000
Z Mid : -1206,000
Length : 2412,000
Loc : 2412,000

Design Sect: HEB120
Design Type: Column
Frame Type : Moment Resisting Frame
Sect Class : Class 1
Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
RIIF : 1,000

Area : 3400,000
IMajor : 848000,000
IMinor : 3180000,000
IXY : 0,000
SMajor : 144000,000
SMinor : 53000,000
EMajor : 165000,000
EMinor : 81000,000
rMajor : 50,410
rMinor : 39,583
E : 199947,879
Fy : 344,738
AVMajor : 780,000
AVMinor : 2208,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location P M33 M22 V2 V3 T
2412,000 -161842,419 -6392379,6 -400671,050 11056,961 694,874 -22071,382

EMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing Total P MMajor MMinor Ratio Status
Equation Ratio Ratio Ratio Ratio Limit Check
(6.2) 0,311 = 0,199 + 0,017 + 0,098 0,950 OK

AXIAL FORCE DESIGN
Ved Vc,Rd Nc,Rd Nt,Rd Nb33,Rd Nb22,Rd
Force Capacity Capacity Capacity Major Minor
Axial -161842,419 811863,178 1172108,841 1014697,797 811863,178

MOMENT DESIGN
Ved Vc,Rd Nv,Rd Nt,Rd
Moment Capacity Capacity Capacity
Major Moment -6392379,6 8688752,6 8688752,6 8688752,6
Minor Moment -400671,050 27933769,48 27933769,48

K L k kyx kyz Cl
Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment 1,333 0,442 1,084 0,988 0,708 1,000
Minor Moment 1,231 0,588 1,180 0,000 0,000 0,000

SHEAR DESIGN
Ved Vc,Rd Stress Status Ted
Force Capacity Ratio Check Torsion
Major Shear 11056,961 155246,923 0,071 OK 0,000
Minor Shear 694,874 437375,936 0,002 OK 0,000
    
```


Riostres laterals:

Tal i com s'aprecia a la figura B.2.5.Q anterior, els perfils més sol·licitat són els que transfereixen les càrregues als pilars posteriors. A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants d'aquests perfils:

Perfil Estructural : UPN 80 d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK									
Combo : C6 Majorat									
Units : N, mm, C									
Frame : 17	Design Sect: UPN80								
X Mid : 750,000	Design Type: Brace								
Y Mid : 3300,000	Frame Type : Moment Resisting Frame								
Z Mid : -779,750	Sect Class : Class 1								
Length : 2155,170	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3								
Loc : 1077,535	RLLF : 1,000								
Area : 1102,000	SMajor : 26450,000	rMajor : 30,595		AVMajor: 480,000					
IMajor : 1058000,000	SMInor : 6348,167	rMinor : 13,268		AVMinor: 600,000					
IMInor : 194000,000	EMajor : 32810,000	E : 210000,000							
IXY : 0,000	EMInor : 13350,000	Fy : 275,000							
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS									
Location	F	M33	M22	V2	V3	T			
1077,535	-36642,926	97689,264	0,000	0,000	0,000	4268,134			
PMN DEMAND/CAPACITY RATIO									
Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status			
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check			
(6.62)	0,559	= 0,550	+ 0,000	+ 0,009	0,950	OK			
AXIAL FORCE DESIGN									
	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd	Nb33,Rd	Nb22,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor				
	-36642,926	66602,202	303050,000	200439,240	66602,202				
MOMENT DESIGN									
	Med	Mc,Rd	Mt,Rd	Mb33,Rd	Mb22,Rd				
Major Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity				
Minor Moment	0,000	9022750,000	9022750,000	4993773,706	0,000				
	K	L	k	kyy	kzz	Ci			
Major Moment	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor			
Minor Moment	1,000	1,000	1,110	0,927	0,864	1,000			
	1,000	1,000	1,449						
SHEAR DESIGN									
	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted				
Major Shear	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion				
Minor Shear	0,000	76210,236	0,000	OK	0,000				
	0,000	95262,794	0,000	OK	0,000				

Riostres posteriors:

A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i Tallants del perfil més desfavorable:

Perfil Estructural : UPN 80 d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK									
Combo : C6 Majorat									
Units : N, mm, C									
Frame : 103	Design Sect: UPN80								
X Mid : 0,000	Design Type: Brace								
Y Mid : 825,000	Frame Type : Moment Resisting Frame								
Z Mid : -900,000	Sect Class : Class 1								
Length : 1829,378	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3								
Loc : 964,689	RLLF : 1,000								
Area : 1102,000	SMajor : 26450,000	rMajor : 30,595		AVMajor: 480,000					
IMajor : 1058000,000	SMInor : 6348,167	rMinor : 13,268		AVMinor: 600,000					
IMInor : 194000,000	EMajor : 32810,000	E : 210000,000							
IXY : 0,000	EMInor : 13350,000	Fy : 275,000							
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS									
Location	F	M33	M22	V2	V3	T			
964,689	-29150,076	96200,075	0,000	0,000	0,000	-4333,622			
PMN DEMAND/CAPACITY RATIO									
Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status			
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check			
(6.62)	0,373	= 0,364	+ 0,000	+ 0,009	0,950	OK			
AXIAL FORCE DESIGN									
	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd	Nb33,Rd	Nb22,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor				
	-29150,076	80010,366	303050,000	216372,122	80010,366				
MOMENT DESIGN									
	Med	Mc,Rd	Mt,Rd	Mb33,Rd	Mb22,Rd				
Major Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity				
Minor Moment	0,000	9022750,000	9022750,000	5157039,347	0,000				
	K	L	k	kyy	kzz	Ci			
Major Moment	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor			
Minor Moment	1,000	1,000	1,070	0,991	0,775	1,000			
	1,000	1,000	1,281						
SHEAR DESIGN									
	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted				
Major Shear	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion				
Minor Shear	0,000	76210,236	0,000	OK	0,000				
	0,000	95262,794	0,000	OK	0,000				

Riostres frontals:

A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i Tallants d'aquests perfils:

Perfil Estructural : UPN 80 d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK
 Combo : C6 majorat
 Units : N, mm, C

Frame : 54 Design Sect: UPN80
 X Mid : 3000,000 Design Type: Brace
 Y Mid : 2475,000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : -500,000 Sect Class : Class 1
 Length : 1929,378 Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 0,000 RLLF : 1,000

Area : 1102,000 SMajor : 26450,000 rMajor : 30,985 AVMajor: 480,000
 IMajor : 1058000,000 SMinor : 6348,167 rMinor : 13,268 AVMinor: 600,000
 IMinor : 194000,000 ZMajor : 32810,000 E : 210000,000
 Ixy : 0,000 ZMinor : 13350,000 Fy : 275,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	F	M33	M22	V2	V3	T
0,000	-36064,808	0,000	423290,846	-199,443	82,430	6952,178

FM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (6.62)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0,608	0,451	0,157	0,000	0,950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Med Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor
Axial	-36064,808	80010,366	303050,000	216872,122	80010,366

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major Moment	0,000	9022750,000	9022750,000	9022750,000
Minor Moment	423290,846	3671250,000	3671250,000	

	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kxz Factor	C1 Factor
Major Moment	1,000	1,000	1,086	0,940		1,000
Minor Moment	1,000	1,000	1,360		0,816	

SHEAR DESIGN

	Med Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major Shear	199,443	76210,236	0,003	OK	0,000
Minor Shear	82,430	85262,794	0,001	OK	0,000

Reforços tremuja:

A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants del passamà de reforç més desfavorable :

Perfil Estructural : passamà de 80x50mm d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK
 Combo : C6 majorat
 Units : N, mm, C

Frame : 15 Design Sect: SASSMA 80X50
 X Mid : 2897,500 Design Type: Beam
 Y Mid : 1650,000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : -165,000 Sect Class : Class 3
 Length : 3020,000 Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 0,000 RLLF : 1,000

Area : 4000,000 SMajor : 53333,333 rMajor : 23,094 AVMajor: 3333,350
 IMajor : 2133333,333 SMinor : 33333,333 rMinor : 14,434 AVMinor: 3333,350
 IMinor : 333333,333 ZMajor : 80000,000 E : 210000,000
 Ixy : 0,000 ZMinor : 50000,000 Fy : 275,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	F	M33	M22	V2	V3	T
0,000	-21451,356	8822084,172	-301162,383	26516,454	-86,499	236681,008

FM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (6.62)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0,658	0,138	0,033	0,487	0,950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Med Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor
Axial	-21451,356	155588,679	1100000,000	343748,745	155588,679

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major Moment	8822084,172	14666666,67	14666666,67	14666666,67
Minor Moment	-301162,383	9166666,667	9166666,667	

	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kxz Factor	C1 Factor
Major Moment	1,000	1,000	0,415	0,984		1,003
Minor Moment	1,000	1,000	1,014		1,014	

SHEAR DESIGN

	Med Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major Shear	26516,454	829240,365	0,050	OK	0,000
Minor Shear	86,499	829240,365	0,000	OK	0,000

VI. Diagrama de moments i reaccions del conjunt de l'estructura:

La distribució de moments de tots muntants verticals i els marcs de reforç, tant per l'eix de menor com el de major inèrcia, es representen a la figura B.2.5.R següent :

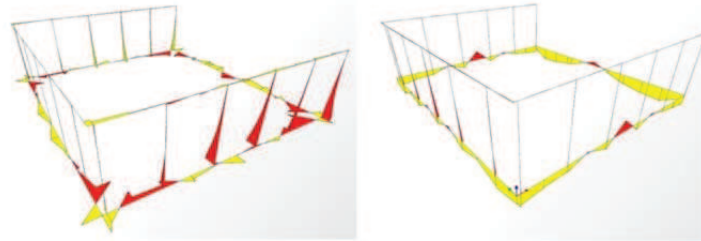


Fig.B.2.5.R Diagrames de Moments 2-2 (Esquerra), Moments 3-3 (dreta)

La distribució de moments de tot el conjunt que forma l'estructura suport, tant per l'eix de menor com el de major inèrcia, es representen a la figura B.2.5.S següent :

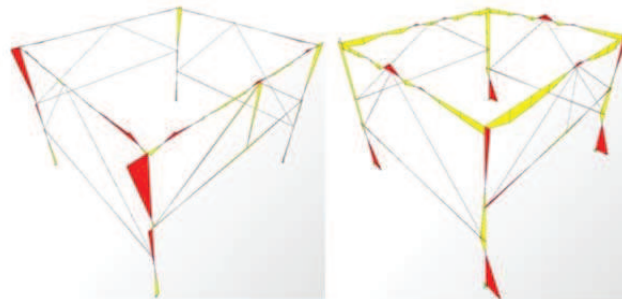


Fig.B.2.5.S Diagrames de Moments 2-2 (Esquerra), Moments 3-3 (dreta)

Les reaccions minorades a les bases de cada un dels pilars, i que seran objecte de càlcul a continuació amb la finalitat de dimensionar les plaques d'ancoratge i les cimentacions, es detallen a la taula següent :

Pilar	Reaccions minorades			Mx	My	Mz
	Rx	Ry	Rz			
	Kg	Kg	Kg	Kg m	Kg m	Kg m
1	528,6	132,9	9.050,5	-381,1	22,96	23,4
2	580,35	-137,8	8.996,1	383,2	54,8	-25,2
3	699,14	52	11.026,3	-389,6	762	19,6
4	750,8	-47,5	11.080,8	387,4	794	-21,3

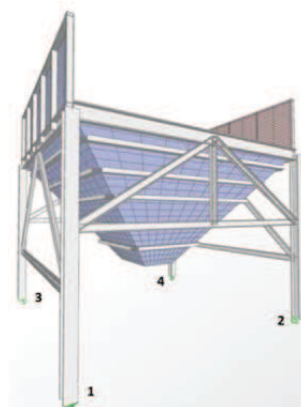


Fig.B.2.5.T

B.2.6. Dimensionat de les plaques d'ancoratge

B.2.6.1 Valoració de les accions

Per a realitzar els càlculs es consideren les següents hipòtesis :

- Les plaques es dimensionen recolzades a les cartel·les
- Per a realitzar el càlcul es fracciona la placa amb seccions de 1cm d'amplada amb la suposició que cadascuna d'elles es comporta com una biga en la que els recolzaments coincideixen amb les cartel·les.
- Les plaques i les cartel·les es fabriquen d'acer S235JR ($S_y=235\text{Mpa}$, $S_u=360\text{Mpa}$).
- Les plaques es dimensionen de manera que la repartició de pressions no superin la tensió màxima del formigó.
- La tensió admissible del formigó ($H-25\text{ N/mm}^2$) segons EHE : $f_{ck} = 25\text{ N/mm}^2$
- La tensió admissible d'adherència $\zeta=5\text{ Kg/cm}^2$

Les accions que actuen a la base dels pilars, representades anteriorment, són les proporcionades per l'aplicació SAP2000. El pilars més sol·licitat són els pilars posteriors 3 i 4 . Per a realitzar els càlculs es pren com a valors de referència i més desfavorables els del pilar nº4 :

Reaccions			
Pilar	Rx (V)	Rz (N)	My (M)
	Kg	Kg	Kg cm
4	750,8	11.080,8	79.400

Per els càlculs s'utilitzen les càrregues minorades ja que la tensió del terreny es dona, més endavant, sense majorar.

El formigó que s'utilitza per a les cimentacions correspon a un H-25, amb resistència $f_{ck} = 25\text{ N/mm}^2$. S'utilitzen, a més, els valors dels coeficients de minoració de la resistència del formigó ($\gamma_c=1,5$) i de l'acer ($\gamma_s=1,15$), així com el coeficient de majoració de les accions ($\gamma_f=1,6$).

Considerant aquests coeficients, la tensió admissible del formigó a compressió és :

$$\sigma_{adm} = f_{ck} / \gamma_c = 25,1 / 1,5 = 170,07\text{ Kg/cm}^2$$

Per els pernys d'ancoratge s'utilitza un acer B-400S amb una resistència característica $f_{yk} = 400\text{ N/mm}^2$ amb una resistència de càlcul :

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 4.081,63 / 1,15 = 3.549,24\text{ Kg/cm}^2$$

B.2.6.2 Càlcul de les dimensions de la placa

Suposant que un dels costats de la placa anomenat costat "b" és igual a 22,5 cm , es calcula les dimensions mínimes de l'altre costat "a" a partir de la següent expressió :

$$a = \frac{0,7 \cdot N + \sqrt{0,49 \cdot N^2 + 2,9 \cdot b \cdot M \cdot \sigma_{adm}}}{0,725 \cdot b \cdot \sigma_{adm}}$$

a (cm)	Força Normal (eix z) N (Kg)	Longitud costat b (cm)	Moment màxim M (Kg cm)	Tensió admissible del formigó σ_{adm} (Kg/cm ²)
13	11.080,8	25	79.400	170,07

S'aproxima per excés la longitud calculada amb un valor de 25 cm ja que no és recomanable que la longitud a sigui menor que b. Les dimensions previstes de la placa són les mostrades a la figura B.2.6.A següent :

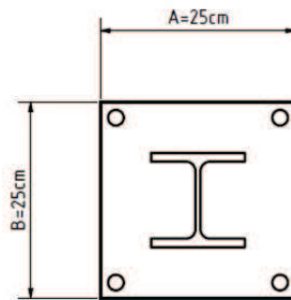


Fig.B.2.6.A Dimensions de la placa d'ancoratge

A continuació es comprova que la placa amb aquestes dimensions, no transmeti a les cimentacions una tensió major que la que pot assolir el formigó. En primer lloc es calcula l'excentricitat d'esforços a la base del pilar.

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{79.400}{11.080,8} = 7,16 \text{ cm}$$

Ja que $e_0 > a/6$, la resultant es troba situada fora del nucli central. S'admet una llei de repartició uniforme en una zona x (veure figura B.2.6.B) pròxima al costat comprimit, de valor σ_c , de manera que la seva amplitud ha de ser una quarta part de la longitud A de la placa.

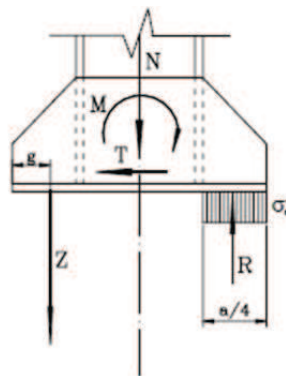


Fig.B.2.6.B Sol·licitació simplificada de la placa

Les dimensions adoptades seran vàlides si es compleix : $\sigma_c^* \leq \sigma_{adm, \text{formigó}}$

El càlcul de σ_c^* es calcula mitjançant la següent expressió obtinguda de les equacions d'equilibri :

$$\sigma_c^* = \frac{N_d \cdot \left(e_0 + \frac{a}{2} - g \right)}{\frac{a}{4} \cdot b \cdot \left(7 \cdot \frac{a}{8} - g \right)}$$

Les accions majorades segons el coeficient de ponderació de les accions serà :

$$M_d = M \cdot \gamma_f = 79.400 \cdot 1,6 = 127.040 \text{ Kg cm}$$

$$N_d = N \cdot \gamma_f = 11.080,8 \cdot 1,6 = 17.729,8 \text{ Kg}$$

Per a la distància de les traccions al costat lliure es pren un valor compres entre un 10 i 15% de la longitud del costat de la placa :

$$g = 3 \text{ cm}$$

Substituint obtenim :

$$\sigma_c^* = \frac{11.080,8 \left(7,16 + \left(\frac{25}{2} \right) - 3 \right)}{\left(\frac{25}{4} \right) \cdot 25 \cdot \left(7 \cdot \frac{25}{8} - 3 \right)} = 62,6 \text{ Kg/cm}^2 < 170,07 \text{ Kg/cm}^2 \text{ **Complex**}$$

B.2.6.3 Càlcul de l'espessor de la placa

La placa haurà de suportar la pressió σ_c^* , per aquest motiu l'espessor de la placa haurà de ser suficient per evitar la ruptura. Una vegada determinat, es disposaran cartel·les per tal de reduir sensiblement aquesta magnitud. Per a realitzar el càlcul de l'espessor es recorre a considerar la placa com una sèrie de seccions de 1 cm d'amplada recolzades a les cartel·les.

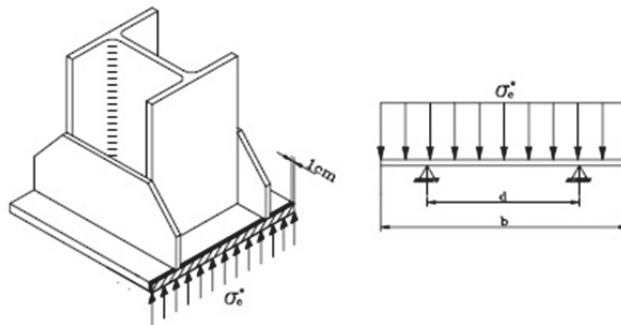


Fig.B.2.6.C

$$M^*_{\text{voladís}} = \left(\frac{(b-d)^2}{8} \right) \cdot \sigma_c^* = \left(\frac{(25-12)^2}{8} \right) \cdot 62,6 = 1.322,42 \text{ Kg cm}$$

$$M^*_{\text{entre suports}} = \left(\frac{b \cdot (2 \cdot d - b)}{8} \right) \cdot \sigma_c^* = 195,62 \text{ Kg cm}$$

S'escull el valor major dels 2 resultats, s'ha de complir que la tensió de la placa deguda al moment flector sigui menor que el límit de fluència de l'acer σ_f .

$$\sigma_c^* = \left(\frac{6 \cdot M^*_{\text{voladís}}}{t^2} \right) \leq \sigma_f$$

Aïllant l'anterior equació i considerant una tensió majorada de l'acer S235JR de 2398 Kg/cm², s'obté l'espessor mínim de la placa :

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M^*_{\text{voladís}}}{\sigma_f}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1.322,42}{2398}} = 1,8 \text{ cm}$$

Amb la finalitat de reduir l'espessor " t " de la placa, es dissenyen 2 cartel·les per tal d'ajudar a augmentar el mòdul resistent del conjunt.

Es realitza un disseny preliminar format per una placa de 25x25x1 cm reforçada amb 2 cartel·les de d' 1 cm d'espessor tal i com es mostra a la figura B.2.6.D següent :

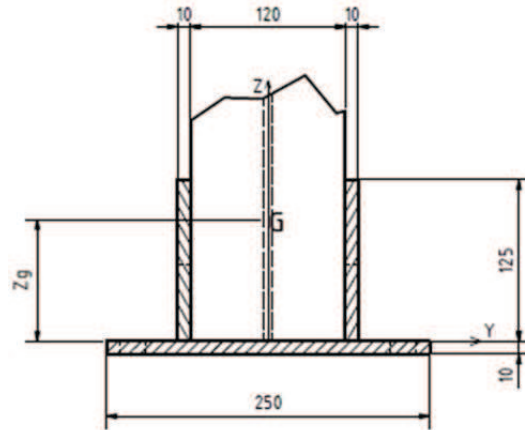


Fig.B.2.6.D Dimensions cartel·les (cotes en mm)

El mòdul resistent de la nova disposició serà :

$$W_y = I_y / Z_{\max}$$

Les coordenades del centre de gravetat del conjunt són :

$$Z_G = \frac{\sum_{i=1}^n z_{G_i} \cdot A_i}{A_T} = 0$$

$$Z_g = 3,33 \text{ cm}$$

El moment d'inèrcia respecte als eixos principals, l'obtenim aplicant el teorema de Steiner :

$$I_y = \left[\frac{25 \cdot 1^3}{12} + (25 \cdot 1) \cdot (3,33 - 0,5)^2 \right] + 2 \cdot \left[\frac{1 \cdot 12,5^3}{12} + (1 \cdot 12,5) \cdot (6,25 + 1 - 3,33)^2 \right] = 911,98 \text{ cm}^4$$

Per últim la distància del centre de gravetat a la fibra més allunyada és :

$$Z = 1 + 12,5 - 3,33 = 10,17 \text{ cm}$$

El mòdul resistent de la secció serà :

$$W_y = I_y / Z = 911,98 / 10,17 = 89,67 \text{ cm}^3$$

Les sol·licitacions màximes a la placa les produeix la càrrega uniformement distribuïda considerant que la placa es troba encastada a la zona de contacte amb l'ala del perfil.

La distància de la càrrega concentrada a la vora del perfil serà:

$$v = \frac{a-d}{2} = \frac{25-12}{2} = 6,5 \text{ cm}$$

$$m = v - \frac{a/4}{2} = 6,5 - \frac{25/4}{2} = 3,375 \text{ cm}$$

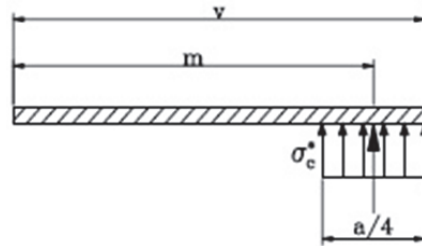


Fig.B.2.6.E

Reduint la carga superficial a una càrrega concentrada en el centre de gravetat, el moment respecte l'encastament és :

$$M_{y,\max} = \sigma_c \cdot \left(\frac{a}{4} \cdot b \right) \cdot m = 62,6 \cdot \left(\frac{25}{4} \cdot 25 \right) \cdot 3,375 = 33.011,72 \text{ Kg cm}$$

Comprovació de la resistència del conjunt placa + cartel·les :

- Comprovació a resistència :

$$\sigma_{\max} = M_{y,\max} / W_y = 33.011,72 / 89,67 = 368,14 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Compleix}$$

- Comprovació a tallant:

$$T_y^* = \sigma_c \cdot \left(\frac{a}{4} \cdot b \right) = 62,6 \cdot \left(\frac{25}{4} \cdot 25 \right) = 9.781,25 \text{ kg}$$

Per a la determinació de les tensions tallants procedirem segons el següent teorema :

$$\tau_{\max} = (T_y^* \cdot m_{y,\max}) / (b \cdot I_y) \quad \tau_{\max} \leq \sigma_u / \sqrt{3}$$

T_{xy}^* : Esforç tallant

m_z : moment estàtic de la secció per sobre de la fibra d'estudi

b : amplada de la fibra d'estudi

I_z : moment d'inèrcia del conjunt respecte els eixos principals

La fibra neutre més desfavorable amb tallant màxim és la fibra que coincideix amb la línia neutra de la secció. Partint de la base que aquest cas és similar a una flexió simple i que la peça és simètrica respecte els eixos Y-Y, la línia neutra passarà pel centre de gravetat i paral·lela a l'eix z-z. El moment estàtic de la secció sobre o sota de la fibra neutre és el mateix.

$$m_y = 2 \cdot \left[0,5 \cdot (12,5+1-3,33) \cdot \frac{12,5+1-3,33}{2} \right] = 51,71 \text{ cm}^3$$

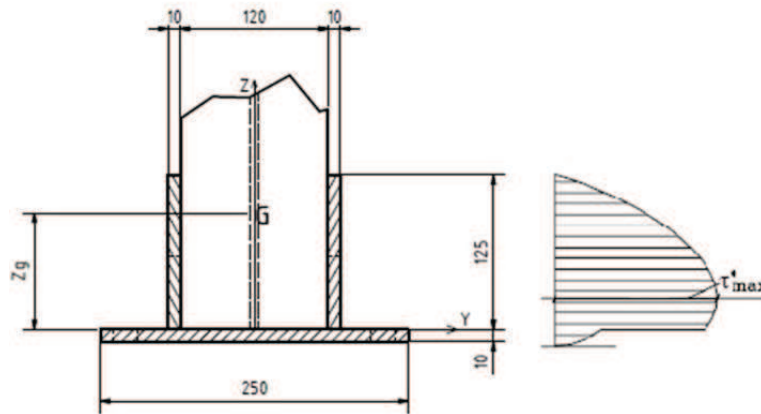


Fig.B.2.6.F (cotes en mm)

$$\tau_{\max} = (T_y \cdot m_{z,\max}) / (b \cdot I_y) \quad \tau_{\max} \leq \sigma_f / \sqrt{3}$$

$$\tau_{\max} = (9.781,25 \cdot 51,71) / (2 \cdot 1 \cdot 911,98) = 277,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\max} \leq \sigma_u / \sqrt{3} \quad 277,3 \text{ kg/cm}^2 \leq 1.501,11 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{compleix}$$

Comprovació a esforços combinats :

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3\tau_{\max}^2} = \sqrt{368,14^2 + 3 \cdot 277,3^2} = 605,15 \text{ kg/cm}^2 \leq 2600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{compleix}$$

B.2.6.4 Càlcul dels pernys d'ancoratge

Els pernys tenen la missió d'aguantar les traccions que produeixen els moments a la sabata. Per tant fixaran la placa d'ancoratge al formigó. El valor de la tracció "Z" seguint les sol·licitacions mostrades a la figura B.2.6.F segueix la següent expressió:

$$Z_d = -N^* + \frac{M^* + N^* \cdot (0,5 \cdot a - g)}{0,875 \cdot a - g}$$

Per a realitzar els càlculs es parteix de les càrregues majorades del pilar 4, per tant :

$$Z_d = -17.729,8 + \frac{127.040 + 17.729,8 \cdot (0,5 \cdot 25 - 3)}{0,875 \cdot 25 - 3} = 2.075,6 \text{ Kg}$$

Segons la NBE EA-95, apartat 3.6.5, es considera l'estat límit d'un pern treballant a tracció :

$$0,8 \cdot \sigma_t \cdot A_r$$

La tracció a cadascun dels perns haurà de ser menor que l'estat límit:

$$\frac{Z_d}{n} \leq 0,8 \cdot \sigma_t \cdot A_r$$

n : nombre de perns del costat a tracció

σ_t : resistència del cargol

A_r : Àrea resistent del cargol

S'adopta una varilla roscada d'acer amb qualitat 4.6 i un límit elàstic de 2.449 Kg/cm²(240Mpa), per tant l'àrea resistent, mínima i necessària, dels perns que treballen a tracció és :

$$\frac{2.075,6}{2} \leq 0,8 \cdot 2449 \cdot A_r \quad A_r = 0,53 \text{ cm}^2$$

s'escull una varilla roscada de M16 amb qualitat 4.6 i una àrea resistent de 1,57 cm².

Per al càlcul de la longitud d'ancoratge necessària dels cargols, es considera que no es sobrepassa la tensió d'adherència del formigó amb valor $\zeta=5 \text{ Kg/cm}^2$. La longitud mínima d'ancoratge s'obté a partir de la següent expressió :

$$\frac{F}{\pi \cdot D \cdot L} \leq \zeta \text{ admissible d'adherència}$$

F: Força de tracció d'un sòl pern.

D: diàmetre del pern

L: Longitud mínima d'ancoratge

Per tant :

$$F / (\zeta \cdot \pi \cdot D) = 7.827,1 / (5 \cdot \pi \cdot 2) = L = 41,3 \text{ cm}$$

B.2.7. Dimensionat de les cimentacions

Per al càlcul de la fonamentació s'ha intentat simplificar els càlculs i adequar-los a la nova instrucció de formigó estructural (EHE).

Els càlculs s'han realitzat seguint les següents pautes:

1) Els elements de la fonamentació s'han dimensionat per resistir les càrregues actuant i les reaccions induïdes de la combinació de càrregues més desfavorable. Després de diverses iteracions amb totes les combinacions possibles, s'arriba a la conclusió que la combinació que sotmet les sabates a condicions més desfavorables de bolcament, lliscament i enfonsament es tracta de la combinació C6 que ha estat objecte de càlcul al llarg dels capítols anteriors. Com ja s'ha exposat anteriorment, aquesta combinació comprèn les següents càrregues :

	accions gravitatòries	Condicions climatològiques		Càrregues d'us	
	Pes Propi	Vent	Neu	Pressions buidat	Sobrepressió d'obertura
C6	X	X	X	X	X

2) Les distribucions de pressions sobre el terreny s'han simplificat d'acord a una distribució lineal.

3) S'ha considerat que el punt d'aplicació de les càrregues corresponen als punt centrals de la cara superior de les plaques d'ancoratge.

4) El coeficient de ponderació de càrregues s'ha establert d'acord amb un control d'execució normal ($\gamma_f = 1.6$).

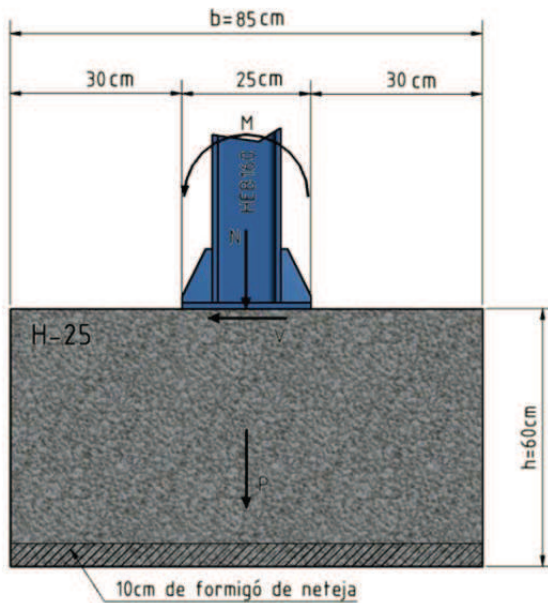
5) Es considera un formigó amb una densitat $\gamma_h = 2,4 \text{ t/m}^3$.

6) Es calcula únicament la sabata del pilar més desfavorable de l'estructura, concretament la sabata del pilar nº 2.

Les cimentacions es realitzen a partir de sabates rígides i aïllades, independents per a cada pilar i a partir dels següents paràmetres :

- 1) Segons un estudi geo-tècnic es considera un terreny no cohesiu format per sorra fina i amb una tensió màxima admissible de 2 Kg/cm^2 .
- 2) Seients admissibles (estructura metàl·lica hiperestàtica / no coherent) de 50 mm (article 8.5.de la norma NBE-AE-88).
- 3) Angle de fregament intern $\phi = 30^\circ$ (NBE-AE-88, article 9.1).
- 4) Sabates de formigó ($H = 25 \text{ N/mm}^2$) segons EHE : $f_{cd} = 25 \text{ N/mm}^2$.
- 5) Armadura d'acer B-400 S de resistència $F_{yd} = 400 \text{ Mpa}$ (Instrucció EHE).
- 6) Es calcula únicament la sabata del pilar més desfavorable de l'estructura, concretament la sabata del pilar nº 4.
- 7) Segons EHE08 es disposa d'un recobriments inferior de 10cm format per formigó de neteja HM-20.

B.2.7.1 Càlcul de les sabates



Dimensions (b x a x h)= 85 x 85 x 50 cm

Voladís $V = (85-12) / 2 = 36,5$ cm
 $V < 2h \quad 36,5 < 100 \rightarrow$ sabata rígida

$M_y = M = 79.400$ Kg cm
 $R_z = N = 11.080,8$ Kg
 $R_x = V = 750,8$ Kg

Pes de la sabata:
 $P = V \cdot \gamma = (85 \cdot 85 \cdot 50) \cdot (2,4 / 1000)$
 $P = 867$ Kg

I. Comprovació al bolcament :

La primera comprovació que s'ha de fer en sabates sotmeses a moments o forces horitzontals és la seguretat al bolcament. El problema es redueix a comprovar que l'anomenat moment de bolcament afectat per un coeficient de seguretat (per norma 1.5) és inferior al moment estabilitzador, per això es pren moments respecte l'extrem inferior de la sabata.

Càlcul del moment estabilitzador M_e :

Moment estabilitzador M_e (Kg cm)	Força normal N (Kg)	Pes de la sabata P (Kg)	Amplada de la sabata b (cm)
507.781,5	11.080,8	867	85

$$M_e = (N+P) \cdot (b/2) = (11.080,8+867) \cdot (85/2) = 507.781,5 \text{ Kg cm}$$

Càlcul del moment bolcador M_b :

Moment bolcador M_b (Kg cm)	Força horitzontal V (Kg)	Moment M (Kg cm)	Altura de la sabata h (cm)
175.410	750,8	79.400	50

$$M_b = (M+ V \cdot h) \cdot 1,5 = (79.400+750,8 \cdot 50) \cdot 1,5 = 175.410 \text{ Kg cm}$$

Comprovació al bolcament :

$$M_e \geq M_b \quad 507.871,5 > 175.410 \quad \text{Complex}$$

II. Comprovació al lliscament :

Les sabates es troben sotmeses a accions horitzontals i ja que no es construeixen degudament arriostrades, s'ha de comprovar la seguretat al lliscament. La força de fregament entre la base de la sabata i el terreny o la cohesió d'aquest es prendrà com a única força estabilitzant, menyspreant generalment l'empenta sobre la superfície lateral de la sabata.

Els càlculs requereixen conèixer l'angle de fricció interna del terreny de càlcul minorat. Es pren un valor de 30° per un terreny de sorra i grava segons la norma NBE-AE (article 9.1).

Càlcul de la Força de fregament :

Força de fregament Ff (Kg)	Força normal N (Kg)	Pes de la sabata P (Kg)	Angle de fregament intern θ ($^\circ$)	Força horitzontal V (Kg)
4.348,64	11.080,8	867	30	750,8

$$Ff = (N+P) \cdot \operatorname{Tg}\left(\frac{2}{3} \theta\right) = (11.080,8+867) \cdot \operatorname{Tg}\left(\frac{2}{3} 30\right) = 4.348,64 \text{ Kg}$$

Comprovació al lliscament :

$$Ff \geq V \cdot 1,5 \quad 4.348,64 \geq 750,8 \cdot 1,5 \quad 4.348,64 \geq 1.126,2 \quad \text{Compleix}$$

III. Comprovació a l'enfonsament :

Càlcul de l'excentricitat :

Excentricitat e (cm)	Moment M (Kg cm)	Força normal N (Kg)
7,16	79.400	11.080,8

$$e = M / N = 79.400 / 11.080,8 = 7,16 \text{ cm}$$

Amb una excentricitat $e = 7,16 \text{ cm} \leq b/6$, el diagrama de tensions és el següent :

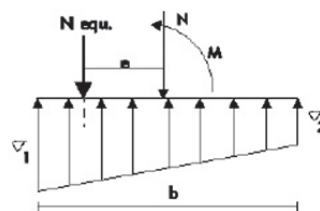


Fig.B.2.7.A Distribució de tensions trapezoïdal

Càlcul de la tensió 1 :

Tensió σ_1 (Kg/cm ²)	Força normal N (Kg)	Moment M (Kg cm)	Longitud del costat a de la sabata (cm)	Amplada de la sabata b (cm)
2,31	11.080,8	79.400	85	85

$$\sigma_1 = \frac{N}{a \cdot b} + \frac{6M}{a \cdot b^2} = \frac{11.080,8}{85 \cdot 85} + \frac{6 \cdot 79.400}{85 \cdot 85^2} = 2,31 \text{ Kg/cm}^2$$

Càlcul de la tensió 2 :

Tensió σ_2 (Kg/cm ²)	Força normal N (Kg)	Moment M (Kg cm)	Fondària de la sabata a (cm)	Amplada de la sabata b (cm)
0,76	11.080,8	79.400	85	85

$$\sigma_2 = \frac{N}{a \cdot b} - \frac{6M}{a \cdot b^2} = \frac{11.080,8}{85 \cdot 85} - \frac{6 \cdot 79.400}{85 \cdot 85^2} = 0,76 \text{ Kg/cm}^2$$

Comprovació a l'enfonsament:

$$\frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} \leq \sigma_{admissible \text{ del terreny}}$$

$$\frac{3 \cdot 2,31 + 0,76}{4} \leq 2$$

$$1,92 \leq 2 \text{ **Complex**}$$

IV. Càlculs a flexió :

Longitud de voladís :

Voladís V (cm)	Amplada de la sabata b (cm)	Amplada de la placa d'ancoratge c (cm)
30	85	25

$$V = \frac{b-c}{2} = \frac{85-25}{2} = 30 \text{ cm}$$

Distància de càlcul del voladís :

Distància de càlcul del voladís m (cm)	Voladís V (cm)	Amplada de la placa d'ancoratge c (cm)	Amplada del pilar c' (cm)
33,25	30	25	12

$$m = V + \frac{C-C'}{4} = 30 + \frac{25-12}{4} = 33,25 \text{ cm}$$

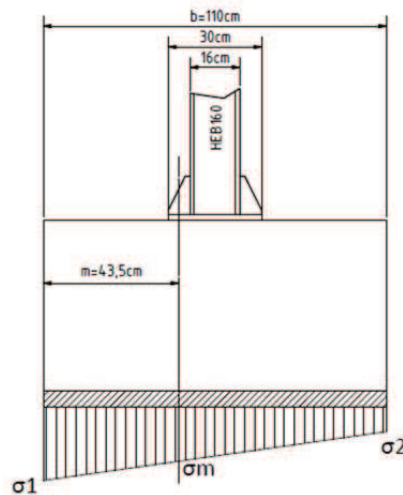


Fig.B.2.7.B

La tensió en aquest punt és :

$$\sigma_m = \frac{(b-m) \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)}{b} + \sigma_2 = \frac{(85 - 33,25) \cdot (2,31 - 0,76)}{85} + 0,76 = 1,7 \text{ Kg/cm}^2$$

Les tensions que actuen sobre de les sabates, són les que provenen de les càrregues de l'estructura sense considerar el pes del formigó. Ja que en el procés de comprovació de l'estabilitat a l'enfonsament ja s'han considerat aquests pesos, les tensions per al càlcul de la flexió s'obtidran descomptant les tensions uniformes produïdes per el pes propi de la sabata.

Tensions generades per el pes de la sabata :

Tensió de la sabata σ_{sabata} (Kg/cm ²)	Densitat del formigó γh (Kg/cm ³)	Altura de la sabata h (cm)
0,12	0,0024	50

$$\sigma_{sabata} = h \cdot \gamma h = 50 \cdot 0,0024 = 0,12 \text{ Kg/cm}^2$$

Tensió màxima de càlcul :

Tensió màxima σ_1' (Kg/cm ²)	Tensió de la sabata σ_{sabata} (Kg/cm ²)	Tensió σ_1 (Kg/cm ²)
2,19	0,12	2,31

$$\sigma_1' = \sigma_1 - \sigma_{sabata} = 2,31 - 0,12 = 2,19 \text{ Kg/cm}^2$$

Tensió en el punt de màxim voladís :

Tensió σ_m' (Kg/cm ²)	Tensió σ_m (Kg/cm ²)	Tensió de la sabata σ_{sabata} (Kg/cm ²)
1,6	1,7	0,12

$$\sigma_m' = \sigma_m - \sigma_{sabata} = 1,7 - 0,12 = 1,6 \text{ Kg/cm}^2$$

Al tractar-se d'una sabata rígida, s'utilitza el mètode de les bieles i tirants (segons EHE08) per a calcular les resultants del terreny i el seu punt d'aplicació.

Resultant del terreny R1d :

Resultant R1d (Kg)	Tensió màxima σ_1' (Kg/cm ²)	Tensió σ_m' (Kg/cm ²)	Longitud del costat a de la sabata (cm)	Amplada de la sabata b (cm)
6.845,7	2,19	1,6	85	85

$$R1d = \frac{(\sigma_1' + \sigma_m')}{2} \cdot a \cdot \frac{b}{2} = \frac{(2,19 + 1,6)}{2} \cdot 85 \cdot \frac{85}{2} = 6.845,7 \text{ Kg}$$

Punt d'aplicació X1 de la resultant :

Punt d'aplicació X1 (cm)	Tensió màxima σ_1' (Kg/cm ²)	Tensió σ_m' (Kg/cm ²)	Fondària de la sabata a (cm)	Amplada de la sabata b (cm)	Resultant R1d (Kg)
22,35	2,19	1,6	85	85	6.845,7

$$X1 = \frac{\left(\frac{b^2}{4} \cdot \frac{2 \cdot \sigma_1' + \sigma_m'}{6}\right) \cdot a}{R1d} = \frac{\left(\frac{85^2}{4} \cdot \frac{2 \cdot 2,19 + 1,6}{6}\right) \cdot 85}{6.845,7} = 22,35 \text{ cm}$$

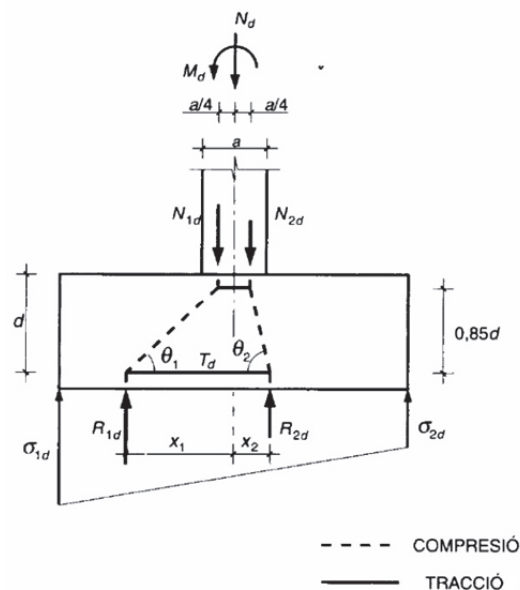


Fig.B.2.7.C Modelització de la teoria de les bieles i tirants (EHE08)

Per al càlcul de la tensió a la zona de tracció de la sabata es considera que la profunditat de la sabata no té en compte els 5 cm de formigó de neteja.

Per tant la profunditat d de càlcul és : $d = h - 5 = 50 - 10 = 40 \text{ cm}$

Càlcul de la tensió T_d a la zona de tracció :

T_d (Kg)	Resultant R_{1d} (Kg)	Profunditat d (cm)	Punt d'aplicació X_1 (cm)	Amplada del pilar a' (cm)
3.624,2	6.845,7	40	22,35	12

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (X_1 - (0,25 \cdot a')) = \frac{6.845,7}{0,85 \cdot 40} \cdot (22,35 - (0,25 \cdot 12)) = 3.624,2 \text{ Kg}$$

$$\text{Majoració de } T_d \rightarrow T_d^* = 1,6 \cdot 3.624,2 = 5.798,7 \text{ Kg}$$

V. Dimensionat de l'armadura principal:

Es dissenya la sabata de forma que els esforços de tracció localitzats a la part inferior, siguin absorbits per una armadura formada per barres corrugades d'acer B400S. La secció d'acer necessària i la disposició geomètrica d'aquesta armadura es calcula a continuació .

Àrea mínima i necessària d'acer segons tensió màxima de tracció :

Àrea mínima d'acer A (mm ²)	Esfors de tracció T_d^* (N)	Resistència de l'acer F_{yd} (N/mm ²)
142	56.827,26	400

$$A = \frac{T_d^*}{F_{yd}} = \frac{56.827,26}{400} = 142 \text{ mm}^2$$

Àrea mínima i necessària d'acer segons quantia geomètrica mínima :

Àrea mínima d'acer A_{s1} (mm ²)	Longitud del costat a de la sabata (mm)	Profunditat d de la sabata (mm)
657,9	850	430

$$A_{s1} = 1,8 \text{ ‰} \cdot a \cdot d = 0,0018 \cdot 850 \cdot 430 = 657,9 \text{ mm}^2$$

Àrea mínima i necessària d'acer segons quantia mecànica mínima :

Àrea mínima d'acer A_{s2} (mm ²)	Longitud del costat a de la sabata (mm)	Profunditat d de la sabata (mm)
700,54	850	430

$$A_{s2} \geq 0,04 \cdot A_c \cdot \frac{F_{cd}}{F_{yd}} \quad A = 0,04 \cdot 850 \cdot 430 \cdot \frac{25/1,5}{400/1,15} = 700,54 \text{ mm}^2$$

L'armadura de la sabata es dimensiona segons la quantia més desfavorable obtinguda a partir de la quantia mecànica amb una àrea mínima $A_{min}=A_{s2}=700,54 \text{ mm}^2$.

Utilitzant barres d'acer de diàmetre 12mm , es calcula la quantitat de rodons necessaris per a garantir la quantia mecànica mínima.

Nombre de barres n	Àrea mínima A_{min} (mm ²)	Diàmetre de les barres φ (mm)
7	700,54	12

$$A_{s2} = n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow n = \frac{A_{min} \cdot 4}{\pi \cdot \phi^2} = \frac{700,54 \cdot 4}{\pi \cdot 12^2} = 7 \text{ barres}$$

Un vegada s'ha decidit el diàmetre i nombre des rodons ja es pot calcular el cantell útil , el qual defineix la secció a armar. Seguint la normativa EHE08 , es preveu deixar un recobriment de formigó a banda i banda de la sabata.

Amb un recobriment de 50mm, la distància entre eixos de l'armadura longitudinal serà :

Separació de les barres S (mm)	Longitud del costat a de la sabata (mm)	Longitud de recobriment r (mm)	Nombre de barres n	Diàmetre de les barres φ (mm)
111	850	50	7	12

$$S = \frac{a - 2 \cdot r - n \cdot \phi}{(n - 1)} + \phi = \frac{850 - 2 \cdot 50 - 7 \cdot 12}{(7 - 1)} + 10 = 111 \text{ mm}$$

Per tant l'armadura longitudinal estarà formada per 7 φ12 separats 111mm entre eixos.

VI. Dimensionat de l'armadura secundària:

L'armadura secundària s'armarà igualment a partir de barres de diàmetre 12 seguint l'eix transversal . L'eix transversal es troba menys sol·licitat que l'eix longitudinal calculat anteriorment, per tant, l'armadura no es calcularà ja que es tracta d'una sabata quadrada, per tant, aquesta secció es troba menys sol·licitada a igualtat de dimensions.

L'armadura longitudinal estarà formada per 7 φ12 separats 111mm entre eixos.

VII. Comprovació a esforços tallants:

Donat que $V < d$, la secció de referència queda fora de la sabata, i per tant, no és necessari realitzar la comprovació a tallant.

VIII. Comprovació a fissuració:

Per a la comprovació a fissuració s'utilitzaran les taules proporcionades per l'Eurocodi EC-2 ja que permeten abreviar els càlculs recollits per la EHE sempre que es compleixin les condicions màximes de diàmetre i separació entre barres. Els paràmetres a calcular són la secció real d'acer de muntatge i la tensió de treball de les barres.

Secció d'acer de 7 ϕ 12 barres :

Secció $A_{s,real}$ (mm ²)	Nombre de barres n	Diàmetre de les barres ϕ (mm)
791,7	7	12

$$A_{s,real} = n \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = 7 \cdot \frac{\pi \cdot 12^2}{4} = 791,7 \text{ mm}^2$$

Tensió de l'acer :

Tensió de treball de l'acer σ_s (N/mm ²)	Esforz de tracció (sense majorar) T_d (N)	Secció $A_{s,real}$ (mm ²)
44,9	35.517,2	791,7

A partir de les taules proporcionades per l'Eurocodi EC-2 representades a les figures 37 i 38 següents, s'aprecia que amb un muntatge de 7 barres de diàmetre 12mm separades 111mm, compleix sobradament les restriccions per evitar situacions de fissuració.

Diàmetre màxim de barres de alta adherència que hacen innecesaria la comprobación de fisuración $w_k \leq 0.3$ mm según EC-2	
Tensión del acero σ_s (N/mm ²)	ϕ máximo de la barra (mm) Sección armada
160	32
200	25
240	20
280	16
320	12
360	10
400	8
450	6

Fig.B.2.7.D Comprovació del diàmetre màxim (Eurocodi EC-2)

Separación máxima entre barras de alta adherència que hacen innecesaria la comprobación de fisuración $w_k \leq 0.3$ mm según EC-2		
Tensión del acero σ_s (N/mm ²)	Separación máxima entre barras (mm)	
	Flexión pura	Tracción pura
160	300	200
200	250	150
240	200	125
280	150	75
320	100	-
360	50	-

Fig.B.2.7.E Comprovació de la separació entre barres (Eurocodi EC-2)

B.3. Tremuja del molí de cons

B.3.1. Característiques principals

Característiques del material a emmagatzemar

Material	Barita BaSO ₄
Densitat γ	2,8 T/m ³
Granulometria màxima	25mm
Angle de repòs o fricció interna	35º
Coefficient de fregament amb l'acer	0,45

Característiques dimensionals

Altura total	3450mm
Altura efectiva d'emmagatzematge	2950mm
Amplada	2000mm
Profunditat	2000mm
Volum d'emmagatzematge	7,4 m ³
Volum total	9,5 m ³
Capacitat	20 T

Materials de fabricació

Parets tronco piramidals(Tremuja)	Acer S275JR (Sy=275Mpa, Su=410Mpa)
Paret verticals(Sitja)	Acer S235JR (Sy=235Mpa, Su=360Mpa)

Espessor de paret

Parets tronco piramidals(Tremuja)	xapa de 6mm
Paret verticals(Sitja)	Xapa de 6mm

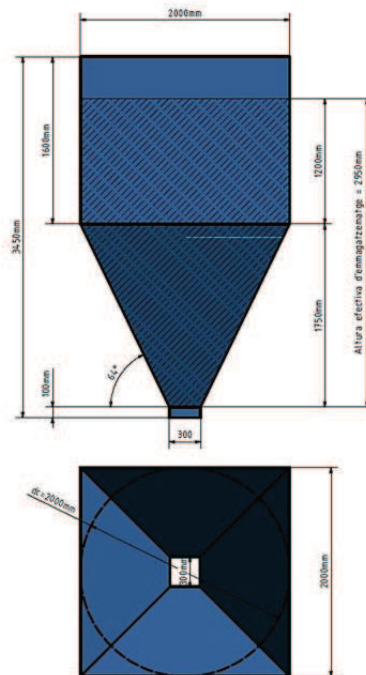


Figura B.3.1. dimensions generals

B.3.2. Patró de flux de descàrrega

B.3.2.1 Angle de fregament del material amb les parets

Angle de fregament φ_w (°)	Coefficient de frec del material amb les parets μ
24,22°	0,45

$$\varphi_w = \arctg \mu = \arctg 0,45 = 24,22^\circ$$

B.3.2.2 Determinació del patró de flux

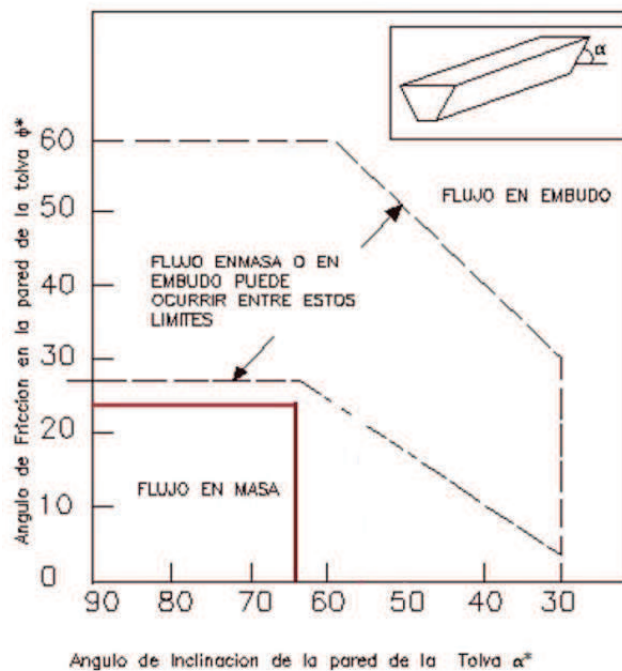


Figura B.3.2 Taula de flux segons Eurocodi UNE-ENV

La zona tronco piramidal del conjunt, anomenada tremuja, està formada per parets amb inclinacions a 64° . A partir de la gràfica anterior que proposa l'Eurocodi UNE-ENV_1991-4, s'aprecia que per inclinacions a 64° , el material es descarregarà seguint un comportament de flux de màssic.

Aquest tipus de descàrrega originarà una sobrecàrrega instantània a les parets del conjunt pròximes a la zona de transició i per tant es considerarà en els càlculs de pressions que afecten a les parets del conjunt.

B.3.3. Estudi de pressions segons L'Eurocodi UNE-ENV

B.3.3.1 Classificació de la tremuja d'alimentació segons l'Eurocodi

L'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 considera la determinació de les accions que es produeixen a la sitja o a la tremuja per efecte del material emmagatzemat. Les característiques dimensionals del conjunt anomenat tremuja 2, a afectes de l'Eurocodi, condiciona la metodologia de càlcul ja explicada a l'apartat "procés de càlcul de sitges i tremuges" d'aquest projecte.

La relació entre l'altura i les dimensions de la secció transversal defineixen la tremuja, segons l'Eurocodi, com a sitja curta o compacta ja que la relació $h/dc < 1,5$ ($2950 / 2000 = 1,475$).

La relació entre l'espessor de paret i les dimensions de la secció transversal defineixen la tremuja, segons l'Eurocodi, com a sitja de paret prima ja que la relació $dc/t > 200$ ($2.000/6=333,33$).

B.3.3.2 Càlcul de les pressions d'emplenat sobre les parets verticals (sitja)

I. Pressió horitzontal màxima Phf deguda a l'emmagatzematge del material :

La pressió horitzontal sobre les parets verticals serà nul·la a la part superior de la sitja. La pressió del material emmagatzemat augmentarà a mesura que augmenta la profunditat fins a la zona de transició, punt el qual, amb una profunditat màxima de 1,2 m, la pressió prendrà el valor més elevat degut a l'acumulació de tot el material sobre d'aquesta cota.

A : Superfície de la secció transversal de la secció de parets verticals (m)

$$A = 2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$$

Ks : Relació de pressions horitzontals i verticals.

$$Ks = 0,5$$

μ : coeficient de fregament entre material i paret.

$$\mu = 0,45$$

U : Perímetre de la secció de parets verticals (m)

$$U = (4 \times 2) = 8 \text{ m}$$

Paràmetre Z_0 :

Z_0	Superfície de secció transversal A (m ²)	Relació de pressions Ks	coeficient de fregament μ	Perímetre U (m)
2,22	4	0,5	0,45	8

$$Z_0 = \frac{A}{Ks \mu U} = \frac{4}{0,5 \times 0,45 \times 8} = 2,22$$

Constant de Janssen Cz :

Constant de Janssen Cz	Profunditat d'emplenat Z (m)	Paràmetre Zo
0,42	1,2	2,22

$$C_z = 1 - e^{\left(\frac{-Z}{Z_0}\right)} = 1 - e^{\left(\frac{-1,2}{2,22}\right)} = 0,42$$

Pressió horitzontal màxima Phf :

Pressió horitzontal màxima Phf (Kg/m ²)	Densitat del material emmagatzemat γ (Kg/m ³)	Superfície de secció transversal A (m ²)	Perímetre U (m)	Constant de Janssen Cz	coeficient de fregament μ
1.307	2800	4	8	0,42	0,45

$$Phf(z=1,2) = \gamma \frac{A}{\mu U} C_z = 2800 \times \frac{4}{0,45 \times 8} \times 0,42 = 1.307 \text{ Kg/m}^2$$

La distribució de pressions horitzontals de sòlids granulats, tal i com ens mostra la teoria de Janssen explicada a l'apartat "procés de càlcul de sitges i tremuges" d'aquest projecte , en realitat no manté una pressió lineal perfecte entre el punt de màxima pressió i el de mínima pressió. Per tal de simplificar els càlculs es considera que la pressió horitzontal actua com si es tractés d'una pressió hidrostàtica, amb el valor màxim ja calculat a través de la teoria de Janssen.

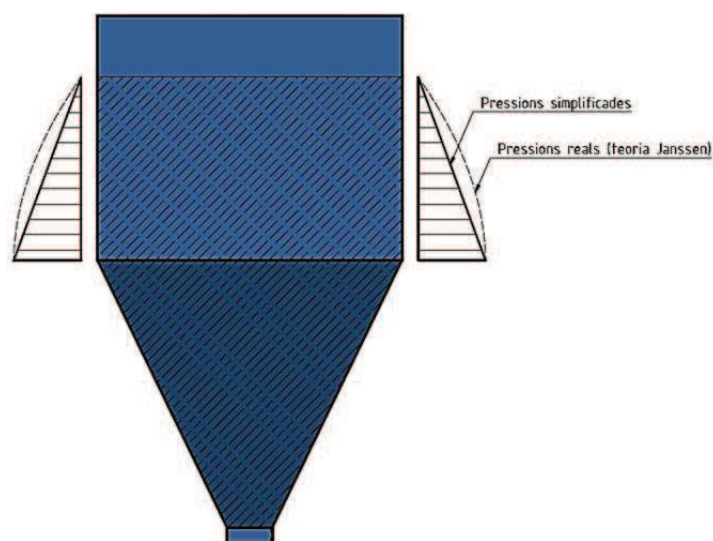


Figura B.3.3.A distribució de pressions horitzontals

II. Pressió horitzontal corregida $P_{hf,s}$ deguda a l'emplenat :

La pressió horitzontal P_{hf} ja calculada fa referència a la pressió que origina el material emmagatzemat de forma immòbil sobre les parets verticals . L 'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 presenta uns factors correctors empírics els quals corregeixen aquesta pressió per tal de simular la magnitud real de les pressions durant l'emplenat. Durant aquest procés apareix una nova pressió sobre les parets anomenada sobrepressió local.

Al tractar-se d'un conjunt sitja+ tremuja en el que la secció transversal $d_c < 5m$, L 'Eurocodi permet calcular la pressió horitzontal corregida mitjançant el mètode simplificat explicat a l'apartat "procés de càlcul de sitges i tremuges" d'aquest projecte. Cal dir que aquest mètode també considera la distribució asimètrica de pressions provocada per l'acumulació excèntrica de material emmagatzemat a la part superior.

Es considera una excentricitat màxima e_1 de $0,25 \times d_c = 0,25 \times 2 = 0,5m$

Coefficient de majoració β de la pressió local :

Coefficient de majoració β	Excentricitat d'emplenat e_1 (m)	dimensions de la secció transversal d_c (m)
2	0,5	2

$$\beta = 1 + 4 \frac{e_1}{d_c} = 1 + 4 \frac{0,5}{2} = 2$$

Pressió horitzontal corregida $P_{hf,s}$:

Pressió horitzontal corregida $P_{hf,s}$ (Kg/m ²)	Pressió horitzontal màxima P_{hf} (Kg/m ²)	Coefficient de majoració β
1.830	1.307	2

$$P_{hf,s} = P_{hf} (1 + 0,2\beta) = 1.307 (1 + (0,2 \times 2)) = 1.830 \text{ Kg/m}^2$$

III. Pressió de fregament P_{wf} sobre les parets de la sitja :

La pressió generada per la fricció del material sobre les parets verticals serà nul·la a la part superior de la sitja degut a l'absència de material emmagatzemat en aquest punt. La pressió de fricció augmentarà a mesura que augmenta la profunditat fins a la zona de transició, punt el qual, amb una profunditat màxima de 1,2 m, la pressió prendrà el valor més elevat degut a l'acumulació de tot el material sobre d'aquesta cota.

En funció de l'altura s'obté la taula de pressions per a cadascun dels punts de les parets verticals de la sitja, on es pren com a cota 0 de referència la part superior d'emmagatzematge.

$$P_{wf}(z) = \gamma \frac{A}{U} C_z$$

Altura Z (m)	A (m)	U (m)	γ (Kg/m ²)	Z0	Cz	Pwf (kg/m ²)
0	4	8	2800	2,22	0,00	0,00
0,06	4	8	2800	2,22	0,027	37,8
0,12	4	8	2800	2,22	0,053	74,2
0,18	4	8	2800	2,22	0,078	109,2
0,24	4	8	2800	2,22	0,102	142,8
0,3	4	8	2800	2,22	0,126	176,4
0,36	4	8	2800	2,22	0,15	210
0,42	4	8	2800	2,22	0,172	240,8
0,48	4	8	2800	2,22	0,194	271,6
0,54	4	8	2800	2,22	0,215	301
0,6	4	8	2800	2,22	0,24	336
0,66	4	8	2800	2,22	0,257	359,8
0,72	4	8	2800	2,22	0,277	387,8
0,78	4	8	2800	2,22	0,296	414,4
0,84	4	8	2800	2,22	0,315	441
0,9	4	8	2800	2,22	0,333	466,2
0,96	4	8	2800	2,22	0,351	491,4
1,02	4	8	2800	2,22	0,368	515,2
1,08	4	8	2800	2,22	0,365	511
1,14	4	8	2800	2,22	0,401	561,4
1,2	4	8	2800	2,22	0,417	583,8

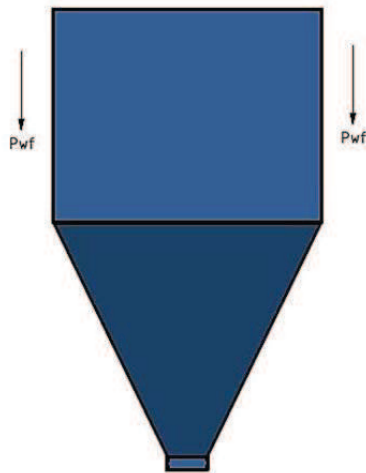


Figura B.3.3.B Pressions de fregament

B.3.3.3 Càlcul de les pressions verticals d'emplenat

I. Pressió vertical màxima Pvo :

La pressió vertical serà nul·la a la part superior d'emmagatzematge de la sitja. La pressió del material emmagatzemat augmentarà a mesura que augmenta la profunditat fins a la zona de transició, punt el qual, amb una profunditat màxima de 1,2 m, la pressió prendrà el valor més elevat degut a l'acumulació de tot el material sobre d'aquesta cota.

Pressió vertical màxima Pvo (Kg/m ²)	Densitat del material emmagatzemat γ (Kg/m ³)	Superfície de secció transversal A (m ²)	Perímetre U (m)	Relació de pressions Ks	Constant de Janssen Cz	coeficient de fregament μ
2.613,3	2800	4	8	0,5	0,42	0,45

$$P_{vo} (h=1,2m) = \frac{\gamma A}{K_s \mu U} C_z = \frac{2800 \times 4}{0,5 \times 0,45 \times 8} \times 0,42 = 2.613,3 \text{ Kg/m}^2$$

B.3.3.4 Càlcul de les pressions d'emplenat sobre les parets inclinades (Tremuja)

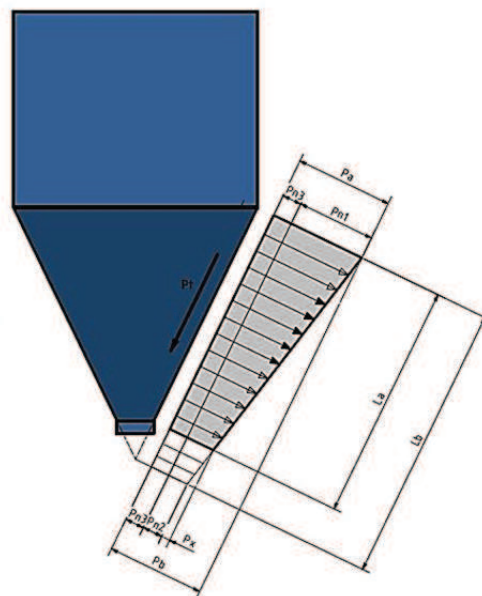


Figura B.3.3.C Pressions a la tremuja

I. Pressió normal 1 a la paret inclinada de la tremuja :

Pressió normal Pn1 (Kg/m ²)	Pressió vertical màxima Pvo (Kg/m ²)	Coeficient de majoració de la pressió Cb	Angle d'inclinació de les parets de la tremuja α (º)
2.713,7	2.613,3	1,2	64

$$P_{n1} = P_{v0} (C_b \cos^2\alpha + \sin^2\alpha) = 2.613,3 \times (1,2 \times \cos^2 64 + \sin^2 64) = 2.713,7 \text{ Kg/m}^2$$

II. Pressió normal 2 a la paret inclinada de la tremuja :

Pressió normal Pn2 (Kg/m ²)	Pressió vertical màxima Pvo (Kg/m ²)	Coefficient de majoració de la pressió Cb	Angle d'inclinació de les parets de la tremuja α (º)
602,63	2.613,3	1,2	64

$$Pn_2 = P_{v0} C_b \cos^2 \alpha = 2.613,3 \times 1,2 \times \cos^2 64 = 602,63 \text{ Kg/m}^2$$

III. Pressió normal 3 a la paret inclinada de la tremuja :

Pressió normal Pn3 (Kg/m ²)	Superfície de secció transversal A (m ²)	Perímetre U (m)	Densitat del material emmagatzemat γ (Kg/m ³)	Relació de pressions Ks	coeficient de fregament μ	Angle d'inclinació de les parets de la tremuja α (º)
252,9	4	8	2.800	0,5	0,45	64

$$Pn_3 = 3 \frac{A}{U} \frac{\gamma K_s}{\sqrt{\mu}} \sin^2 \alpha = 3 \frac{4}{8} \frac{2.800 \times 0,5}{\sqrt{0,45}} \sin^2 64 = 252,9 \text{ Kg/m}^2$$

IV. Pressió normal màxima Pa :

Pressió normal max Pa (Kg/m ²)	Pressió normal Pn3 (Kg/m ²)	Pressió normal Pn1 (Kg/m ²)
2.966,6	252,9	2.713,7

$$P_a = P_{n1} + P_{n3} = 252,9 + 2.713,7 = 2.966,6 \text{ Kg/m}^2$$

V. Pressió normal Px :

Pressió normal Px (Kg/m ²)	Pressió normal Pn1 (Kg/m ²)	Pressió normal Pn2 (Kg/m ²)	Longitud Lb (m)	Longitud La (m)
330,4	2.713,7	602,63	2,3	1,94

$$P_x = ((P_{n1} - P_{n2}) \times (L_b - L_a)) / L_b = ((2.713,7 - 602,63) \times (2,3 - 1,94)) / 2,3 = 330,4 \text{ Kg/m}^2$$

VI. Pressió normal Pb :

Pressió normal Pb (Kg/m ²)	Pressió normal Pn2 (Kg/m ²)	Pressió normal Pn3 (Kg/m ²)	Pressió normal Px (Kg/m ²)
1.185,95	602,63	252,9	330,4

$$P_b = P_{n2} + P_{n3} + P_x = 602,63 + 252,9 + 330,4 = 1.185,95 \text{ Kg/m}^2$$

VII. Pressió de fregament Pt :

El valor de la pressió originada per el fregament del material, variarà al llarg de la longitud de les parets inclinades de la tremuja. El valor màxim d'aquesta pressió es localitza a la zona de transició considerada la cota 0 i la seva magnitud disminueix a mesura que s'apropa a la boca de sortida. En funció de la cota "X" de la longitud de la paret inclinada s'obté la taula de pressions per cadascuna de les diferents cotes de longitud .

$$P_n = P_{n3} + P_{n2} + ((P_{n1} - P_{n2}) (X/L_b))$$

$$P_t = P_n \times \mu$$

X : longitud entre 0 i L_b (m). Veure Fig.6.Pressions Tremuja

μ : Coeficient de fregament del material amb les parets , 0,45

X	P _n	P _t (Kg/m ²)
0	855,53	385
0,1	944,81	425,17
0,19	1.034,1	465,34
0,29	1.123,38	505,52
0,39	1.212,7	545,7
0,49	1.301,95	585,9
0,58	1.391,24	626,1
0,68	1.480,52	666,24
0,78	1.569,8	706,41
0,88	1.659,1	746,6
0,97	1.748,4	786,8
1,07	1.837,7	826,9
1,17	1.926,95	867,1
1,26	2.016,23	907,3
1,36	2.105,5	947,5
1,46	2.194,8	987,7
1,56	2.284,1	1.027,8
1,65	2.373,4	1.068
1,75	2.462,7	1.108,2
1,85	2.551,9	1.148,4
1,94	2.641,23	1.188,5

B.3.3.4 Càlcul de les pressions de buidat

L 'Eurocodi UNE-ENV_1991-4 considera que les pressions d'emplenat i buidat per a sitges curtes o compactes són idèntiques ja que els coeficients correctors que s'usen per a la modificació de les pressions durant la descàrrega són iguals a la unitat.

A diferència del cas d'emplenat de material, durant el començament del buidatge apareixeran pressions elevades quan s'obté una descàrrega de flux màssic. Aquest canvi es sol anomenar obertura i origina una càrrega instantània a la transició. Té lloc quan el material passa d'un estat estàtic (pressió activa) a un dinàmic (pressió passiva). L' Eurocodi proporciona un valor empíric P_s molt aproximat per la càrrega instantània.

La tremuja es descarregarà a través d'un flux massic ,per tant, els càlculs d'aquest projecte considera l'acció d'aquestes pressions a una distància 0,2 dc inclinada al llarg de les parets tronco còniques i pròxima a la zona de transició tal i com suggereix l'Eurocodi. Per aquest motiu el buidatge és el cas més crític i el que s'analitza.

I. Càrrega instantània d'obertura Ps

Càrrega instantània d'obertura Ps (Kg/m ²)	Pressió horitzontal màxima Phf,s (Kg/m ²)
3.660	1.830

$$Ps = 2 \times Phf,s = 2 \times 1.830 = 3.660 \text{ Kg/m}^2$$

II. Distància d'actuació de la pressió Ps

$$\text{distància} = 0,2 \text{ dc} = 0,2 \times 2 = 0,4 \text{ m}$$

III. Resum de pressions de buidatge

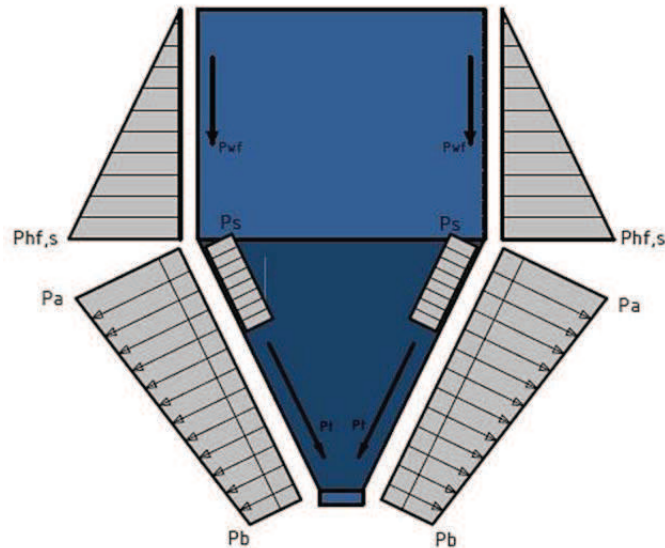


Figura B.3.3.C Resum de pressions

Phf,s	1.830 Kg/m ²
Pa	2.966,6 Kg/m ²
Pb	1.185,95 Kg/m ²
Ps	3.660 Kg/m ²
Pwf	De 0 a 583,8 Kg/m ²
Pt	De 385 a 1.188,5 Kg/m ²

B.3.4. Altres consideracions de càrrega**B.3.4.1 Variació de temperatura.**

L'acer dilata a causa de l'augment de la temperatura. Aquest allargament tendeix a anul·lar-se quan baixa la temperatura provocant un retorn a l'estat inicial, el qual es troba impedit parcialment per l'oposició de la matèria emmagatzemada. La tensió provocada per la variació de temperatura es considera mitjançant la reducció del límit elàstic de l'acer a l'hora de fer les comprovacions de resistència de les parets de la tremuja 2. Aquesta tensió a considerar s'expressa mitjançant la següent expressió:

Tensió n' (N/mm ²)	Mòdul de rigidesa de l'acer E (N/mm ²)	Coefficient de dilatació de l'acer α	Increment de temperatura ΔT (°C)
17	210.000	12×10^{-6}	20

$$n' = \frac{E \alpha \Delta T}{3} = 17 \text{ N/mm}^2$$

Per tant les comprovacions de resistència de les parets de la tremuja 2 es realitzarà a partir dels següents valors :

	Acer	Límit elàstic real S_y	Límit elàstic de comprovació S_y'
Parets tronco piramidals(Tremuja)	S275JR	275Mpa	258 Mpa
Paret verticals(Sitja)	S235JR	235Mpa	218 Mpa

B.3.4.2 Sobrecàrrega d'us

Es dissenya la tremuja del molí de cons amb un sostre tancat i accessible facilitar tasques de manteniment. Es preveu una sobrecàrrega d'us de 150 Kg/m² sobre la tapa superior de la tremuja per tal d'assegurar la resistència del conjunt

B.3.4.3 Càrregues de vent

Les càrregues de vent s'obtenen a partir de la norma NTE-ECV:1998. La càrrega total de vent (q) per a una zona eòlica Y en situació topogràfica exposada i per a una altura sobre el nivell del terra de 9 metres resulta :

$$q = 89 \text{ Kg/m}^2$$

Es considera que el vent incidirà sobre la tremuja seguint un angle de 0° respecte Nord .

B.3.5. Dimensionat de la tremuja

El dimensionat i optimitzat de la tremuja es realitza seguint els passos que es mostren a continuació, mitjançant el càlcul per elements finits que proporciona l'aplicació SAP2000. L'anàlisi, en primer lloc, es basa en un pre-dimensionat de la tremuja on s'exposen els elements principals que componen el conjunt. Tot seguit es mostren els paràmetres i metodologia de càlculs utilitzats i finalment finalitza amb l'exposició i anàlisi dels resultats.

B.3.5.1 Definició de la geometria i materials de fabricació del conjunt sitja-tremuja

A través dels elements tipus "Shell-thin" es crea el model geomètric del conjunt format per les cares verticals (sitja) i les cares tronco piramidals (tremuja). Les superfícies es divideixen en elements més petits formant una matriu de 20 files i 10 columnes per a cadascuna, fet que permet obtenir una matriu de nodes on, més endavant, aplicar les distribucions de pressions variables en funció de l'altura.

Les diferents superfícies, soldades entre elles i que formen les parets del conjunt s'introdueixen al SAP2000 de la següent forma :

	Acer	Límit elàstic S_y (Mpa)	Límit de ruptura S_u (Mpa)	Espessor (mm)
Sitja	S275JR	235	360	6
Tremuja	S275JR	275	410	6

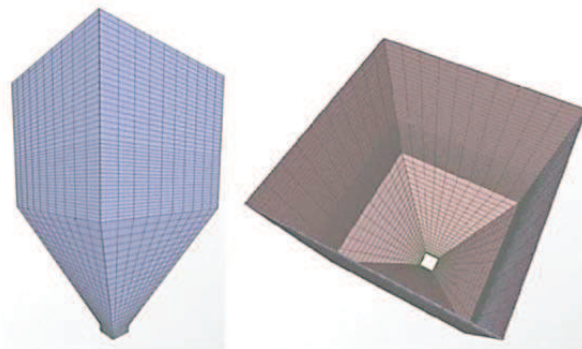


Figura B.3.5.A Detall de la geometria definida a través de l'aplicació SAP2000

B.3.5.2 Rigidització del conjunt

I. Rigidització de la sitja :

Per evitar l'efecte d'obertura de les parets que provoca el material dins la sitja, es decideix reforçar aquesta amb un marc de reforç superior format per 4 perfils UPN120 d'acer S275. Aquest perfils, juntament amb les parets verticals de la sitja, s'uneixen entre si mitjançant soldadura, reforçant les 4 cares del conjunt.

La zona de transició sitja-tremuja, la més crítica del conjunt, es troba sol·licitada per els esforços més elevats de pressió. Aquest punt sosté tot el pes del material, absorbeix la major part de les sobrepressions d'emplenat/buidat i alhora, mitjançant els suports, transmet tots els esforços a la base del conjunt.

Es dimensiona l'anell de reforç de la zona de transició a partir de perfils UPN120 d'acer S275. Aquest perfils, juntament amb les parets de la tremuja d'alimentació, s'uneixen entre si mitjançant soldadura, reforçant les 4 cares tancades del conjunt.

Per donar més rigidesa a la sitja, minimitzar deformacions i ajudar que els esforços es puguin transmetre més fàcilment als marcs de reforç, es dissenya el conjunt amb muntants verticals formats per perfils estructurals UPN80 d'acer S275, soldats a l'hora amb les parets de la sitja i els 2 marcs de reforç.

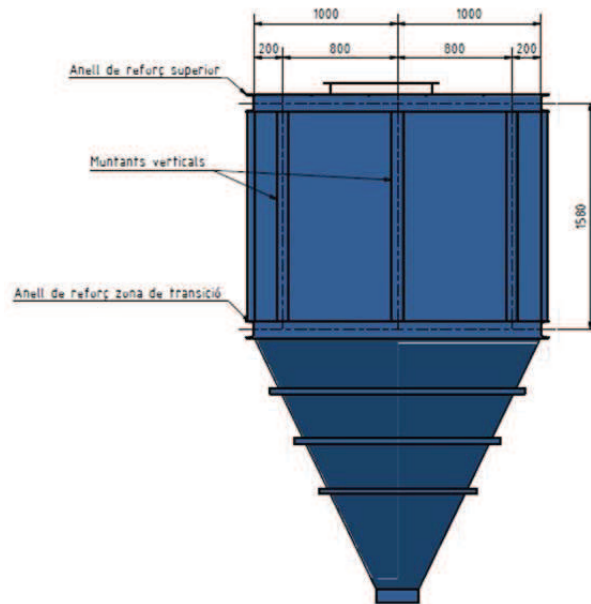


Figura B.3.5.B Distribució dels reforços

Per a garantir les condicions de seguretat necessàries per al registre de la tremuja des de la part superior, es dissenya un tancament superior format per una planxa d'acer S235 de 5mm d'espessor recolzada sobre perfils IPE100 seguint la distribució de la figura B.3.5.C següent. D'aquesta forma no solament es garanteix l'accés de persones a la part superior de la tremuja sinó que es reforça l'estructura de les parets verticals davant dels esforços generats per l'acumulació del material.

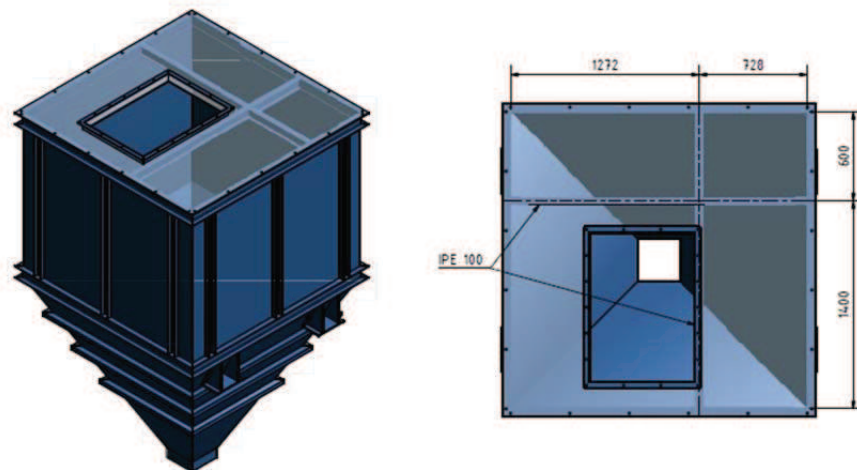


Figura B.3.5.C Reforç del tancament superior

La distribució dels reforços es planteja segons es mostra a la figura B.3.5.D següent amb l' utilització dels elements tipus "Frame" que ens proporciona l'aplicació SAP2000. Els diferents perfils es configuren amb un mallat que relaciona els punts intermedis d'unió entre perfils estructurals i els contactes d'aquests amb les superfícies de les parets, obtenint així, una interacció d'esforços i deformacions entre tots els elements.

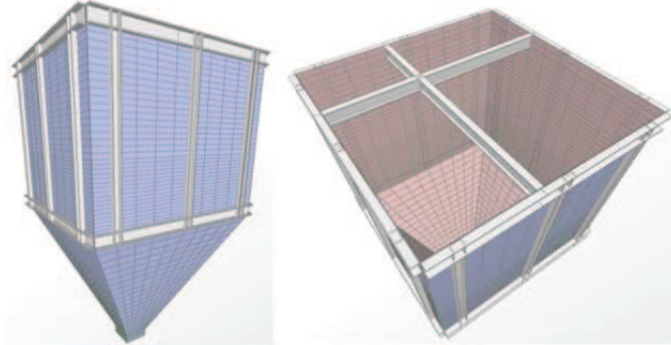


Figura B.3.5.D Detall de la distribució de reforços (SAP2000)

I. Rigidització de la tremuja:

Mitjançant passamans rectangulars de 60x40mm d'acer S275 soldats solidàriament a les parets de la tremuja, es crea els anells de reforç encarregats d'ajudar a suportar els sobre'esforços deguts a l'emplenat i buidat de material. Per altre banda, limiten la deformació de les parets i garanteixen l'estabilitat de les soldadures que uneixen les parets tronco piramidals.

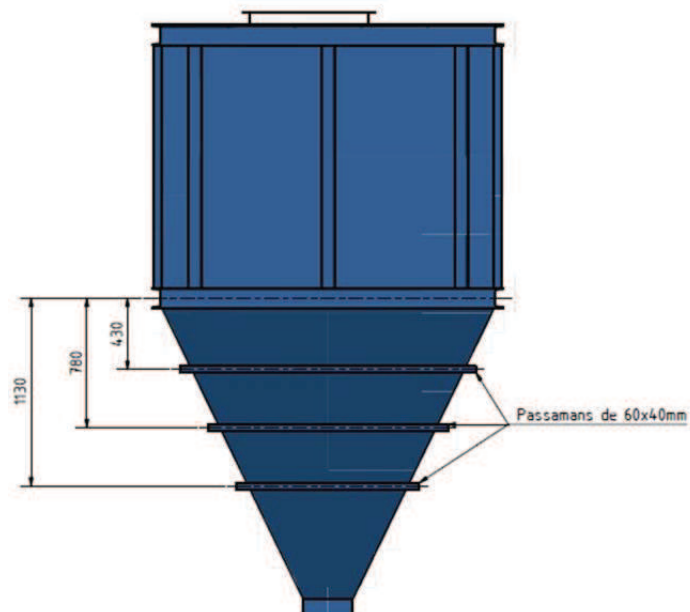


Figura B.3.5.E Distribució dels reforços de la tremuja (cotes en mm)

La distribució dels reforços es planteja segons es mostra a la figura següent amb la utilització dels elements tipus "Frame" que proporciona l'aplicació SAP2000. Els diferents perfils es configuren amb un mallat que relaciona contactes d'aquests amb les superfícies de les parets, obtenint així, una interacció d'esforços i deformacions entre tots els elements.

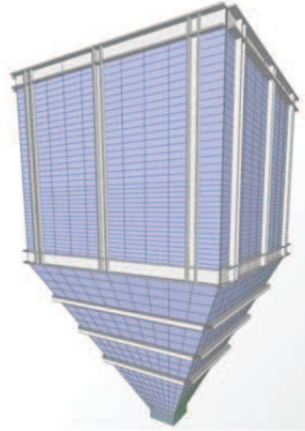


Figura B.3.5.F Detall dels anells de reforç de la tremuja (SAP2000)

I. Suports de la tremuja :

Es dissenyen 4 suports rigiditzats formats per plaques d'acer S275JR de 15mm d'espessor encarregats de transmetre els esforços a l'estructura general de la planta. Els 4 suports es troben soldats solidàriament amb les parets de la tremuja i l'anell de reforç de la zona de transició, punt el qual, les tensions provocades per l'emplenat/buidat del material són més elevades.

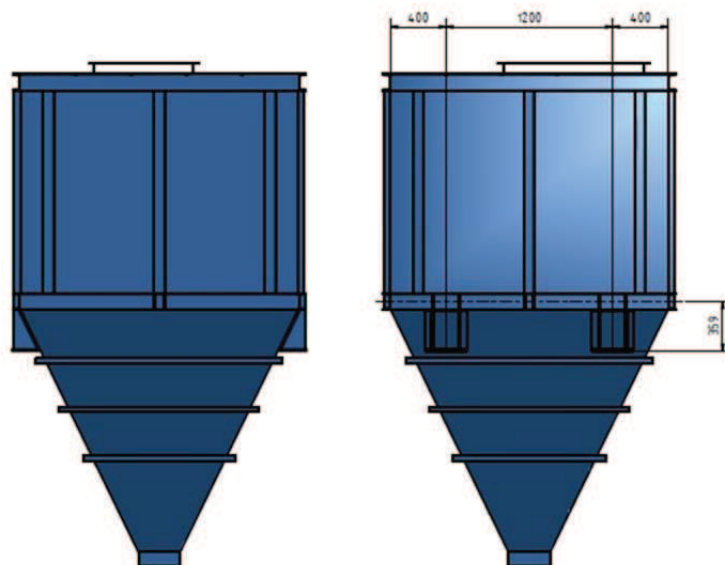


Figura B.3.5.G Distribució dels suports (cotes en mm)

Es simula el comportament dels 4 suports mitjançant la restricció de tots els graus de llibertat dels punts situats a la zona de transició tal i com es representa a la figura B.3.5.H següent:



Figura B.3.5.H Representació dels suports (SAP2000)

B.3.5.3 Introducció dels valors de pressió.

I. Pressió horitzontal corregida Phf,s sobre les paret verticals de la sitja :

El resultat de la divisió de les parets en superfícies més petites seguint una matriu de 10x20 elements com s'ha explicat anteriorment, és l'obtenció d'una matriu de punts que permet l'assignació dels valors de pressió a cadascun dels nodes en funció de l'altura en la que es troben. Mitjançant l'aplicació SAP2000 s'introdueix l'expressió matemàtica que es mostra a continuació, la qual permet l'assignació d'una pressió lineal variable Phf,s a les parets verticals.

$$P = C \times Z + K$$

En funció de l'altura Z, on el paràmetre C= -1.525 i la constant K= 1.830s'obtenen els següents valors de pressió per a cada un dels punts :

	altura Z(m)	Pressió Phf,s (Kg/m2)
Punt 1	1,2	0
Punt 2	1,14	91,5
Punt 3	1,08	183
Punt 4	1,02	274,5
Punt 5	0,96	366
Punt 6	0,9	457,5
Punt 7	0,84	549
Punt 8	0,78	640,5
Punt 9	0,72	732
Punt 10	0,66	823,5
Punt 11	0,6	915
Punt 12	0,54	1.006,5
Punt 13	0,48	1.098
Punt 14	0,42	1.189,5
Punt 15	0,36	1.281
Punt 16	0,3	1.372,5
Punt 17	0,24	1.464
Punt 18	0,18	1.555,5
Punt 19	0,12	1.647
Punt 20	0,06	1.738,5
Punt 21	0	1830

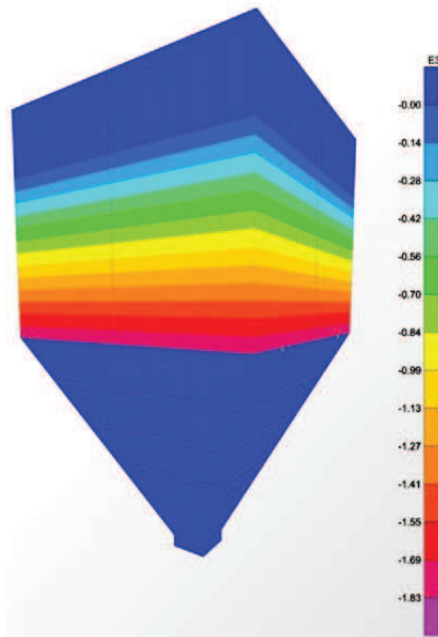


Figura B.3.5.I Pressions Phf,s sobre les parets de la sitja en Kg/m² (SAP2000)

II. Pressió de fregament Pwf sobre les parets de la sitja :

La pressió de fregament s'assigna als diferents punts que conformen les seccions o àrees que defineixen les parets de la sitja. Tal pressió s'assigna en funció de l'altura en què es troba situat cada punt.

Els valors introduïts al SAP2000 són els valors de pressió de fregament Pwf prèviament calculats :

Altura Z (m)	Pwf (kg/m2)
0	0,00
0,06	37,8
0,12	74,2
0,18	109,2
0,24	142,8
0,3	176,4
0,36	210
0,42	240,8
0,48	271,6
0,54	301
0,6	336
0,66	359,8
0,72	387,8
0,78	414,4
0,84	441
0,9	466,2
0,96	491,4
1,02	515,2
1,08	511
1,14	561,4
1,2	583,8

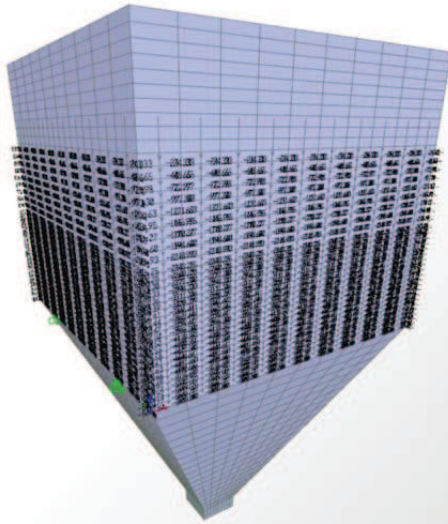


Figura B.3.5.J Pressions Pwf,s sobre les parets de la sitja (SAP2000)

III. Pressió a les parets tronco piramidals de la tremuja :

Per tal d'introduir els valors de pressió en el SAP2000, es divideix la pressió total de buidatge en una pressió constant amb valor $P_b = 1.185,95 \text{ Kg/m}^2$ més una pressió variable que és màxima a la zona de transició i mínima a la sortida de la tremuja.

La pressió varia de forma lineal, amb valor màxim $P_a - P_b = 1.780,65 \text{ Kg/m}^2$ i un valor mínim de 0 Kg/m^2 , es defineix mitjançant un patró de punts que segueix l'expressió matemàtica següent :

$$P = C \times Z + K$$

En funció de l'altura Z, on el paràmetre $C = 1.017,514$ i la constant $K = 1.780,65$ s'obtenen els egüents valors de pressió per a cada un dels punts :

	altura Z(m)	Pressió Phf,s (Kg/m2)
Punt 1	0	1.780,65
Punt 2	-0,0875	1.691,62
Punt 3	-0,175	1.602,58
Punt 4	-0,262	1.513,55
Punt 5	-0,35	1.424,52
Punt 6	-0,437	1.335,49
Punt 7	-0,525	1.246,45
Punt 8	-0,612	1.157,42
Punt 9	-0,7	1.068,39
Punt 10	-0,787	979,36
Punt 11	-0,875	890,32
Punt 12	-0,9625	801,29
Punt 13	-1,05	712,26
Punt 14	-1,137	623,23
Punt 15	-1,225	534,19
Punt 16	-1,312	445,16
Punt 17	-1,4	356,13
Punt 18	-1,487	267,1
Punt 19	-1,575	178,06
Punt 20	-1,662	89,03

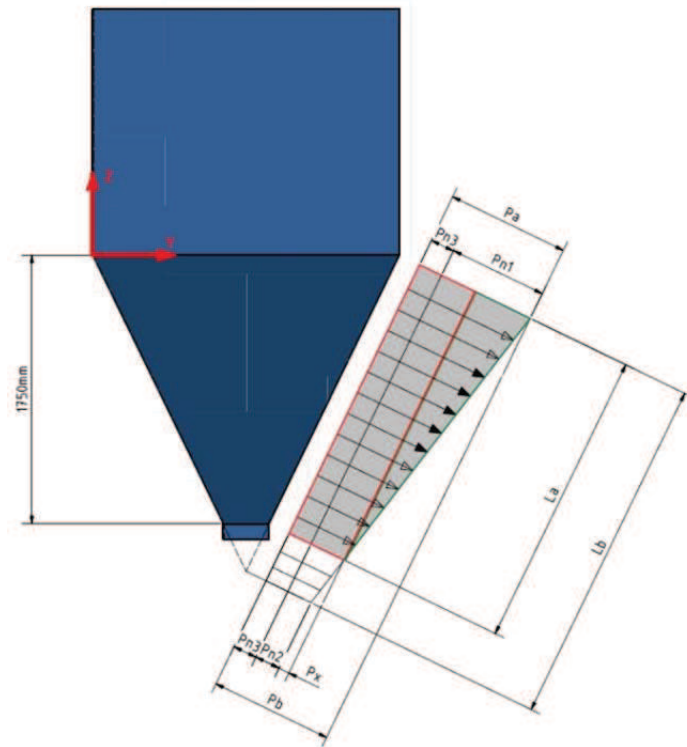


Figura B.3.5.K Distribució de pressions a les parets de la tremuja

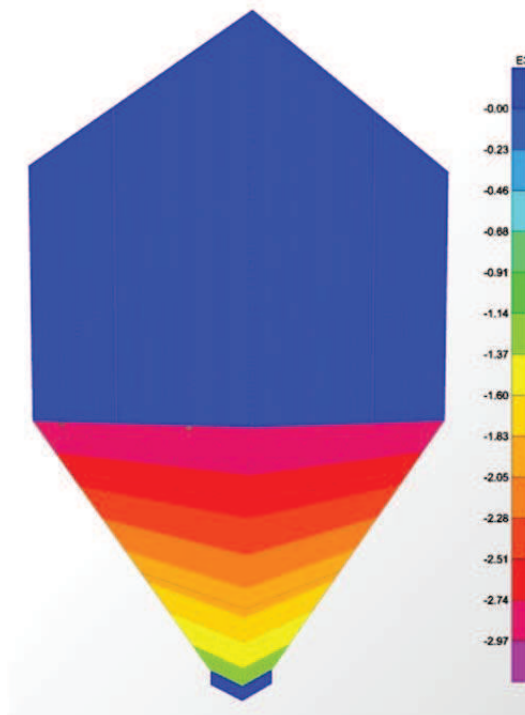


Figura B.3.5.L Pressió a les parets de la tremuja en Kg/m^2 (SAP2000)

IV. Sobrepressió instantània Ps de buidat o d'obertura :

La sobrepressió instantània $P_s=3.660 \text{ Kg/m}^2$, present durant el començament de la descàrrega, s'aplica al llarg d'una distància de 0,4m pròxima a la zona de transició.

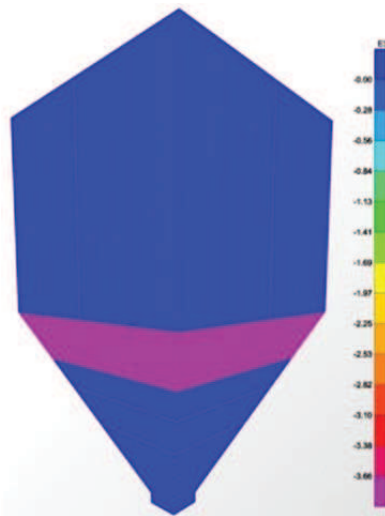


Figura B.3.5.M sobrepressió instantània de buidat en Kg/m^2 (SAP2000)

V. Pressió de Fregament Pt sobre les parets de la tremuja :

La pressió de fregament s'assigna als diferents punts que conformen les seccions o àrees que defineixen les parets de la tremuja. Tal pressió s'assigna en funció de la longitud de paret inclinada en què es troba situat cada punt. Els valors introduïts al SAP2000 són els valors de pressió de fregament Pt prèviament calculats :

X	Pt (Kg/m^2)
0	385
0,1	425,17
0,19	465,34
0,29	505,52
0,39	545,7
0,49	585,9
0,58	626,1
0,68	666,24
0,78	706,41
0,88	746,6
0,97	786,8
1,07	826,9
1,17	867,1
1,26	907,3
1,36	947,5
1,46	987,7
1,56	1.027,8
1,65	1.068
1,75	1.108,2
1,85	1.148,4
1,94	1.188,5

VI. Sobrecàrrega d'us sobre la tapa superior

S'assigna una pressió de 150 Kg/m² sobre la superfície que forma la tapa superior de la tremuja per tal de preveure l'accés de persones que faciliti les tasques de manteniment .

B.3.5.4 Combinacions de càrrega

Amb la finalitat d'estudiar l'estat tensional més desfavorable que pateix la tremuja , es combinen els diferents casos de càrrega que poden succeir simultàniament.

I. Estat de repòs :

	accions gravitatòries		Condicions climatològiques	
	Pes Propi	Pes material	Vent	Neu
C1	X	X		
C2	X	X	X	
C3	X	X	X	

II. Estat de servei :

	accions gravitatòries	Condicions climatològiques		Càrregues d'us	
	Pes Propi	Vent	Neu	Pressions buidat	Sobrepessió d'obertura
C4	X			X	X
C5	X	X		X	X

El casos C4 i C5 engloben les pitjors condicions simultànies de treball de la tremuja i per tant són la condicions que s'analitzen en aquest projecte. Es tracta de l'instant inicial de descàrrega quan apareixen les pressions de buidat i la sobrepessió instantània d'obertura.

Seguint el codi tècnic de l'edificació vigent CTE-DB-SE-A i el seu document de seguretat estructural, es majoren les càrregues amb els valors que es mostren a continuació:

		Factor seguretat
Càrregues permanents	Pes Propi	1,35
Càrregues variables	Pressions d'emplenat/ buidat	1,5
	Sobrepessió d'obertura	1,5
	Càrregues de Vent	1,5
	Càrregues de Neu	1,5

B.3.5.6 Anàlisi, simulació i interpretació de resultats.**I. Esforços a les parets de la sitja :**

L'anàlisi de resistència de les parets de la sitja, mitjançant el SAP2000, es realitza de forma visual i gràfica tal i com mostra la figura B.3.5.N. Es comproven les parets de la sitja, fabricades de xapa d'acer S235JR ($S_y=235\text{Mpa}$, $S_u=360\text{Mpa}$) i amb un espessor total de 6mm, de manera que no excedeixin la màxima resistència de comprovació $S_y'=217\text{ N/mm}$ (resistència que preveu la tensió addicional generada per el canvi de temperatura)

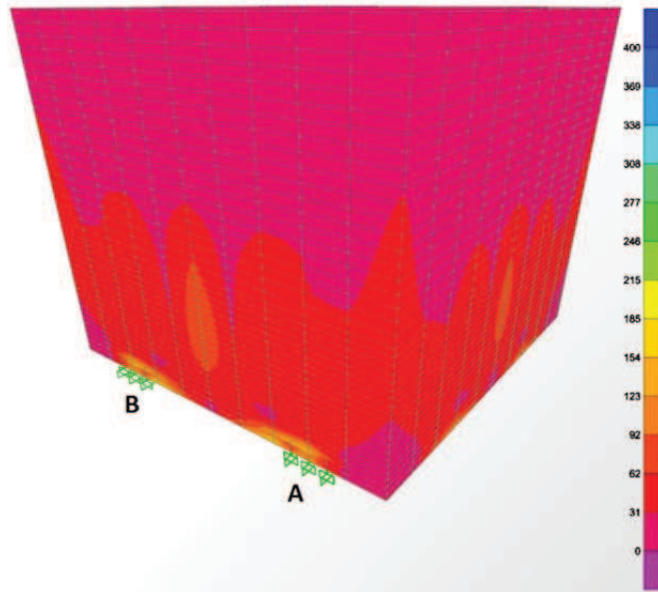


Figura B.3.5.N Tensions de Von Mises de la sitja, unitats en Mpa (SAP2000)

L'anàlisi de tensions segons el criteri de falla elàstica de Von Mises reflexa les zones més crítiques localitzades als punts on hi han ubicats els suports de la tremuja.

Combinació de Càrrega C4	Zona	Tensió màxima (Mpa)
	A	181,5
B	181,2	
Combinació de Càrrega C5	Punt	Tensió màxima (Mpa)
	A	181,5
B	181,2	

El resultat de tensions indica que les parets de la sitja ofereixen la garantia de resistència necessària. Tret dels punts assenyalats, l'estat tensional de les parets es troba molt per sobre del límit elàstic de comprovació $S_y'=258\text{Mpa}$, a la vegada, el marge de seguretat obtingut a partir d'una xapa generosa de 6mm d'espessor, assegura una durada òptima de la sitja i garanteix fiabilitat en condicions d'oxidació i desgast de les parets.

II. Deformacions a les parets de la sitja :

Les zones de la paret posterior amb màxima deformació es localitzen al centre de les parets on els moments generats per les pressions del material són màxims. Les dues combinacions de càrrega més desfavorables, C4 i C5, ofereixen deformacions molt similars representades a la figura B.3.5.O següent :

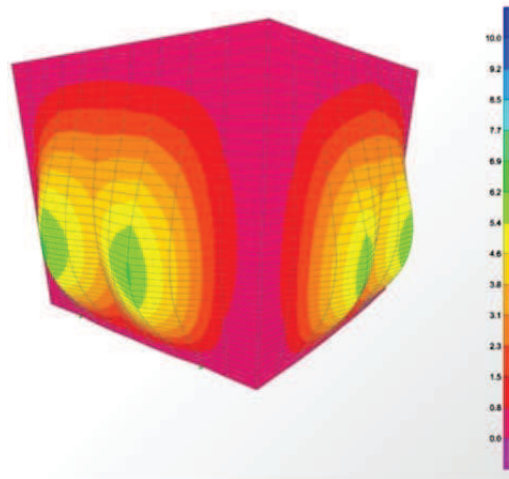


Figura B.3.5.O Deformacions de la sitja en mm (SAP2000)

L'anàlisi de deformacions de les parets reflexa un bon dimensionat de la sitja, garantint deformacions instantànies relativament petites sense assolir el límit elàstic del material.

III. Esforços a les parets de la tremuja :

L'anàlisi de resistència de les parets de la tremuja, mitjançant el SAP2000, es realitza de forma visual i gràfica tal i com mostra la figura B.3.5.P.

Es comproven les parets de la tremuja, fabricades de xapa d'acer S275JR ($S_y=275\text{Mpa}$, $S_u=410\text{Mpa}$) i amb un espessor total de 6mm, de manera que no excedeixin la màxima resistència de comprovació $S_y'=258\text{ N/mm}$ (resistència que preveu la tensió addicional generada per el canvi de temperatura)

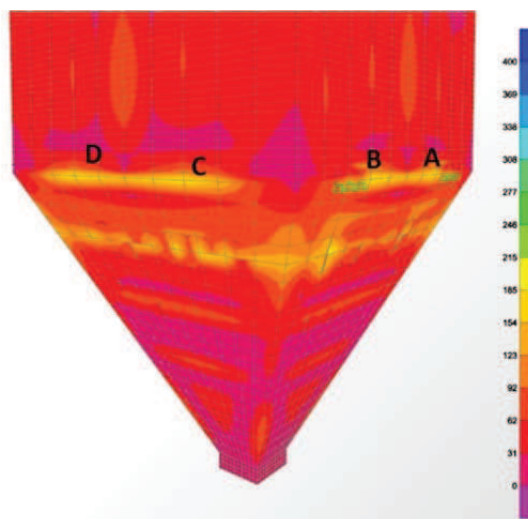


Figura B.3.5.P Tensions de Von Mises de la tremuja, unitats en Mpa (SAP2000)

Combinació de Càrrega C4	Zona	Tensió màxima (Mpa)
	A	190,1
	B	191,1
	C	187,6
Combinació de Càrrega C5	Zona	Tensió màxima (Mpa)
	A	190,1
	B	191,4
	C	178,12
	D	178,2

L'anàlisi de tensions segons el criteri de falla elàstica de Von Mises reflexa les zones més crítiques localitzades a la zona de transició. El resultat de tensions indica que les parets de la tremuja ofereixen seguretat respecte la capacitat mínima de resistència, a la vegada, el marge de seguretat obtingut a partir d'una xapa generosa de 6mm d'espessor, assegura una durada òptima de la tremuja i garanteix fiabilitat en condicions d' oxidació i desgast de les parets, sobretot la cara posterior afectada per els impactes propis de l'empenat.

IV. Deformacions de les parets de la tremuja :

Les zones de la tremuja amb màxima deformació es localitzen al centre i pròximes a la zona de transició on les pressions són més elevades. Les dues combinacions de càrrega més desfavorables, C4 i C5, ofereixen deformacions molt similars i es representen els resultats a la figura B.3.5.Q següent :

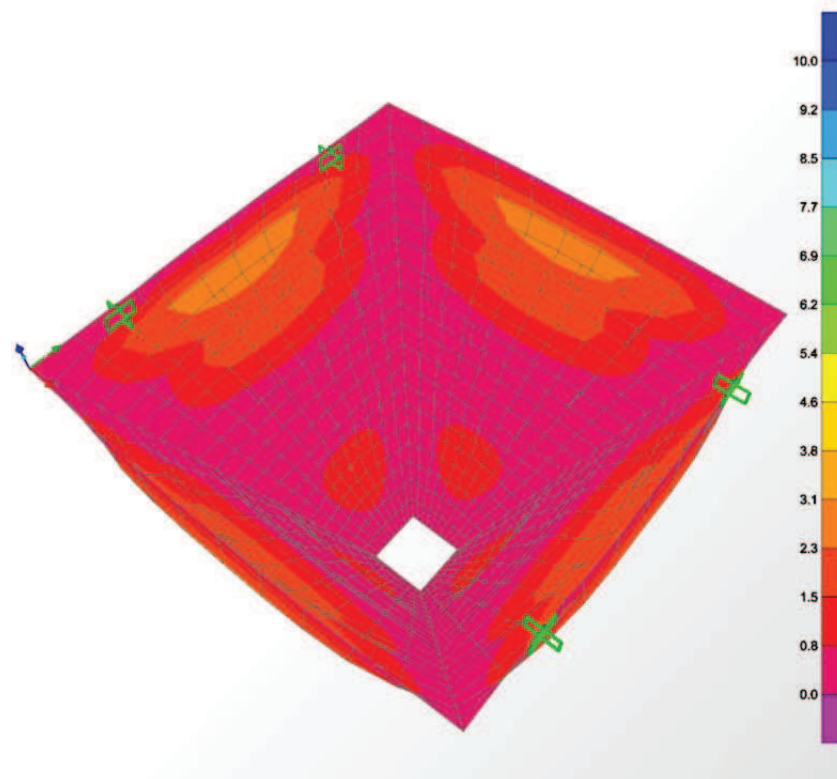


Figura B.3.5.Q Deformacions de la tremuja en mm(SAP2000)

V. Sol·licitació dels perfils estructurals :

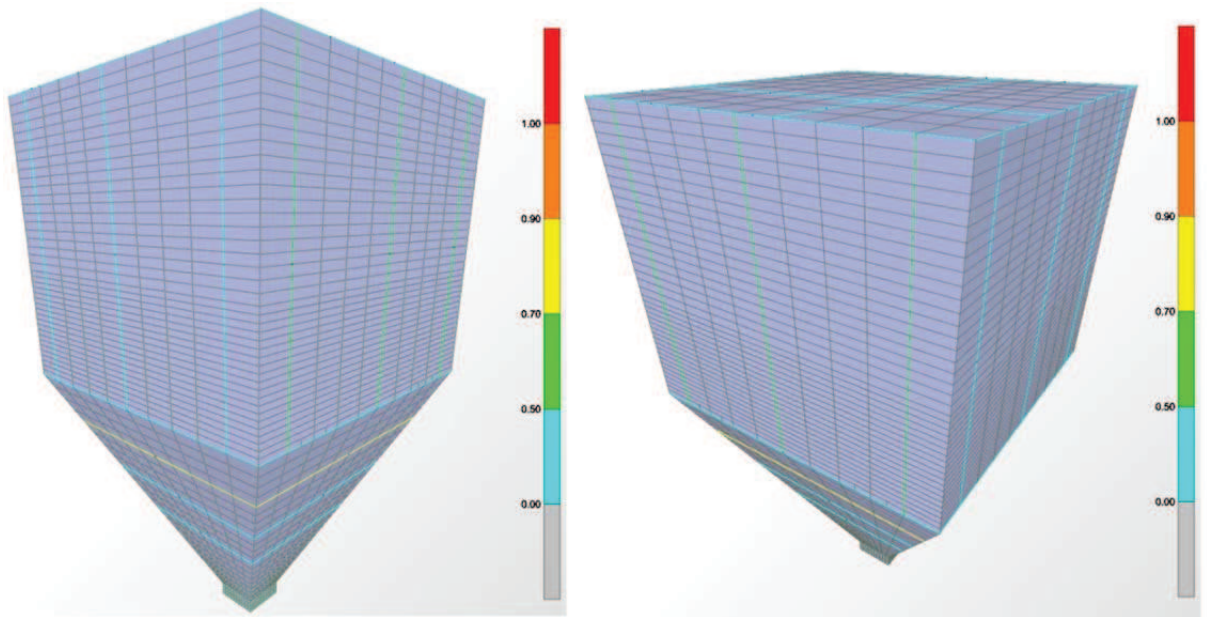


Figura 2.3.5.R Sol·licitacions dels perfils estructurals (SAP2000)

Muntants verticals de reforç de la sitja :

A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants dels muntants verticals més desfavorables de la sitja, situats al centre de les cares laterals on es localitzen els suports:

Perfil Estructural : UPN80 d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK						
Combo : C4 majorat						
Units : N, mm, C						
Frame : 14	Design Sect: UPN80					
X Mid : 0,000	Design Type: Column					
Y Mid : 1000,000	Frame Type: Moment Resisting Frame					
Z Mid : 850,000	Sect Class : Class 1					
Length : 1700,000	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc : 0,000	RLLF : 1,000					
Area : 1102,000	SMajor : 26450,000	rMajor : 30,985	AVMajor : 480,000			
IMajor : 1058000,000	SMinor : 6248,167	rMinor : 13,268	AVMinor : 600,000			
IMinor : 194000,000	EMajor : 32810,000	E : 210000,000				
Ixy : 0,000	EMinor : 13350,000	Fy : 275,000				
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	F	M33	M22	V2	V3	T
0,000	-32003,188	-3485,766	-759587,909	-46,207	-5159,865	-153,986
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO						
Governing Equation (6.62)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0,545	= 0,327	+ 0,217	+ 0,000	0,950	OK
AXIAL FORCE DESIGN						
	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd	Nb33,Rd	Nb22,Rd	
Axial	-32003,188	57725,312	303050,000	121759,162	57725,312	
MOMENT DESIGN						
	Med	Mc,Rd	Mv,Rd	Mb,Rd		
Major Moment	-3485,766	9022750,000	9022750,000	9022750,000		
Minor Moment	-759587,909	3671250,000	3671250,000			
	K Factor	L Factor	k	kxy	kys	C1 Factor
Major Moment	2,009	1,000	0,484	0,782		1,857
Minor Moment	1,000	1,000	1,050		0,630	
SHEAR DESIGN						
	Ved	Vc,Rd	Stress Ratio	Status Check	Ted	
Major Shear	46,207	76210,236	0,001	OK	0,000	
Minor Shear	5159,865	95262,794	0,054	OK	0,000	

Marc de reforç superior :

A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants del perfil més desfavorables :

Perfil Estructural : UPN120 d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK						
Combo : C5 majorat						
Units : N, mm, C						
Frame : 48	Design Sect: UPN120					
X Mid : 1200,000	Design Type: Beam					
Y Mid : 0,000	Frame Type : Moment Resisting Frame					
Z Mid : 1700,000	Sect Class : Class 1					
Length : 400,000	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc : 0,000	RLLF : 1,000					
Area : 1698,000	SMajor : 60683,333	rMajor : 46,306	AVMajor: 840,000			
IMajor : 3641000,000	SMinor : 11055,869	rMinor : 15,939	AVMinor: 825,000			
IMinor : 431400,000	ZMajor : 74690,000	E : 210000,000				
Ixy : 0,000	ZMinor : 23630,000	Fy : 275,000				
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0,000	-5864,385	616325,980	-870934,613	2611,245	-7170,758	37900,403
EMM DEMAND/CAPACITY RATIO						
Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(6.2)	0,177	= 0,013	+ 0,030	+ 0,134	0,950	OK
AXIAL FORCE DESIGN						
	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd	Nb33,Rd	Nb22,Rd	
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor	
Axial	-5864,385	466950,000	466950,000	466950,000	466950,000	
MOMENT DESIGN						
	Med	Mc,Rd	Mv,Rd	Mb,Rd		
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity		
Major Moment	616325,980	20539750,00	20539750,00	20539750,00		
Minor Moment	-870934,613	6498250,000	6498250,000			
	K	L	k	ky	kyz	C1
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1,000	1,000	0,399	0,889		2,700
Minor Moment	1,000	1,000	0,404		0,242	
SHEAR DESIGN						
	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted	
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion	
Major Shear	2611,245	133367,912	0,020	OK	0,000	
Minor Shear	7170,758	130986,342	0,055	OK	0,000	

Marc de reforç zona de transició :

A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants dels perfils més desfavorables de la zona de transició, situats a les cares on es localitzen els suports:

Perfil Estructural : UPN120 d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK						
Combo : C5 majorat						
Units : N, mm, C						
Frame : 3	Design Sect: UPN120					
X Mid : 0,000	Design Type: Beam					
Y Mid : 1500,000	Frame Type : Moment Resisting Frame					
Z Mid : 0,000	Sect Class : Class 1					
Length : 2000,000	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc : 1500,000	RLLF : 1,000					
Area : 1698,000	SMajor : 60683,333	rMajor : 46,306	AVMajor: 840,000			
IMajor : 3641000,000	SMinor : 11055,869	rMinor : 15,939	AVMinor: 825,000			
IMinor : 431400,000	ZMajor : 74690,000	E : 210000,000				
Ixy : 0,000	ZMinor : 23630,000	Fy : 275,000				
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	P	M33	M22	V2	V3	T
1500,000	-9628,150	1946422,496	-1014560,46	-6611,586	4988,835	58855,556
EMM DEMAND/CAPACITY RATIO						
Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(6.2)	0,348	= 0,021	+ 0,172	+ 0,156	0,950	OK
AXIAL FORCE DESIGN						
	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd	Nb33,Rd	Nb22,Rd	
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor	
Axial	-9628,150	155457,558	466950,000	466950,000	155457,558	
MOMENT DESIGN						
	Med	Mc,Rd	Mv,Rd	Mb,Rd		
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity		
Major Moment	1946422,496	20539750,00	20539750,00	11306252,34		
Minor Moment	-1014560,46	6498250,000	6498250,000			
	K	L	k	ky	kyz	C1
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1,000	0,400	1,000	0,591		1,000
Minor Moment	1,000	1,000	0,556		0,573	
SHEAR DESIGN						
	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted	
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion	
Major Shear	6611,586	133367,912	0,050	OK	0,000	
Minor Shear	4988,835	130986,342	0,038	OK	0,000	

Reforços de la tremuja:

A les taules següents es dona les dades de sol·licitació de forces, tensions, moments i tallants del reforç més desfavorable que es troba situat a la cara on es suporta la tremuja i a una zona pròxima a la transició :

Perfil Estructural : Passamà de 80x40mm d'acer S-275

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK							
Combo : C5 majorat							
Units : N, mm, C							
Frame : 15	Design Sect: pas. 60x40						
X Mid : 1830,000	Design Type: Beam						
Y Mid : 1000,000	Frame Type: Moment Resisting Frame						
Z Mid : -350,000	Sect Class : Class 3						
Length : 1660,000	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3						
Loc : 0,000	RIIF : 1,000						
Area : 2400,000	SMajor : 24000,000	rMajor : 17,321	AVMajor : 2000,010				
IMajor : 720000,000	SMInor : 16000,000	rMinor : 11,547	AVMinor : 2000,010				
IMInor : 320000,000	ZMajor : 36000,000	E : 210000,000	Fy : 275,000				
Ixy : 0,000	ZMinor : 24000,000						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	P	M33	M22	V2	V3	T	
0,000	-30157,767	4272633,333	315815,649	21069,202	3332,470	651592,631	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation (6.2)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
	0,765	= 0,046	+ 0,647	+ 0,072	0,950	OK	
AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nc,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	-30157,767	177513,112	660000,000	318214,906	177513,112		
MOMENT DESIGN							
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	4272633,333	660000,000	660000,000	660000,000			
Minor Moment	315815,649	440000,000	440000,000				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1,000	1,000	0,423	0,943		1,005	
Minor Moment	1,000	1,000	1,069		1,069		
SHEAR DESIGN							
	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	21069,202	317544,219	0,066	OK	0,000		
Minor Shear	3332,470	317544,219	0,010	OK	0,000		

VI. Diagrama de moments i reaccions del conjunt de l'estructura:

La distribució de moments, segons les combinacions de càrrega C4 i C5, de tots els perfils estructurals que conformen la tremuja 2, es representen a la figura B.3.5.S següent tant per l'eix de menor com el de major inèrcia :

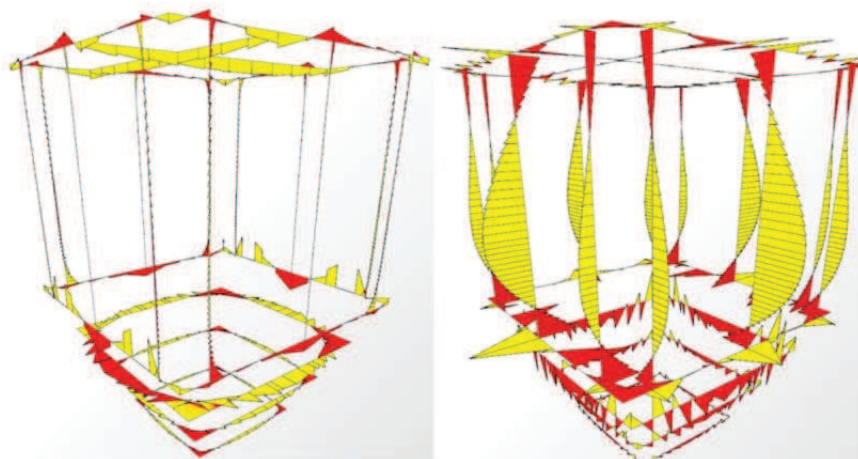


Figura B.3.5.S Diagrames de Moments 3-3 (Esquerra), Moments 2-2 (dreta)

Reaccions minorades a les bases de cada un dels 4 suports :

C4 Reaccions minorades						
Suport	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
	Kg	Kg	Kg	Kg m	Kg m	Kg m
1	871,64	1.636,28	5.632,9	-80,46	48,62	-44,89
2	870,64	-1.635,27	5.636,72	79,05	47,68	44,78
3	-873,36	-1.647,29	5.639,63	79,66	-48,27	-44,11
4	-868,92	1.646,28	5.635,74	-79,64	-48,75	42,99

ANEX C : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE LES CINTES TRANSPORTADORES

C. ANNEX C : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE LES CINTES TRANSPORTADORES

C.1. Característiques generals i procediment de càlcul

C.1.1. Introducció

En el disseny d'instal·lacions per al transport de matèries primeres o productes acabats, l'elecció del mitjà de transport ha d'afavorir a minimitzar els costos de fabricació i manteniment per tal de transportar la capacitat de càrrega requerida, a la vegada, proporcionar suficient flexibilitat per adaptar-se a una àmplia varietat de capacitats de transport o sobrecàrregues momentànies.

Comparat amb altres sistemes de transport, la cinta transportadora, satisfà perfectament aquestes exigències. Per aquest motiu en el present projecte s'ha escollit majoritàriament aquest mitjà per transportar la matèria primera.

Aquest sistema presenta els següents avantatges :

- No requereix operaris, solament en tasques de manteniment.
- Consum energètic limitat
- Manteniment programable amb llargs intervals.
- Independència de sistemes veïns
- Costos de funcionament reduïts

C.1.2. Definició i característiques

La funció de la cinta transportadora és la de transportar de forma contínua i sobre la seva part superior, materials a granel homogenis o mesclats, a distàncies que poden variar des de pocs metres fins a desenes de kilòmetres.

Un dels components principals és la banda de goma, que exerceix la funció de contenir el material transportat i la de transmetre la força necessària per a transportar la càrrega.

La superfície superior (d'anada) i la inferior (de retorn) descansen sobre una sèrie de rodets suportats per estructures metàl·liques (estacions). En els extrems de la banda hi trobem els tambors, un dels quals denominat Tambor motriu, es troba assemblet a un motor que transmet el moviment.

Els components principals de la cinta transportadora (banda i rodets) requereixen, si es dimensionen i s'instal·len correctament, un manteniment molt reduït. La banda de goma necessita poquíssimes reparacions superficials i els rodets lubricats per a tota la vida permeten, si són de bona qualitat i de concepció avançada, reduir el percentatge anual de substitucions mitjançant el manteniment ordinari.

L'ús de dispositius de neteja adequats de la banda al punt de alimentació i en els de descàrrega, assegura una major duració de les instal·lacions i un menor manteniment.

C.1.3. Components i la seva denominació

C.1.2.1 Capçal motriu

Pot ser de tipus tradicional o moto tambor. Totes les cintes del present projecte s'han dissenyat a partir de capçals tradicionals donat el seu baix cost i fàcil manteniment.

El capçal tradicional es compon per un grup de comandament constituït successivament: per un tambor motriu de diàmetre apropiat a la càrrega de la banda i per un tambor d'inflexió.

El moviment el proporciona un moto reductor del tipus pendular o d'eixos ortogonals o paral·lels, aquests últims acoblats per mitjà d'una junta al tambor motriu.

C.1.2.2 Tambor motriu i contra tambor

En el tambor motriu tradicional o al moto tambor, l'embolcall es revesteix normalment de goma, d'un gruix adequat a la potència a transmetre. El revestiment es presenta nervat, en forma d'espiga, amb el vèrtex situat en el sentit de la marxa o amb relleus romboïdals, per augmentar el coeficient de fregament i facilitar el desguàs.

El contra tambor és el tambor situat a la part posterior de la cinta i aquest no exerceix la funció motriu del sistema. El seu moviment vindrà guiat per el moviment de la banda i amb l'ajuda d'un sistema de rodament tensor, ens permetrà mantenir tensada la banda des de la part posterior i amb les condicions òptimes de treball. El diàmetre del contra tambor pot ser igual o lleugerament més petit al previst per el tambor motriu.

Totes les cintes d'aquest projecte es dissenyen a partir d'un capçal motriu a la part davantera o de descàrrega, així la cinta es sotmet a una menor tensió ja que es transmeten forces més petites als components del transportador com ara, tambors i rodaments

Degut a la gran presència d'aigua en el processat dels minerals i la gran quantitat de fangs que es generen, a fi d'evitar el màxim possible problemes d'acumulació de brutícia que deriven amb un desalineament i dany de la banda, s'han dissenyat tambors especials de sectors.

C.1.2.3 Rodets

Sostenen la banda i han de garantir el lliscament lliure i regular sota càrrega. Són els elements més importants de la banda transportadora i representen una part considerable del seu valor global. El funcionament correcte dels rodets és fonamental per a garantir l'eficàcia i l'economia de l'instal·lació.

C.1.2.4 Estacions superiors portants i de estacions de retorn

Es defineix com a estació la combinació de rodets amb el corresponent bastidor de suport fix. Les estacions també es poden muntar en forma de garlanda.

Es distingeixen dos tipus d'estació base : les portants d'anada que sostenen la banda carregada y les inferiors, que sostenen la banda buida en el tram de retorn.

Els rodets portants es troben reunits en general en conjunt de tres i sostinguts per un bastidor. La inclinació dels rodets laterals està compresa entre 20 ° i 45 °. Es pot construir, a més, un sistema de garlanda amb una inclinació de fins a 60 °. Les estacions de retorn poden ser planes, amb rodets individuals o reunits en una parella, en forma de "V" amb 10 ° d'inclinació.

C.1.2.5 Tensors

La tensió necessària perquè s'adhereixi la banda al tambor motriu es manté mitjançant un dispositiu de tensió, que pot ser del tipus de cargol, de contrapès o amb cabrestant motoritzat. La carrera mínima d'un tensor no podrà ser inferior al 2% de la distància entre eixos del transportador per bandes reforçades amb productes tèxtils, i al 0,5% per bandes reforçades amb elements metàl·lics.

C.1.2.6 Dispositius de neteja

Actualment, els sistemes de neteja de les bandes són considerats amb una atenció particular, tant perquè redueixen les intervencions de manteniment de les cintes transportadores que transporten materials humits i particularment enganxosos, com perquè permeten obtenir la màxima productivitat. Els dispositius adoptats són diferents.

C.1.4. Criteris de disseny

L'elecció del sistema de transport òptim, el seu correcte disseny, la seva utilització racional, depenen del coneixement de les característiques constructives i del comportament sota càrrega de tots els components del mateix sistema. Els factors principals que influeixen en el dimensionament d'una cinta transportadora són: la capacitat de transport requerida, la granulometria, les característiques fisicoquímiques del material a transportar i el perfil al·timètric del recorregut.

A continuació s'il·lustren els criteris utilitzats per determinar la velocitat i l'ample de la banda, per triar la configuració de les estacions, el tipus de rodets a utilitzar i el dimensionat dels tambors.

C.1.4.1 Material a transportar

El disseny correcte d'una cinta transportadora comença amb l'avaluació de les característiques del material a transportar: en particular de l'angle de repòs i de l'angle de sobrecàrrega.

L'angle de repòs d'un material, definit també "angle de fregament natural", és l'angle que la superfície d'un amuntegament, format lliurement, forma respecte al pla horitzontal. Figura C.1.4.A.

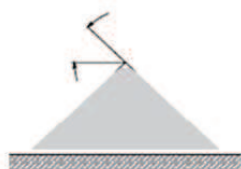


Figura.C.1.4.A

L'angle de sobrecàrrega és l'angle que forma la superfície del material respecte al pla horitzontal sobre la banda en moviment. Figura 3.1.4.B. Aquest angle normalment és de 5 °- 15 °(per a alguns materials, fins a 20 °) inferior a l'angle de repòs.

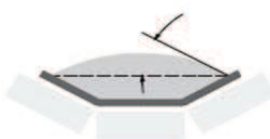


Figura.C.1.4.B

Angle de sobrecàrrega β					
5°	10°	20°	25°	30°	β
Angle de repòs α					
0-19°	20-29°	30-34°	35-39°	40° i <40°	altres
dimensions uniformes, partícules rodones molt petites, molt humides o molt seques com sorra sílicia seca, ciment i formigó humit, etc...	partícules arrodonides, seques i llises, amb pes mig com, per exemple, llavors de cereals, blat i mongetes.	material irregular, granular amb dimensions i pes mig, per exemple, carbó d'antracita, farina de llavors de cotó, argila, etc...	materials típics comuns, per exemple, carbó bituminós, grava, la major part dels minerals, etc...	material irregular viscos, fibrós i que tendeix a enllaçar-se, (encenalls de fusta), sorra de fosa, etc...	consultar taules de propietats físiques dels materials.

Taula.C.1.4.A Angles de sobrecàrrega, de repòs i fluïdesa dels materials

C.1.4.2 Velocitat de la banda

La velocitat màxima de funcionament de les cintes transportadores ha arribat a límits que eren impensables fins fa alguns anys. Les velocitats més elevades han permès incrementar els volums transportats: a igualtat de càrrega, s'han reduït les càrregues de material per unitat lineal de transportador i, per tant, els costos de les estructures, de les estacions portants i de la banda. Les característiques físiques dels materials a transportar influeixen de manera determinant a la velocitat de funcionament. Els materials lleugers, com ara cereals i pols d'alguns minerals, permeten velocitats elevades. Materials garbellats o seleccionats poden ser traslladats a velocitats de 8 m/s i superiors. Amb l'augment de la mida del material, de la seva abrasivitat i del seu pes específic, cal reduir la velocitat de la banda. Materials no triturats o no seleccionats poden obligar a triar velocitats de transport més moderades, de l'ordre de 1,5 a 3,5 m/s. La quantitat de material per metre lineal que gravita sobre la banda és:

$$q_g = \frac{I_v}{v \times 3,6} \text{ (Kg/m) [eq. C.1]}$$

q_g = Pes del material per metre lineal

I_v = Capacitat de transport de la banda t/h

v = velocitat de la banda (m/s)

Cal esmentar que amb l'augment de la velocitat de la banda es podrà obtenir la mateixa capacitat de transport amb una banda més estreta, alhora es minimitza la càrrega per unitat lineal. En canvi una excessiva velocitat pot provocar un desgast prematur de la banda, sobretot si es tracta de cintes inclinades on el material pateix un període de turbulència sobre la banda just abans del seu assentament sobre aquesta.

C.1.4.3 Amplada de la banda

la determinació es porta a terme principalment en funció de la quantitat de material a transportar, generalment indicada en les dades base del disseny.

La banda pot adoptar diferents inclinacions segons el tipus d'estació portant seleccionada tal i com mostra la figura següent.

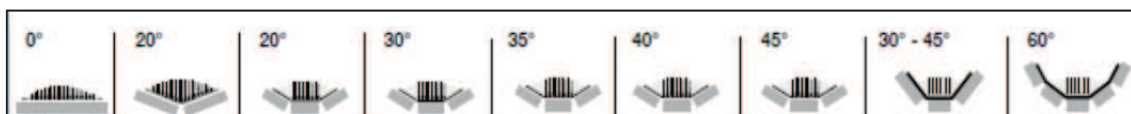


Figura.C.1.4.C

Amb el mateix ample de la banda, a major angle λ correspon, un augment de la capacitat de transport volumètrica. L'elecció de les estacions portants es fa també en funció de la capacitat d'inclinació de la banda. Abans, les inclinacions estàndard dels rodets laterals d'un grup de tres eren $\lambda=20^\circ$. Ara, les millores aportades a les carcasses i als materials utilitzats per a la fabricació de les bandes permeten usar estacions amb una inclinació dels rodets laterals de $\lambda=30^\circ / 35^\circ$.

Les estacions amb una inclinació de $40^\circ / 45^\circ$ s'utilitzen en casos especials, degut a l'elevat cost de les bandes que poden adaptar-se a aquests angles.

C.1.4.4 Capacitat de transport volumètricaI. capacitat transport volumètrica :

$$I_M = \frac{I_V}{q_S} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad [\text{eq. C.2}]$$

I_M = Capacitat de transport volumètrica de la banda

I_V = Capacitat de transport de la banda (t/h)

q_S = pes específic del material (t/m³)

II. La capacitat transport volumètrica de la banda a una velocitat de 1 m/s :

$$I_{vt} = \frac{I_M}{V} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad [\text{eq. C.3}]$$

I_{vt} = Capacitat de transport volumètrica de la banda a una velocitat 1 m/s

I_M = Capacitat de transport volumètrica de la banda (m³/h)

v = velocitat de la banda (m/s)

C.1.4.5 Capacitat de transport volumètrica corregida

En el cas de cintes inclinades, els valors de capacitat de transport volumètrica I_{vt} (m³/h) s'ha de corregir segons la següent relació:

$$I_{VM} = \frac{I_{vt}}{K \times K_1} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad [\text{eq. C.4}]$$

I_{VM} = és la capacitat de transport volumètrica corregida en relació amb la inclinació i amb la irregularitat d'alimentació

I_{vt} = Capacitat de transport volumètrica de la banda (m³/h)

K = factor d'inclinació (veure Figura C.1.4.D)

K_1 = factor de correcció degut a la irregularitat de l'alimentació (veure taula C.1.4.B)

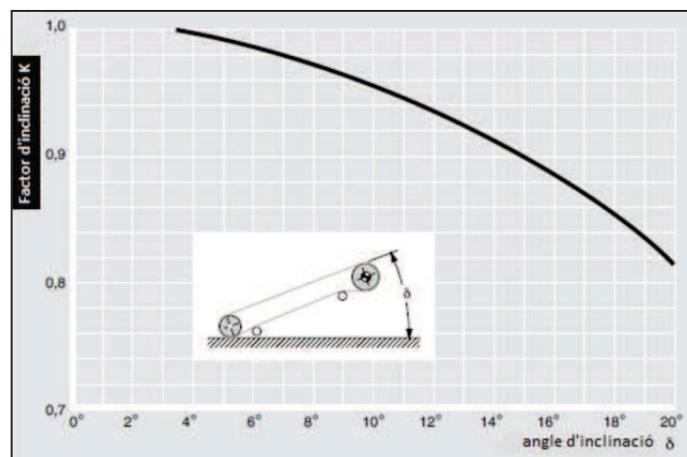
I. Factor d'inclinació:

Figura.C.1.4.D

El factor d'inclinació "K" que s'inclou en aquest projecte, considera la reducció de secció del material transportat per la banda quan el transport es troba inclinat. El diagrama de la figura C.1.4.D proporciona el factor K en funció de l'angle d'inclinació de la banda transportadora només per bandes llises.

II. Factor d'alimentació:

En general, també cal tenir en compte el tipus d'alimentació, és a dir la seva constància i regularitat, introduint el factor de correcció "K1":

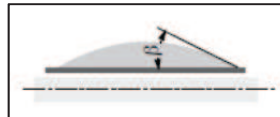
Factor K1	Característiques de l'alimentació
1	Alimentació regular
0.95	Alimentació poc regular
0,9-0.8	Alimentació molt irregular

Taula.C.1.4.B factor de correcció K1

C.1.4.6 Selecció de la disposició dels rodets i amplada de banda

A continuació es detallen les taules amb les diferents combinacions de tipus d'estació i amplada de banda que més s'ajusten a les necessitats del projecte, alhora serveixen de referència per tal de seleccionar quina és la disposició dels rodets i amplada de banda que més s'aproxima a la capacitat de transport volumètrica corregida l_{vt} .

$$l_{vm} \leq l_{vt}$$

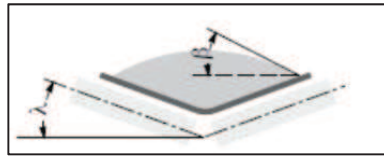


Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	l_{vt} (m ³ /h) $\lambda=0^\circ$	Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	l_{vt} (m ³ /h) $\lambda=0^\circ$
300mm	5°	3.6	400mm	5°	7.5
	10°	7.5		10°	15.1
	20°	15.4		20°	31.3
	25°	20.1		25°	39.9
	30°	25.2		30°	50

Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	l_{vt} (m ³ /h) $\lambda=0^\circ$	Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	l_{vt} (m ³ /h) $\lambda=0^\circ$
500mm	5°	12.6	650mm	5°	22.3
	10°	25.2		10°	45
	20°	52.2		20°	93.2
	25°	66.6		25°	119.5
	30°	83.5		30°	149.4

Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	l_{vt} (m ³ /h) $\lambda=0^\circ$	Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	l_{vt} (m ³ /h) $\lambda=0^\circ$
800mm	5°	35.2	1000mm	5°	56.8
	10°	70.8		10°	114.4
	20°	146.5		20°	235.8
	25°	187.5		25°	301.6
	30°	198.3		30°	377.2

Taula.C.1.4.C Capacitats de transport volumètrica l_{vt} d'estacions planes a $v=1\text{m/s}$ (DIN 22101)

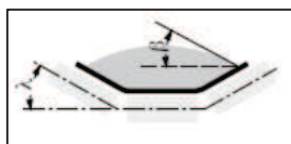


Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$
300mm	5°	17.6	400mm	5°	34.5
	10°	20.5		10°	41.4
	20°	28.8		20°	55.8
	25°	32		25°	63.7
	30°	36.3		30°	72

Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$
500mm	5°	57.6	650mm	5°	102.9
	10°	68.7		10°	123.1
	20°	92.8		20°	165.9
	25°	105.8		25°	189.3
	30°	119.8		30°	214.5

Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$
800mm	5°	175.6	1000mm	5°	317.1
	10°	192.9		10°	310.6
	20°	260.2		20°	418.6
	25°	296.6		25°	477.3
	30°	336.2		30°	541

Taula.C.1.4.D Capacitats de transport volumètrica lvt d'estacions de 2 rodets inclinats 20° en V, a v=1m/s : (DIN 22101)



Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=25^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=30^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=35^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=45^\circ$
300mm	5°	13.3	15.1	17.2	18.7	21.6
	10°	16.9	18.7	20.5	21.6	24.4
	20°	24.4	26.2	27.7	28.8	30.6
	25°	27.7	30.2	31.6	32.4	33.8
	30°	33.4	34.9	36	36.3	37.8
Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=25^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=30^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=35^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=45^\circ$
400mm	5°	28	32.4	36.6	39.6	45.7
	10°	35.2	29.2	43.2	45.3	51.4
	20°	50.4	54.3	57.2	59.4	66.3
	25°	56.8	62.2	65.1	66.6	69.8
	30°	67.7	70.9	73.4	74.5	77
Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=25^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=30^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=35^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=45^\circ$
500mm	5°	47,80	55,80	62,60	68,00	78,40
	10°	60,10	67,30	73,40	78,40	87,40
	20°	85,30	91,80	97,20	101,10	106,90
	25°	96,10	104,70	109,80	112,60	117,70
	30°	114,10	119,10	123,80	126,00	129,60
Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=25^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=30^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=35^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=45^\circ$
650mm	5°	87,80	101,80	114,40	124,90	143,20
	10°	109,40	122,40	134,20	142,90	159,10
	20°	154,40	166,30	176,40	183,60	193,60
	25°	174,20	189,70	198,70	204,40	212,40
	30°	205,50	215,20	223,50	227,80	233,60
Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=25^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=30^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=35^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=45^\circ$
800mm	5°	139,60	162,00	182,10	198,30	227,10
	10°	173,60	194,40	212,70	226,80	252,00
	20°	244,00	262,80	278,20	290,10	306,00
	25°	275,00	299,10	313,20	322,90	334,80
	30°	324,00	339,40	352,40	359,20	367,90
Ampla de la banda	Angle de sobrecàrrega β	lvt (m3/h) $\lambda=20^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=25^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=30^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=35^\circ$	lvt (m3/h) $\lambda=45^\circ$
1000mm	5°	227,10	263,80	296,20	322,90	368,60
	10°	281,10	315,30	345,60	368,60	408,60
	20°	394,90	425,50	450,70	469,80	494,60
	25°	444,90	483,80	506,50	522,00	541,00
	30°	523,40	548,60	569,10	580,60	594,00

Taula.C.1.4.E Capacitats de transport volumètrica lvt d'estacions de 3 rodets, a v=1m/s (DIN 22101)

C.1.4.7 Capacitat de transport volumètrica efectiva

$$I_{me} = I_{vm} \times v \quad (m^3/h) \text{ [eq. C.5]}$$

I_{me} = Capacitat de transport volumètrica efectiva

I_{vm} = Capacitat de transport volumètrica corregida a v 1 m/s (m^3/h)

v = velocitat de la banda (m/s)

C.1.4.8 Pas de les estacions

A les bandes transportadores, el pas (a_0) més usat normalment a les estacions d'anada és d'un metre, mentre que per al retorn és de tres metres (a_u).

La fletxa de flexió de la banda, entre dues estacions portants consecutives, no ha de superar el 2% del pas. Una fletxa de flexió major genera, durant la càrrega, sortides de material des de la banda i excessius fregaments deguts a les deformacions de la massa del material transportat. Això origina no només treball o absorció de potència, sinó també esforços no desitjats en els rodets, així com un desgast prematur de la coberta de la banda.

En els punts de càrrega, el pas (a_i) és generalment la meitat, o menys, del de les estacions normals, per tal de limitar al màxim la flexió de la banda i els esforços en els rodets.

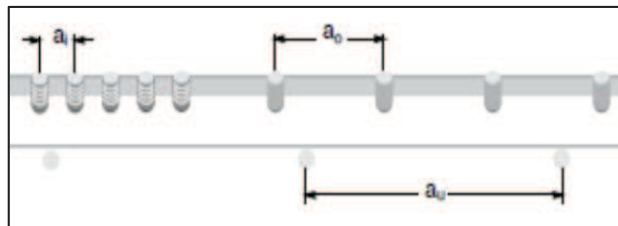


Figura.C.1.4.E

El pas màxim aconsellable de les estacions es detalla de forma orientativa :

Ampla de la banda (mm)	Pas de les estacions superiors (d'anada) (m)			Pas de les estacions de retorn (m)
	Pes específic del material a transportar t/m ³			
	<1.2	1.2-2	>2	
300	1.65	1.5	1.4	3
400	1.65	1.5	1.4	3
500	1.65	1.5	1.4	3
650	1.65	1.5	1.4	3
800	1.5	1.35	1.25	3
1000	1.35	1.2	1.1	3
1200	1.2	1	0.8	3
1400	1.2	1	0.8	3
1600	1.2	1	0.8	3
1800	1.2	1	0.8	3
2000	1	0.8	0.7	3
2200	1	0.8	0.7	3

Taula.C.1.4.F pas màxim aconsellable

C.1.4.9 Distància de transició

L'espai existent entre l'última estació de rodets adjacent al tambor de cap o de cua d'una cinta transportadora i els tambors mateixos, s'anomena distància de transició. Figura C.1.4.F. Al llarg d'aquest tram la banda passa d'una configuració inclinada, determinada pels angles de les estacions portants, a la plana del tambor i viceversa. Les cintes que treballen amb estacions superiors d'un rodet pla, no es veuran afectades.

Les vores de la banda són sotmeses a una tensió addicional, que actua sobre els rodets laterals. La distància de transició "Lt", es dimensionarà inicialment de manera que no sigui inferior a l'ample de la banda a fi d'evitar sobreessorsos. Una vegada escollit el model de banda, es consultarà les especificacions tècniques del fabricant i es comprovarà que aquesta no sigui inferior.

En el cas que la distància de transició Lt sigui superior al pas de les estacions portants, és convenient introduir en el tram de transició i amb estacions amb angle decreixent i concèntric, uns rodets laterals (anomenats estacions de transició). D'aquesta manera la banda passarà gradualment d'una configuració inclinada a plana, evitant així tensions perjudicials en els extrems de la banda i rodets laterals.

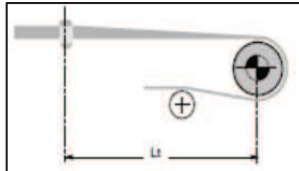


Figura.C.1.4.F

C.1.4.10 Dimensionat dels rodets de transport

I. Càrrega estàtica dels rodets superiors d'anada:

$$Ca = a_0 \times (q_b + q_g) \times 9,8 \text{ (N) [eq. C.6]}$$

Ca = Càrrega estàtica sobre els rodets superiors d'anada

a₀ = Pas de les estacions superiors (m)

q_b = pes de la banda per metre lineal (Kg/m)

q_g = Pes del material per metre lineal (Kg/m)

II. Càrrega dinàmica dels rodets superiors d'anada:

$$Ca_1 = Ca \times F_d \times F_s \times F_m \text{ (N) [eq. C.7]}$$

Ca₁ = Càrrega dinàmica sobre els rodets superiors d'anada

F_d = Factor de xoc (veure taula.C.1.4.G)

F_s = Factor de servei (veure taula.C.1.4.H)

F_m = Factor ambiental (veure taula.C.1.4.I)

III. Càrrega sobre el rodet superior d'anada més desfavorable:

$$Cad = Ca_1 \times F_p \text{ (N) [eq. C.8]}$$

Cad = Càrrega sobre els rodets superiors d'anada més desfavorables

Ca₁ = Càrrega dinàmica sobre els rodets superiors d'anada (N)

F_p = Factor de participació del rodet més desfavorable (veure taula.C.1.4.J)

IV. Càrrega estàtica dels rodets inferiors de retorn:

$$Cr = a_u \times q_b \times 9,8 \text{ (N) [eq. C.9]}$$

Cr = Càrrega estàtica sobre els rodets inferiors de retorn

a_u = Pas de les estacions inferiors de retorn (m)

q_b = pes de la banda per metre lineal (Kg/m)

V. Càrrega dinàmica dels rodets inferiors de retorn:

$$Cr_1 = Cr \times F_v \times F_s \times F_m \text{ (N) [eq. C.10]}$$

Cr₁ = Càrrega dinàmica sobre els rodets inferiors de retorn

Cr = Càrrega estàtica sobre els rodets inferiors de retorn (N)

F_v = Factor de velocitat (veure taula C.1.4.K)

F_s = Factor de servei (veure taula.C.1.4.H)

F_m = Factor ambiental (veure taula.C.1.4.I)

VI. Càrrega sobre el rodet inferior de retorn més desfavorable:

$$Crd = Cr_1 \times F_p \text{ (N) [eq. C.11]}$$

Crd = Càrrega sobre els rodets inferiors de retorn més desfavorables

Cr₁ = Càrrega dinàmica sobre els rodets inferiors de retorn (N)

F_p = Factor de participació del rodet més desfavorable (veure taula C.1.4.J)

Mida del material (mm)	Velocitat de la banda (m/s)						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0-100	1	1	1	1	1	1	1
100-150	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150-300 estrat de material fi	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150-300	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.5
300-450	1.2	1.32	1.5	1.7	1.9	2.3	2.8

Taula.C.1.4.G Factor de xoc F_d

Duració de servei	F _s
Menys de 6 hores per dia	0.8
De 6 a 9 hores per dia	1
De 10 a 16 hores per dia	1.1
Més de 16 hores per dia	1.2

Taula.C.1.4.H Factor de servei F_s

Condicions	Fm
Net amb manteniment regular	0.9
Presència de material abrasiu i molt corrosiu	1
Presència de material molt abrasiu o corrosiu	1.1

Taula.C.1.4.I Factor ambiental Fm

0°	20°	20°	30°	35°	40°	45°	30° - 45°
1	0,5	0,6	0,65	0,67	0,7	0,72	0,55-0,6 rodet central més petit

Taula.C.1.4.J Factor de participació Fp del rodet sotmès a major esforç

Velocitat v de la banda (m/s)	Diàmetre dels rodets (mm)						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0,5	0,81	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
1	0,92	0,87	0,85	0,83	0,82	0,8	0,8
1,5	0,99	0,99	0,92	0,89	0,88	0,85	0,82
2	1,05	1	0,96	0,95	0,94	0,9	0,86
2,5	-	-	1,01	0,98	0,97	0,93	0,91
3	-	-	1,05	1,03	1,01	0,96	0,92
3,5	-	-	-	-	1,04	1	0,96
4	-	-	-	-	1,07	1,03	0,99
4,5	-	-	-	-	1,14	1,05	1,02
5	-	-	-	-	1,17	1,08	1

Taula.C.1.4.K Factor de velocitat

C.1.4.11 Esforç tangencial

L'esforç tangencial total a la perifèria del tambor motriu ha de vèncer totes les resistències que es s'oposen al moviment i està constituït per la suma dels següents esforços:

- Esforç necessari per moure la banda descarregada: ha de vèncer els fregaments que s'oposen al moviment de la banda causats per les estacions portants i de retorn, pels contra tambors i desviadors, etc.;
- Esforç necessari per vèncer les resistències que s'oposen al desplaçament horitzontal del material.
- Esforç necessari per elevar el material fins a la cota desitjada (en cas de bandes descendents, la força generada per la massa total transportada esdevé motriu).
- Esforços necessaris per vèncer les resistències secundàries degudes a la presència d'accessoris (descarregadors mòbils "Tripper", netejadors, raspadors, faldons de retenció, dispositius d'inversió, etc.).

I. Força tangencial total Fu a la perifèria del tambor motriu:

$$F_u = F_a + F_r + F_n + F_f \text{ (N) [eq. C.12]}$$

F_u = Força tangencial a la perifèria del tambor motriu

F_a = Força tangencial necessària per a moure la banda en el trams d'anada superior (N)

F_r = Força tangencial necessària per a moure la banda en el tram de retorn inferior (N)

F_n = Força tangencial generada pels dispositius de neteja (N)

F_f = Força tangencial generada per els faldons de retenció (N)

II. La força tangencial Fa :

$$F_a = [L \times C_q \times f \times (C_t (q_b + q_g + \frac{q_{ro} \times N_{ro}}{a_0})) \pm (q_g + q_b) \times H] \times 9,8 \text{ (N) [eq. C.13]}$$

F_a = Força tangencial necessària per a moure la banda en el trams d'anada superior

L = Distància entre eixos del transportador (m)

C_q = Coeficient de resistències fixes

f = Coeficient de fregament interior de les parts giratòries

C_t = Coeficient de resistències passives

q_b = pes de la banda per metre lineal (Kg/m)

q_g = Pes del material per metre lineal (Kg/m)

N_{ro} = nombre de rodets de l'estació superior

q_{ro} = pes de les parts giratòries d'un rodets superiors (Kg)

H = desnivell de la cinta (m)

a_0 = Pas de les estacions superiors (m)

Per cintes transportadores descendents, signe (-)

III. La força tangencial Fr :

$$F_r = [L \times C_q \times f \times (C_t (q_b + \frac{q_{ru} \times N_{ru}}{a_u})) \pm (q_b \times H)] \times 9,8 \text{ (N) [eq. C.14]}$$

F_r = Força tangencial necessària per a moure la banda en el tram de retorn inferior

L = Distància entre eixos del transportador (m)

C_q = Coeficient de resistències fixes (veure taula.C.1.4.L)

f = Coeficient de fregament interior de les parts giratòries (veure taula.C.1.4.M)

C_t = Coeficient de resistències passives (veure taula.C.1.4.N)

q_b = pes de la banda per metre lineal (Kg/m)

N_{ru} = nombre de rodets de l'estació de retorn

q_{ru} = pes de les parts giratòries d'un rodets de retorn (Kg)

H = desnivell de la cinta (m)

a_u = Pas de les estacions de retorn (m)

Per cintes transportadores descendents, signe (-)

IV. La força tangencial Fn :

Per a calcular la força de fricció "Fn" que es genera amb el frec entre la banda i els rascadors de neteja, es farà ús de la següent relació segons l'associació americana "Conveyor Equipment Manufacturers Association" (CEMA) :

$$F_n = \left(2,27 \times \left(\frac{N}{25.4} \right) \right) \times 9,8 \text{ (N) [eq. C.15]}$$

F_n = Força tangencial generada pels dispositius de neteja

N= amplada de la banda (mm)

V. La força tangencial Ff :

Per a calcular la força de fricció "Ff" que es genera amb el frec entre el material a transportar i els faldons de retenció, es farà ús de la següent relació segons l'associació americana "Conveyor Equipment Manufacturers Association" (CEMA) :

$$F_f = \left(L_b \times \left(C_s \times h_s^2 + 6 \right) / 2.2 \right) \times 9.8 \text{ (N) [eq. C.16]}$$

F_f = Força tangencial generada per els faldons de retenció (N)

L_b = longitud dels faldons (Ft)

C_s = factor per als diferents materials (més desfavorable C_s=0.27)

h_s = profunditat del material en contacte (in)

Quan l'espaiament dels faldons és les dues terceres parts de l'ample de la faixa, la profunditat de fregament del material amb el faldó no superarà al 10% de l'ample de la faixa, proporcionant un angle de sobrecàrrega no major de 20 ° quan es carrega en rodets acanalats a 20 °.

L (m)	3	4	5	6	8	10	12.5	16	20	25	32	40
C _q	9	7.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4
L (m)	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	1000
C _q	2.2	2	1.85	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.05	1.05

Taula.C.1.4.L Coeficient de resistències fixes

Cintes transportadores horitzontals, ascendents o lleugerament descendents	Velocitat m/s					
	1	2	3	4	5	6
Elements giratoris i material amb fregaments interiors estàndards	0.0160	0.0165	0.0170	0.0180	0.02	0.022
Elements giratoris i material amb fregaments interiors alts en condicions de treball difícils	Des de 0.023 fins a 0.027					
Elements giratoris de cintes transportadores descendents amb motor fre i/o generador	Des de 0.012 fins a 0.016					

Taula.C.1.4.M Coeficient de fregament interior f del material i elements giratoris

Temperatura °C	+20°	+10°	0	-10°	-20°	-30°
Factor Ct	1	1.01	1.04	1.10	1.16	1.27

Taula.C.1.4.N Coeficient de resistències passives degudes a la temperatura

C.1.4.12 Forces de tensió de la banda

I. Forces tensoras T1 i T2 :

La força tangencial total Ft a la perifèria del tambor motriu correspon a la diferència de les forces tensoras T1 (costat tens) i T2 (costat lent). Això es deriva del parell motriu necessari perquè es mogui la banda i transmès pel motor. Passant del punt A al punt B (Figura.C.1.4.G) la força tensora de la banda passa amb llei de variació exponencial del valor T1 al valor T2.

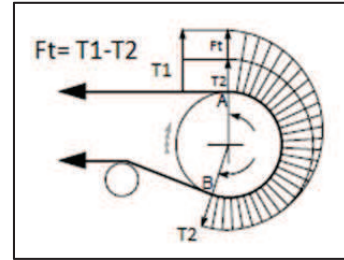


Figura.C.1.4.G

Entre T1 i T2 subsisteix la relació:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{fa} \text{ [eq. C.17]}$$

T1 = Força de tensió del costat tens de la banda a la perifèria del tambor motriu

T2 = Força de tensió del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu

e = Potència mínima necessària

fa= coeficient de fregament entre banda i tambor, donat un angle d'abraçament.

El signe (=) defineix la condició límit d'adherència. Si la relació T1/T2 es torna $> e^{fa}$, la banda patina en el tambor motriu sense que es transmeti el moviment.

De les relacions anteriorment descrites, s'obté :

$$T_1 = Fu + T_2 \text{ (N) [eq. C.18]}$$

$$T_2 = Fu \times \frac{1}{e^{fa}-1} = Fu \times Cw \text{ (N) [eq. C.19]}$$

El valor Cw, es defineix com a factor d'abraçament, en funció de l'angle d'abraçament de la banda en el tambor motriu (pot arribar als 420 ° quan es té un doble tambor) i del valor del coeficient de fregament fa entre la banda i el tambor. Taula.C.1.4.O

L'adherència de la banda amb el tambor motriu es pot assegurar mitjançant un dispositiu anomenat tensor de banda utilitzat per mantenir una adequada tensió en totes les condicions de treball.

Tipus de motorització	Angle d'abraçament	Tensor de contrapès		Tensor de cargol	
		Sense revestiment	Amb revestiment	Sense revestiment	Amb revestiment
Sense presència de rodet d'inflexió	180°	0.84	0.5	1.2	0.8
Amb presència de rodet d'inflexió	200°	0.72	0.42	1	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.7
	220°	0.62	0.35	0.9	0.65
	240°	0.54	0.3	0.8	0.6
Doble tambor i rodet d'inflexió	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Taula.C.1.4.O factor d'abraçament Cw

Un cop establert el valor de les forces de tensió T1 i T2 s'analitzen les tensions de la banda en altres zones crítiques de la cinta transportadora, és a dir:

- Força de tensió T3 corresponent al tram lent del contra tambor.
- Força de tensió T0 mínima a la cua, zona de càrrega del material.
- Força de tensió Tg de la banda en el punt de situació del dispositiu de tensió.
- Força de tensió Tmax de la banda

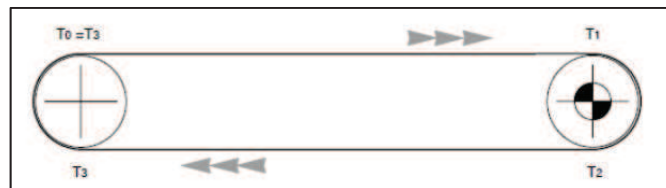


Figura.C.1.4.H

II. Força de tensió T3 :

La tensió T3 que es genera en acostar-se al contra tambor (Figura C.1.4.H) be donada per la suma algebraica de la tensió T2 i dels esforços tangencials Fr corresponents a cada un dels trams de retorn de la banda.

$$T3 = T2 + Fr \text{ (N) [eq. C.20]}$$

III. Força de tensió T0 :

La força de tensió T3 mínima requerida, a l'allunyar-se del contra tambor, a més de garantir l'adherència de la banda amb el tambor motriu, per a transmetre el moviment, ha de tenir una fletxa de flexió de la banda, entre dues estacions portants consecutives, que no superi el 2% del pas de les estacions mateixes. Això serveix per evitar desbordaments de material de la banda i excessives resistències passives, causades per la dinàmica del material amb el pas per les estacions.

Força de tensió T0 mínima necessària per a mantenir un valor de fletxa del 2% :

$$T0 = 6,25 \times (qb + qg) \times a0 \times 9.8 \text{ (N) [eq. C.21]}$$

qb = pes de la banda per metre lineal (Kg/m)

qg = Pes del material per metre lineal (Kg/m)

a0 = Pas de les estacions superiors (m)

Per obtenir la Força de tensió T_0 necessària per a garantir la fletxa desitjada, s'utilitza un dispositiu de tensat, que influeix també a les tensions T_1 i T_2 encara que deixa invariable l'esforç perifèric $F_u = T_1 - T_2$.

C.1.4.13 Càrregues de treball i de trencament de la banda

La força de tensió de la banda en el punt sotmès a major esforç de la cinta transportadora és anomenada tensió màxima T_{max} .

I. Tensió unitària màxima :

$$T_{umax} = \frac{T_{max} \times n}{N} \quad (\text{N/mm}) \quad [\text{eq. C.22}]$$

T_{max} = Força de tensió en el punt sotmès a major esforç (N)

N = amplada de la banda (mm)

n = Coeficient de seguretat de la banda ($n=10$ bandes reforçades productes tèxtils DIN22102, $n=8$ bandes reforçades per elements metàl·lics DIN22131)

Com a criteri de seguretat, es considera que la càrrega de treball màxima en règim per bandes reforçades amb productes tèxtils correspon a 1/10 de la càrrega de ruptura de la banda (1/8 per a banda reforçades amb elements metàl·lics).

C.1.4.14 Diàmetre dels tambors

El dimensionament del diàmetre dels tambors de comandament està en estreta relació amb les característiques de resistència de la peça intercalada de la banda utilitzada. A la Taula. C.1.4.P s'indiquen els diàmetres mínims recomanats en funció del tipus de peça intercalada utilitzada, a fi d'evitar danys a la banda per separació de les teles o esquinçament dels teixits.

Càrrega de ruptura de la banda (N/mm)	Bandes reforçades per productes tèxtils DIN 22102			Bandes reforçades per elements metàl·lics DIN 22102		
	Ø tambor motriu (mm)	Ø contra tambor (mm)	Ø desviador (mm)	Ø tambor motriu (mm)	Ø contra tambor (mm)	Ø desviador (mm)
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

Taula.C.1.4.P diàmetres mínims recomanats

No s'aplica aquesta taula en cas de cintes transportadores que transporten materials amb una temperatura superior a +110 ° C o)en cas de cintes transportadores instal·lades en ambients amb una temperatura inferior a -40 ° C.

Per a calcular el diàmetre mínim del tambor motriu usant bandes reforçades amb productes tèxtils existeix també la següent expressió segons DIN22101:

$$D = \frac{(T_{\max}/9,8) \times 360}{p \times \pi \times \alpha} \times 1000 \text{ (mm) [eq. C.23]}$$

D = diàmetre mínim del tambor motriu

T_{max} = Força de tensió en el punt sotmès a major esforç (N)

p = capacitat de transmissió tambor/banda (1600-2000 Kg/m², en subterrànies fins a 3500 Kg/m²)

α = angle d'abraçament del tambor motriu (°)

C.1.4.15 Potència motriu

Coneguts l'esforç tangencial total a la perifèria del tambor motriu, la velocitat de la banda i el rendiment "η" del reductor, la potència mínima necessària del motor vindrà donada per:

$$P = \frac{F_u \times v}{1000 \times \eta} \text{ (Kw) [eq. C.24]}$$

P = Potència mínima necessària

F_u = Força tangencial a la perifèria del tambor motriu (N)

v = velocitat de la banda (m/s)

η = rendiment del sistema d'accionament

C.1.4.16 Parell motriu

Coneguda la força tangencial necessària per a vèncer totes les forces a la perifèria del tambor motriu i el diàmetre d'aquest, el parell motriu mínim necessari vindrà donat per :

$$T_n = F_u \times \frac{D}{2} \text{ (Nm) [eq. C.25]}$$

T_n = parell motriu mínim necessari

F_u = Força tangencial a la perifèria del tambor motriu (N)

D = diàmetre del tambor motriu seleccionat (m)

C.1.4.17 Velocitat de gir del tambor motriu

Coneguda la velocitat lineal de la banda a la perifèria del tambor motriu i el diàmetre d'aquest es determinen les revolucions de gir per minut de la següent forma :

$$n_2 = \frac{[v / (D/2)] \times 60}{2 \times \pi} \text{ (r.p.m) [eq. C.26]}$$

n₂ = velocitat angular del tambor motriu

v = velocitat de la banda (m/s)

D = diàmetre del tambor motriu seleccionat (m)

C.2. Cinta d'entrada**C.2.1. Característiques principals**Característiques dimensionals :

Altura	955mm
Amplada	950mm
Longitud	5217mm
Distància entre eixos	4730mm
pes	1200Kg

Característiques de funcionament :

Capacitat de transport	120 T/h
Utilització/Funcionament	24 h/dia
Característiques ambientals	Intempèrie, presència de material abrasiu i molt corrosiu
Temperatura mínima de treball	-10°C
Alimentació de la cinta	Alimentació regular mitjançant tremuja de descàrrega

Característiques del material a transportar :

Material a transportar	Barita BaSO ₄
densitat	2,8 T/m ³
Granulometria màxima	100mm
Abrasivitat	Poc abrasiu
Angle de repòs	35°
Angle de sobrecàrrega	25°

Característiques tècniques de la banda de transport :

Amplada	650mm
Velocitat lineal	0.253 m/s
Tipus de reforç	Reforç mitjançant productes tèxtils DIN 22102
Longitud total	10.308mm
Càrrega de ruptura	200 N/m
Pes	5,1 Kg/m ²
Dispositiu de tensió	Tensor de cargol

Característiques tècniques de l'accionament :

Model motor reductor	Pujol Muntalà LXCM 130/100LY-6/11
potència	1.5kW
Parell nominal	833 Nm
Velocitat de sortida	11 [1/min]
Consum	4.3 A (380V)

Característiques de les estacions superiors :

Tipologia d'estació superior	Estructura de 3 rodets, λ=30°
Pas estació superior	436mm
Model de rodet	Rulmecca MPS-120R-76N-258 (ø76mm)

Característiques de les estacions de transició :

Tipologia d'estació transició	Estructura de 3 rodets, $\lambda=15^\circ$
Pas estació de transició	218mm
Model de rodet	Rulmeca MPS-120R-76N-259 ($\phi 76\text{mm}$)

Característiques de les estacions inferiors :

Tipologia d'estació inferior	Estructura de 1 rodet pla
Pas estació inferior	1.5m
Model de rodet	Rulmeca 108NL ($\phi 108\text{mm}$)

Característiques del tambor motriu :

Tipologia de tambor	Tambor de sectors
diàmetre	270mm
Longitud	750mm
pes	33,8 Kg

Característiques del tambor de cua o contra tambor :

Tipologia de tambor	Tambor de sectors
diàmetre	220mm
Longitud	750mm
pes	27 Kg

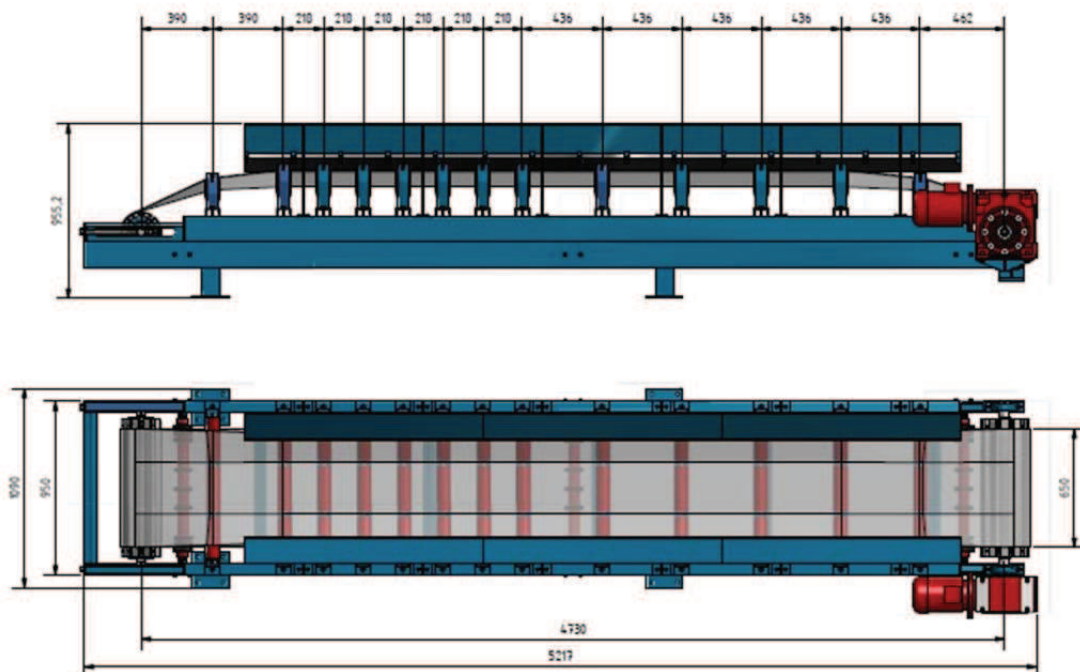


Fig. C.2.1 Dimensions generals de la cinta d'entrada

C.2.2. Càlculs de transport

C.2.2.1 quantitat de material que gravita sobre la banda

Al tractar-se d'una cinta que transporta la totalitat de les 120 t/h de Barita que processarà la planta des de la tremuja de càrrega fins al triturador primari de mandíbules, es defineix una baixa velocitat de transport de 0,155 m/s a fi de :

- Obtenir un triturat eficient
- Evitar la presència de pols
- Menor desgast de la banda de transport

Amb la velocitat de treball establerta i la capacitat de transport necessària, es calcula el pes de material que gravita sobre un metre lineal de la banda :

Pes del material qg (Kg/m)	Capacitat de transport de la banda Iv (t/h)	velocitat de la banda v (m/s)
215,05	120	0,155

$$qg = \frac{Iv}{V \cdot 3,6} = \frac{120}{0,155 \times 3,6} = 215,05 \text{ (Kg/m)}$$

C.2.2.2 Capacitat de transport volumètrica

Conegut el pes específic amb un valor de 2,8 t/m³ es procedeix a calcular el volum de material a transportar.

Capacitat de transport volumètrica I_M (m ³ /h)	Capacitat de transport Iv (t/h)	pes específic qs (t/m ³)
42,86	120	2,8

$$I_M = \frac{Iv}{q_s} = \frac{120}{2,8} = 42,86 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Per tal d'establir la disposició dels rodets superiors i l'amplada de banda necessària que compleixi amb la capacitat requerida, es calcula la capacitat de transport volumètrica a una velocitat d'1m/s per tal de fer us de les taules de capacitats DIN 22101.

Capacitat de transport volumètrica I_{vt} (m ³ /h) ; v=1 m/s	Capacitat de transport volumètrica I_M (m ³ /h)	velocitat de la banda v (m/s)
276,5	42,86	0,155

$$I_{vt} = \frac{I_M}{v} = \frac{42,86}{0,155} = 276,5 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

C.2.2.3 Capacitat de transport volumètrica corregida

La irregularitat d'alimentació i el pendent d'una cinta, requereixen una correcció de la capacitat de transport volumètrica. En aquest cas no és necessari ja que es tracta d'una cinta totalment horitzontal i amb una alimentació molt regular.

Capacitat de transport volumètrica corregida l_{vM} (m ³ /h) ; $v=1$ m/s	Capacitat de transport volumètrica l_{vt} (m ³ /h) $v=1$ m/s	Factor d'inclinació K (veure Figura.C.1.4.D)	Factor d'alimentació K1 (veure Taula.C.1.4.B)
276,5	276,5	1	1

$$l_{vM} = \frac{l_{vt}}{K \times K_1} = \frac{276,5}{1 \times 1} = 276,5 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

C.2.2.4 Selecció de la disposició dels rodets i amplada de banda

L'angle de repòs α de la Barita és aproximadament de 35°, es dedueix que durant el moviment de la banda, l'angle de sobrecàrrega β s'ha d'estabilitzar al voltant dels 25°.

Per tant, elegint de les taules DIN 22101 una estació portant de tres rodets amb angle d'obertura dels rodets laterals $\lambda=30^\circ$ i una amplada de banda de 650mm, aquesta cinta és capaç de transportar la capacitat volumètrica l_{vt} ($v=1$ m/s) següent :

Amplada de la banda N (mm)	Angle de sobrecàrrega β (°) (veure Figura.C.1.4.A)	Capacitat de transport volumètrica l_{vt} (m ³ /h) ; $v=1$ m/s amb una inclinació dels rodets laterals $\lambda=30^\circ$ (DIN 22101 veure Taula.c.1.4.E)
650	25°	198,7

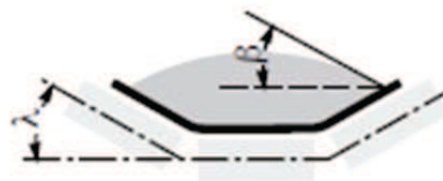


Figura C.2.2.A Representació de l'angle de sobrecàrrega

A l'apartat anterior C.2.2.3 s'ha calculat la capacitat de càrrega necessària del transportador i aquesta és major a la capacitat que permet la distribució escollida a les taules DIN22101. Per tal d'incrementar aquesta diferència es requereix el muntatge de faldons laterals que permetran obtenir una superfície de càrrega major i per tant, una capacitat volumètrica $l_{vM} = 276,5$.

C.2.3. Elecció de la banda de transport

Amplada de banda (mm)	650
Càrrega de ruptura de la banda (N/mm)	200
Pes de la banda (Kg/m)	5.1
model	DRAGO D30 AR
fabricant	Esbelt

C.2.4. Càlcul i dimensionat de les estacions de transport

C.2.4.1 Estacions superiors

I. Pas de les estacions :

Per tal que la flexió de la banda entre dues estacions consecutives no superi el 2% del pas, es fa us de la Taula.C.1.4.F per establir un pas màxim aconsellable de 1,4m.

Per a garantir una correcta subjecció de la cinta i evitar amb tota garantia una flexió no desitjada de la banda, s'adopta el pas a_0 següent :

Amplada de la banda N (mm)	Pas a_0 de les estacions superiors (d'anada) (m)
650	0,436

En els punts de càrrega, el pas (a_i) és generalment la meitat, o menys, respecte les estacions normals, per tal de limitar al màxim la flexió de la banda i els esforços en els rodets. S'estableix el següent pas per a la zona de càrrega de la cinta :

Pas a_i de les estacions de càrrega (m)
0,218

II. Estructura de rodets :

Per a les estacions superiors es farà us d'estructures inclinades 30º per a bandes de 650mm. Les característiques d'aquestes s'indiquen a la figura C.2.4.A següent:

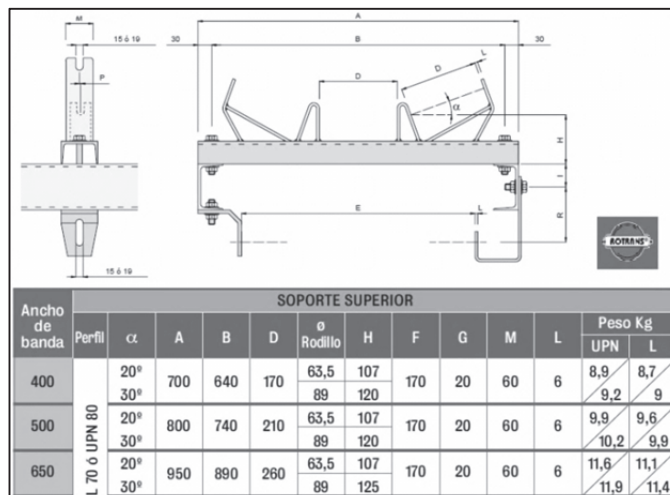


Figura C.2.4.A Dimensiones de les estacions superiors inclinades 30º

III. Rodets superiors :

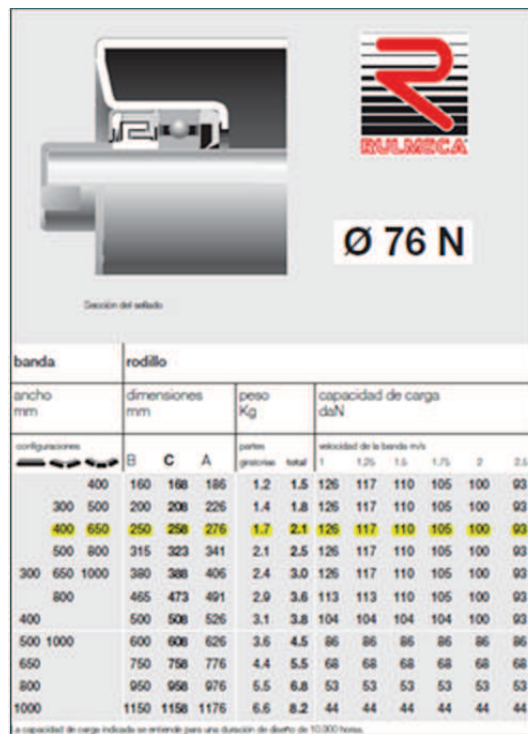


Figura C.2.4.B Característiques dels rodets Rulmeca MPS-120R-76N-258 (ø76mm)

Càrrega estàtica dels rodets superiors :

Càrrega estàtica Ca (N)	Pas a0 de les estacions superior (m)	pes de la banda per metre lineal qb (Kg/m)	Pes del material qg (Kg/m)
941,6	0,436	5,1	215,05

$$Ca = a_0 \times (q_b + q_g) \times 9,8 = 0,436 \times (5,1 + 215,05) \times 9,81 = 941,6 \text{ N}$$

Càrrega dinàmica dels rodets superiors :

Càrrega dinàmica Ca1 (N)	Càrrega estàtica Ca (N)	Factor de xoc Fd (veure Taula C.1.4.G)	Factor de servei Fs (veure Taula C.1.4.H)	Factor ambiental Fm (veure Taula C.1.4.I)
1152,6	941,6	1,02	1,2	1

$$Ca_1 = Ca \times F_d \times F_s \times F_m = 941,6 \times 1,02 \times 1,2 \times 1 = 1152,6 \text{ N}$$

Càrrega sobre el rodet superior més desfavorable:

Càrrega Cad sobre els rodets superiors d'anada més desfavorable (N)	Càrrega dinàmica Ca1 sobre els rodets superiors d'anada (N)	Factor de participació Fp del rodet més desfavorable (veure Taula C.1.4.J)
749,2	1152,6	0,65

$$Cad = Ca_1 \times F_p = 1152,6 \times 0,65 = 749,2 \text{ N}$$

El rodet seleccionat admet una càrrega màxima de 1260 N a una velocitat de la banda d' 1 m/s per a garantir 10.000 hores de funcionament, per tant, complirà de forma satisfactòria amb una càrrega de 749,2 N a velocitat de 0,155 m/s.

C.2.4.2 Estacions inferiors

I. Rodets de retorn inferiors:

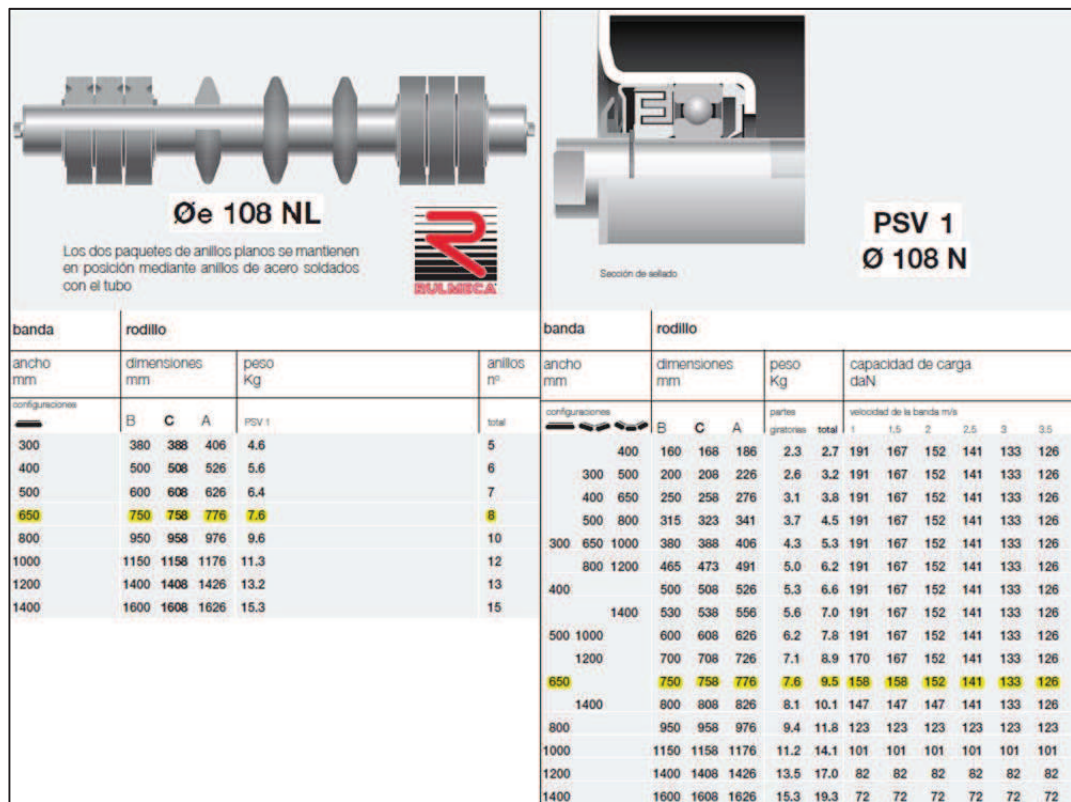


Figura C.2.4.C Característiques dels rodets Rulmecca 108NL

Càrrega estàtica dels rodets inferiors de retorn:

Càrrega estàtica Cr sobre els rodets inferiors de retorn (N)	Pas au de les estacions de retorn (m)	pes de la banda per metre lineal qb (Kg/m)
107,1	2,140	5,1

$$Cr = au \times qb \times 9,81 = 107,1 \text{ N}$$

Càrrega dinàmica dels rodets inferiors de retorn:

Càrrega dinàmica Cr1 (N)	Càrrega estàtica Cr (N)	Factor de velocitat Fv (veure Taula C.1.4.K)	Factor de servei Fs (veure taula.C.1.4.H)	Factor ambiental Fm (veure Taula C.1.4.I)
102,8	107,1	0,8	1,2	1

$$Cr1 = Cr \times Fv \times Fs \times Fm = 107,1 \times 0,8 \times 1,2 \times 1 = 102,8 \text{ N}$$

Càrrega més desfavorable sobre els rodets inferiors de retorn:

Càrrega Cr_d sobre els rodets inferiors de retorn més desfavorables (N)	Càrrega dinàmica Cr₁ sobre els rodets inferiors de retorn (N)	Factor de participació F_p del rodet més desfavorable (veure Taula C.1.4.J)
102,8	102,67	1

$$Crd = Cr_1 \times F_p = 102,8 \times 1 = 102,8 \text{ N}$$

El rodet seleccionat admet una càrrega màxima de 1580 N a una velocitat de la banda d' 1 m/s per a garantir 10.000 hores de funcionament, per tant, complirà de forma satisfactòria amb una càrrega de 102,8 N a velocitat de 0,155 m/s.

C.2.5. Càlcul de l'esforç necessari per moure la banda

C.2.5.1 Força tangencial **F_a**

Força tangencial necessària F_a per a moure la banda en el tram d'anada (N)	Distància entre eixos L de la cinta (m)	Coefficient de resistències fixes C_q (veure Taula.C.1.4.I)	Coefficient de fregament interior de les parts giratòries f (veure Taula C.1.4.M)	Coefficient de resistències passives C_t (veure Taula C.1.4.N)	pes de la banda per metre lineal q_b (Kg/m)
2428,3	4,73	7,6	0,027	1,1	5,1

Pes del material per metre lineal q_g (Kg/m)	pes de les parts giratòries d'un rodet superiors q_{ro} (Kg)	Nombre de rodets N_{ro} de l'estació superior	desnivell de la cinta H (m)	Pas de les estacions superiors a₀ (m)
215,05	1,7	3	0	0,436

$$F_a = [L \times C_q \times f \times (C_t (q_b + q_g + \frac{q_{ro} \times N_{ro}}{a_0})) + (q_g + q_b) \times H] \times 9,81 =$$

$$= [4,73 \times 7,6 \times 0,027 \times (1,1 (5,1 + 215,05 + \frac{1,7 \times 3}{0,436})) + (215,05 + 5,1) \times 0] \times 9,81 = 2428,3$$

C.2.5.2 Força tangencial **F_n**

El dispositiu de neteja previst per a la cinta d'entrada consta d'una fulla de carbur de tungstè que rascarà directament sobre la banda. No només influirà el coeficient de fregament entre fulla i banda a la força resistent sinó que també existeixen altres variables com el desgast no uniforme de la fulla i la pressió que genera aquesta contra la banda després del muntatge.

Segons els estàndards de l'associació americana "CEMA" es preveu 5 lb de força per cada polsada d'amplada de la fulla del rascador.

Força tangencial F_n generada pels dispositius de neteja (N)	amplada de la banda N (mm)
569,3	650

$$F_n = \left(2,27 \times \left(\frac{N}{25,4} \right) \right) \times 9,8 = \left(2,27 \times \left(\frac{650}{25,4} \right) \right) \times 9,8 = 569,3 \text{ N}$$

C.2.5.3 Força tangencial F_f

Per a calcular la força de fricció "F_f" que es genera amb el frec entre el material a transportar i els faldons de retenció, es farà ús de la següent relació segons l'associació americana "Conveyor Equipment Manufacturers Association" (CEMA).

Aquesta relació considera que l'espaiament dels faldons és les dues terceres parts de l'ample de la faixa, la profunditat **h_s** de fregament del material amb el faldó no superarà al 10% de l'ample de la faixa, proporcionant un angle de sobrecàrrega no major de 20 ° quan es carrega en rodets acanalats a 20 °.

Força tangencial F_f generada per els faldons de retenció (N)	longitud dels faldons L_b (Ft)	factor per als diferents materials C_s	profunditat h_s del material en contacte (10% amplada de la banda) (in)
453.5	13,09	0,27	2,56

$$F_f = (L_b \times (C_s \times h_s^2 + 6) / 2.2) \times 9.81 = (13,09 \times (0,27 \times 2,56^2 + 6) / 2.2) \times 9.81 = 453.5 \text{ N}$$

C.2.5.4 Força tangencial total F_u a la perifèria del tambor motriu

Força tangencial F_u a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial F_a necessària per a moure la banda en el trams d'anada superior (N)	Força tangencial F_r necessària per a moure la banda en el tram de retorn inferior (N)	Força tangencial F_n generada pels dispositius de neteja (N)	Força tangencial F_f generada per els faldons de retenció (N)
3542,3	2428,3	90,6	569,3	453,5

$$F_u = F_a + F_r + F_n + F_f = 2428,3 + 90,6 + 569,3 + 453,5 = 3542,3 \text{ N}$$

C.2.6. Tensions de la banda

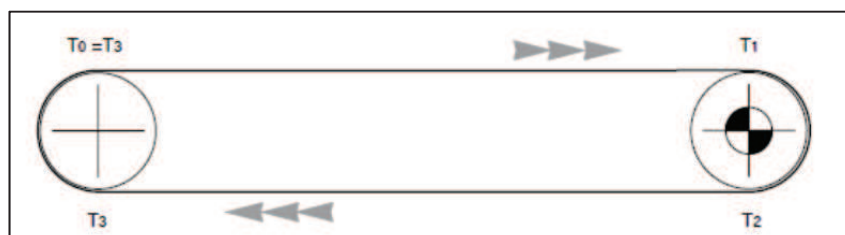


Figura c.2.6 Identificació de les tensions de la banda

C.2.6.1 Força de tensió T₂

Força de tensió T₂ del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial F_u a la perifèria del tambor motriu (N)	Factor d'abraçament C_w entre la banda i el tambor motriu.
3542,3	3542,3	1

$$T_2 = F_u \times C_w = 3542,3 \times 1 = 3542,3 \text{ N}$$

C.2.6.2 Força de tensió T₁

Força de tensió T₁ del costat tens de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial F_u a la perifèria del tambor motriu (N)	Força de tensió T₂ del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)
7084,6	3542,3	3542,3

$$T_1 = F_u + T_2 = 3542,3 + 3542,3 = 7084,6 \text{ N}$$

C.2.6.3 Força de tensió T₃

Força de tensió T₃ del costat lent de la banda a la perifèria del contra tambor (N)	Força de tensió T₂ del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial F_r necessària per a moure la banda en el tram de retorn inferior (N)
3632,9	3542,3	90,6

$$T_3 = T_2 + F_r = 3542,3 + 90,6 = 3632,9 \text{ N}$$

C.2.6.4 Força de tensió T₀

Força de tensió T₀ mínima a la cua, zona de càrrega del material (N)	pes de la banda per metre lineal q_b (Kg/m)	Pes del material per metre lineal q_g (Kg/m)	Pas de les estacions superiors a₀ (m)
5885,2	5,1	215,05	0,436

$$T_0 = 6,25 \times (q_b + q_g) \times a_0 \times 9,81 = 6,25 \times (5,1 + 215,05) \times 0,436 \times 9,81 = 5885,2 \text{ (N)}$$

La força de tensió T₃ és menor que la força de tensió T₀, per tant caldrà utilitzar un sistema tensor per obtenir la força de tensió T₀ calculada. Cal assumir per tant que T₃ = T₀ i com a conseqüència, es calcula de nou les forces tensors T₂ i T₁ obtenint així els següents valors:

Tensió T₁ del costat tens de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Tensió T₂ del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Tensió T₃ del costat lent de la banda a la perifèria del contra tambor (N)	Tensió T₀ mínima a la cua, zona de càrrega del material (N)
9336,9	5794,6	5885,2	5885,2

C.2.6.5 Força de tensió T₀

La màxima força de tensió que haurà de resistir la banda serà la tensió T₁, que es trobarà situada a la part superior de la perifèria del tambor motriu.

$$T_{\max} = T_1 = 9336,9 \text{ N}$$

C.2.6.6 Força de tensió màxima T_{max}

La màxima força de tensió que haurà de resistir la banda serà la tensió T₁, que es trobarà situada a la part superior de la perifèria del tambor motriu.

$$T_{\max} = T_1 = 9336,9 \text{ N}$$

C.2.6.7 Càrregues de treball i de trencament de la banda

Com a criteri de seguretat, es considera que la càrrega de treball màxima en règim per bandes reforçades amb productes tèxtils correspon a 1/10 de la càrrega de ruptura de la banda (1/8 per a banda reforçades amb elements metàl·lics).

Tensió unitària màxima T_{Umax} (N/mm)	Força de tensió T_{max} en el punt sotmès a major esforç (N)	amplada de la banda N (mm)	Coefficient de seguretat de la banda n
143,64	9336,9	650	10

$$T_{U\max} = \frac{T_{\max} \times n}{N} = \frac{9336,9 \times 10}{650} = 143,64 \text{ (N/mm)}$$

La càrrega de ruptura de la banda seleccionada és de 200 N/m, per tant aquesta complirà els requisits mínims de resistència a tracció.

C.2.7. Càlcul i dimensionat del capçal motriu

C.2.7.1 Diàmetre del tambor motriu

Segons Taula 3.1.4.P Pàg.141 amb una càrrega de ruptura de la banda de 200 N/mm i l'ús de bandes reforçades amb productes tèxtils segons DIN22102, el diàmetre mínim recomanat per el tambor motriu és de 200mm.

Degut a la gran presència d'aigua en el processat dels minerals i la gran quantitat de fangs que es generen, a fi d'evitar el màxim possible problemes d'acumulació de brutícia que deriven amb un desalineament i dany de la banda. Després de diferents iteracions es selecciona un tambor especial reixat amb un diàmetre nominal "D" de 270mm.

C.2.7.2 Potència motriu necessària

Es considera un accionament directe mitjançant motor reductor, amb un reductor tipus bis sens fi. A nivell orientatiu s'estipula un rendiment η del 86%

Potència P mínima necessària (Kw)	Força tangencial Fu a la perifèria del tambor motriu (N)	velocitat de la banda v (m/s)	rendiment η del sistema d'accionament
0,64	3542,3	0,155	0,86

$$P = \frac{F_u \times v}{1000 \times \eta} = \frac{3542,3 \times 0,155}{1000 \times 0,86} = 0,64 \text{ Kw}$$

C.2.7.3 Parell motriu

Parell motriu Tn (Nm)	Força tangencial Fu a la perifèria del tambor motriu (N)	diàmetre D del tambor motriu (m)
478,21	3542,3	0,27

$$T_n = F_u \times \frac{D}{2} = 3542,3 \times \frac{0,27}{2} = 478,21 \text{ Nm}$$

C.2.7.4 Velocitat de gir del tambor motriu

Velocitat de gir n₂ del tambor motriu (r.p.m)	velocitat de la banda v (m/s)	diàmetre D del tambor motriu (m)
11	0,155	0,27

$$n_2 = \frac{[v / (D/2)] \times 60}{2 \times \pi} = \frac{[0,155 / (0,27/2)] \times 60}{2 \times \pi} = 11 \text{ r.p.m}$$

C.2.7.5 Sistema d'accionament

El motor que acciona la banda transportadora totalment carregada, sense sobreescalfar-se, no podrà ser capaç d'accelerar el transportador carregat des del repòs fins a la velocitat de disseny. Per assegurar la capacitat d'arrencada adequada, es dimensiona de forma que el parell del motor excedirà la suma del parell exigít per transportar el material, aproximadament dues vegades el parell requerit per a superar la força de fricció de tot el transportador, d'aquesta manera també es garanteix qualsevol possible deficiència del subministrament de voltatge que pugui existir durant el període d'acceleració.

D'aquesta manera no només es garanteix una arrancada el més lleugera possible per el motor sinó que es garanteix un correcte funcionament de la cinta en cas de sobre fricció per excés de brutícia, fangs o mal estat d'algun dels components de la cinta.

Característiques del motor reductor seleccionat :

Model motor reductor	Pujol Muntalà LXCM 130/100LY-6/11
potència	1.5kW
Parell nominal	833.000 Nmm
Velocitat de sortida	11 [1/min]
Consum	4,3 A (380V)
Pes del motor reductor	99,8 kg

C.2.7.6 Dimensionat de l'eix motriu

L'eix s'acciona gràcies a un parell de 883 Nm generat pel motor reductor situat pròxim al rodament B. El dimensionat del diàmetre de l'eix requereix la determinació d'alguns valors. En primer lloc les forces gravitatòries segons l'eix Y com són les originades pel propi pes del tambor motriu, del motor reductor i l'eix. En segon lloc, la força resultant horitzontal segons l'eix Z originada per les tensions de la banda.

I. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Y):

Pes del motor reductor Pr	5,4 N/mm
Pes del tambor motriu Ptm	33,8 kg (331,24 N)
Pes propi de l'eix Pe	25,2 kg (247 N)

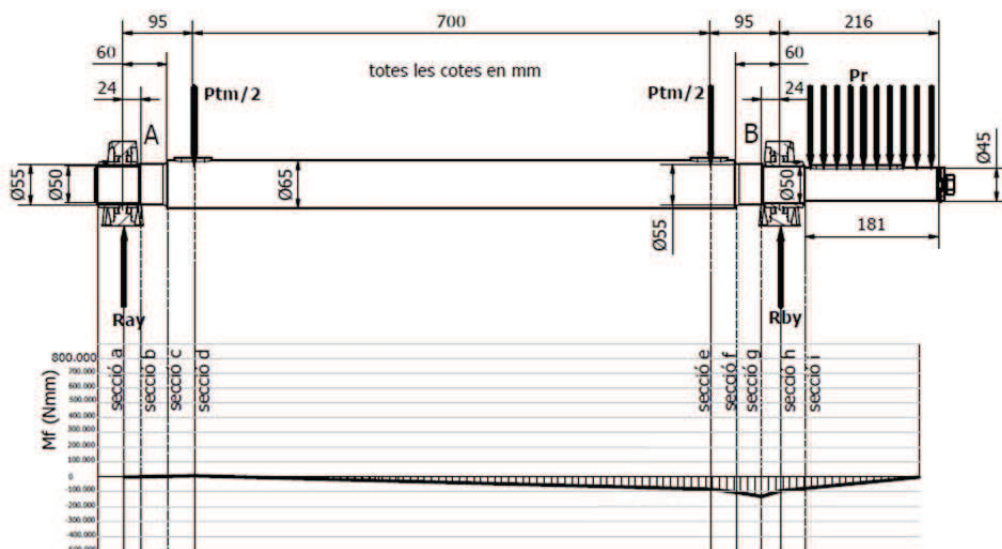


Figura 3.2.7.A Diagrama de forces i moments flexors (eix y)

II. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Z):

Tensió T1 de la banda	9336,9 N
Tensió T2 de la banda	5794,6 N
Resultant de tensions Rt	15.106,5 N

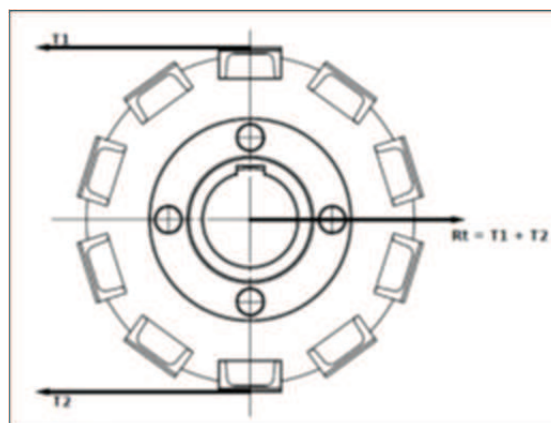


Figura C.2.7.B Diagrama de Forces (eix Z)

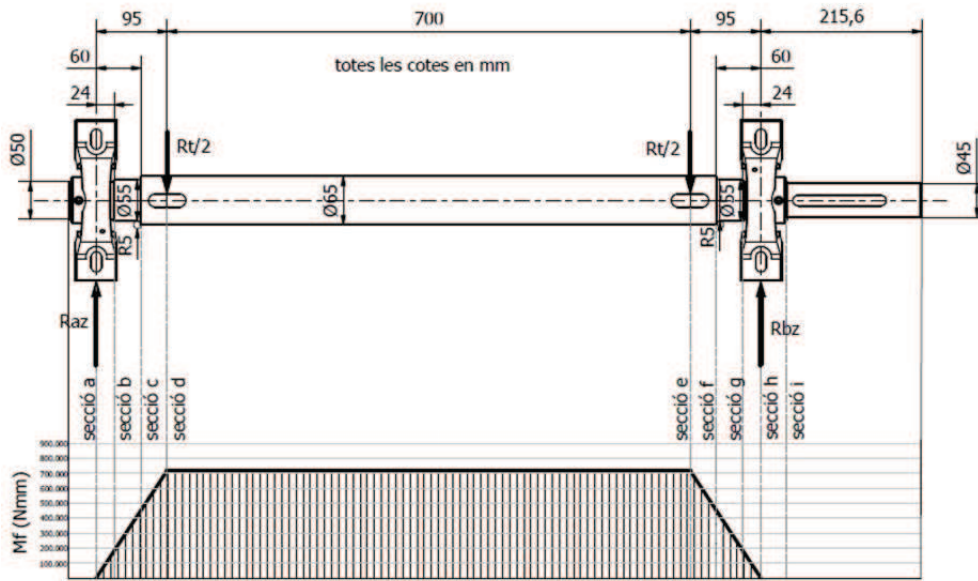


Figura C.2.7.C Diagrama de forces i moments flectors (eix Z)

III. Moment flector equivalent Mfe :

$$Mfe = \sqrt{Mx^2 + Mz^2}$$

	Moment flector Eix Y (Nmm)	Moment flector Eix Z (Nmm)	Mfe (Nmm)
Secció a	0	0	0
Secció b	3.046	181.576,8	181.602,3
Secció c	7.587	453.942	454.005,4
Secció d	11.731,5	718.741,5	718.837,2
Secció e	86.594,12	718.741,5	723.939,14
Secció f	100.571,3	453.942	464.949,4
Secció g	115.225,6	181.576,8	215.051,3
Secció h	125.116,8	0	125.116,8
Secció i	90.447	0	90.447

IV. Reaccions en els rodaments :

$$Re = \sqrt{Ry^2 + Rz^2}$$

	Ray (N)	Raz (N)	Rae (N)
Rodament A	138,56	7.565,7	7.566,97

	Rby (N)	Rbz (N)	Rbe (N)
Rodament B	1.418,55	7.565,7	7.697,53

V. Moment Torçor Mt :

Es pren com a cas molt desfavorable, el parell nominal màxim que és capaç de generar el motor reductor. Es considera un parell continu ja que la cinta està dissenyada per a un funcionament constant amb el mínim de parades i arrancades.

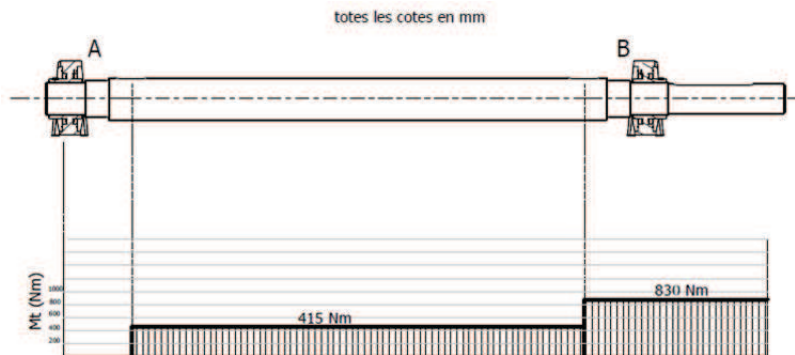


Figura C.2.7.D Diagrama de moments torçors

VI. Càlculs a fatiga:

Factor de superfície Ka :

$$K_a = A \times S_{ut}^B = 4,51 \times 634^{-0,265}$$

Factor de dimensions Kb :

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107}$$

Límit de resistència a la fatiga Se :

$$S_e = 0,5 \times S_{ut} \times K_a \times K_b$$

Concentració de tensions a la fatiga Kf :

$$K_f = 1 + q \times (K_t - 1)$$

Factor de seguretat a fatiga Nf (Teoria de Solderberg) :

$$\frac{1}{N_f} = \frac{16}{\pi \times d^3} \times \sqrt{\left(\frac{K_f \times M_f}{0,577 \times S_e}\right)^2 + \left(\frac{M_t}{0,577 \times S_y}\right)^2}$$

Factor de seguretat estàtic Ne (Teoria del tallant màxim) :

$$\frac{1}{N_e} = \frac{32}{\pi \times d^3 \times S_y} \times \sqrt{(M_f)^2 + (M_t)^2}$$

Resum de càlculs a fatiga per les seccions més desfavorables :

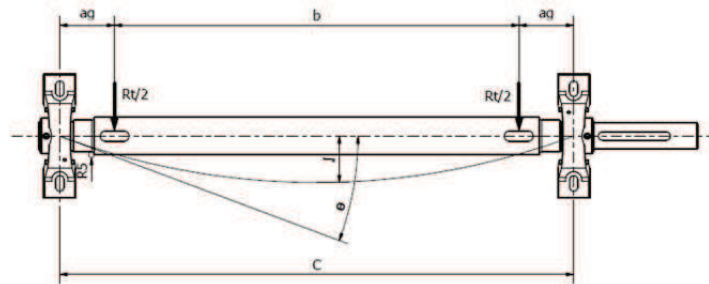
Material de l'eix	Acer al carboni F1140 trempat i revingut 1200°F (Sut = 634 Mpa ; Sy =434 Mpa)
-------------------	---

	Secció b	Secció c	Secció d	Secció e	Secció f	Secció g	Secció i
Mfe (Nmm)	181.602,3	454.005,4	718.837,2	723.939,14	464.949,4	215.051,3	90.447
Mt (Nmm)	0	0	415.000	833.000	833.000	833.000	833.000
D (mm)	50	55	65	65	55	50	45
Ka	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816	0,816
Kb	0,818	0,809	0,795	0,795	0,809	0,818	0,827
Kc	1	1	1	1	1	1	1
Kd	1	1	1	1	1	1	1
Se (Mpa)	211,48	209,33	205,62	205,62	209,33	211,48	213,87
Kt	2,03	2,08	2,14	2,14	2,08	2,03	2,47
q	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Kf	1,81	1,84	1,89	1,89	1,84	1,81	2,14
Nf	9,13	4,72	4,66	4,5	4,18	5,34	4,88
Ne	29,33	15,61	14,10	10,62	7,45	6,21	4,65

La secció més crítica a fatiga és a la zona d'unió entre tambor -eix més pròxima al motor reductor on el parell màxim es transmet mitjançant la xaveta, la qual genera una concentració d'esforços relativament important. La secció més crítica, considerant els esforços estàtics, és la zona pròxima al motor reductor on la secció de l'eix és més petita.

Com s'aprecia a les taules anteriors totes les seccions resisteixen perfectament tots els esforços amb coeficients de seguretat molt acceptables.

VII. Càlcul de la deflexió de l'eix :



Fletxa màxima f :

Moment d'inèrcia de la secció : $J = 0,0491 D^4 = 0,0491 65^4 = 876.465,69 \text{ mm}^4$

Fletxa màxima f (mm)	Resultant de forces Rt sobre l'eix motriu (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	b (mm)	C (mm)	ag (mm)
0,3	15.106,5	210.000	876.465,69	700	890	95

$$Ft = \frac{\frac{Rt}{2} \cdot ag}{24 \cdot E \cdot J} \times [3 \times (b+2ag)^2 - (4ag)^2] = \frac{(15.106,5/2) \times 95}{24 \cdot 210000 \cdot 876.465,69} \times [3 \times (700+2 \times 95)^2 - (4 \times 95)^2] = 0,3$$

Angle girat màxim Θ :

Moment d'inèrcia de la secció : $J = 0,0491 D^4 = 0,04941 65^4 = 876.465,69 \text{ mm}^4$

Angle girat màxim Θ (°)	Resultant de forces Rt sobre l'eix motriu (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	C (mm)	ag (mm)
0,09	15.106,5	210.000	876.465,69	890	95

$$\alpha t = \frac{Rt}{2 \cdot E \cdot J} \cdot (ag \times (C-ag)) \times 57,29 = \left(\frac{15.106,5}{2 \cdot 210000 \cdot 876.465,69} \cdot (95 \times (890-95)) \right) \times 57,29 = 0,09^\circ$$

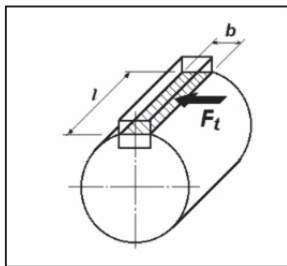
Es considera acceptable l'angle girat calculat. Els valors compresos entre 0,09º i 0,14º garanteixen un funcionament correcte de les cintes de mitjana capacitat. Tampoc representa un problema per als rodaments ja que el capçal motriu es compon de rodaments de boles amb camí de rodadura esfèric, permetent així desalineacions angulars de l'eix respecte del suport de l'ordre de 2º.

VIII. Dimensionat de les xavetes :

El tambor motriu és solidari a l'eix mitjançant 2 xavetes idèntiques encarregades de transmetre el parell torçor. La xaveta més pròxima al motor reductor serà la més desfavorable i la que és objecte de càlcul ja que aquesta absorbirà la totalitat del parell de treball mentre que l'altre absorbirà la meitat .

Material	Acer al carboni C45E (Sut = 590 Mpa ; Sy =308 Mpa)
Tipus	DIN 6885A b=18mm h=11mm
Longitud (mm)	50
Parell torçor (Nmm)	833.000 Nmm

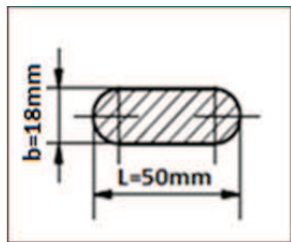
Falla deguda a l'esforç tallant :



Força **Ft** sobre la xaveta :

Força sobre la xaveta Ft (N)	Parell torçor T (Nmm)	Diàmetre de secció de l'eix d (mm)
25.630,8	833.000	65

$$F_t = \frac{T}{D/2} = \frac{833.000}{65/2} = 25.630,8 \text{ N}$$



Àrea tallant **At**:

Àrea tallant At (mm ²)	Base b de la xaveta (mm)	Longitud L (mm)
830,47	18	50

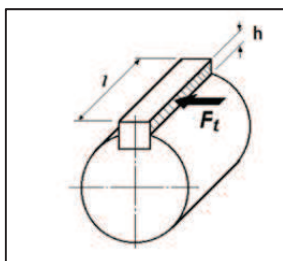
$$A_t = (b \times (L-b)) + \frac{\pi \times b^2}{4} = (18 \times (50-18)) + \frac{\pi \times 18^2}{4} = 830,47 \text{ mm}^2$$

Coefficient de seguretat **Nt**:

Coefficient de seguretat Nt	Àrea tallant At (mm ²)	Força sobre la xaveta Ft (N)	Límit elàstic del material Sy (Mpa)
5	830,47	25.630,8	308

$$N_t = \frac{0,5 \times S_y}{F_t / A_t} = \frac{0,5 \times 308}{25.630,8 / 830,47} = 5$$

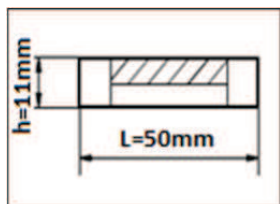
Falla deguda a l'esforç de compressió :



Força **Ft** sobre la xaveta :

Força sobre la xaveta Ft (N)	Parell torçor T (Nmm)	Diàmetre de secció de l'eix d (mm)
25.630,8	833.000	65

$$F_t = \frac{T}{D/2} = \frac{833.000}{65/2} = 25.630,8 \text{ N}$$



Àrea de compressió **Ac** :

Àrea de compressió Ac (mm ²)	altura h de la xaveta (mm)	Longitud L (mm)	Base b de la xaveta (mm)
176	11	50	18

$$A_c = (L-b) \times (0,5 \times h) = (50-18) \times (0,5 \times 11) = 176 \text{ mm}^2$$

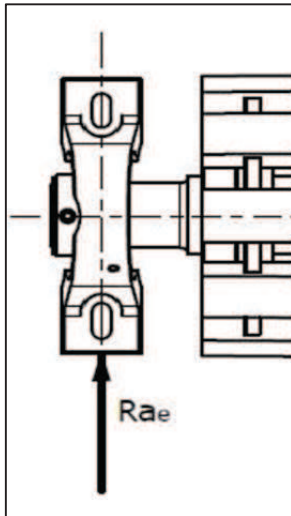
Coefficient de seguretat **Nc**:

Coefficient de seguretat Nc	Àrea de compressió Ac (mm ²)	Força sobre la xaveta Ft (N)	Límit elàstic del material Sy (Mpa)
2,1	176	25.630,8	308

$$N_c = \frac{S_y}{F_t / A_c} = \frac{308}{25.630,8 / 176} = 2,1$$

C.2.7.7 Dimensionat dels rodaments

I. Dimensionat Rodament A :

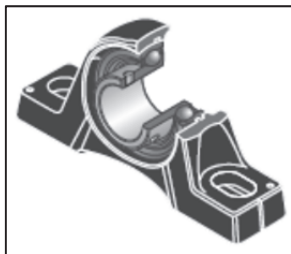


Característiques del rodament A:

Fabricant	SNR
Model	Rodament auto alineant de boles UCPL 210
Diàmetre de l'eix (mm)	50
Capacitat dinàmica C (KN)	35,10
Capacitat estàtica Co (KN)	23,2

Càrrega de treball del rodament A :

Càrrega Rae (N)	7.566,97
------------------------	----------



Càlcul dinàmic del Rodament A :

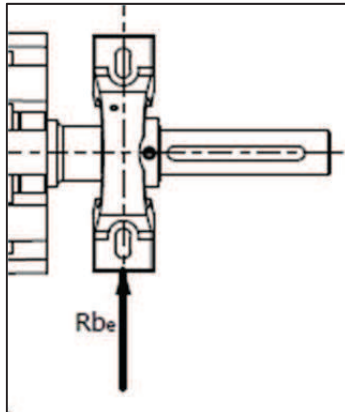
Duració de vida nominal L10 (10 ⁶ cicles)	Capacitat dinàmica C (N)	Càrrega de treball Rae del rodament (N)
99,8	35.100	7.566,97

$$L_{10} = \left(\frac{C}{Rae} \right)^3 = \left(\frac{35.100}{7.566,97} \right)^3 = 99,8 \times 10^6 \text{ cicles} = 151.212 \text{ hores}$$

Càlcul estàtic del Rodament A :

$$Rae < Co \quad 7.566,97 \text{ N} < 23.200 \text{ N}$$

I. Dimensionat Rodament B :

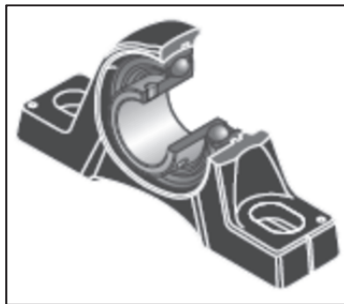


Característiques del rodament B:

Fabricant	SNR
Model	Rodament auto alineant de boles UCPLÉ 210
Diàmetre de l'eix (mm)	50
Capacitat dinàmica C (KN)	35,10
Capacitat estàtica Co (KN)	23,2

Càrrega de treball del rodament B :

Càrrega Rbe (N)	7.697,53
------------------------	----------



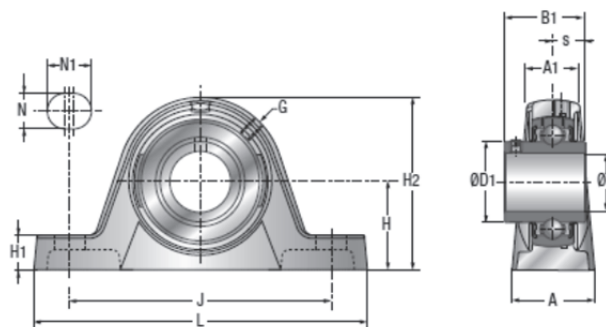
Càlcul dinàmic del Rodament B :

Duració de vida nominal L10 (10 ⁶ cicles)	Capacitat dinàmica C (N)	Càrrega de treball Rbe del rodament (N)
94,8	35.100	7.697,53

$$L_{10} = \left(\frac{C}{R_{be}} \right)^3 = \left(\frac{35.100}{7.697,53} \right)^3 = 94,8 \times 10^6 \text{ cicles} = 143.636 \text{ hores}$$

Càlcul estàtic del Rodament B :

$$R_{be} < C_o \quad 7.697,53 \text{ N} < 23.200 \text{ N}$$



d mm		L	H	A1	A	J	N	N1	H1	H2	s1	B	B1	s
50	UCPLE210	214,0	55,6	36,0	55,0	164,0	14	27,0	19,3	114,0	-	-	51,6	19,0
	USPLE210	214,0	55,6	36,0	55,0	164,0	14	27,0	19,3	114,0	-	-	43,5	10,9
	ESPLE210	214,0	55,6	36,0	55,0	164,0	14	27,0	19,3	114,0	-	-	43,7	11,0
	EXPLE210	214,0	55,6	36,0	55,0	164,0	14	27,0	19,3	114,0	-	-	62,7	24,6
	UKPLE211H	219,5	61,3	39,5	60,0	170,5	18	26,0	23,2	128,0	29,0	59,0	-	-

Figura C.2.7.E Característiques del rodament SNR UCPLÉ210

C.2.8. Càlcul i dimensionat del capçal posterior

C.2.8.1 Diàmetre del tambor posterior

diàmetre D del tambor posterior (m)	0,22
--	------

C.2.8.2 Velocitat de gir del tambor posterior

Velocitat de gir n₂ del tambor posterior (r.p.m)	velocitat de la banda v (m/s)	diàmetre D del tambor posterior (m)
13,45	0,155	0,22

$$n_2 = \frac{[v / (D/2)] \times 60}{2 \times \pi} = \frac{[0,155 / (0,22/2)] \times 60}{2 \times \pi} = 13,45 \text{ r.p.m}$$

C.2.8.3 Dimensionat de l'eix posterior

El parell generat pel motor reductor, gràcies a la banda de transport, es transmet directament al tambor posterior mitjançant una relació de transmissió 1:1.

El dimensionat del diàmetre de l'eix requereix la determinació d'alguns valors. En primer lloc les forces originades per les tensions de la banda a la part posterior, el propi pes del tambor posterior i el pes de l'eix. A diferència de l'eix motriu aquest no treballarà a torsió ja que no girarà. El tambor posterior es troba recolzat sobre l'eix mitjançant un parell de rodaments els quals permetran solament el gir del tambor sobre de l'eix.

I. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Y):

Pes del tambor posterior P_{tp}	27 kg (264,6N)
Pes propi de l'eix P_e	13,96 Kg (136,8N)

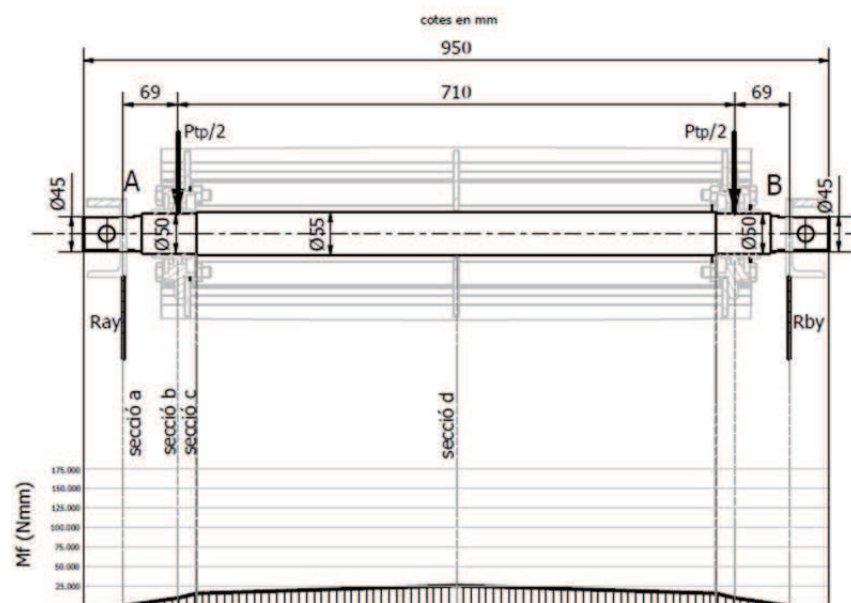


Figura. C.2.8.A Diagrama de Forces i moments (eix Y)

II. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Z):

Tensió T ₃ de la banda	5885,2 N
Tensió T ₀ de la banda	5885,2 N
Resultant de tensions R _t	11.770,4 N

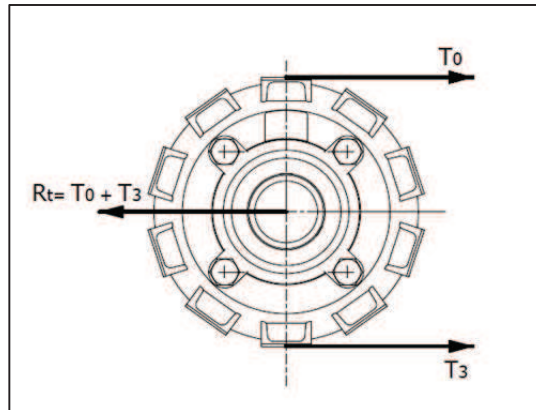


Figura. C.2.8.B Diagrama de Forces (eix Z)

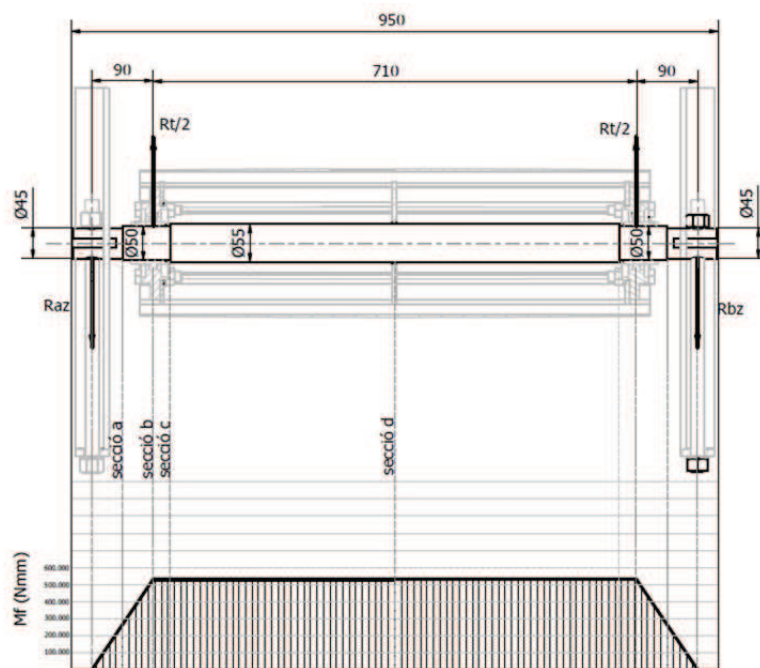


Figura. C.2.8.C Diagrama de Forces i moments (eix Z)

III. Moment flector equivalent M_{fe} :

$$M_{fe} = \sqrt{M_x^2 + M_z^2}$$

	Moment flector Eix Y (Nmm)	Moment flector Eix Z (Nmm)	M _{fe} (Nmm)
Secció a	4.743,4	264.834	264.876,3
Secció b	13.716,1	529.668	529.845,6
Secció c	15.262,1	529.668	529.887,8
Secció d	25.155,8	529.668	530.265

IV. Reaccions en els rodaments :

$$R_e = \sqrt{R_y^2 + R_z^2}$$

	Ray (N)	Raz (N)	Rae (N)
Rodament A	211,9	5.885,2	5.886

	Rby (N)	Rbz (N)	Rbe (N)
Rodament B	211,9	5.885,2	5.886

V. Moment Torçor Mt :

El moment torçor aplicat sobre l'eix és nul ja que aquest no gira. El gir del tambor sobre de l'eix s'aconsegueix mitjançant 2 rodaments radials de boles amb allotjaments orientables muntats sobre d'aquest.

VI. Càlculs a fatiga:

Factor de superfície Ka :

$$K_a = A \times S_{ut}^B = 4,51 \times 634^{-0,265}$$

Factor de dimensions Kb :

$$K_b = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} \quad D = 0,370 \times d$$

Límit de resistència a la fatiga Se :

$$S_e = 0,5 \times S_{ut} \times K_a \times K_b$$

Concentració de tensions a la fatiga Kf :

$$K_f = 1 + q \times (K_t - 1)$$

Factor de seguretat a fatiga Nf (Teoria de Solderberg) :

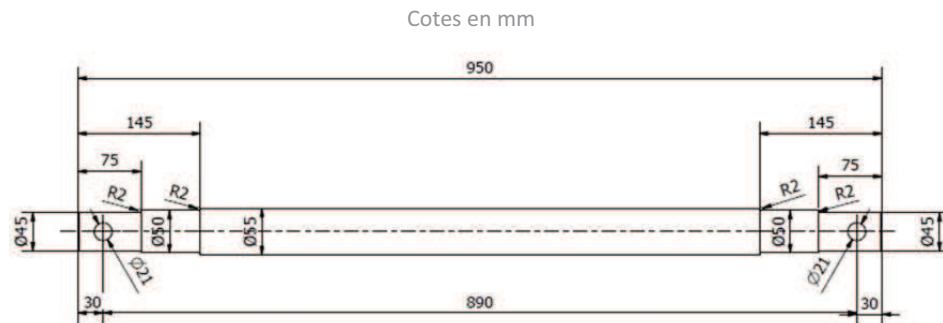
$$\frac{1}{N_f} = \frac{16}{\pi \times d^3} \times \sqrt{\left(\frac{K_f \times M_f}{0,577 \times S_e}\right)^2 + \left(\frac{M_t}{0,577 \times S_y}\right)^2}$$

Factor de seguretat estàtic Ne (Teoria del tallant màxim) :

$$\frac{1}{N_e} = \frac{32}{\pi \times d^3 \times S_y} \times \sqrt{(M_f)^2 + (M_t)^2}$$

Resum de càlculs a fatiga per les seccions més desfavorables :

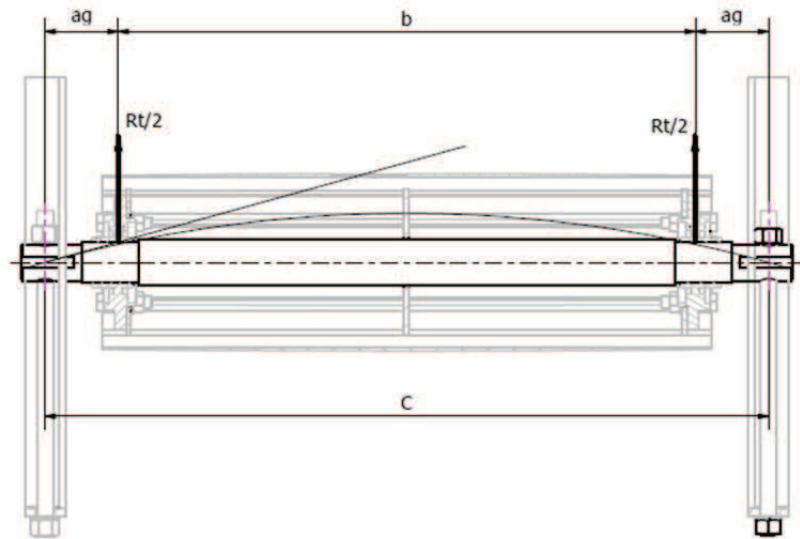
Material de l'eix	Acer al carboni F1140 trempat i revingut 1200°F ($S_{ut} = 634 \text{ Mpa}$; $S_y = 434 \text{ Mpa}$)
-------------------	---



	Secció a	Secció b	Secció c	Secció d
M_{fe} (Nmm)	264.876,3	529.845,6	529.887,8	530.265
M_t (Nmm)	0	0	0	0
D (mm)	45	50	50	55
K_a	0,816	0,816	0,816	0,816
K_b	0,827	0,818	0,818	0,809
K_c	1	1	1	1
K_d	1	1	1	1
S_e (Mpa)	213,87	211,48	211,48	209,33
K_t	2,09	1	2,03	1
q	0,78	0,78	0,78	0,78
K_f	1,85	1	1,81	1
N_f	4,5	5,65	3,1	7,4
N_e	14,7	10	10	13,4

La secció més crítica és la secció c , on apareix una concentració de tensions generada pel canvi de secció DN50-DN55.

Les seccions més crítiques a esforços estàtics són les seccions b i c.

VII. Càlcul de la deflexió de l'eix :Fletxa màxima f :Moment d'inèrcia de la secció : $J = 0,0491 D^4 = 0,0491 55^4 = 449.295,7 \text{ mm}^4$

Fletxa màxima f (mm)	Resultant de forces R_t (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	b (mm)	c (mm)	ag (mm)
0,2	11.770,4	210.000	449.295,7	710	890	90

$$f = \frac{R_t \cdot ag}{24 \cdot E \cdot J} \times [3 \times (b+2ag)^2 - (4ag)^2] = \frac{11.770,4}{24 \cdot 210.000 \cdot 449.295,7} \times 90 \times [3 \times (710+2 \times 90)^2 - (4 \times 90)^2] = 0,2$$

Angle girat màxim θ :Moment d'inèrcia de la secció : $J = 0,0491 D^4 = 0,0491 55^4 = 449.295,7 \text{ mm}^4$

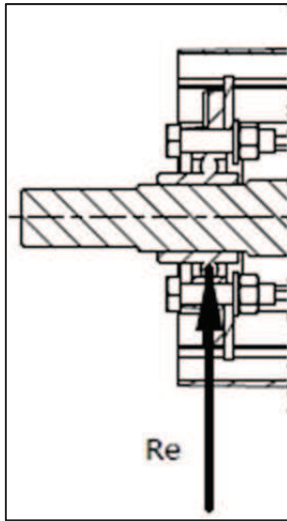
Angle girat màxim θ (°)	Resultant de forces R_t (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	c (mm)	ag (mm)
0.14	11.770,4	210.000	449.295,7	890	90

$$\alpha = \frac{R_t}{2 \cdot E \cdot J} \cdot (ag \times (c-ag)) \times 57,29 = \left(\frac{11.770,4/2}{2 \cdot 210.000 \cdot 449.295,7} \cdot (90 \times (890-90)) \right) \times 57,29 = 0,14^\circ$$

Es considera acceptable per a cintes de mitjana capacitat, un angle girat comprès entre 0,09° i 0,14°. L'eix es troba subjectat mitjançant rodaments de boles amb camí de rodadura esfèric, permetent així desalineacions angulars de l'eix respecte del suport de l'ordre de 2°.

C.2.8.4 Dimensionat dels rodaments

Rodament A i rodament B :



Característiques dels rodaments:

Fabricant	SNR
Model	Rodament auto alineant de boles UCFC 210
Diàmetre de l'eix (mm)	50
Capacitat dinàmica C (KN)	35,10
Capacitat estàtica Co (KN)	23,2

Càrrega de treball dels rodaments :

Càrrega Rae/ Rbe (N)	5.886
-----------------------------	-------



Càlcul dinàmic dels Rodaments :

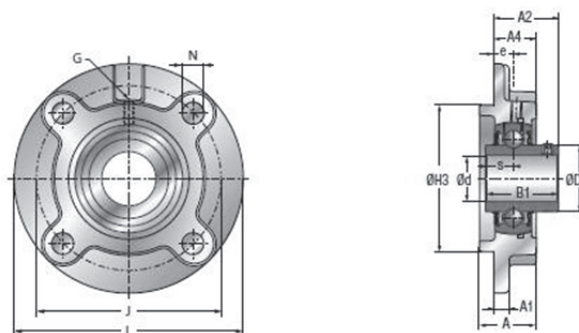
Duració de vida nominal L10 (10 ⁶ cicles)	Capacitat dinàmica C (N)	Càrrega de treball Rae/ Rbe (N)
212	35.100	5.886

$$L_{10} = \left(\frac{C}{Rae} \right)^3 = \left(\frac{35100}{5.886} \right)^3 = 212 \times 10^6 \text{ cicles} = 262.776,8 \text{ hores}$$

Càlcul estàtic dels Rodaments :

$$Rae=Rbe < C_0$$

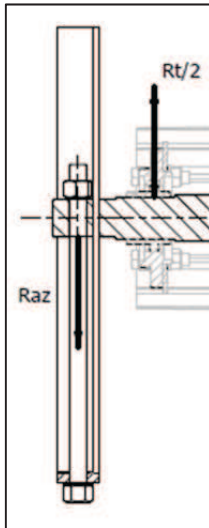
$$5.886 \text{ N} < 23.200 \text{ N}$$



d mm		L	J	A	A1	A2	A4	H3/h8	e	N	s1	B	B1	s
50	UCFC210	165	138	40,0	14	42,6	28,0	110	10	16	-	-	51,6	19,0
	USFC210	165	138	40,0	14	42,6	28,0	110	10	16	-	-	43,5	10,9
	ESFC210	165	138	40,0	14	42,7	28,0	110	10	16	-	-	43,7	11,0
	EXFC210	165	138	40,0	14	48,1	28,0	110	10	16	-	-	62,7	24,6
	UKFC211H	185	150	42,0	13	42,0	30,0	125	13	19	29,0	59,0	-	-

Figura. C.2.8.D Característiques del rodament SNR UCFC210

C.2.8.5 Dimensionat del cargol tensor



Característiques del cargol :

Típus de tensor	Vareta rosçada zincada M20 DIN976
Qualitat de la rosca	4.8
Límit elàstic Sy (Mpa)	340 N/mm ²

diàmetre nominal d (mm)	Rosca basta		
	pas p (mm)	diàmetre menor dr (mm)	àrea esforç a tracció At (mm ²)
20	2,5	16,93	244,8

I. Resistència a tensió

Força axial aplicada al cargol :

$$Raz = Rbz = Rt/2 = 5.886 \text{ N}$$

Tensió a tracció :

$$\sigma_t = \frac{F}{At} = \frac{5.886}{244,8} = 24,04 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_t \ll S_y \text{ compleix}$$

II. Resistència a l'escombrat de la rosca :

Resistència màxima a tallant:

$$S_{ys} = 0,577 \times S_y = 0,577 \times 340 = 196,18 \text{ N/mm}^2$$

Àrea tallant degut a l'escombrat de la rosca del cargol :

Àrea tallant del cargol Ascargol (mm ²)	Diàmetre de rosca menor dr (mm)	Factor d'àrea per l'àrea a tallant de l'escombrat de rosca Wi	pas p (mm)	Longitud de contacte cargol-femella L (mm)
863,76	16,93	0,8	2,5	20,3

$$Ascargol = (\pi \times dr \times Wi \times p) \times (L/p) = (\pi \times 16,93 \times 0,8 \times 2,5) \times (20,3/2,5) = 863,76 \text{ mm}^2$$

Àrea tallant degut a l'escombrat de la rosca de la femella :

Àrea tallant de la femella Asfemella (mm ²)	Diàmetre de rosca d (mm)	Factor d'àrea per l'àrea a tallant de l'escombrat de rosca W_o	pas p (mm)	Longitud de contacte cargol-femella L (mm)
1.122,43	20	0,88	2,5	20,3

$$\text{Ascargol} = (\pi \times d \times W_o \times p) \times (L/p) = (\pi \times 20 \times 0,88 \times 2,5) \times (20,3/2,5) = 1.122,43 \text{ mm}^2$$

Esforç tallant en els filets de la rosca del cargol :

Esforç tallant T (Mpa)	Força axial F (N)	Àrea tallant de la femella Ascargol (mm ²)
4,23	5.886	863,76

$$T = F / \text{Ascargol} = 5.886 / 863,76 = 6,8 \text{ N/mm}^2$$

6,8 << Sys compleix a l'escombrat de la rosca del cargol

Esforç tallant en els filets de la rosca de la femella :

Esforç tallant T (Mpa)	Força axial de treball F (N)	Àrea tallant de la femella Asfemella (mm ²)
3,25	5.886	1.122,43

$$T = F / \text{Asfemella} = 5.886 / 244,8 = 5,24 \text{ N/mm}^2$$

5,24 << Sys compleix a l'escombrat de la rosca de la femella

C.2.9. Càlcul de Estructura de la cinta

Els càlculs de l'estructura de la cinta es realitzen a través d'un anàlisi estàtic per elements finits mitjançant l'aplicació ANSYS. Aquest mètode consisteix a simplificar el model de l'estructura i dividir-lo en elements petits i senzills, creant un mallat fàcil de calcular per les matrius de càlcul de resistència de materials que incorpora aquesta aplicació.

L'anàlisi per elements finits es realitza en diferents fases :

- 1- Preparació del model CAD en una estructura senzilla amb relativa facilitat i rapidesa de càlcul.
- 2- Definició del material i Mallat de la geometria
- 3- Introducció de les condicions de contorn i càrregues que actuen sobre la cinta.
- 4- Obtenció i interpretació de resultats.

Per tal de simplificar el màxim possible aquest anàlisi es consideren les següents hipòtesis de càlculs :

- Les tensions de servei es mantenen constants durant el funcionament de la cinta.
- Les unions cargolades de les estacions superiors amb l'estructura es consideren unions perfectes, capaces de transmetre forces i moments al voltant de tots els eixos de coordenades.
- Les unions cargolades, que uneixen les estacions inferiors de retorn amb l'estructura, també es consideren unions perfectes, capaces de transmetre forces i moments al voltant de tots els eixos de coordenades.
- Es menysprea els moments originats per l'empenta del material sobre els faldons.
- Es fixa com a objectiu l'obtenció de coeficients de seguretat molt amplis que garanteixin les condicions pèssimes de funcionament a les que es veurà afectada la cinta d'entrada al llarg de la seva vida útil (cops, sobrecàrregues, fatiga...).

C.2.9.1 Preparació del model

Per a simplificar les operacions de la simulació, s'adapta el model eliminant petites geometries que representen xamfrans, forats petits i arrodoniments per tal d'evitar malles massa petites que compliquen i allarguen aquests tipus d'anàlisis.

Es modela únicament la meitat de la geometria de l'estructura ja que es tracta d'una figura totalment simètrica, afavorint així, a una optimització significativa del temps de càlcul.

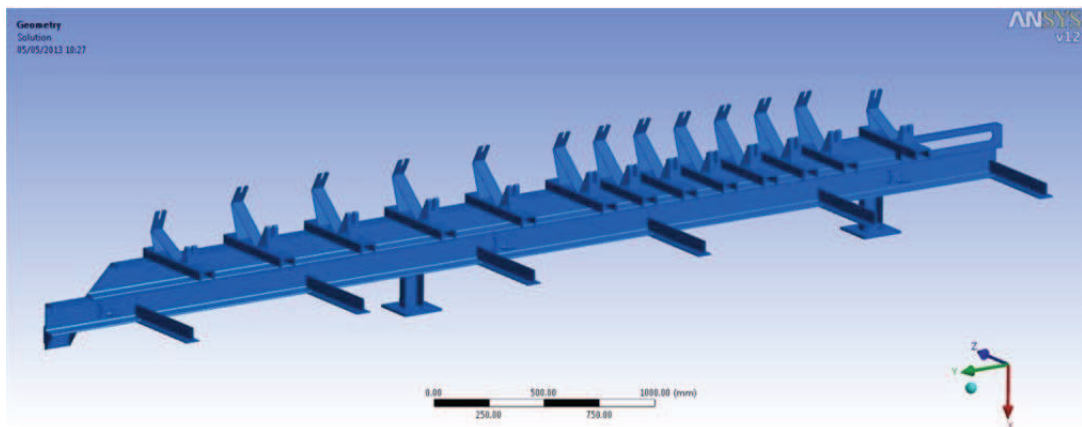


Figura. 3.2.9.A Geometria CAD analitzada

C.2.9.2 Definició del material i mallat de la geometria

Tots els elements que conformen l'estructura de la cinta d'entrada es fabricaran d'acer al carboni amb les següents característiques :

Tipologia d'acer	S235JR
Densitat	7.850 Kg/m ³
Mòdul de Young	2E+05 Mpa
Coefficient de Poisson	0,3
Límit elàstic	235 Mpa
Límit de ruptura a tensió	360 Mpa

Característiques de mallat :

Model (A4) > Geometry > Parts		Model (A4) > Mesh	
Object Name	estructura(Anàlisis FEA).ipt	Object Name	Mesh
State	Meshed	State	Solved
Graphics Properties		Defaults	
Visible	Yes	Physics Preference	Mechanical
Transparency	1	Relevance	80
Definition		Sizing	
Suppressed	No	Use Advanced Size Function	Off
Stiffness Behavior	Flexible	Relevance Center	Coarse
Coordinate System	Default Coordinate System	Element Size	15.0 mm
Reference Temperature	By Environment	Initial Size Seed	Active Assembly
Material		Smoothing	High
Assignment	Structural Steel	Transition	Fast
Nonlinear Effects	Yes	Span Angle Center	Coarse
Thermal Strain Effects	Yes	Minimum Edge Length	0.499520 mm
Bounding Box		Inflation	
Length X	735.97 mm	Use Automatic Tet Inflation	None
Length Y	5150. mm	Inflation Option	Smooth Transition
Length Z	560.6 mm	Transition Ratio	0.272
Properties		Maximum Layers	5
Volume	3.5108e+007 mm³	Growth Rate	1.2
Mass	275.6 kg	Inflation Algorithm	Pre
Centroid X	22.705 mm	View Advanced Options	No
Centroid Y	2175. mm	Advanced	
Centroid Z	382.54 mm	Shape Checking	Standard Mechanical
Moment of Inertia Ip1	5.3467e+008 kg mm²	Element Midside Nodes	Program Controlled
Moment of Inertia Ip2	1.025e+007 kg mm²	Straight Sided Elements	No
Moment of Inertia Ip3	5.3803e+008 kg mm²	Number of Retries	Default (4)
Statistics		Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Nodes	273718	Mesh Morphing	Disabled
Elements	139348	Pinch	
Mesh Metric	None	Pinch Tolerance	Please Define
		Generate on Refresh	No
		Statistics	
		Nodes	273718
		Elements	139348
		Mesh Metric	None

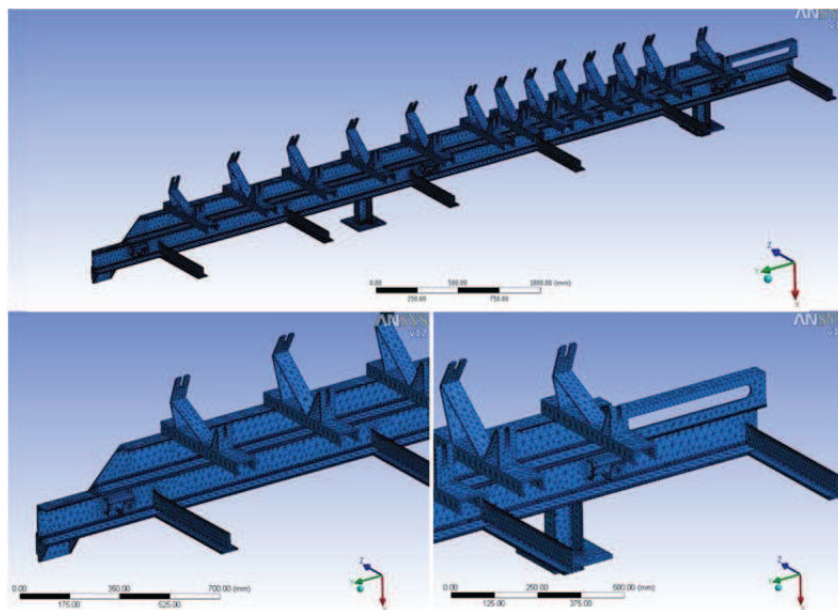


Figura. C.2.9.B Mallat de l'estructura

C.2.9.3 Condicions de contorn

En primer lloc, degut a la simetria de l'estructura, es restringeix el moviment d'aquesta sobre l'eix Z. D'aquesta manera es garanteix simular el comportament de servei a partir d'un anàlisi realitzat a partir de la meitat de la geometria de l'estructura.

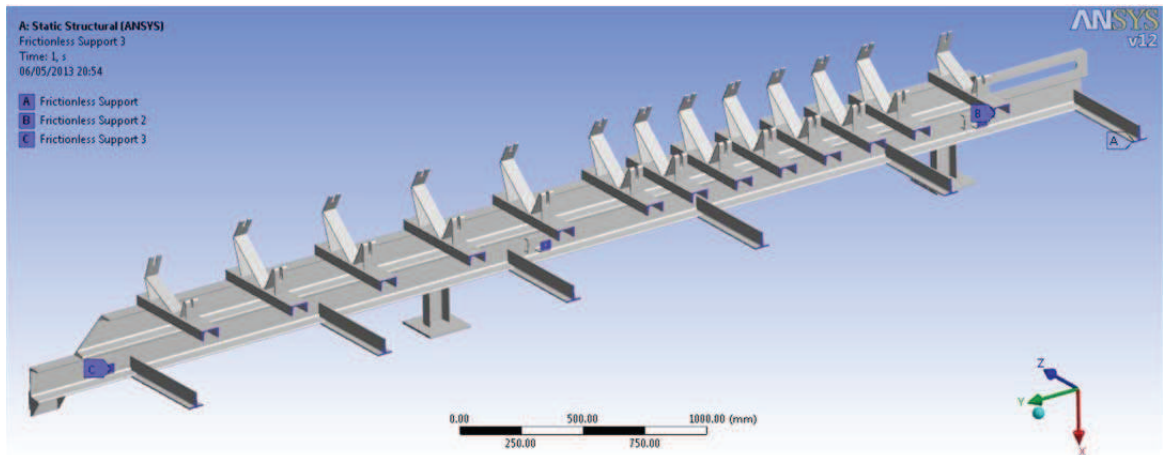


Figura. C.2.9.C Restricció de moviment de l'eix Z

En segon lloc es restringeix el moviment i la rotació al voltant dels 3 eixos dels punts d'ancoratge de la cinta d'entrada, simulant així, un encastament perfecte de l'estructura amb el terra.

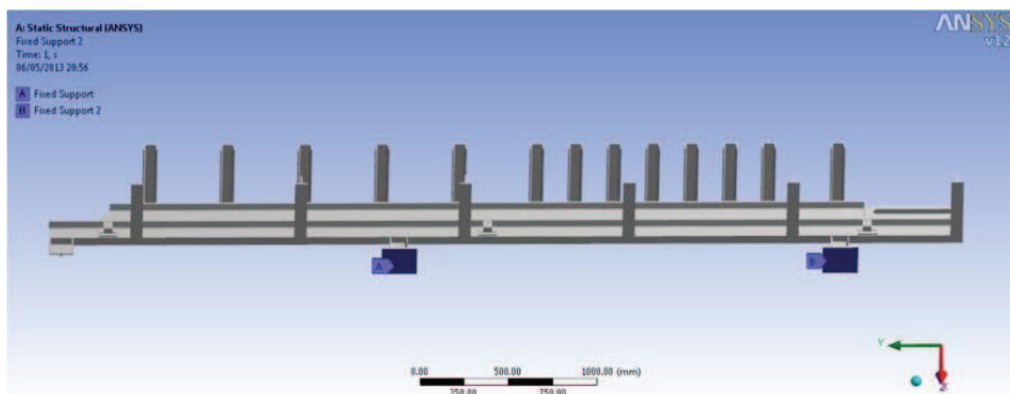


Figura. C.2.9.D Encastament dels suports de l'estructura

C.2.9.4 Càrregues

Es consideren les següents càrregues de servei :

- Forces transmeses a través de les estacions superiors amb una inclinació de 30°.
- Forces transmeses a través de les estacions superiors amb una inclinació de 20°.
- Forces transmeses a través de les estacions de retorn inferiors.
- Forces transmeses pel capçal motriu.
- Forces transmeses per el capçal tensor.
- Pes propi de l'estructura.

I. Estacions superiors inclinades 30°

Per a calcular les forces que transmeten els rodets sobre el bastidor de la cinta, es considera la següent distribució de forces:

- EL rodet central absorbeix el 65% de la càrrega dinàmica calculada a l'apartat C.2.4.1
- Els rodets laterals inclinats 30° absorbeixen el 17,5% de la càrrega dinàmica calculada a l'apartat 2.4.1

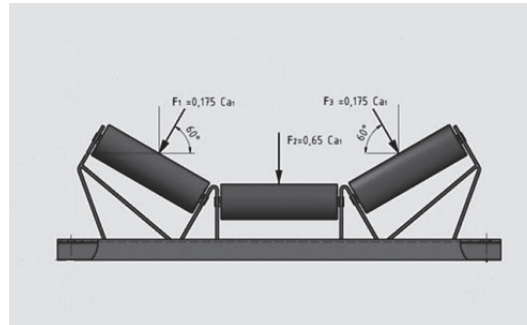


Figura. C.2.9.E Diagrama de forces

Càrrega dinàmica Ca1 (N) calculat a l'apartat 2.4.1	F1 (N)	F2 (N)	F3(N)
1152,6	201,7	749,2	201,7

Es considera que cada rodet es recolza sobre 2 suports, per tant s'aplicarà la meitat del valor de força calculat anteriorment a cadascun dels 6 punts d'ancoratge que conformen l'estació superior de transport. Els valors de força introduïts per a cada una de les estacions superior inclinades 30°, es representen a la figura següent :

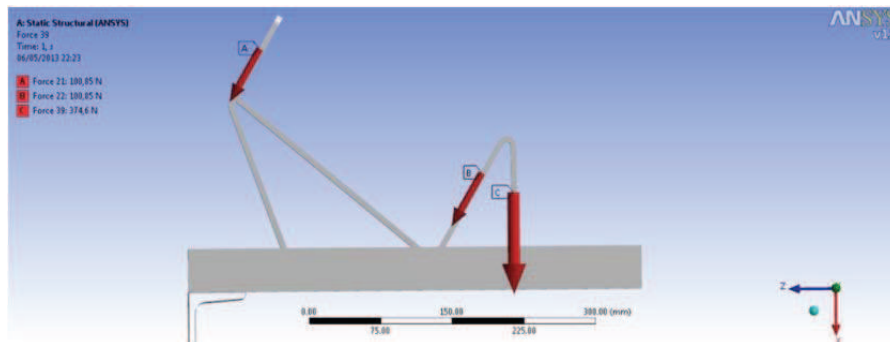


Figura. 3.2.9.F forces transmeses per una de les estacions superiors (30° d'inclinació)

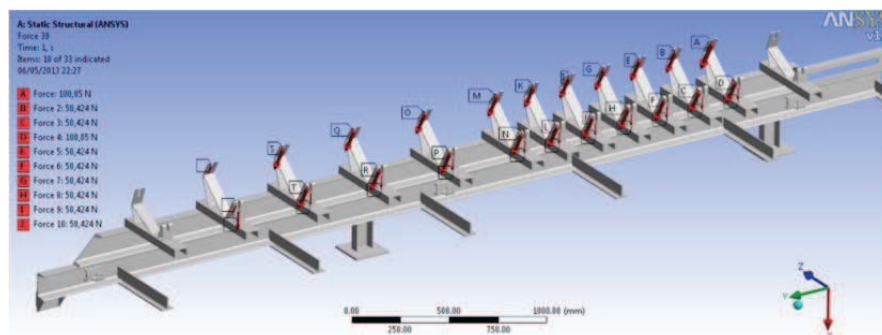


Figura. C.2.9.G Conjunt de forces transmeses per les estacions superiors (30° d'inclinació)

II. Estacions superiors inclinades 20º

Per a calcular les forces que transmeten els rodets sobre el bastidor de la cinta, es considera la següent distribució de forces:

- EL rodet central absorbeix el 60% de la càrrega dinàmica calculada a l'apartat C.2.4.1
- Els rodets laterals inclinats 20º absorbeixen el 20% de la càrrega dinàmica calculada a l'apartat 2.4.1

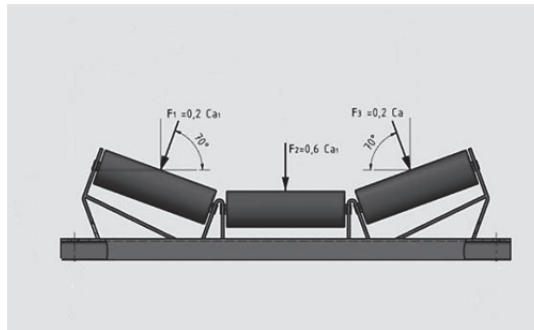


Figura. C.2.9.H Diagrama de forces

Càrrega dinàmica Ca1 (N) calculat a l'apartat 2.4.1	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
1152,6	230,5	691,5	230,5

Es considera que cada rodet es recolza sobre 2 suports, per tant s'aplicarà la meitat del valor de força calculat anteriorment a cadascun dels 6 punts d'ancoratge que conformen l'estació superior de transport. Els valors de força introduïts per a cada una de les estacions superior inclinades 30º, es representen a la figura següent :

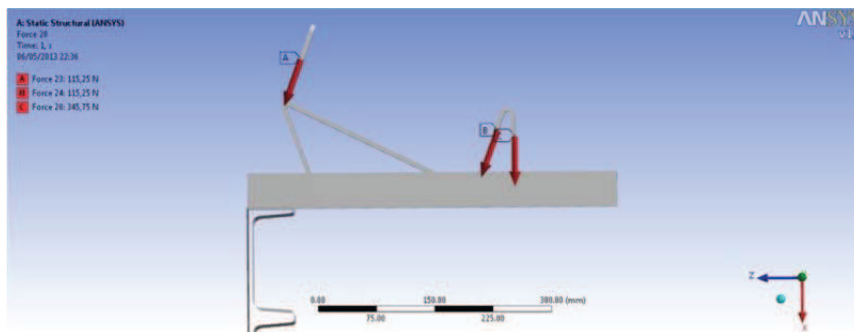


Figura. C.2.9.I forces transmeses per una de les estacions superiors (20º d'inclinació)

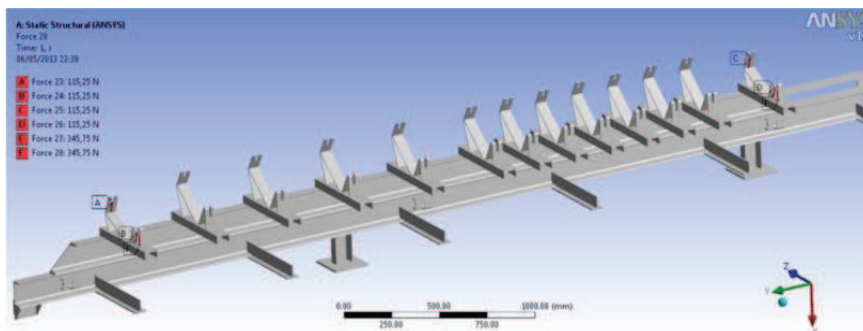


Figura. C.2.9.J Conjunt de forces transmeses per les estacions superiors (20º d'inclinació)

III. Estacions inferiors de retorn

Cada rodet es recolza sobre 2 suports en els seus extrems, per tant, el valor de la força aplicada correspon a la meitat de la càrrega dinàmica calculada a l'apartat C.2.4.2 amb un valor de 51,4 N.

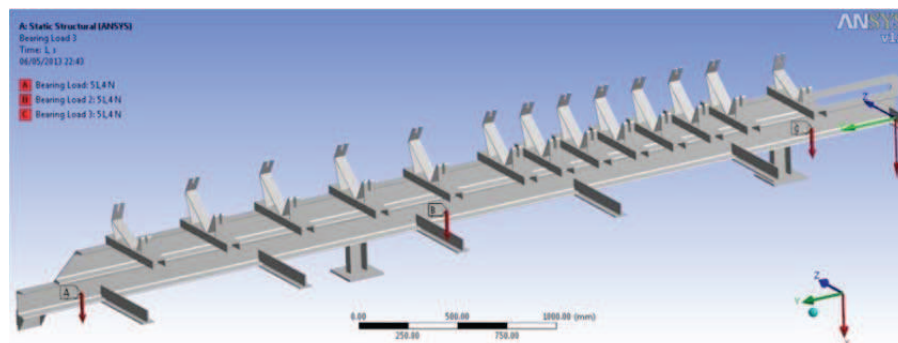


Figura. C.2.9.K Forces transmeses per les estacions inferiors de retorn

IV. Capçal motriu

Els esforços de la banda de transport es transmeten directament a l'estructura a través dels rodaments de l'eix motriu. Les forces ja calculades a l'apartat C.2.7.6 i que són objecte d'estudi en aquest anàlisi són :

$$F_1 = 7.565,7 \text{ N (direcció eix -Y)}$$

$$F_2 = 1.418,6 \text{ N (direcció eix X)}$$

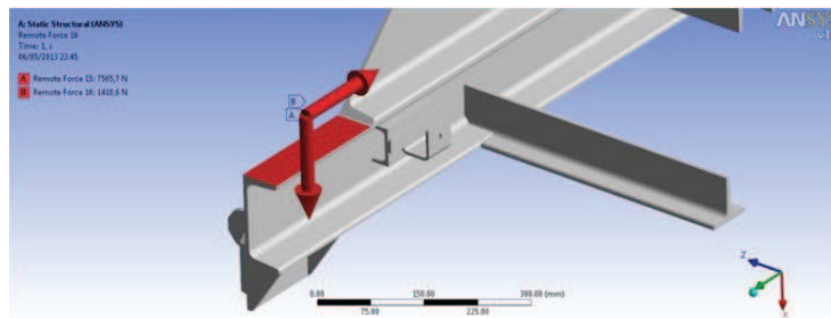


Figura. C.2.9.L Forces transmeses en el capçal motriu

Per tal de simular l'oposició al gir del motor reductor, es considera una força $F_3=2557,3 \text{ N}$ sobre el suport flotant del motor reductor, actuant com a braça de reacció .

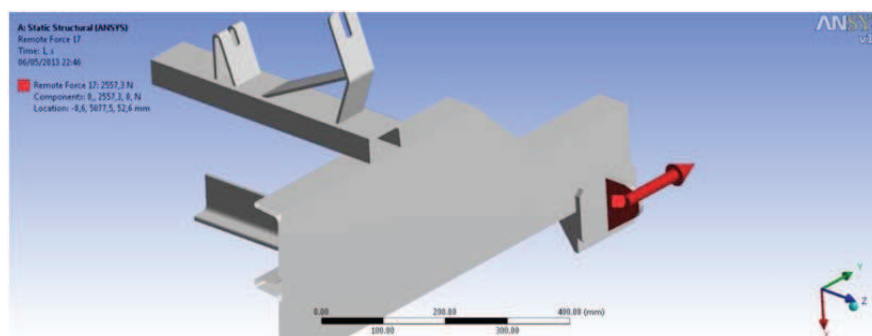


Figura. C.2.9.M Forces transmeses pel motor reductor

V. Capçal tensor

Els esforços de la banda de transport es transmeten directament a l'estructura a través dels cargols tensors del capçal posterior. Les força exercida per el cargol tensor, ja calculada a l'apartat C.2.8.5 i que és objecte d'estudi en aquest anàlisi és :

$$F_4 = 5.886 \text{ N (direcció eix Y)}$$

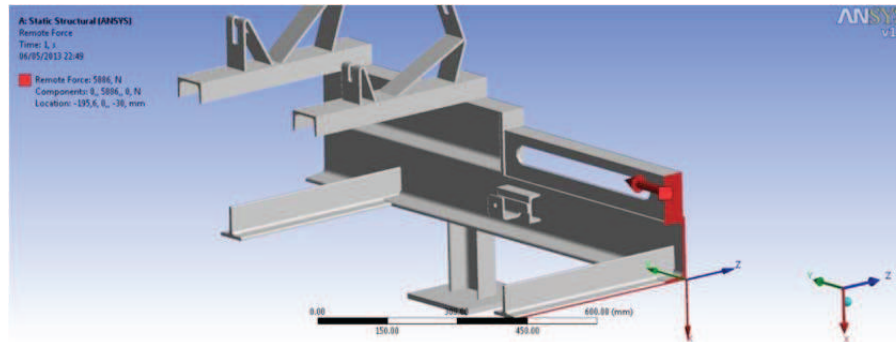


Figura. C.2.9.N Forces transmeses pel cargol tensor

C.2.9.5 Resultats de l'anàlisi

I. Anàlisi de tensions

Aplicant la teoria de la deformació de Von Misses, s'analitzen les tensions que actuen en el conjunt del bastidor de la cinta d'entrada i que es representen a la figura C.2.9.O següent :

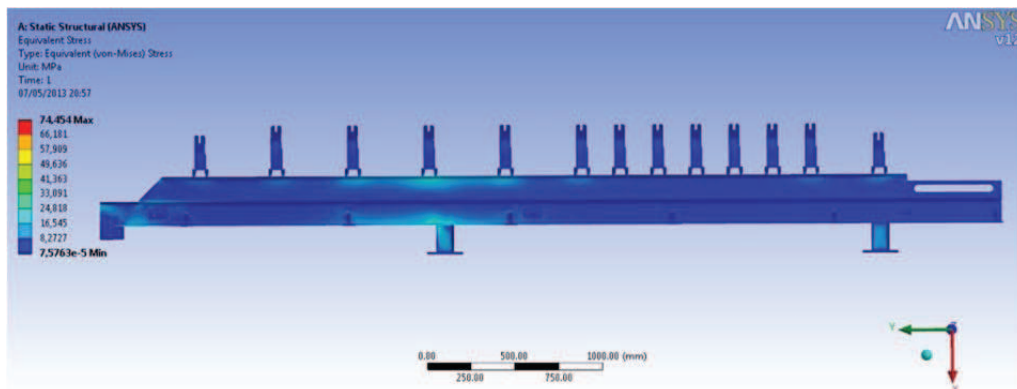


Figura. C.2.9.O Estat general de tensions de l'estructura

Com es pot apreciar a la figura anterior, les zones més sol·licitades amb majors tensions, es localitzen principalment a dos punts o zones diferents :

- 1-Capçal motriu de la cinta
- 2-Proximitats dels suports davanters de l'estructura

Tal i com mostren els càlculs realitzats a l'apartat C.2.6, les tensions més elevades de la banda durant el transport, apareixen al capçal motriu. Aquestes tensions es transmeten a l'estructura directament a través dels rodaments, causant un increment de l'estat de tensions d'aquesta zona de l'estructura. No únicament això, sinó que l'oposició al moviment de gir del motor reductor mitjançant el suport suspès que actua de braç de reacció, també influeix a augmentar els valors de tensió d'aquesta zona. Mitjançant la figura C.2.9.P següent es pot apreciar que amb una tensió màxima de 74 Mpa ubicada al suport que impedeix el gir del motor reductor, s'evidencia que la zona motriu de la cinta garanteix sobradament els límits de resistència elàstica de l'acer S235JR ($S_y=235\text{Mpa}$).

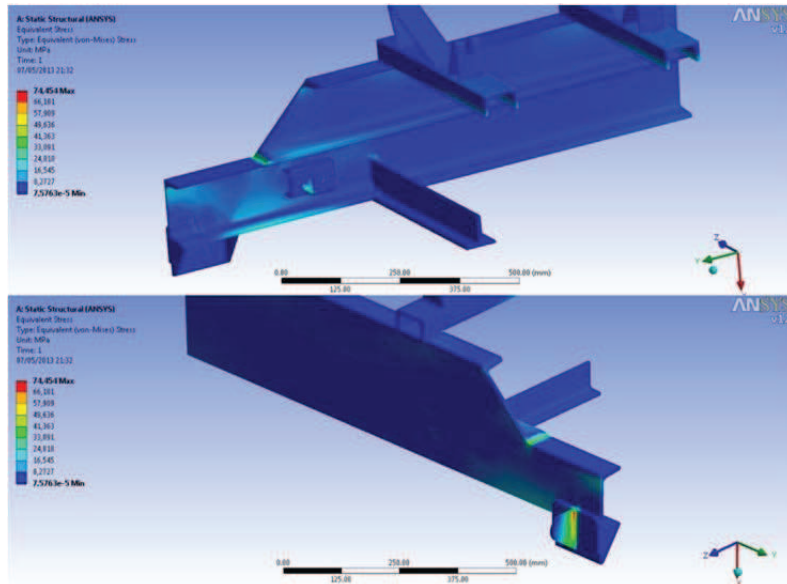


Figura. C.2.9.P Tensions zona del capçal motriu

La zona propera als suports davanters de l'estructura es veu afectada principalment per tensions degudes als flectors, ja que es tracta d'una estructura amb un llarg voladís a la part frontal. Mitjançant la figura C.2.9.Q següent es pot apreciar que la zona més crítica és el punt d'unió entre el suport i el perfil travesser amb una tensió de 52Mpa. En aquest cas també es garanteix sobradament la resistència del conjunt per sota del límit elàstic de l'acer S235JR ($S_y=235\text{Mpa}$).

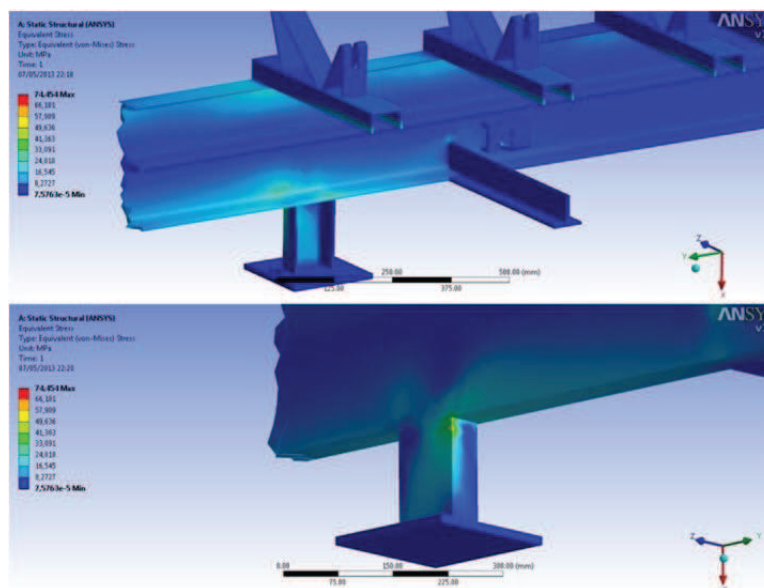


Figura. C.2.9.Q Tensions a les proximitats dels suports davanters de l'estructura

Mitjançant la teoria de la tensió màxima equivalent i amb un límit elàstic de l'acer de 235Mpa, s'obté els coeficient de seguretat més desfavorable, localitzat al suport del motor reductor amb un valor de $n=3.15$:

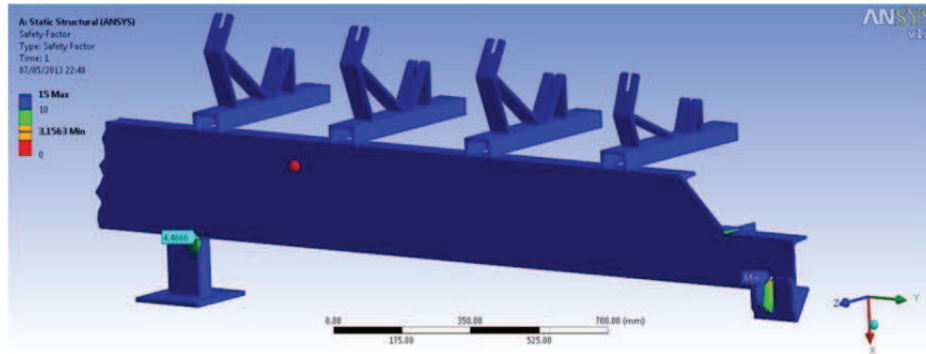


Figura. C.2.9.R Coeficients de seguretat

Mitjançant la teoria de l'esforç tallant màxim, s'obté pràcticament el mateix coeficient de seguretat, localitzat alhora, en el suport del motor reductor i amb un valor de $n=3.10$:

a) Anàlisi de deformacions

Tal i com s'exposa a la figura C.2.9.S següent, s'obtenen unes deformacions molt acceptables que garanteixen el bon funcionament d'aquest equip.

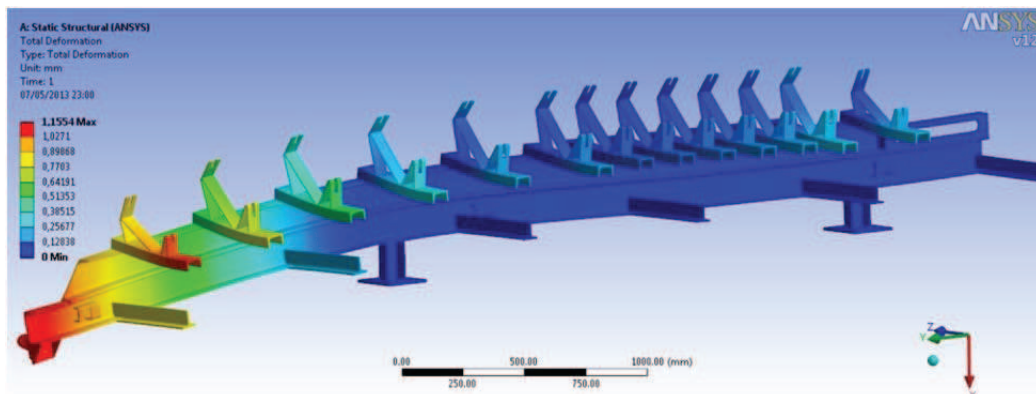


Figura. C.2.9.S Deformacions totals de l'estructura

C.3. Cinta nº1**C.3.1. Característiques principals**Característiques dimensionals :

Altura	484,5mm
Amplada	695mm
Longitud	7410mm
Distància entre eixos	7000mm
pes	475 Kg

Característiques de funcionament :

Capacitat de transport	120 T/h
Utilització/Funcionament	24 h/dia
Característiques ambientals	Intempèrie, presència de material abrasiu i molt corrosiu
Temperatura mínima de treball	-10°C
Alimentació de la cinta	Alimentació irregular des de garbell 1 i garbell 2

Característiques del material a transportar :

Material a transportar	Barita BaSO ₄
densitat	2,8 T/m ³
Granulometria màxima	25mm
Abrasivitat	Poc abrasiu
Angle de repòs	35º
Angle de sobrecàrrega	25º

Característiques tècniques de la banda de transport :

Amplada	500mm
Velocitat lineal	0.84 m/s
Tipus de reforç	Reforç mitjançant productes tèxtils DIN 22102
Longitud total	14491 mm
Càrrega de ruptura	200 N/m
Pes	5,1 Kg/m ²
Dispositiu de tensió	Tensor de cargol

Característiques tècniques de l'accionament :

Model motor reductor	SEW SA47/TDRE90L4
potència	1.5kW
Parell nominal	163 Nm
Velocitat de sortida	72 [1/min]
Consum	5,8 A (230V) / 3,35 (400V)

Característiques de les estacions superiors :

Tipologia d'estació superior	Estructura de 2 rodets, $\lambda=20^\circ$
Pas estació superior	1000 mm
Model de rodet	Rulmeca MPS-120R-50N-323 ($\phi 50\text{mm}$)

Característiques de les estacions inferiors :

Tipologia d'estació inferior	Estructura de 1 rodet pla
Pas estació inferior	1.5m
Model de rodet	Rulmeca MPS-120R-60N-606 ($\phi 60\text{mm}$)

Característiques del tambor motriu :

Tipologia de tambor	Tambor de sectors
diàmetre	220mm
Longitud	600mm
pes	25 kg

Característiques del tambor de cua o contra tambor :

Tipologia de tambor	Tambor de sectors
diàmetre	220mm
Longitud	600mm
pes	20 Kg

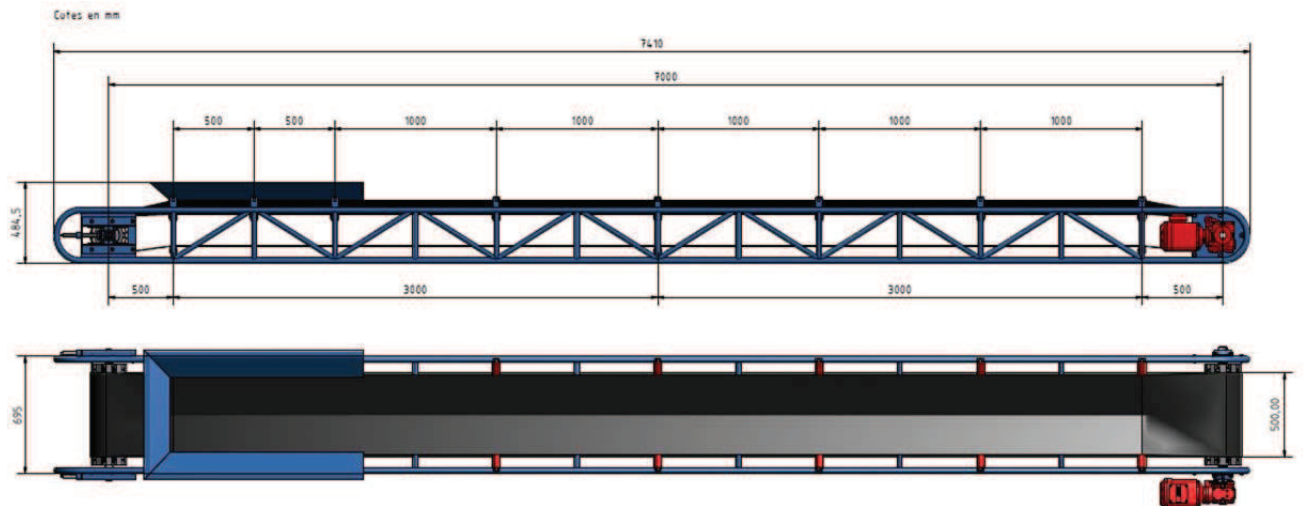


Fig. C.3.1 Dimensions generals de la cinta n°1

C.3.2. Càlculs de transport

C.3.2.1 quantitat de material que gravita sobre la banda

La cinta tipus 1 és l'encarregada de transportar cap a l'emmagatzematge el producte ja triturat i classificat. Ja que la cinta s'instal·la suspesa en voladís a l'estructura de la planta i requereix lleugeresa per a facilitar el muntatge/desmuntatge, es dissenya una cinta ràpida amb una velocitat de 0,84m/s capaç de transportar fins a 120 t/h de material. Amb una velocitat ràpida, s'aconsegueix minimitzar la quantitat de material que gravita sobre la banda per a una mateixa capacitat de transport i al mateix temps permet el disseny d'una estructura més lleugera.

Amb la velocitat de treball establerta i la capacitat de transport necessària, es calcula el pes de material que gravita sobre un metre lineal de la banda :

Pes del material qg (Kg/m)	Capacitat de transport de la banda Iv (t/h)	velocitat de la banda v (m/s)
39,7	120	0,84

$$qg = \frac{Iv}{V \cdot 3,6} = \frac{120}{0,84 \times 3,6} = 39,7 \text{ (Kg/m)}$$

C.3.2.2 Capacitat de transport volumètrica

Conegut el pes específic del mineral més desfavorable, el sulfat de bari, amb un valor de 2,8 t/m³ es procedeix a calcular el volum de material a transportar.

Capacitat de transport volumètrica Iv (m ³ /h)	Capacitat de transport Iv (t/h)	pes específic qs (t/m ³)
42,9	120	2,8

$$I_M = \frac{Iv}{q_s} = \frac{120}{2,8} = 42,86 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Per tal d'establir la disposició dels rodets superiors i l'amplada de banda necessària que compleixi amb la capacitat requerida, es calcula la capacitat de transport volumètrica a una velocitat d'1m/s per tal de fer us de les taules de capacitats DIN 22101.

Capacitat de transport volumètrica Ivt (m ³ /h) ; v=1 m/s	Capacitat de transport volumètrica Iv (m ³ /h)	velocitat de la banda v (m/s)
51	42,9	0,84

$$Ivt = \frac{I_M}{V} = \frac{42,9}{0,84} = 51 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

C.3.2.3 Capacitat de transport volumètrica corregida

La irregularitat d'alimentació i el pendent d'una cinta, requereixen una correcció de la capacitat de transport volumètrica. En aquest cas, es corregeix la capacitat de transport degut a una irregularitat important a l'alimentació ja que aquesta bé donada per la quantitat de material, difícil de preveure, que passa per les malles del garbell. No es considera la correcció de la capacitat deguda al pendent de la cinta ja que aquesta es troba instal·lada de forma totalment horitzontal.

Capacitat de transport volumètrica corregida I_{VM} (m ³ /h) ; $v=1$ m/s	Capacitat de transport volumètrica I_{vt} (m ³ /h) $v=1$ m/s	Factor d'inclinació K (veure Figura.C.1.4.D)	Factor d'alimentació K1 (veure Taula.C.1.4.B)
63,8	51	1	0,8

$$I_{VM} = \frac{I_{vt}}{K \times K_1} = \frac{51}{1 \times 0,8} = 63,8 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

C.3.2.4 Selecció de la disposició dels rodets i amplada de banda

L'angle de repòs α de la Barita és aproximadament de 35°, es dedueix que durant el moviment de la banda, l'angle de sobrecàrrega β s'estabilitza al voltant dels 25° requerint estacions amb una inclinació major per tal de garantir l'estabilitat del material durant el transport. Com s'ha vist a l'apartat 5.2.1, s'evita el màxim possible una cinta amb molta càrrega per metre lineal de banda i per tant una secció de càrrega complerta al 100%. Per aquest motiu, no es requereixen estacions amb una inclinació superior als 25° ja que la secció de càrrega no es trobarà mai omplerta a la seva totalitat.

Elegant de les taules DIN 22101 una estació portant de 2 rodets amb angle d'obertura dels rodets laterals $\lambda=20^\circ$ i una amplada de banda de 500mm, aquesta cinta és capaç de transportar la capacitat volumètrica I_{vt} ($v=1$ m/s) següent :

Amplada de la banda N (mm)	Angle de sobrecàrrega β (°) (veure Figura.3.1.4.A)	Capacitat de transport volumètrica I_{vt} (m ³ /h) ; $v=1$ m/s amb una inclinació dels rodets laterals $\lambda=30^\circ$ (DIN 22101 veure Taula.C.1.4.E)
500	25°	105,8

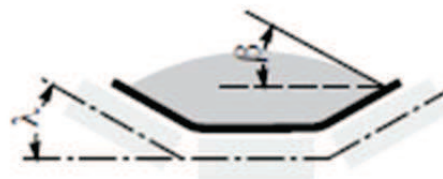


Figura C.3.2.A Representació de l'angle de sobrecàrrega

A l'apartat anterior C.3.2.3 s'ha calculat la capacitat de càrrega volumètrica mínima i necessària del transportador i aquesta és menor a la capacitat real que permet la distribució escollida segons les taules DIN22101. Per tan la sol·licitació real de capacitat de la banda és :

$$\% \text{ sol·licitació} = (I_{VM} / I_{vt}) * 100 = (63,8 / 105,8) * 100 = 60 \%$$

C.3.3. Elecció de la banda de transport

Amplada de banda (mm)	500
Càrrega de ruptura de la banda (N/mm)	200
Pes de la banda (Kg/m)	5.1
model	DRAGO D30 AR
fabricant	Esbelt

C.3.4. Càlcul i dimensionat de les estacions de transport

C.3.4.1 Estacions superiors

I. Pas de les estacions :

Per tal que la flexió de la banda entre dues estacions consecutives no superi el 2% del pas, es fa us de la Taula.C.1.4.F per establir un pas màxim aconsellable de 1,4m.

Per a garantir una correcta subjecció de la cinta i evitar amb tota garantia una flexió no desitjada de la banda, s'adopta el pas a_0 següent :

Ampla de la banda N (mm)	Pas a_0 de les estacions superiors (d'anada) (m)
500	1

En els punts de càrrega, el pas (a_i) és generalment la meitat, o menys, respecte les estacions normals, per tal de limitar al màxim la flexió de la banda i els esforços en els rodets. S'estableix el següent pas per a la zona de càrrega de la cinta :

Pas a_i de les estacions de càrrega (m)
0,5

II. Estructura de rodets :

Per a les estacions superiors es farà us d'estructures inclinades 30º per a bandes de 650mm. Les característiques d'aquestes s'indiquen a la figura següent:

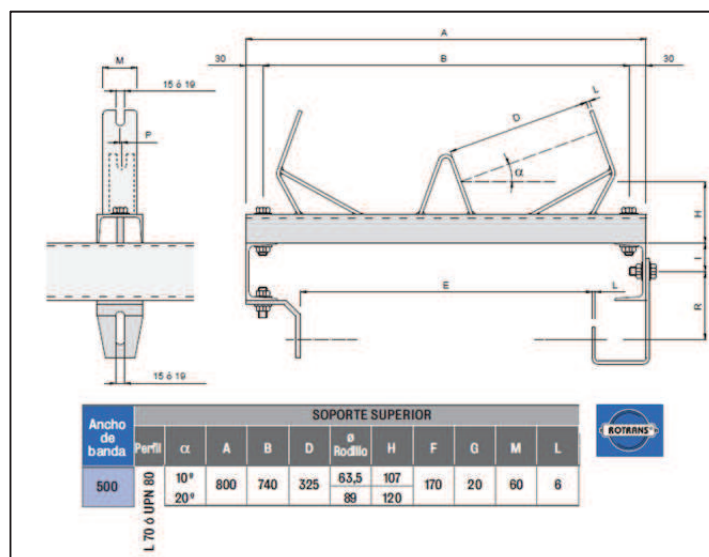
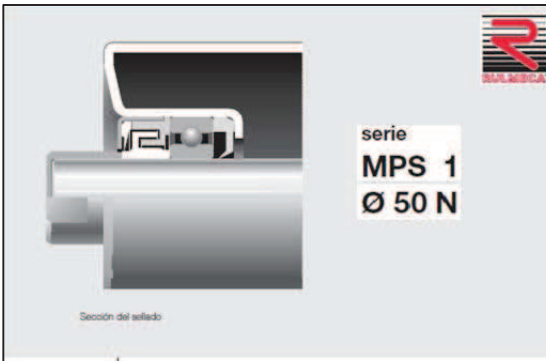


Figura C.3.3.A Característiques estació superior

III. Rodets superiors :



serie
MPS 1
Ø 50 N

banda		rodillo				peso		capacidad de carga								
ancho mm		dimensiones mm			Kg		daN									
configuraciones		B	C	A	partes griteras total		velocidad de la banda m/s									
							0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75				
400		160	168	186	0,8	1,1	138	121	110	102	96	91				
300 500		200	208	226	1,0	1,3	138	121	110	102	96	91				
400 650		250	258	276	1,1	1,5	138	121	110	102	96	91				
500 800		315	323	341	1,4	1,8	138	121	110	102	96	91				
300 650 1000		380	388	406	1,6	2,1	138	121	110	102	96	91				
800		465	473	491	1,9	2,6	117	117	110	102	96	91				
400		500	508	526	2,0	2,7	109	109	109	102	96	91				
500 1000		600	608	626	2,4	3,2	91	91	91	91	91	91				
650		750	758	776	2,9	3,9	73	73	73	73	73	73				
800		950	958	976	3,6	4,9	58	58	58	58	58	58				
1000		1150	1158	1176	4,3	5,9	49	49	49	49	49	49				

Rulmeca MPS-120R-50N-323 (ø50mm)

Càrrega estàtica dels rodets superiors :

Càrrega estàtica Ca (N)	Pas a0 de les estacions superior (m)	pes de la banda per metre lineal qb (Kg/m)	Pes del material qg (Kg/m)
439,3	1	5,1	39,7

$$Ca = a_0 \times (q_b + q_g) \times 9,8 = 1 \times (5,1 + 39,7) \times 9,8 = 439,3 \text{ N}$$

Càrrega dinàmica dels rodets superiors :

Càrrega dinàmica Ca1 (N)	Càrrega estàtica Ca (N)	Factor de xoc Fd (veure Taula.C.1.4.G)	Factor de servei Fs (veure Taula.C.1.4.H)	Factor ambiental Fm (veure Taula.3.1.4.I)
527,2	439,3	1	1,2	1

$$Ca_1 = Ca \times F_d \times F_s \times F_m = 439,3 \times 1 \times 1,2 \times 1 = 527,2 \text{ N}$$

Càrrega sobre el rodet superior més desfavorable:


Càrrega Cad sobre els rodets superiors d'anada més desfavorable (N)	Càrrega dinàmica Ca1 sobre els rodets superiors d'anada (N)	Factor de participació Fp del rodet més desfavorable (veure Taula.3.1.4.J)
263,6	527,2	0,5

$$Cad = Ca_1 \times F_p = 527,2 \times 0,5 = 263,6 \text{ N}$$

El rodet seleccionat admet una càrrega màxima aproximada de 1100 N a una velocitat de la banda d' 1 m/s per a garantir 10.000 hores de funcionament, per tant, complirà de forma satisfactòria amb una càrrega de 263,2 N a velocitat de 0,84 m/s.

C.3.4.2 Estacions inferiors

I. Rodets de retorn inferiors:



banda		rodillo										
ancho mm		dimensiones mm			peso Kg		capacidad de carga daN					
configuraciones	B	C	A	partes gnrarias		velocidad de la banda m/s						
				total	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2		
400	160	168	186	1.0	1.2	128	117	108	102	97	93	
300 500	200	208	226	1.1	1.5	128	117	108	102	97	93	
400 650	250	258	276	1.4	1.7	128	117	108	102	97	93	
500 800	315	323	341	1.6	2.1	128	117	108	102	97	93	
300 650 1000	380	388	406	1.9	2.5	128	117	108	102	97	93	
800	465	473	491	2.3	2.9	114	114	108	102	97	93	
400	500	508	526	2.4	3.1	106	106	106	102	97	93	
500 1000	600	608	626	2.8	3.7	88	88	88	88	88	88	
650	750	758	776	3.5	4.5	70	70	70	70	70	70	
800	950	958	976	4.3	5.7	55	55	55	55	55	55	
1000	1150	1158	1176	5.2	6.8	46	46	46	46	46	46	

Rulmecca MPS-120R-60N-606 (ø60mm)

Càrrega estàtica dels rodets inferiors de retorn:

Càrrega estàtica Cr sobre els rodets inferiors de retorn (N)	Pas au de les estacions de retorn (m)	pes de la banda per metre lineal qb (Kg/m)
150,1	3	5,1

$$Cr = a_u \times q_b \times 9,8 = 150,1 \text{ N}$$

Càrrega dinàmica dels rodets inferiors de retorn:

Càrrega dinàmica Cr1 (N)	Càrrega estàtica Cr (N)	Factor de velocitat Fv	Factor de servei Fs	Factor ambiental Fm
165,7	150,1	0,92	1,2	1

$$Cr_1 = Cr \times F_v \times F_s \times F_m = 150,1 \times 0,92 \times 1,2 \times 1 = 165,7 \text{ N}$$

Càrrega més desfavorable sobre els rodets inferiors de retorn:

Càrrega Cr_d sobre els rodets inferiors de retorn més desfavorables (N)	Càrrega dinàmica Cr₁ sobre els rodets inferiors de retorn (N)	Factor de participació F_p del rodet més desfavorable
165,7	165,7	1

$$C_{rd} = C_{r1} \times F_p = 165,7 \times 1 = 165,7 \text{ N}$$

El rodet seleccionat admet una càrrega màxima de 880 N a una velocitat de la banda d' 1 m/s per a garantir 10.000 hores de funcionament, per tant, complirà de forma satisfactòria amb una càrrega de 165,7 N a velocitat de 0,84 m/s.

C.3.5. Càlcul de l'esforç necessari per moure la banda

C.3.5.1 Força tangencial F_a

Força tangencial necessària F_a per a moure la banda en el tram d'anada (N)	Distància entre eixos L de la cinta (m)	Coefficient de resistències fixes C_q (veure Taula.C.1.4.I)	Coefficient de fregament interior de les parts giratòries f (veure Taula.C.1.4.M)	Coefficient de resistències passives C_t (veure Taula.C.1.4.N)	pes de la banda per metre lineal q_b (Kg/m)
577,4	7	5,9	0,027	1,1	5,1

Pes del material per metre lineal q_g (Kg/m)	pes de les parts giratòries d'un rodet superiors q_{ro} (Kg)	Nombre de rodets N_{ro} de l'estació superior	desnivell de la cinta H (m)	Pas de les estacions superiors a₀ (m)
39,7	1,6	2	0	1

$$F_a = [L \times C_q \times f \times (C_t (q_b + q_g + \frac{q_{ro} \times N_{ro}}{a_0})) + (q_g + q_b) \times H] \times 9,8 =$$

$$= [7 \times 5,9 \times 0,027 \times (1,1 (5,1 + 39,7 + \frac{1,6 \times 2}{1})) + (39,7 + 5,1) \times 0] \times 9,81 = 577,4 \text{ N}$$

C.3.5.2 Força tangencial Fr

Força tangencial necessària Fr per a moure la banda en el tram de retorn (N)	Distància entre eixos L de la cinta (m)	Coefficient de resistències fixes Cq (veure Taula.C.1.4.I)	Coefficient de fregament interior de les parts giratòries f (veure Taula.C.1.4.M)	Coefficient de resistències passives Ct (veure Taula.C.1.4.N)
72,6	7	5,9	0,027	1,1

pes de la banda per metre lineal qb (Kg/m)	pes de les parts giratòries d'un rodets de retorn qru (Kg)	Nombre de rodets Nru de l'estació inferior	desnivell de la cinta H (m)	Pas de estacions inferiors au (m)
5,1	2,8	1	0	3

$$Fr = [L \times Cq \times f \times (Ct (qb + \frac{qru \times Nru}{au})) + (qb \times H)] \times 9,8 =$$

$$= [7 \times 5,9 \times 0,027 \times (1,1 (5,1 + \frac{2,8 \times 1}{3})) + (5,1 \times 0)] \times 9,8 = 72,6 \text{ N}$$

C.3.5.3 Força tangencial Fr

El dispositiu de neteja de la cinta tipus 1 consta d'una fulla de carbur de tungstè que rascarà directament sobre la banda. No només influirà el coeficient de fregament entre fulla i banda a la força resistent sinó que també existeixen altres variables com el desgast no uniforme de la fulla i la pressió que genera aquesta contra la banda després del muntatge.

Segons els estàndards de l'associació americana "CEMA" es preveu 5 lb de força per cada polsada d'amplada de la fulla del rascador.

Força tangencial Fn generada pels dispositius de neteja (N)	amplada de la banda N (mm)
438,4	500

$$Fn = (2,27 \times (\frac{N}{25,4})) \times 9,8 = (2,27 \times (\frac{500}{25,4})) \times 9,8 = 438,4 \text{ N}$$

C.3.5.4 Força tangencial Fr

No es considera la força de fricció "Ff" que es genera amb el frec entre el material a transportar i els faldons de retenció ja que la funció d'aquest no és evitar el bolcament, sinó evitar que les pedres de mineral sobresurtin de la cinta després de la caiguda. Per tant no es considera un contacte entre el material i el faldó durant el funcionament de la cinta.

$$Ff=0 \text{ N}$$

C.3.5.5 Força tangencial total F_u a la perifèria del tambor motriu

Força tangencial F_u a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial F_a necessària per a moure la banda en el tram d'anada superior (N)	Força tangencial F_r necessària per a moure la banda en el tram de retorn inferior (N)	Força tangencial F_n generada pels dispositius de neteja (N)	Força tangencial F_f generada per els faldons de retenció (N)
1.088,3	577,4	72,6	438,4	0

$$F_u = F_a + F_r + F_n + F_f = 577,4 + 72,6 + 438,4 + 0 = 1.088,3 \text{ N}$$

C.3.6. Tensions de la banda

Figura C.3.6 Identificació de les tensions sobre la banda

C.3.6.1 Força de tensió T_2

Força de tensió T_2 del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial F_u a la perifèria del tambor motriu (N)	Factor d'abraçament C_w entre la banda i el tambor motriu. (veure Taula.15 pag.)
1.088,3	1.088,3	1

$$T_2 = F_u \times C_w = 1.088,3 \times 1 = 1.088,3 \text{ N}$$

C.3.6.2 Força de tensió T_1

Força de tensió T_1 del costat tens de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial F_u a la perifèria del tambor motriu (N)	Força de tensió T_2 del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)
2.176,7	1.088,3	1.088,3

$$T_1 = F_u + T_2 = 1.088,3 + 1.088,3 = 2.176,7 \text{ N}$$

C.3.6.3 Força de tensió T₃

Força de tensió T₃ del costat lent de la banda a la perifèria del contra tambor (N)	Força de tensió T₂ del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Força tangencial Fr necessària per a moure la banda en el tram de retorn inferior (N)
1.160,9	1.088,3	72,6

$$T_3 = T_2 + Fr = 1.088,3 + 72,6 = 1.160,9 \text{ N}$$

C.3.6.4 Força de tensió T₀

Força de tensió T₀ mínima a la cua, zona de càrrega del material (N)	pes de la banda per metre lineal qb (Kg/m)	Pes del material per metre lineal qg (Kg/m)	Pas de les estacions superiors a₀ (m)
2.745,7	5,1	39,68	1

$$T_0 = 6,25 \times (qb + qg) \times a_0 \times 9.8 = 6,25 \times (5,1 + 39,68) \times 1 \times 9.8 = 2.745,7 \text{ (N)}$$

La força de tensió T₃ és menor que la força de tensió T₀, per tant caldrà utilitzar un sistema tensor per obtenir la força de tensió T₀ calculada. Cal assumir per tant que T₃ = T₀ i com a conseqüència, es calcula de nou les forces tensores T₂ i T₁ obtenint així els següents valors:

Tensió T₁ del costat tens de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Tensió T₂ del costat lent de la banda a la perifèria del tambor motriu (N)	Tensió T₃ del costat lent de la banda a la perifèria del contra tambor (N)	Tensió T₀ mínima a la cua, zona de càrrega del material (N)
3.761,5	2.673,1	2.745,7	2.745,7

C.3.6.5 Força de tensió màxima T_{max}

La màxima força de tensió que haurà de resistir la banda serà la tensió T₁, que es trobarà situada a la part superior de la perifèria del tambor motriu.

$$T_{max} = T_1 = 3.761,5 \text{ N}$$

C.3.6.6 Càrregues de treball i trencament de la banda

Com a criteri de seguretat, es considera que la càrrega de treball màxima en règim per bandes reforçades amb productes tèxtils correspon a 1/10 de la càrrega de ruptura de la banda (1/8 per a banda reforçades amb elements metàl·lics).

Tensió unitària màxima T_{umax} (N/mm)	Força de tensió T_{max} en el punt sotmès a major esforç (N)	amplada de la banda N (mm)	Coefficient de seguretat de la banda n
75,2	3.761,5	500	10

$$T_{umax} = \frac{T_{max} \times n}{N} = \frac{3.761,5 \times 10}{500} = 75,2 \text{ (N/mm)}$$

La càrrega de ruptura de la banda seleccionada és de 200 N/m, per tant aquesta complirà els requisits mínims de resistència a tracció.

C.3.7. Càlcul i dimensionat del capçal motriu

C.3.7.1 Diàmetre del tambor motriu

Segons Taula C.1.4.P Pàg.141 amb una càrrega de ruptura de la banda de 200 N/mm i l'ús de bandes reforçades amb productes tèxtils segons DIN22102, el diàmetre mínim recomanat per el tambor motriu és de 200mm.

Degut a la gran presència d'aigua en el processat dels minerals i la gran quantitat de fangs que es generen, a fi d'evitar el màxim possible problemes d'acumulació de brutícia que deriven amb un desalineament i dany de la banda. Després de diferents iteracions es selecciona un tambor especial reixat amb un diàmetre nominal "D" de 220mm.

C.3.7.2 Potència motriu necessària

Es considera un accionament directe mitjançant motor reductor, amb un reductor tipus bis sens fi. A nivell orientatiu s'estipula un rendiment η del 86%

Potència P mínima necessària (Kw)	Força tangencial Fu a la perifèria del tambor motriu (N)	velocitat de la banda v (m/s)	rendiment η del sistema d'accionament
1	1.088,3	0,84	0,86

$$P = \frac{F_u \times v}{1000 \times \eta} = \frac{1.088,3 \times 0,84}{1000 \times 0,86} = 1 \text{ Kw}$$

C.3.7.3 Parell motriu

Parell motriu Tn (Nm)	Força tangencial Fu a la perifèria del tambor motriu (N)	diàmetre D del tambor motriu (m)
119,7	1.088,3	0,22

$$T_n = F_u \times \frac{D}{2} = 1088,3 \times \frac{0,22}{2} = 119,7 \text{ Nm}$$

C.3.7.4 Velocitat de gir del tambor motriu

Velocitat de gir n₂ del tambor motriu (r.p.m)	velocitat de la banda v (m/s)	diàmetre D del tambor motriu (m)
72,9	0,84	0,22

$$n_2 = \frac{[v / (D/2)] \times 60}{2 \times \pi} = \frac{[0,84 / (0,22/2)] \times 60}{2 \times \pi} = 72,9 \text{ r.p.m}$$

C.3.7.5 Sistema d'accionament

El motor que acciona la banda transportadora totalment carregada, sense sobreescalfar-se, no podrà ser capaç d'accelerar el transportador carregat des del repòs fins a la velocitat de disseny. Per assegurar la capacitat d'arrencada adequada, es dimensiona de forma que el parell del motor excedirà la suma del parell exigít per transportar el material, aproximadament dues vegades el parell requerit per a superar la força de fricció de tot el transportador, d'aquesta manera també es garanteix qualsevol possible deficiència del subministrament de voltatge que pugui existir durant el període d'acceleració.

D'aquesta manera no només es garanteix una arrancada el més lleugera possible per el motor sinó que es garanteix un correcte funcionament de la cinta en cas de sobre fricció per excés de brutícia, fangs o mal estat d'algun dels components de la cinta.

Característiques del motor reductor seleccionat :

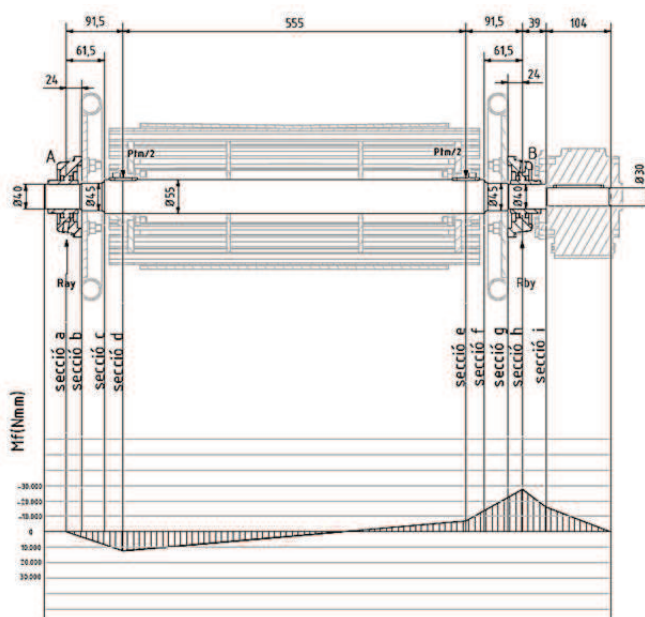
Model motor reductor	SEW SA47/TDRE90L4
potència	1.5kW
Parell nominal	163 Nm
Velocitat de sortida	73 [1/min]
Consum	5,8/3,35 A (230/400V)
Pes del motor reductor	32 kg

C.3.7.6 Dimensionat de l'eix motriu

L'eix s'acciona gràcies a un parell de 163 Nm generat pel motor reductor situat pròxim al rodament B. El dimensionat del diàmetre de l'eix requereix la determinació d'alguns valors. En primer lloc les forces gravitatòries segons l'eix Y com són les originades pel propi pes del tambor motriu, del motor reductor i l'eix. En segon lloc, la força resultant horitzontal segons l'eix Z originada per les tensions de la banda.

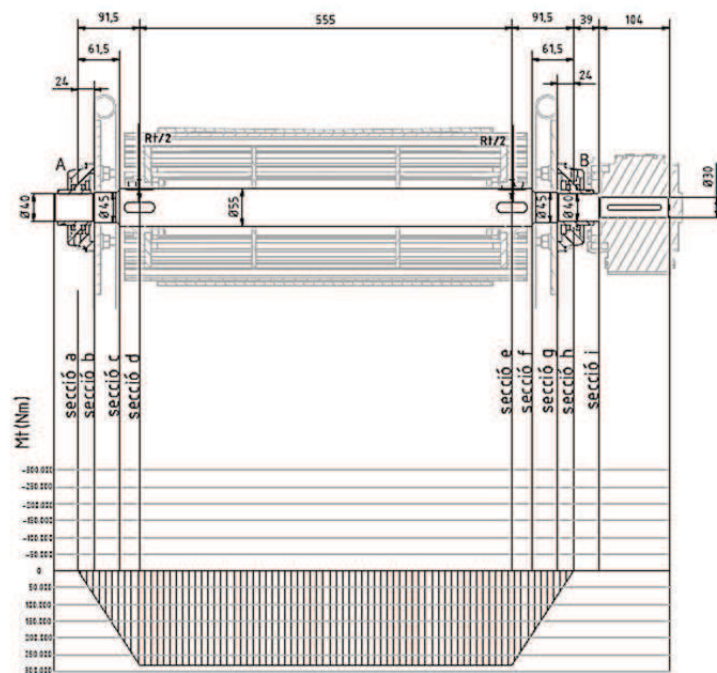
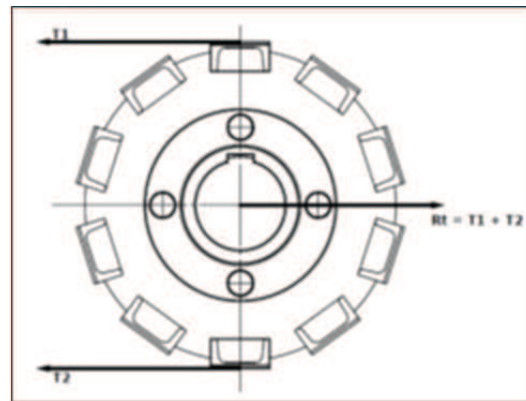
I. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Y):

Pes del motor reductor Pr	3 N/mm
Pes del tambor motriu Ptm	25 kg (245 N)
Pes propi de l'eix Pe	14 kg (137,2 N)



II. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Z):

Tensió T1 de la banda	3.761,5N
Tensió T2 de la banda	2.673,1N
Resultant de tensions Rt	6.434,6



III. Moment flector equivalent Mfe :

$$Mfe = \sqrt{Mx^2 + Mz^2}$$

	Moment flector Eix Y (Nmm)	Moment flector Eix Z (Nmm)	Mfe (Nmm)
Secció a	0	0	0
Secció b	3.415,5	77.239,2	77.314,7
Secció c	8.720,8	197.225,4	197.418,1
Secció d	12.814,8	294.474,4	294.753,1
Secció e	8.929,7	294.474,4	294.609,8
Secció f	15.374,5	197.225,4	197.823,7
Secció g	23.618,3	77.239,2	80.769,5
Secció h	28.976,7	0	28.976,7
Secció i	16.516,3	0	16.516,3

IV. Reaccions en els rodaments :

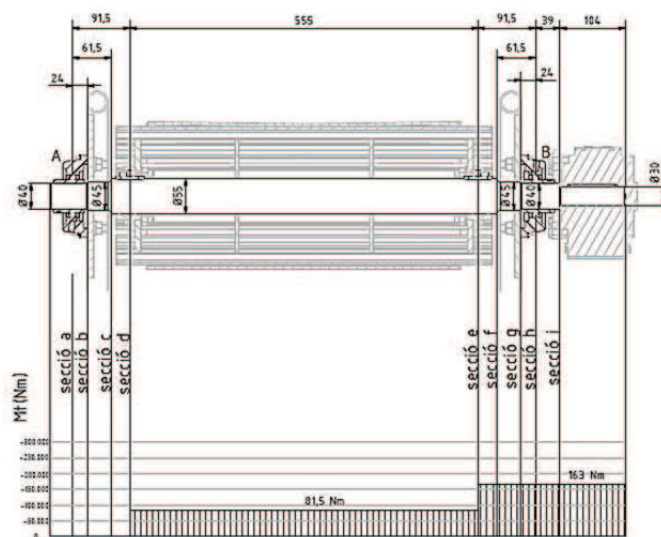
$$Re = \sqrt{Ry^2 + Rz^2}$$

	Ray (N)	Raz (N)	Rae (N)
Rodament A	149,5	3.218,3	3.221,8

	Rby (N)	Rbz (N)	Rbe (N)
Rodament B	545,8	3.218,3	3.264,3

V. Moment Torçor Mt :

Es pren com a moment torçor màxim el parell nominal generat pel motor reductor. Es considera un parell continu ja que la cinta està dissenyada per a un funcionament constant amb el mínim de parades i arrancades.



VI. Càlculs a fatiga:

Factor de superfície Ka :

$$Ka = A \times Sut^B = 4,51 \times 634^{-0,265}$$

Factor de dimensions Kb :

$$Kb = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107}$$

Límit de resistència a la fatiga Se :

$$Se = 0,5 \times Sut \times Ka \times Kb$$

Concentració de tensions a la fatiga Kf :

$$Kf = 1 + q \times (Kt - 1)$$

Factor de seguretat a fatiga Nf (Teoria de Solderberg) :

$$\frac{1}{Nf} = \frac{16}{\pi \times d^3} \times \sqrt{\left(\frac{Kf \times Mf}{0,577 \times Se}\right)^2 + \left(\frac{Mt}{0,577 \times Sy}\right)^2}$$

Factor de seguretat estàtic Ne (Teoria del tallant màxim) :

$$\frac{1}{Ne} = \frac{32}{\pi \times d^3 \times Sy} \times \sqrt{(Mf)^2 + (Mt)^2}$$

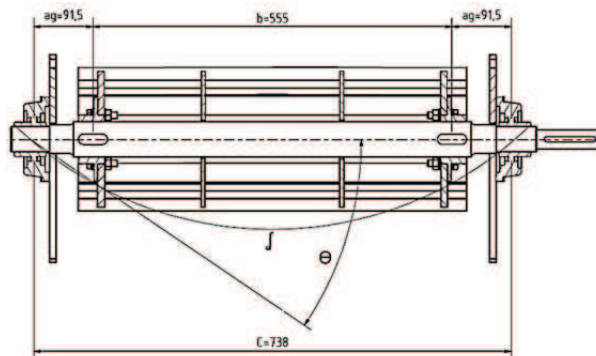
Resum de càlculs a fatiga per les seccions més desfavorables :

Material de l'eix	Acer al carboni F1140 normalitzat 1200°F (Sut = 593 Mpa ; Sy = 372 Mpa)
-------------------	---

	Secció b	Secció c	Secció d	Secció e	Secció f	Secció g	Secció i
Mfe (Nmm)	77.314,7	197.418,1	294.753,1	294.609,8	197.823,7	80.769,5	16.516,3
Mt (Nmm)	81.500	81.500	81.500	163.000	163.000	163.000	163.000
D (mm)	40	45	55	55	45	40	30
Ka	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830	0,830
Kb	0,837	0,827	0,809	0,809	0,827	0,837	0,864
Kc	1	1	1	1	1	1	1
Kd	1	1	1	1	1	1	1
Se (Mpa)	206,2	203,6	199,3	199,3	203,6	206,2	212,6
Kt	2,03	1,75	2,14	2,14	1,75	2,03	2,12
q	0,72	0,85	0,78	0,78	0,85	0,72	0,7
Kf	1,8	1,6	1,9	1,9	1,6	1,8	1,87
Nf	10,2	6,7	6,7	6,7	6,5	8,7	6,6
Ne	20,8	15,6	19,8	18	13	12,8	6

Com s'aprecia a les taules anteriors totes les seccions resisteixen perfectament tots els esforços amb coeficients de seguretat molt acceptables.

VII. Càlcul de la deflexió de l'eix :



Fletxa màxima J :

Moment d'inèrcia de la secció : J = 0,0491 D⁴ = 0,0491 55⁴ = 449.295,7 mm⁴

Fletxa màxima J (mm)	Resultant de forces Rt sobre l'eix motriu (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	b (mm)	C (mm)	ag (mm)
0,21	6.434,6	210.000	449.295,7	555	738	91,5

$$Ft = \frac{Rt \cdot ag}{24 \cdot E \cdot J} \times [3 \times (b+2ag)^2 - (4ag)^2] = \frac{(6.434,6/2) \times 91,5}{24 \cdot 210.000 \cdot 449.295,7} \times [3 \times (555+2 \times 91,5)^2 - (4 \times 91,5)^2] = 0,21$$

Angle girat màxim Θ :

Moment d'inèrcia de la secció : $J = 0,0491 D^4 = 0,04941 55^4 = 449.295,7 \text{ mm}^4$

Angle girat màxim Θ (°)	Resultant de forces Rt sobre l'eix motriu (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	C (mm)	ag (mm)
0,06	6.434,6	210.000	449.295,7	738	91,5

$$\alpha t = \frac{\frac{Rt}{2}}{2 \cdot E \cdot J} \cdot (ag \times (C-ag)) \times 57,29 = 0,06^\circ$$

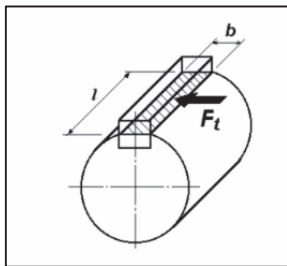
Es considera acceptable l'angle girat calculat. Els valors compresos entre 0,09° i 0,14° garanteixen un funcionament correcte de les cintes de mitjana capacitat. Tampoc representa un problema per als rodaments ja que el capçal motriu es compon de rodaments de boles amb camí de rodadura esfèric, permetent així desalineacions angulars de l'eix respecte del suport de l'ordre de 2°.

VIII. Dimensionat de les xavetes :

El tambor motriu és solidari a l'eix mitjançant 2 xavetes idèntiques encarregades de transmetre el parell torçor. La xaveta més pròxima al motor reductor serà la més desfavorable i la que és objecte de càlcul ja que aquesta absorbirà la totalitat del parell de treball mentre que l'altre absorbirà la meitat .

Material	Acer al carboni C45E (Sut = 590 Mpa ; Sy =308 Mpa)
Tipus	DIN 6885A b=16mm h=10mm
Longitud (mm)	45
Parell torçor (Nmm)	163.000 Nmm

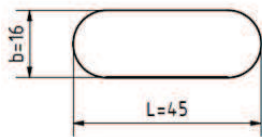
Falla deguda a l'esforç tallant :



Força **Ft** sobre la xaveta :

Força sobre la xaveta Ft (N)	Parell torçor T (Nmm)	Diàmetre de secció de l'eix d (mm)
5.927,3	163.000	55

$$F_t = \frac{T}{D/2} = \frac{163.000}{55/2} = 5.927,3 \text{ N}$$



Àrea tallant **At**:

Àrea tallant At (mm ²)	Base b de la xaveta (mm)	Longitud L (mm)
665	16	45

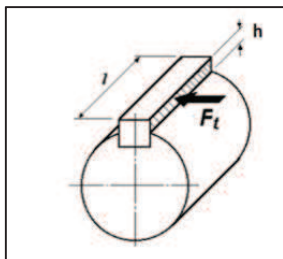
$$A_t = (b \times (L-b)) + \frac{\pi \times b^2}{4} = (16 \times (45-16)) + \frac{\pi \times 16^2}{4} = 665 \text{ mm}^2$$

Coefficient de seguretat **Nt**:

Coefficient de seguretat Nt	Àrea tallant At (mm ²)	Força sobre la xaveta Ft (N)	Límit elàstic del material Sy (Mpa)
17,2	665	5.927,3	308

$$N_t = \frac{0,5 \times S_y}{F_t / A_t} = \frac{0,5 \times 308}{5.927,3 / 665} = 17,2$$

Falla deguda a l'esforç de compressió :

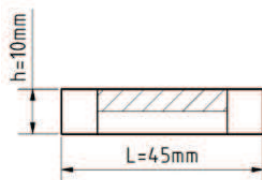


Força **Ft** sobre la xaveta :

Força sobre la xaveta Ft (N)	Parell torçor T (Nmm)	Diàmetre de secció de l'eix d (mm)
5.927,3	163.000	55

$$F_t = \frac{T}{D/2} = \frac{163.000}{55/2} = 5.927,3 \text{ N}$$

Àrea de compressió **Ac** :



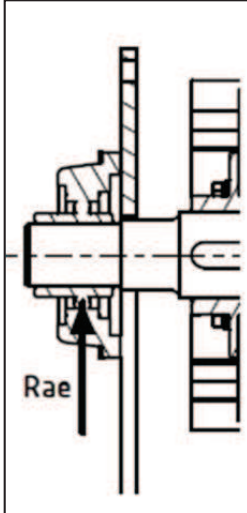
Àrea de compressió Ac (mm ²)	altura h de la xaveta (mm)	Longitud L (mm)	Base b de la xaveta (mm)
145	10	45	16

$$A_c = (L-b) \times (0,5 \times h) = (45-16) \times (0,5 \times 10) = 145 \text{ mm}^2$$

Coefficient de seguretat **Nc**:

Coefficient de seguretat Nc	Àrea de compressió Ac (mm ²)	Força sobre la xaveta Ft (N)	Límit elàstic del material Sy (Mpa)
7,5	145	5.927,3	308

$$N_c = \frac{S_y}{F_t / A_c} = \frac{308}{5.927,3 / 145} = 7,5$$

C.3.7.7 Dimensionat dels rodamentsI. Dimensionat Rodament A :

Característiques del rodament A:

Fabricant	SNR
Model	Rodament auto alineant de boles UCFE 208
Diàmetre de l'eix (mm)	40
Capacitat dinàmica C (KN)	29,6
Capacitat estàtica Co (KN)	18,2

Càrrega de treball del rodament A :

Càrrega Rae (N)	3.221,8
-----------------	---------

Càlcul dinàmic del Rodament A :

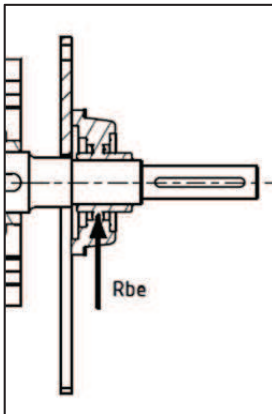
Duració de vida nominal L ₁₀ (10 ⁶ cicles)	Capacitat dinàmica C (N)	Càrrega de treball Rae del rodament (N)
775,8	29.600	3.221,8

$$L_{10} = \left(\frac{C}{Rae} \right)^3 = \left(\frac{29.600}{3.221,8} \right)^3 = 775,5 \times 10^6 \text{ cicles} = 177.053 \text{ hores}$$

Càlcul estàtic del Rodament A :

$$Rae < C_0 \quad 3.221,8 \text{ N} < 18.200 \text{ N}$$

II. Dimensionat Rodament B :



Característiques del rodament B:

Fabricant	SNR
Model	Rodament auto alineant de boles UCFE 208
Diàmetre de l'eix (mm)	40
Capacitat dinàmica C (KN)	29,6
Capacitat estàtica Co (KN)	18,2

Càrrega de treball del rodament B :

Càrrega Rbe (N)	3.264,3
------------------------	---------

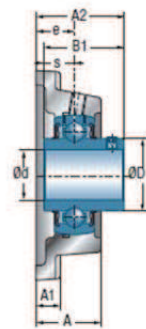
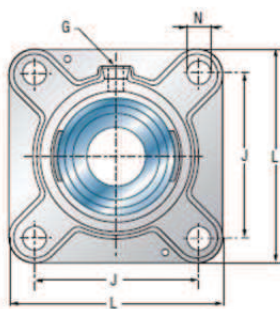
Càlcul dinàmic del Rodament B :

Duració de vida nominal L10 (10 ⁶ cicles)	Capacitat dinàmica C (N)	Càrrega de treball Rbe del rodament (N)
94,8	29.600	3.264,3

$$L_{10} = \left(\frac{C}{R_{be}} \right)^3 = \left(\frac{29.600}{3.264,3} \right)^3 = 745,6 \times 10^6 \text{ cicles} = 170.227 \text{ hores}$$

Càlcul estàtic del Rodament B :

$$R_{be} < C_o \quad 3.264,3 \text{ N} < 18.200 \text{ N}$$



UCFE200

d mm		L	J	A	A1	A2	e	N	s1	B	B1	s
40	UCFE208	130	101,5	39,5	13,0	54,2	24,0	14,0	-	-	49,2	19,0

C.3.8. Càlcul i dimensionat del capçal posterior

C.3.8.1 Diàmetre del tambor posterior

diàmetre D del tambor posterior (m)	0,218
--	-------

C.3.8.2 Velocitat de gir del tambor posterior

Velocitat de gir n₂ del tambor posterior (r.p.m)	velocitat de la banda v (m/s)	diàmetre D del tambor posterior (m)
13,45	0,84	0,218

$$n_2 = \frac{[v / (D/2)] \times 60}{2 \times \pi} = \frac{[0,84 / (0,218/2)] \times 60}{2 \times \pi} = 73 \text{ r.p.m}$$

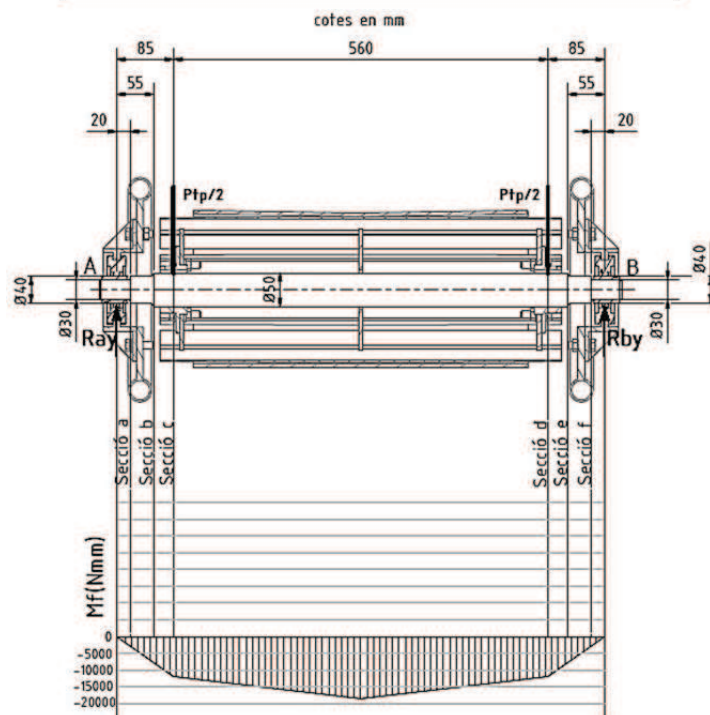
C.3.8.3 Dimensionat de l'eix posterior

El parell generat pel motor reductor, gràcies a la banda de transport, es transmet directament al tambor posterior mitjançant una relació de transmissió 1:1 .

El dimensionat del diàmetre de l'eix requereix la determinació d'alguns valors. En primer lloc les forces originades per les tensions de la banda a la part posterior , el propi pes del tambor posterior, el pes propi de l'eix i el parell torçor transmès per la banda de transport.

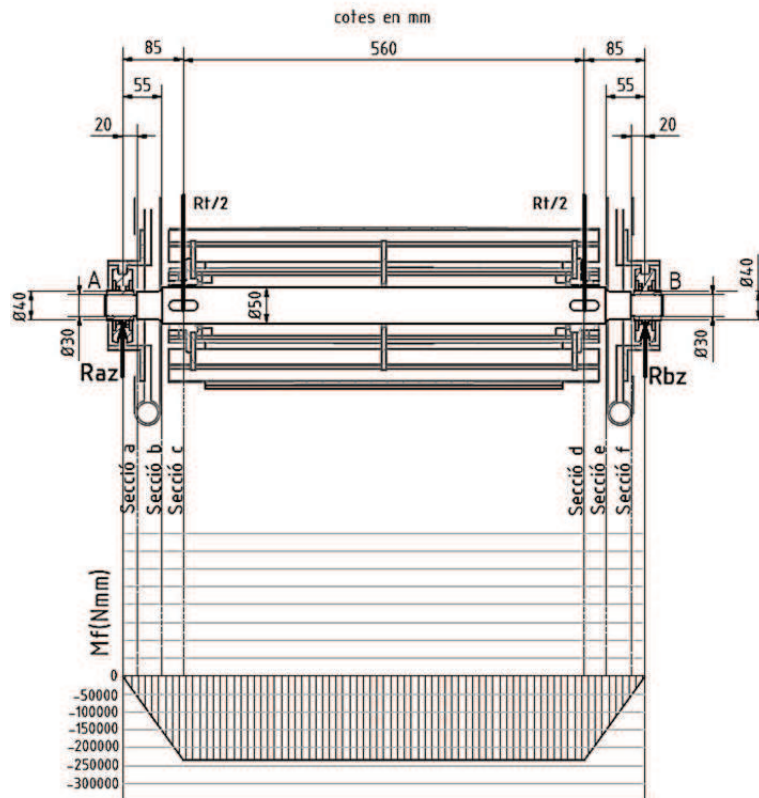
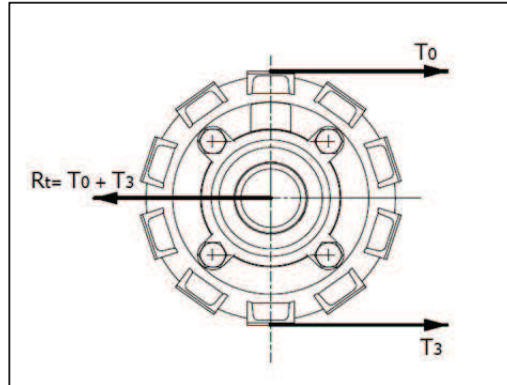
- I. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Y):

Pes del tambor posterior P_{tp}	20 kg (196N)
Pes propi de l'eix P_e	11 Kg (107,8N)



II. Sol·licitació de forces i moments (eix de coordenades Z):

Tensió T₃ de la banda	2.745,7
Tensió T₀ de la banda	2.745,7
Resultant de tensions R_t	5.509,4



III. Moment flector equivalent Mfe :

$$Mfe = \sqrt{Mx^2 + Mz^2}$$

	Moment flector Eix Y (Nmm)	Moment flector Eix Z (Nmm)	Mfe (Nmm)
Secció a	2.969,1	54.914	54.994,2
Secció b	8.087,3	151.013,5	151.229,9
Secció c	12.356,3	233.384,5	233.711,4
Secció d	12.356,3	233.384,5	233.711,4
Secció e	8.087,3	151.013,5	151.229,9
Secció f	2.969,3	54.914	54.994,2

IV. Reaccions en els rodaments :

$$Re = \sqrt{Ry^2 + Rz^2}$$

	Ray (N)	Raz (N)	Rae (N)
Rodament A	149	2.745,7	2.750

	Rby (N)	Rbz (N)	Rbe (N)
Rodament B	149	2.745,7	2.750

V. Moment Torçor Mt :

Es pren com a moment torçor màxim el parell nominal generat pel motor reductor ja que la relació de transmissió de la cinta transportadora és 1:1. Es considera un parell continu ja que la cinta està dissenyada per a un funcionament constant amb el mínim de parades i arrancades.

$$Mt=163.000\text{Nmm}$$

VI. Càlculs a fatiga:

Factor de superfície Ka :

$$Ka = A \times Sut^B = 4,51 \times 634^{-0,265}$$

Factor de dimensions Kb :

$$Kb = \left(\frac{D}{7,62}\right)^{-0,107} \quad D = 0,370 \times d$$

Límit de resistència a la fatiga Se :

$$Se = 0,5 \times Sut \times Ka \times Kb$$

Concentració de tensions a la fatiga Kf :

$$Kf = 1 + q \times (Kt - 1)$$

Factor de seguretat a fatiga Nf (Teoria de Solderberg) :

$$\frac{1}{Nf} = \frac{16}{\pi \times d^3} \times \sqrt{\left(\frac{Kf \times Mf}{0,577 \times Se}\right)^2 + \left(\frac{Mt}{0,577 \times Sy}\right)^2}$$

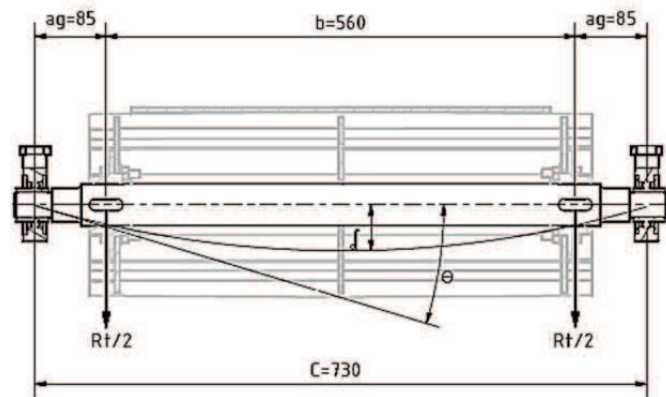
Factor de seguretat estàtic Ne (Teoria del tallant màxim) :

$$\frac{1}{Ne} = \frac{32}{\pi \times d^3 \times Sy} \times \sqrt{(Mf)^2 + (Mt)^2}$$

Resum de càlculs a fatiga per les seccions representatives més desfavorables :

Material de l'eix	Acer al carboni F1140 normalitzat 1200°F (Sut = 593 Mpa ; Sy = 372 Mpa)
-------------------	--

	Secció a	Secció b	Secció c
Mfe (Nmm)	54.994,2	151.229,9	233.711,4
Mt (Nmm)	163.000	163.000	163.000
D (mm)	30	40	50
Ka	0,830	0,830	201,34
Kb	0,864	0,837	0,818
Kc	1	1	1
Kd	1	1	1
Se (Mpa)	212,6	206,2	201,34
Kt	2,12	1,69	2,14
q	0,72	0,87	0,78
Kf	1,87	1,6	1,89
Nf	4,78	5,8	6,33
Ne	5,73	10,5	16

VII. Càlcul de la deflexió de l'eix :Fletxa màxima f :Moment d'inèrcia de la secció : $J = 0,0491 D^4 = 0,0491 50^4 = 449.295,7 \text{ mm}^4$

Fletxa màxima f (mm)	Resultant de forces R_t (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	b (mm)	C (mm)	ag (mm)
0,24	5.509,4	210.000	449.295,7	560	730	85

$$f = \frac{\frac{R_t}{2} \cdot ag}{24 \cdot E \cdot J} \times [3 \times (b+2ag)^2 - (4ag)^2] = \frac{\left(\frac{5.509,4}{2}\right) \times 85}{24 \cdot 210.000 \cdot 449.295,7} \times [3 \times (560+2 \times 85)^2 - (4 \times 85)^2] = 0,24$$

Angle girat màxim Θ :Moment d'inèrcia de la secció : $J = 0,0491 D^4 = 0,0491 55^4 = 449.295,7 \text{ mm}^4$

Angle girat màxim Θ (°)	Resultant de forces R_t (N)	Mòdul elàstic de l'acer E (Mpa)	Moment d'inèrcia de la secció J (mm ⁴)	C (mm)	ag (mm)
0,07	5.509,4	210.000	449.295,7	730	85

$$\alpha = \frac{\frac{R_t}{2}}{2 \cdot E \cdot J} \cdot (ag \times (C-ag)) \times 57,29 = \left(\frac{5.509,4/2}{2 \cdot 210.000 \cdot 449.295,7}\right) \cdot (85 \times (730-85)) \times 57,29 = 0,07^\circ$$

Es considera acceptable per a cintes de mitjana capacitat, un angle girat comprès entre 0,09° i 0,14°. L'eix es troba subjectat mitjançant rodaments de boles amb camí de rodadura esfèric, permetent així desalineacions angulars de l'eix respecte del suport de l'ordre de 2°.

C.3.8.4 Dimensionat dels rodaments

I. Rodament A i rodament B :

Característiques dels rodaments:

Fabricant	SNR
Model	Rodament auto alineant amb cargol tensor UCT 206 + WB
Diàmetre de l'eix (mm)	50
Capacitat dinàmica C (KN)	19,5
Capacitat estàtica Co (KN)	11,2

Càrrega de treball dels rodaments :

Càrrega Rae/ Rbe (N)	2.745,7
-----------------------------	---------

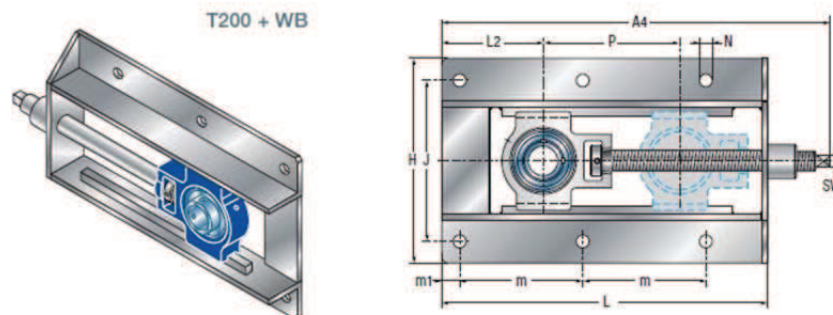
Càlcul dinàmic dels Rodaments :

Duració de vida nominal L10 (10 ⁶ cicles)	Capacitat dinàmica C (N)	Càrrega de treball Rae/ Rbe (N)
358,2	19.500	2.745,7

$$L_{10} = \left(\frac{C}{Rae} \right)^3 = \left(\frac{19.500}{2.745,7} \right)^3 = 358,2 \times 10^6 \text{ cicles} = 81.784,4 \text{ hores}$$

Càlcul estàtic dels Rodaments :

$$Rae=Rbe < C_o \quad 2.745,7 \text{ N} < 11.200 \text{ N}$$



Diàmetre interior del tornillo trapezoidal	
T201-T205	: TR 16x4
T206	: TR 20x4
T207-T210	: TR 24x5
T211-T213	: TR 30x6

Diàmetre del eix d mm	Denominación	Dimensiones principales [mm]																
		L	H	J	m	m1	A	A2	A4	L2	P	T	e	N	SW	s1	B	B1
30	UCT206+WB	337	212	166	127	19	50	52,2	396	95	150	6	30	12	11	-	-	38,1
	UST206+WB	337	212	166	127	19	50	52,0	396	95	150	6	30	12	11	-	-	30,0
	EST206+WB	337	212	166	127	19	50	56,7	396	95	150	6	30	12	11	-	-	35,7
	EXT206+WB	337	212	166	127	19	50	60,1	396	95	150	6	30	12	11	-	-	48,3
	UKT207H+WB	429	212	166	173	19	50	52,5	490	99	230	6	30	12	12	22,5	43,0	-

ANEX D : DIMENSIONAT DELS ELEVADORS

D. ANNEX D : DIMENSIONAT DELS ELEVADORS**D.1. Característiques dels elevadors**

ELEVADOR N°1

Característiques del material a transportar :

Material a transportar	Barita BaSO ₄
Densitat	2,8 T/m ³
Granulometria màxima	105mm
Abrasivitat	Poc abrasiu
Angle de repòs	35º
Angle de sobrecàrrega	25º

Característiques de funcionament :

Capacitat de transport	120 T/h
Utilització/Funcionament	24 h/dia
Característiques ambientals	Intempèrie, presència de material abrasiu i molt corrosiu
Temperatura mínima de treball	-10ºC

Característiques dimensionals :

Distància entre politges	19.520 mm
Diàmetre de politges	500mm
Amplada	960x400
Altura total	20.670mm

ELEVADOR N°2

Característiques del material a transportar :

Material a transportar	Barita BaSO ₄
Densitat	2,8 T/m ³
Granulometria màxima	25mm
Abrasivitat	Poc abrasiu
Angle de repòs	35º
Angle de sobrecàrrega	25º

Característiques de funcionament :

Capacitat de transport	26,06 T/h
Utilització/Funcionament	24 h/dia
Característiques ambientals	Intempèrie, presència de material abrasiu i molt corrosiu
Temperatura mínima de treball	-10ºC

Característiques dimensionals :

Distància entre politges	15.500 mm
Diàmetre de politges	500mm
Amplada	960x400
Altura total	17.140mm

D.2. Dimensionat dels elevadors

El disseny dels elevadors de catúfols es farà en base als requeriments de flux de material que es requereixen per a la fase de garbellat i l'altura neta que es necessita per descarregar el material.

Es preveu l'obtenció d'aquests equips mitjançant la seva compra a fabricant, enlloc de fer el disseny exhaustiu de tots els seus components, per tant, en aquest apartat de projecte només es mostren els càlculs bàsics que defineixen les característiques principals de l'elevador n°1 i l'elevador n°2.

Així doncs, el primer factor a considerar és la capacitat de cada elevador. Des de la trituradora primària de mandíbules, l'elevador n°1 s'alimentarà amb una capacitat de 120t/h, o el que és el mateix, 2 t/min. L'elevador n°2, alimentat per el molí de cons secundari, transportarà 26,06 t/h de mineral equivalent a 0,43 t/min.

L'altre factor important és l'altura de descàrrega del mineral respecte la base de cada elevador, la qual es fixa al voltant dels 17 metres per l'elevador n° 1 i 13 metres per l'elevador n°2. D'acord amb això, la distància entre el tambor motriu i el tambor de peu, ha de ser major per tal de facilitar una correcta descàrrega, per la qual cosa es fixa una distància entre politges de 19.52m per l'elevador n° 1 i 15.5m per l'elevador n° 2.

D.2.1. Selecció de la banda de transport

L'experiència que ofereixen els fabricants d'elevadors, indica que és més aconsellable un transport mitjançant la banda en comptes d'una cadena, ja que aquest últim requereix major manteniment degut al desgast. La banda de transport és un mitjà més continu i únicament precisa manteniment quan és necessari substituir-la una vegada ha sofert molt de desgast.

Els principals factors a considerar a l'hora d'escollir una banda de transport són :

- Debilitament de la banda degut a les perforacions dels pernys de fixació amb els catúfols.
- Erosió de la cara exterior de la banda degut a la incidència directa del material a la zona de càrrega.
- Acció tallant de l'aresta posterior del catúfol sobre la banda durant el pas al llarg del tambor motriu.

Finalment, amb les recomanacions dels fabricants, es selecciona la banda següent :

Fabricant	ESBELT
Model	Drago 81CC
Material	PVC
Nº de capes	3
Espessor total (mm)	7,8
Amplada	260mm
Pes Kg/m2	9,6
Càrrega de treball a l'1% (N/mm)	65

La subjecció dels catúfols a la banda de transport es realitzarà tal i com es mostra a les figures D.2.1.A i D.2.1.B següents, mitjançant una sola fila de cargols. Aquesta disposició és la que majoritàriament ofereix millors resultats. Al tractar-se d'un transport de mineral pesat, s'utilitzarà una unió formada per dos files tal i com es mostra a la figura D.2.1.B

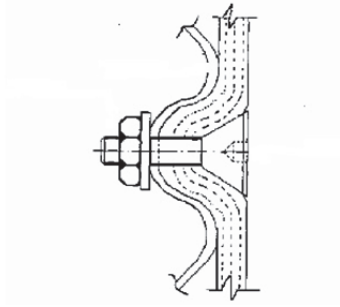


Figura D.2.1.A Subjecció dels catúfols amb la banda

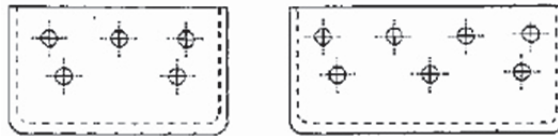


Figura D.2.1.B Fixació mitjançant doble fila de cargols

Pel que fa al tensat de la banda per a garantir que aquesta no llisqui sobre dels tambors, es realitzarà a l'eix del tambor de peu mitjançant un tensor de cargol.

D.2.2. Dimensionat del tambor motriu

Diàmetre mínim D (mm)	Constant K	Nº de capes de la banda N
450	150	3

$$D = K \cdot N = 150 \cdot 3 = 450 \text{ mm}$$

Finalment es selecciona un diàmetre de tambor de 500mm tant per el tambor motriu com el tambor de peu. Els tambors hauran de ser del tipus de sectors, amb espai suficient per tal d'evitar l'acumulació de fang que provocaria la desalineació de la banda i l'obstrucció total de l'equip.

D.2.3. Longitud de banda requerida

La longitud queda definida per la distància entre politges i el diàmetre d'aquestes tal i com mostra la següent expressió :

$$P = ((2 \cdot \pi \cdot r)) + 2 \cdot Dp$$

On,

r : Radi dels tambors o politges, mm.

Dp: Distància entre tambors o politges, mm

Així doncs el perímetre de banda de cada elevador és :

$$\text{Elevador 1 } P = ((2 \cdot \pi \cdot 250)) + 2 \cdot 19.520 = 40.610,8 \text{ mm}$$

$$\text{Elevador 2 } P = ((2 \cdot \pi \cdot 250)) + 2 \cdot 15.500 = 32.570,8 \text{ mm}$$

D.2.4. Dimensionat del catúfols

La forma dels catúfols depèn majoritàriament del material a transportar, així com de la velocitat de l'elevador. La taula D.2.4.A següent, extreta de les normes DIN15230, mostren els tipus més comuns.

Donades les característiques del mineral a transportar, s'escull un catúfol tipus profund, ja que el sulfat de bari és un material pesat i pulverulent.

DIN	15231	15241	15232	15242	15233	15243	15234	15244	15235	15245
Ejecución	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición
Forma	Altura reducida		Altura reducida redondeada		Semiprofundos		Profundo		Profundo	
Figura										
Apropiados para	Materiales sueltos, Harina, Sémola		Materiales en trozos pequeños, cereales		Materiales pegajosos: azúcar en caña, finos de carbón, húmedos		Materiales pesados, pulverulentos o en trozos grandes, arena, cemento, carbón		Materiales ligeros y fluidos o rodantes: cenizas o patatas.	

Taula D.2.4.A

En segon lloc, a partir de la taula D.2.4.B i tractant-se de materials granulars abrasius, es pren un catúfol tipus profund (P), amb un rang de velocitat lineal de la banda entre 0,8 - 1 (m / s).

Características del material	Material	Tipo de elevador	Tipo de cangilón	Veloc. (m/seg) banda
Pulverulento	Polvo de carbón	Baja velocidad, descarga por gravedad	P	—
	Cemento, yeso, fosfatos	Alta velocidad, descarga centrifuga	P	1.25 - 1.8
Granular y con pequeños trozos (inferiores a 60 mm), medianamente abrasivos	Serrín, arcilla seca en trozos, carbón	Alta velocidad, descarga centrifuga	P	1.25 - 2
Idem muy abrasivos	Grava, mineral	Baja velocidad, descarga directa por gravedad.	U	0.8 - 1

Taula.D.2.4.B

Es pretén fer un disseny de forma que la descàrrega del material s'origini degut a l'efecte de la gravetat un cop el catúfol comença a baixar a través de la banda.

Com ja s'ha explicat anteriorment, es requereix un flux de 2 t / min de material per l'elevador nº 1 i 0,43 t/min per l'elevador nº2, llavors cal calcular el volum mínim necessari de cada catúfol.

Elevador nº 1

La velocitat de la banda és $V_t = 60 \text{ m / min}$, és a dir, durant un minut es recorren 60 m de banda. Això indica que al llarg d'aquesta distància, s'ha de col·locar un nombre suficient de catúfols per tal de poder subministrar les 120 tones cada hora, és a dir, 2 t / min.

Els fabricants recomanen col·locar els catúfols espaiats una distància màxima de 0,2m, representant un total de 203 catúfols a repartir al llarg de 40.610,8 mm de banda, o bé, 300 catúfols al llarg d'una banda de 60m.

Si es divideix la capacitat a subministrar per el nombre de catúfols, s'obté el pes que haurà de portar cadascun, és a dir, $\frac{2 \text{ tones}}{300 \text{ catúfols}}$, que és igual a 0,00666 t/catúfol.

La densitat del material a transportar per a cada catúfol és de 2,8 t/m³, per tant el volum mínim requerit per a cada catúfol és de :

$$V = \frac{0,00666 \text{ t}}{2,8 \text{ t/m}^3} = 0,00238 \text{ m}^3 = 2,38 \text{ litres}$$

Amb el volum necessari ja establert, es selecciona el model H200 per a realitzar el transport de l'elevador nº 1 :

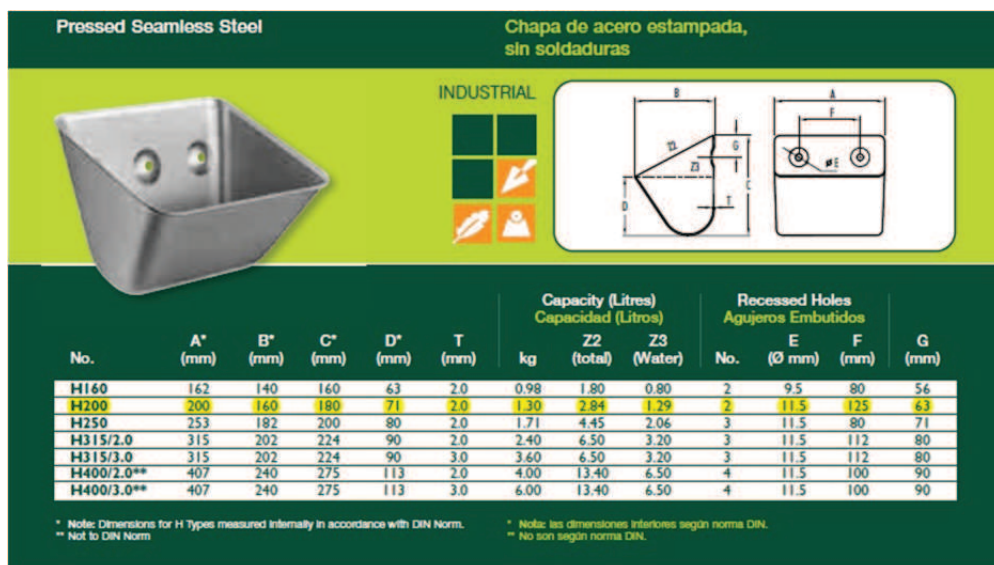


Figura D.2.4.A Característiques dels catúfols de l'elevador nº 1

Elevador nº 2

La velocitat de la banda és Vt = 60 m / min, és a dir, durant un minut es recorren 60 m de banda. Això indica que al llarg d'aquesta distància, s'ha de col·locar un nombre suficient de catúfols per tal de poder subministrar les 26,06 tones cada hora , és a dir, 0,43 t / min.

Els fabricants recomanen col·locar els catúfols espaiats una distància màxima de 0,2m, representant un total de 163 catúfols a repartir al llarg de 32.570,8 mm de banda, o bé, 300 catúfols al llarg d'una banda de 60m.

Si es divideix la capacitat a subministrar per el nombre de catúfols, s'obté el pes que haurà de portar cadascun, és a dir, $\frac{0,43 \text{ tones}}{300 \text{ catúfols}}$, que és igual a 0,0014 t/catúfol.

La densitat del material a transportar per a cada catúfol és de 2,8 t/m³, per tant el volum mínim requerit per a cada catúfol és de :

$$V = \frac{0,0014 \text{ t}}{2,8 \text{ t/m}^3} = 0,0005 \text{ m}^3 = 0,5 \text{ litres}$$

Amb el volum necessari ja establert, es selecciona el model SPSI40-110 per a realitzar el transport de l'elevador nº 2 :

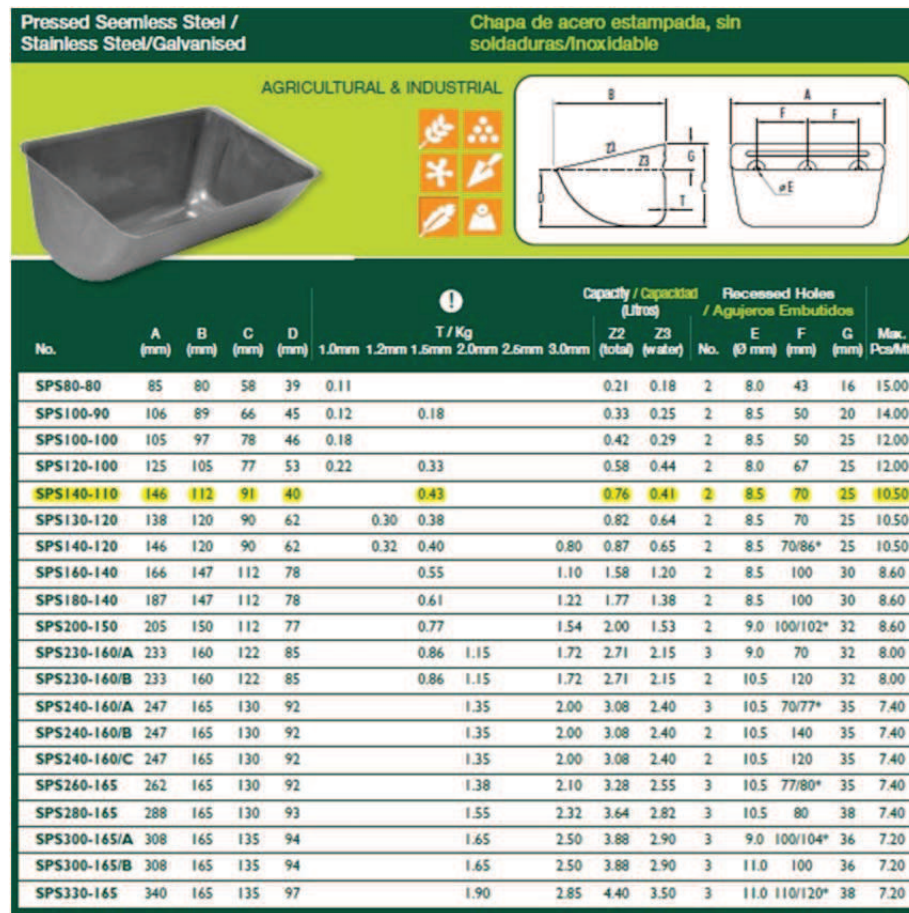


Figura D.2.4.B Característiques dels catúfols de l'elevador nº 2

D.2.5. Càlculs de transport

Capacitat d'elevació Elevador nº1

Capacitat d'elevació Q (t/h)	Velocitat de la banda v (m/min)	Pes del material a cada catúfol P1 (Kg)	Nº de files de catúfols	Distància entre catúfols e (mm)
166,5	60	9,25	1	200

$$Q = \frac{60 \cdot v \cdot p1 \cdot n}{e} = \frac{60 \cdot 60 \cdot 9,25 \cdot 1}{200} = 166,5 \text{ t/h}$$

Capacitat d'elevació Elevador nº2

Capacitat d'elevació Q (t/h)	Velocitat de la banda v (m/min)	Pes del material a cada catúfol P1 (Kg)	Nº de files de catúfols	Distància entre catúfols e (mm)
46,1	60	2,56	1	200

$$Q = \frac{60 \cdot v \cdot p1 \cdot n}{e} = \frac{60 \cdot 60 \cdot 2,56 \cdot 1}{200} = 46,1 \text{ t/h}$$

Càrrega per metre linealElevador nº1

Pes de material Pm (Kg/m)	Capacitat d'elevació real T (t/h)	Velocitat de la banda v (m/min)
34	120	60

$$Pm = 17 \cdot \frac{T}{v} = 17 \cdot \frac{120}{60} = 34 \text{ Kg/m}$$

Elevador nº2

Pes de material Pm (Kg/m)	Capacitat d'elevació real T (t/h)	Velocitat de la banda v (m/min)
7,38	26,06	60

$$Pm = 17 \cdot \frac{T}{v} = 17 \cdot \frac{26,06}{60} = 7,38 \text{ Kg/m}$$

D.2.6. Tensions de la banda de transportD.2.6.1 Tensió efectivaElevador nº1

Tensió efectiva Te (Kgf)	Pes de material Pm (Kg/m)	Altura d'elevació H (m)	Altura de compensació dels efectes de fricció Ho (m)
765,7	34	19,52	3

$$Te = Pm \cdot (H + Ho) = 34 \cdot (19,52 + 3) = 765,7 \text{ kgf}$$

Elevador nº2

Tensió efectiva Te (Kgf)	Pes de material Pm (Kg/m)	Altura d'elevació H (m)	Altura de compensació dels efectes de fricció Ho (m)
136,53	7,38	15,5	3

$$Te = Pm \cdot (H + Ho) = 7,38 \cdot (15,5 + 3) = 136,53 \text{ kgf}$$

D.2.6.2 Tensió màxima

Prèviament es determina el factor motriu K, el qual depèn de l'àrea de contacte, del tipus de tensor i de la superfície del tambor.

Per a elevadors amb sistema de tensió de cargol :

K=0,97 per a tambors sense revestiment

K=0,8 per a tambors amb revestiment

Per a elevadors amb sistema de tensió de contrapès :

K=0,64 per a tambors sense revestiment

K=0,5 per a tambors amb revestiment

Tant per l'elevador nº1 com per l'elevador nº2, es preveu un sistema de tensió de cargol a partir de tambors sense revestiment per tant :

Elevador nº1

Tensió màxima Tm (Kgf)	Tensió efectiva Te (Kgf)	Factor d'accionament K
1508,43	765,7	0,97

$$T_m = (1+K) \cdot T_e = (1+0,97) \cdot 765,7 = 1508,43 \text{ Kgf}$$

Elevador nº2

Tensió màxima Tm (Kgf)	Tensió efectiva Te (Kgf)	Factor d'accionament K
268,96	136,53	0,97

$$T_m = (1+K) \cdot T_e = (1+0,97) \cdot 136,53 = 268,96 \text{ Kgf}$$

D.2.6.3 Unitat de tensióElevador nº1

Unitat de tensió Ut (N/mm)	Tensió màxima Tm (Kgf)	Amplada de banda L (mm)
56,81	1507,43	260

$$P_m = \frac{T_m \cdot 9,8}{L} = \frac{1507,43 \cdot 9,8}{260} = 56,81 \text{ N/mm}$$

La banda seleccionada amb una càrrega màxima de treball de 65 N/mm garantirà el correcte transport del material amb una sol·licitació del 87%.

Elevador nº2

Unitat de tensió Ut (N/mm)	Tensió màxima Tm (Kgf)	Amplada de banda L (mm)
10,14	268,96	260

$$P_m = \frac{T_m \cdot 9,8}{L} = \frac{268,96 \cdot 9,8}{260} = 10,14 \text{ N/mm}$$

La banda seleccionada amb una càrrega màxima de treball de 65 N/mm garantirà el correcte transport del material amb una sol·licitació del 15,6%.

D.2.7. Potència motor reductorElevador nº1

Potència N (HP)	Tensió efectiva Te (Kgf)	Velocitat de la banda v (m/min)	Rendiment del motor reductor η
13,6	765,7	60	0,75

$$N = \frac{T_e \cdot v}{4500 \cdot \eta} = \frac{765,7 \cdot 60}{4500 \cdot 0,75} = 13,6 \text{ HP} = 10,14 \text{ Kw}$$

Elevador nº2

Potència N (HP)	Tensió efectiva Te (Kgf)	Velocitat de la banda v (m/min)	Rendiment del motor reductor η
2,43	136,53	60	0,75

$$N = \frac{T_e \cdot v}{4500 \cdot \eta} = \frac{136,53 \cdot 60}{4500 \cdot 0,75} = 2,43 \text{ HP} = 1,8 \text{ Kw}$$

D.2.8. Velocitat del motor reductor

Coneixent la velocitat lineal de transport de la banda i el diàmetre dels tambors motrius, es procedeix a calcular la velocitat de gir que haurà de ser capaç de transmetre el motor reductor de l'elevador 1 i elevador 2.

Velocitat de rotació W (r.p.m)	Velocitat lineal de la banda V (m/s)	Diàmetre del tambor motriu D (m)
38,19	1	0,5

$$W = \frac{\left(\frac{V}{0,5 \cdot D}\right) \cdot 60}{2 \cdot \pi} = \frac{\left(\frac{1}{0,5 \cdot 0,5}\right) \cdot 60}{2 \cdot \pi} = 38,19 \text{ r.p.m}$$

D.3. Característiques de les unions de la banda de transport

Els elevadors de catúfols tenen una longitud restringida per el tensat de la banda. Això obliga a realitzar més tasques de manteniment sobre les unions que no pas les cintes transportadores, per aquest motiu, no es recomana la utilització de juntes vulcanitzades ja que son cares i difícils de realitzar.

Amb una banda seleccionada de 3 capes, la junta més resistent i la més recomanada per fabricants d'elevadors, donada la senzillesa i eficàcia, és la que es mostra a la figura següent:

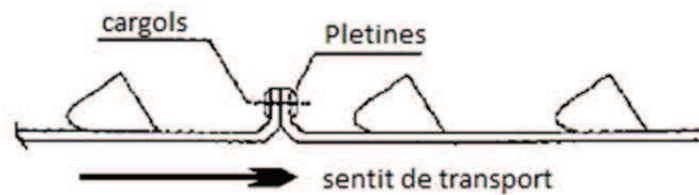


Figura D.2.9.A tipus d'unió de la banda de transport

D.4. Característiques de l'alimentació dels elevadors

Els elevadors de catúfols espaiats, com és el cas que es tracta en aquest projecte, els catúfols efectuen un dragat en el peu de l'elevador, sempre i quan es treballi amb materials pulverulents o granulars de petites dimensions, i així garantir la recollida del material que ha caigut parcialment fora de la superfície dels catúfols.

La granulometria mitjana i l'abrasivitat del mineral d'alimentació dels dos elevadors 1, obliga la utilització d'una alimentació directa sobre del catúfol enlloc del dragat, i sobretot és molt important garantir una continuïtat de funcionament de l'elevador per tal d'evitar sobrecàrregues i obstruccions.

D.5. Característiques de la descàrrega

Per al transport de minerals pesats i de grans dimensions, que no flueixen lliurement, s'adopta no obstant, velocitats baixes per tal de reduir al màxim l'acció de la força centrífuga. Per aquests, la força centrífuga és de l'ordre del 80% respecte materials que flueixen lliurement.

Un error habitual, és fixar velocitats determinades per a cada tipologia de material, donat que aquestes depenen directament del diàmetre del tambor motriu. No obstant, s'ha de considerar aspectes pràctics com són la mida o granulometria del material i la seva naturalesa. L'efecte de l'erosió és de vital importància, com més abrasiu i dur sigui el material, més important és efectuar el transport a velocitats moderades.

Les característiques del Sulfat de Bari indiquen que s'utilitzarà una descàrrega per gravetat per evitar erosions excessives de l'elevador i el garbell on es dipositaran finalment les partícules.

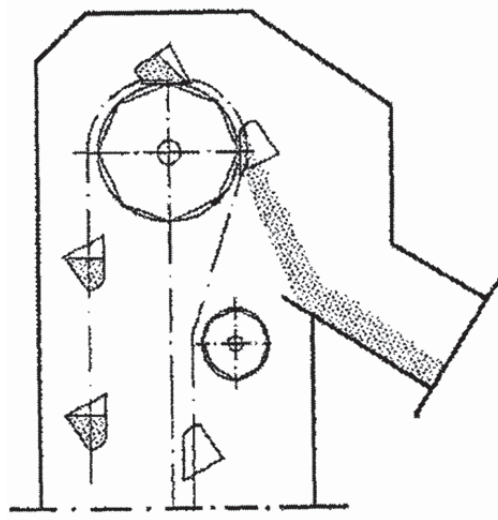


Figura D.2.11.A Descàrrega per gravetat

D.6. Dispositius de seguretat a considerar

En previsió de que un trencament dels mecanismes d'accionament o la manca de corrent al motor, facin que els catúfols plens retrocedeixin, i a l'entrar en contacte amb el material alimentat al peu de l'elevador es produeixin xocs i el deteriorament dels mateixos, s'ha de preveure un dispositiu antiretorn directament calat sobre l'eix de la roda motriu, o un fre del tipus electromagnètic o hidràulic.

Quan es produeix un lliscament de la banda, per falta de tensió al dispositiu tensor, la roda o tambor de peu s'aturarà o disminuirà el seu número de rpm degut a la perillositat que representa, Aquest fet s'ha d'evitar parant ràpidament l'elevador. Això s'aconseguirà amb un dispositiu elèctric situat a l'eix de tambor de peu capaç de detectar la velocitat de gir del tambor. En el cas de girar a menys velocitat per a la qual el sensor està configurat, aquest actuarà sobre els contactors de l'equip elèctric de comandament del motor d'accionament, aconseguint la parada general.

ANEX E : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE L'ESTRUCTURA DE LA PLANTA

E. ANNEX E : CÀLCUL I DIMENSIONAT DE L'ESTRUCTURA DE LA PLANTA**E.1. Aptitud al servei****E.1.1. Durabilitat**

L'estructura de la planta es dissenya a partir d'acer S275JR, per a un període de servei de 50 anys. Període en que s'hauran de complir tant els estats límits últims com els estats límit de servei.

E.1.2. Estats límits últims

Els estats límits últims son aquells que de no ser complerts poden suposar un perill per a les persones, ja sigui perquè l'edifici queda fora de servei o a causa del col·lapse total o parcial d'aquest. Es poden considerar els següents tipus d'estats límits últims:

1. Pèrdua d'equilibri de l'edifici, o d'una part estructuralment independent, considerat un cos rígid.
2. Fallada a causa d'una deformació excessiva, transformació de l'estructura o de part d'ella en un mecanisme, ruptura dels seus elements estructurals (inclosos recolzaments i fonaments) o de les seves unions, o inestabilitat d'elements estructurals incloent els originats per efectes que depenen del temps (fatiga, corrosió).

E.1.3. Estats límits de servei

Els estats límits últims son aquells que de no ser complerts, no suposen un perill per a les persones però afecten al confort i el benestar del usuari o terceres persones, al correcte funcionament de l'edifici o l'aparença de la construcció.

Aquests estats límits de servei poden ser reversibles o irreversibles. Com a estats límits de servei han de considerar-se els relatius a:

1. Deformacions (fletxes, assentaments) que afecten a l'aparença de l'obra, al confort dels usuaris, o al funcionament d'equips i instal·lacions.
2. Vibracions que afecten al confort dels usuaris, o al funcionament d'equips i instal·lacions.
3. Danys o deterioraments que puguin afectar desfavorablement a l'aparença, la durabilitat o la funcionalitat de l'obra.

Per a l'estructura d'acer d'aquest projecte s'ha limitat la deformació a una fletxa màxima admissible de 1/300, en el càlcul d'aquesta deformació es té en compte la rigidesa de les unions. Als llistats de càlcul de l'annex s'hi poden consultar els valors màxims de les fletxes obtinguts.

Pel que fa als desplaçaments horitzontals es limita el desplaçament total de l'edifici a 1/500 i el desplaçament local a 1/250.

E.2. Accions a considerar

E.2.1. Accions Permanents

D.2.1.1 Pes propi de l'estructura

Les càrregues corresponents al pes propi de l'estructura les genera automàticament el programa de càlcul informàtic SAP2000 segons el material i perfil escollit, la densitat de l'acer es pren com a 78,5kN/m³.

E.2.2. Accions Variables

D.2.2.1 Accions del vent

L'acció que exerceix el vent sobre l'estructura es pot expressar com:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p \text{ [eq.D1]}$$

On:

q_b : és la pressió dinàmica del vent

c_e : Coeficient d'exposició

c_p : Coeficient eòlic o de pressió igual a 1 en aquest cas.

Es calcularà l'acció del vent segons els coeficients de l'annex D.3 del DB-AE.

I. Pressió dinàmica del vent :

Segons l'annex D "acción del viento" de la norma, el valor bàsic de la pressió del vent es pot calcular com :

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 \text{ [eq.D2]}$$

On:

δ : Densitat de l'aire, que en general es pot adoptar com a 1,25 Kg/m³

v_b : És la velocitat bàsica del vent (m/s)

El valor bàsic de la velocitat del vent de Girona pot obtenir-se en el mapa de la figura següent (Fig. D.2.2.A), extret del DB-SE-AE. Girona ,està situat a la zona C, això correspon a una $v_b = 29$ m/s. Obtenint una q_b de 0,52kN/m².



Figura D.2.2.A Valor bàsic de la velocitat del vent (v_b).

II. Coeficient d'exposició Ce :

Per al càlcul del coeficient d'exposició també s'ha utilitzat la fórmula descrita a l'annex D.3 del DB-AE. Per a alçades sobre el terreny menors a 200m, es pot determinar amb l'expressió :

$$Ce = F \cdot (F + 7k) \quad [\text{eq.D3}]$$

$$F = k \cdot \ln(\max(z, Z)/L) \quad [\text{eq.D4}]$$

On k, L i Z són paràmetres de la taula D2 de l'annex D del DB-SE-AE

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Figura D.2.2.B coeficients per a tipus d'entorn.

La planta objecte d'aquest projecte correspondria a un grau d'aspror IV , així aplicant els coeficients k, i Z a les equacions [Eq.D3] i [Eq.D4] s'obté un Ce de:

$$F = 0,22 \cdot \ln(\max(5; 15) / 0,3) = 0,875 \quad [\text{eq. D5}]$$

$$Ce = 0,875 \cdot (0,875 + 7 \cdot 0,22) = 2,11 \quad [\text{eq.D6}]$$

D.2.2.2 Sobrecàrrega d'us

Es consideren totes les càrregues aplicades a l'estructura de la planta per raó del seu ús.

D.2.2.3 Accions tèrmiques

Degut a les dimensions i característiques de la nau no cal preveure que les dilatacions i retraccions previstes afectin a la seguretat de l'estructura.

D.2.2.4 Càrrega de neu

Com a valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal q_n es pot prendre el valor obtingut de la següent expressió :

$$q_n = \mu \cdot S_k \quad [\text{eq. D7}]$$

on :

μ : coeficient de forma segons taula 3.5.3 del DB-SE AE.

S_k : el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal annex E del DB-SE AE.

L'estructura es troba situada en un solar a una alçada topogràfica de 112m sobre el nivell del mar, consultant l'annex E tenim que la planta se situa en la zona de clima hivernal 2, i que interpolant linealment a la taula D.2.2.A el valor característic de la càrrega de neu resultant és de 0,45 KN/m².



Figura D.2.2.C zones climàtiques d'hivern.

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (segun figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

taula D.2.2.A Sobrecàrrega de neu en un terreny horitzontal (KN/m²).

S'adopta com a cas més desfavorable un coeficient de forma $\mu=1$ ja que es considera que la neu queda impedida de lliscament sobre les graelles horitzontal de cada una de les diferents plataformes. Així doncs, a totes les plataformes s'aplicarà una càrrega de neu de :

$$Q_n = \mu \cdot S_k = 1 \cdot 0,45 = 0,45 \text{ KN/m}^2$$

E.2.3. Accions Accidentals

D.2.3.1 Accions sísmiques

Les accions sísmiques estan regulades per la Norma de la Construcción Sismo resistente: parte general i de edificación (NCSE).

Segons l'apartat 1.2.3 de la norma, en un edifici amb importància normal i una acceleració bàsica igual o menor de 0,04g no es obligatòria l'aplicació d'aquesta norma.

Segons la NCSE la planta industrial objecte d'aquest projecte es pot classificar com a construcció d'importància normal. L'acceleració sísmica bàsica del terme municipal de Girona és de $a_b=0,04g$. Per tant en aquest projecte, al no ser d'obligat compliment, no es tindran en compte les accions per efecte de sísmes.

D.2.3.2 Incendi

Les accions produïdes per l'agressió tèrmica es defineixen en el Document Bàsic de Seguretat en cas d'incendi (DB-SI). En el cas de plantes industrials es seguirà el reglament de Seguretat contra incendis de Establiments industrials (RSCIEI, RD 2267/2004).

D.2.3.3 Impacte

Les accions causades per un impacte accidental vindran determinades per la massa, la geometria i la velocitat del cos impactant, així com per la capacitat de deformació i esmorteïment tant del cos com de l'element contra el que impacte.

E.3. Combinació d'accions

El valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació persistent o transitòria, es determina mitjançant combinacions d'accions a partir de l'expressió:

$$[\text{eq. D8}] \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad [\text{Eq. 7}]$$

On:

G_k : Valor característic de les accions permanents

P : Valor característic de les accions permanents degudes al pretensat

Q_k : Valor característic de les accions variables

γ_G : Coeficient de seguretat per accions permanents

γ_Q : Coeficient de seguretat per accions variables

ψ_0 : Coeficient de simultaneïtat

És a dir, considerant l'actuació simultània de :

- Totes les accions permanents, en valor de càlcul, ($\gamma_G \cdot G_k$), inclòs el pretensat ($\gamma_P \cdot P$).
- Acció variable qualsevol, en valor de càlcul ($\gamma_Q \cdot Q_k$), havent d'adoptar com a tal una rere l'altre successivament en diferents anàlisis.
- La resta d'accions variables, en valor de càlcul de combinació ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

El valor de càlcul dels efectes de les accions corresponents a una situació extraordinària, es determina mitjançant combinacions d'accions a partir de l'expressió :

$$[\text{eq. D9}] \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es a dir, considerant l'actuació simultània de:

- Totes les accions permanents, en valor de càlcul, ($\gamma_G \cdot G_k$), inclòs el pretensat ($\gamma_P \cdot P$).
- una acció accidental qualsevol, en valor de càlcul (A_d), havent d'analitzar-se successivament cadascuna de les accions.
- una acció variable qualsevol, en valor de càlcul ($\gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k$), havent d'adoptar com a tal una rere l'altre successivament en diferents anàlisis.
- La resta d'accions variables, en valor de càlcul quasi permanent ($\gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k$).

E.4. Coeficients de seguretat i simultaneïtat

Els coeficients de seguretat i simultaneïtat utilitzats en el càlcul són els indicats a les taules 4.1 i 4.2 del DB-SE. Seguidament es poden veure els coeficients utilitzats en el cas particular d'aquest projecte.

Persistent o transitòria				
	Coeficients parcials de seguretat (γ)		Coeficients de combinació (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompanyament (ψ_a)
Càrrega permanent (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecàrrega (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Vent (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Neu (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

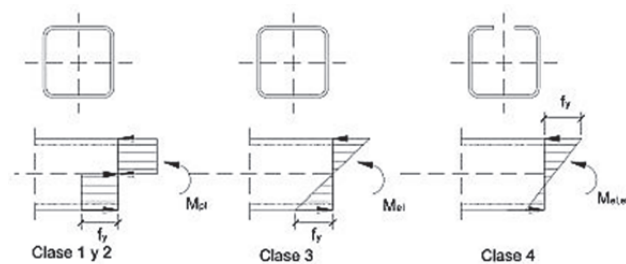
Accidental d'incendi				
	Coeficients parcials de seguretat (γ)		Coeficients de combinació (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompanyament (ψ_a)
Càrrega permanent (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecàrrega (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Vent (Q)	0.000	1.000	0.500	0.000
Neu (Q)	0.000	1.000	0.200	0.000

taula D.4.1.A coeficients de majoració

E.5. Generalitats respecte a la comprovació a resistència dels perfils

Un cop determinades la geometria de l'estructura, els materials emprats i les accions que actuen sobre l'estructura es procedeix al càlcul dels desplaçaments i esforços que hauran de suportar els diferents elements de l'estructura. Aquests càlculs han sigut realitzats mitjançant el programa informàtic SAP2000. Aquest programa realitza un anàlisi matricial de l'estructura considerant un comportament elàstic i lineal dels materials. El mètode de càlcul per a la comprovació de la resistència de les seccions s'escollirà segons la classe de secció. Les seccions es classifiquen segons la capacitat de deformació i desenvolupament de la resistència clàssica dels elements plans comprimits d'una secció sol·licitada per un moment flector.

		Mètode d'anàlisi
Classe 1: Plàstica	Permeten la formació de la ròtula plàstica amb la capacitat suficient per redistribuir els moments	Anàlisi global plàstic. Anàlisi secció plàstic.
Classe 2: Compacta	Permeten el desenvolupament del moment plàstic amb una capacitat de rotació limitada	Anàlisi global elàstic. Anàlisi secció plàstic.
Classe 3: Semicompacta o elàstica	Les parts comprimides s'abonyeguen, com a molt arriben al moment elàstic.	Anàlisi global elàstic. Anàlisi secció elàstic.
Classe 4: Esvelta	Les parts comprimides s'abonyeguen, abans d'arribar al valor del moment elàstic.	Anàlisi global elàstic amb reducció per rigidesa. Anàlisi secció elàstic amb resistència reduïda.



taula D.5 Models de distribució de tensions segons la classe de la secció, segons CB-SE-A.

Es comprovarà que cap de les barres té una resistència menor a la necessària, per a les combinacions d'accions que hi actuen, comprovant la seva resistència:

- a tracció
- a compressió(que inclou la comprovació de fallada per vinclament)
- a flexió
- vinclament lateral, guerxament
- a esforç tallant
- per diferents combinacions d'esforços.

També s'haurà de comprovar que no se superi en cap cas l'esveltesa màxima establerta en el DB-SE-ACERO.

E.6. Materials**E.6.1. Tipologia d'acer**Perfils :

Perfils laminats en calent. Acer S275JR.

Cartel·les i plaques d'unió :

Acer S275JR

E.6.2. Característiques de les soldadures

Totes les soldadures es realitzaran tal i com s'indica al Plec de condicions d'aquest projecte.

Soldadura amb elèctrodes :

Marca : LINCOLN KD

Tipus : MDS Baso 50SP

Classificació : AWS A 5.1 F7018-1 UNE-EN 499E463B12H5

Elèctrode bàsic amb molt baix contingut d'hidrogen (>5ml/100g) :

Límit elàstic	R. Tracció	Allargament	Impacte ISO-V(I)		
			-20°C	-29°C	-46°C
55 kN/cm ²	63 kN/cm ²	28%	70	55	40

Soldadura amb fils :

Marca : LINCOLN KD

Tipus : MDS SUPRA MIG

Classificació : AWS A 5.18 ER 70S-6 UNE-EN 440:63 SiI

Fil massís per soldadura amb gas protector d'acers estructurals amb càrrega de ruptura màxima de 590 N/mm² : GMAW Gas mescla Ar+15-25%CO2 M21 gas actiu CO2

E.7. Càlculs de l'estructura**E.7.1. Llistat d'accions**Accions permanents

Pes propi de l'estructura	Definit automàticament per SAP2000
Pes propi de la graella electrosoldada	32 Kg/m ²

Sobrecàrrega d'ús

Plataforma nivell 1	400 Kg/m ²
Plataforma nivell 2	400 Kg/m ²
Plataforma nivell 3	400 Kg/m ²
Plataforma nivell 4	400 Kg/m ²

Sobrecàrrega de neu

Plataforma nivell 1	45 Kg/m ²
Plataforma nivell 2	45 Kg/m ²
Plataforma nivell 3	45 Kg/m ²
Plataforma nivell 4	45 Kg/m ²

Sobrecàrrega de vent112 Kg/m²Pes dels garbells

3.885 Kg

Pes estructura + caigudes dels garbells

4.892 Kg

Sobrecàrrega de la tremuja del molí de cons

22.460 Kg

Pes del molí de cons GP100S

7.350 Kg

Càrrega de previsió d'ampliació

16.000 Kg

E.7.2. Detall de les accions

D.7.2.1 Pes propi de la graella electrosoldada

A totes les quatre plataformes que defineixen l'estructura, s'hi preveu el muntatge d'una graella electrosoldada amb un pes propi de 32 Kg/m² (0,314 KN/m²). Per a simular el pes real d'aquestes a través del programa SAP2000, es defineix una placa d'acer de 4mm d'espessor per a crear les superfícies de cada una de les quatre plataformes.

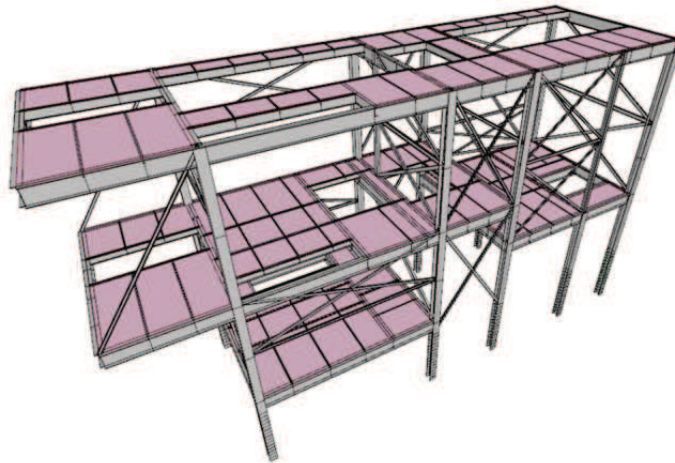


Figura D.7.2.A Representació de les superfícies que conformen les plataformes

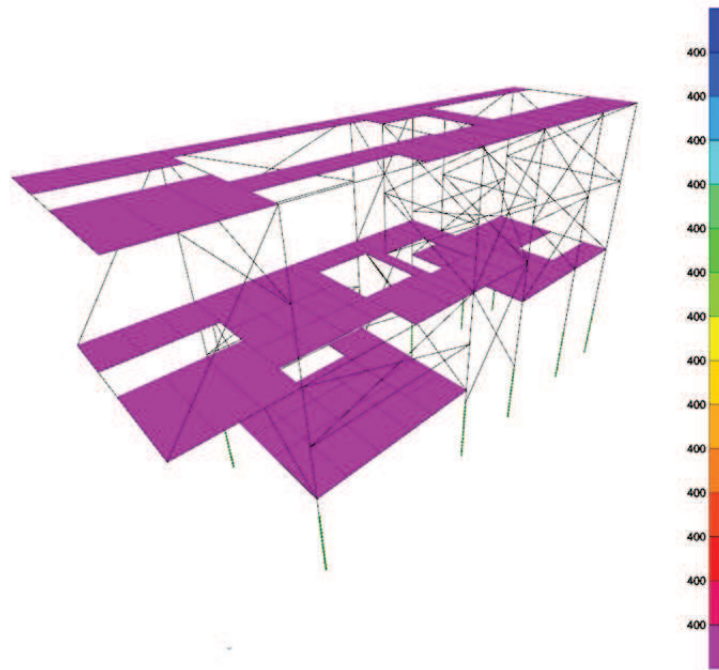
Table: Area Section Properties, Part 1 of 4

Section	Material	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness m	BendThick m
1PLANTA	S235JR	Shell	Shell-Thin	Yes	0,004000	0,004000
2PLANTA	S235JR	Shell	Shell-Thin	Yes	0,004000	0,004000
3PLANTA	S235JR	Shell	Shell-Thin	Yes	0,004000	0,004000
4PLANTA	S235JR	Shell	Shell-Thin	Yes	0,004000	0,004000

Table: Area Section Properties, Part 2 of 4

Section	TotalWt Kgf	TotalMass Kgf-s2/m	F11Mod	F22Mod
1PLANTA	893,11	91,07	1,000000	1,000000
2PLANTA	863,40	88,04	1,000000	1,000000
3PLANTA	1469,06	149,80	1,000000	1,000000
4PLANTA	1581,39	161,26	1,000000	1,000000

Taula D.7.2.A característiques de les superfícies que conformen les plataformes (SAP2000)

D.7.2.2 Sobrecàrrega d'usFigura D.7.2.B Sobrecàrrega d'us Kg/m²D.7.2.3 Sobrecàrrega de vent

Amb una estructura totalment oberta, es considera únicament la càrrega de vent actuant directament a les parets més exposades dels equips amb major envergadura, ja que són els elements que ofereixen més resistència al vent. Per tal de simplificar els càlculs, es menysprea l'efecte del vent al llarg de tots els perfils laminats que conformen l'estructura.

A continuació s'indica quins són els equips que ofereixen major resistència a l vent i la superfície total d'exposició a tenir en compte en els càlculs d'aquest projecte :

- Garbells : Es situen a la part superior de l'estructura, concretament al quart nivell. Per a realitzar el càlcul de l'àrea total que es troba exposada al vent es considera la suma de totes les superfícies ocupades per les caigudes de xapa d'acer, la caiguda intermitja i el garbell en sí mateix.
- Tremuja del molí de cons : Es situa a la tercera planta de l'estructura. Per a realitzar el càlcul de l'àrea total que es troba exposada al vent es considera la superfície que ocupa una de les quatre cares, considerant tant les parets verticals de la tremuja com les parets inclinades de la zona tronco piramidal de descàrrega.

	Superf. D'exposició (m2)	càrrega de vent (Kg/m2)	Força generada (Kg)
Garbells	15,12	112	1.693,80
Tremuja molí de cons	5	112	560

Per a simplificar la força que es transmet a l'estructura i que és conseqüència de la resistència al vent que ofereixen els dos garbells i tots els elements auxiliars, es distribueix una força de 1.693,8 Kg al llarg dels 6m de perímetre on es localitzen aquests equips. Com a resultat s'obté una pressió distribuïda de 282,3 Kg/m.

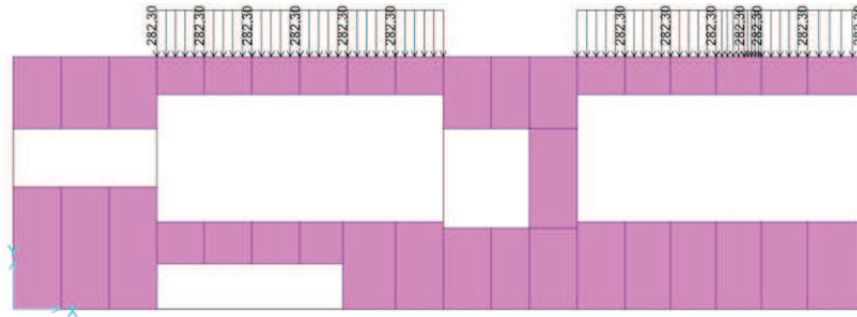


Figura D.7.2.C Sobrecàrrega de vent originada per l'exposició dels dos garbells.(plataforma nivell 4)

De la mateixa manera, es distribueix una força de 560 Kg al llarg de 1,95 m per a simplificar la transmissió de forces degudes a la resistència al vent que ofereix la tremuja del molí de cons, resultant una pressió distribuïda de 287,18 Kg/m.

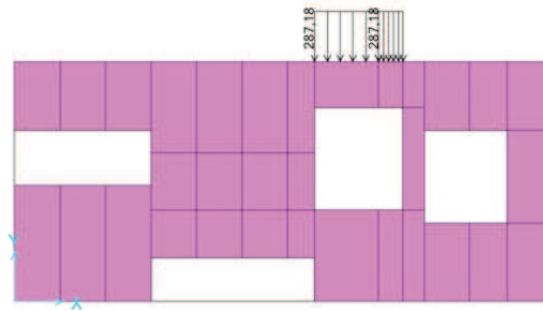


Figura D.7.2.D Sobrecàrrega de vent originada per l'exposició de la tremuja del molí de cons. (plataforma nivell 3)

D.7.2.4 Pes dels garbells

Es considera com a pes total de cada garbell, la suma de pesos dels següents elements :

- a) Garbell: Es tracta únicament del pes del garbell. Es considera el xassís, les malles, la transmissió i tots els elements que es troben en moviment durant el procés de garbellat.
- b) Elements Auxiliars :
 - Estructura del Garbell : es consideren les masses de l'estructura pròpia de sustentació d'aquest equip, el motor i tots els elements de subjecció i dissipació de vibracions.
 - Caigudes : Conjunt d'elements formats de xapa d'acer i encarregats recollir els classificats a la sortida dels diferents pisos del garbell.
 - Tremuja intermitja : Tremuja encarregada de separar els fangs.

	Pes (Kg)
Garbell	3885
	Pes (Kg)
Estructura del Garbell	2668
Caigudes de sortida	1227
Tremuja intermitja	997
	4892
Pes Total del Garbell	8777

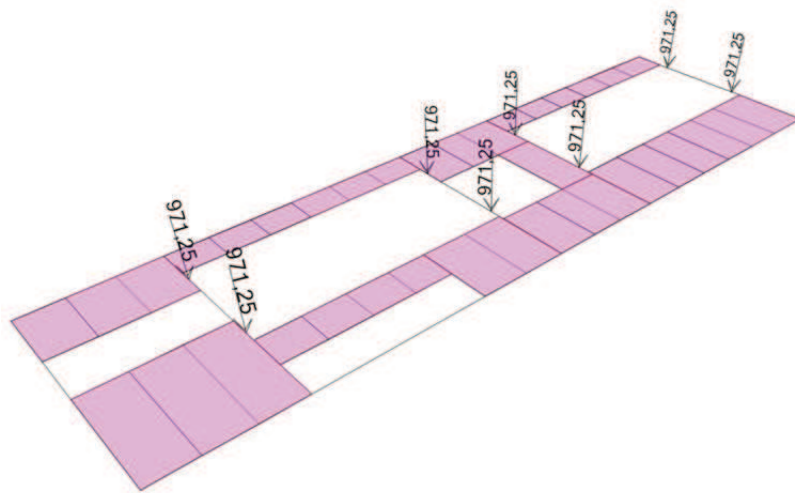


Figura D.7.2.E Pes dels garbells (plataforma nivell 4)

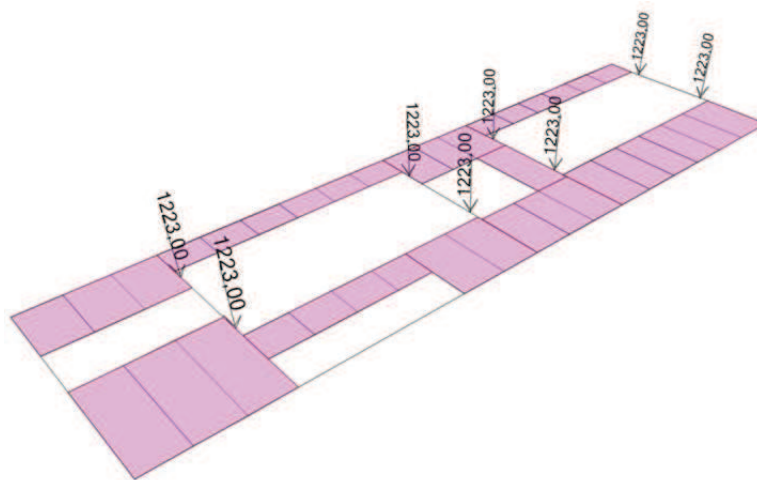


Figura D.7.2.F Pes dels elements auxiliars (plataforma nivell 4)

D.7.2.5 Sobrecàrrega de la tremuja del molí de cons

A continuació es mostren els valors de les reaccions, ja calculades a l'apartat B.3.5.6 dels annexes a la memòria, de cada un dels quatre suports de la tremuja del molí de cons :

C4 Reaccions minorades						
suport	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
	Kg	Kg	Kg	Kg m	Kg m	Kg m
1	871,64	1.636,28	5.632,9	-80,46	48,62	-44,89
2	870,64	-1.635,27	5.636,72	79,05	47,68	44,78
3	-873,36	-1.647,29	5.639,63	79,66	-48,27	-44,11
4	-868,92	1.646,28	5.635,74	-79,64	-48,75	42,99

Es pren com a volar més desfavorable la resultant del suport nº 3, amb una $R_z = 5.639,63$ Kg

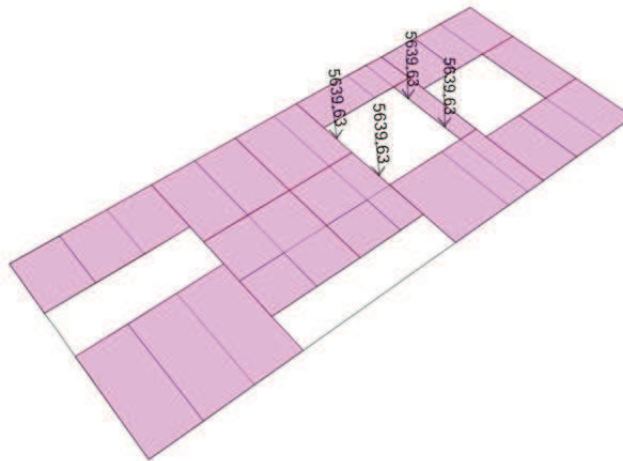


Figura D.7.2.G Sobrecàrrega de la tremuja (plataforma nivell 3)

D.7.2.6 Pes del molí de cons GP100S

Segons dades del fabricant, es considera un pes total de 7350 Kg.

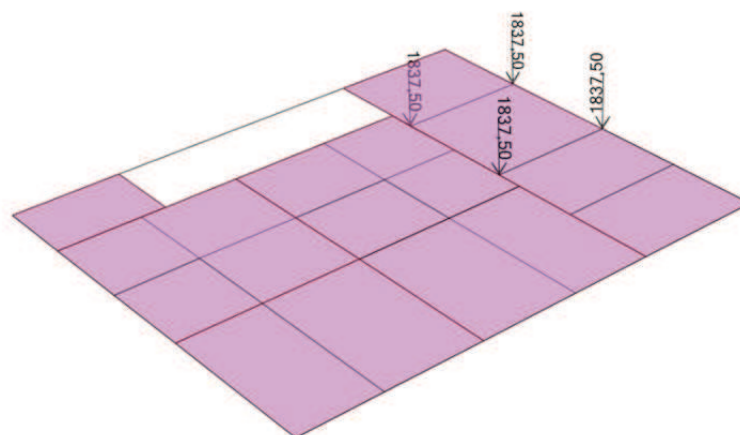


Figura D.7.2.H Pes del molí de cons GP100S (plataforma nivell 1)

D.7.2.7 Càrrega de previsió d'ampliació

La plataforma del segon nivell de l'estructura preveu la possible ampliació del procés mitjançant d'instal·lació d'un nou molí per tal d'efectuar una trituració terciària. Es considera un pes total màxim de 16.000 Kg per a la futura incorporació tant d'un nou molí com d'una tercera tremuja d'alimentació.

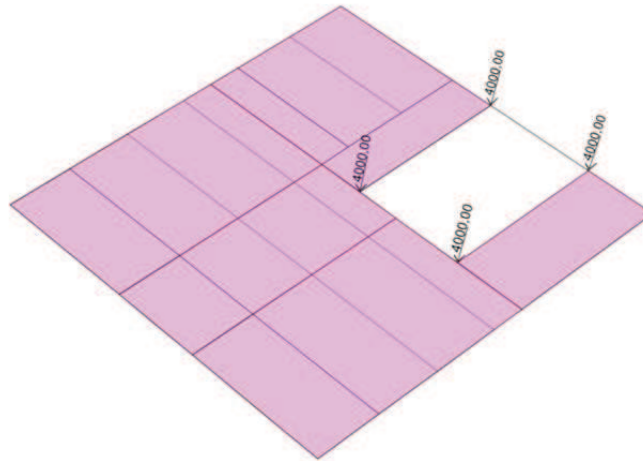


Figura D.7.2.I Càrrega prevista d'ampliació (Plataforma nivell 2)

D.7.2.8 Sobrecàrrega de neu

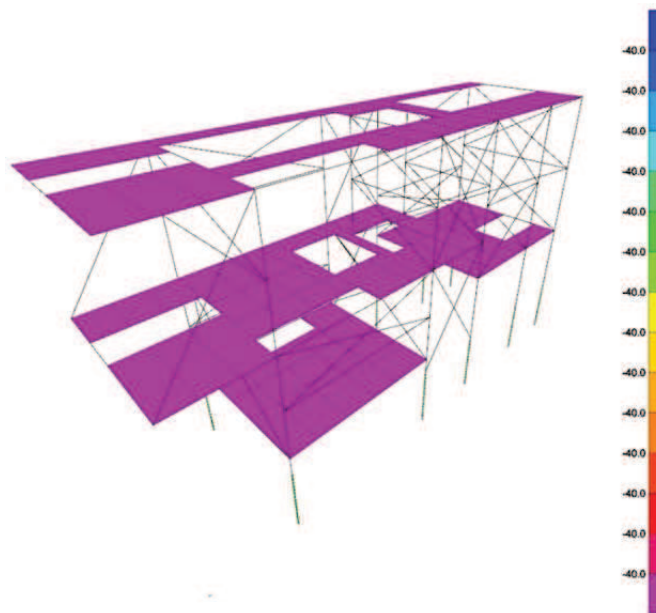


Figura D.7.2.J Sobrecàrrega de neu Kg/m²

E.7.3. Restriccions de moviment

Es restringeix tots els graus de llibertat de la base dels 10 pilars que sustenten l'estructura, de manera que es tracten com a suports encastats. Es preveu que tots els pilars quedin embeguts amb les parets de formigó armat que formen les naus d'emmagatzematge. Per aquest motiu es considera que tots els punts dels pilars situats sota un cota de 2,4m d'altura, es troben totalment restringits.

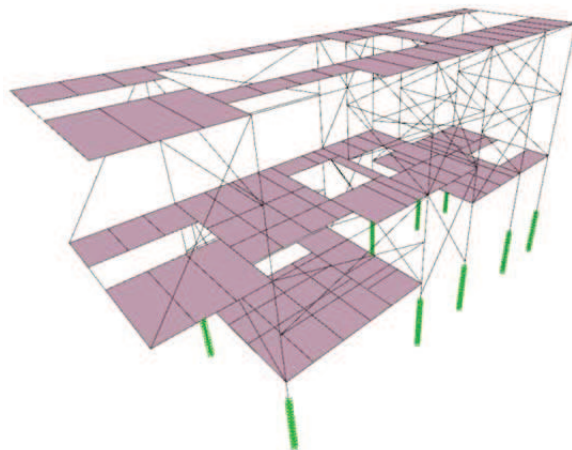


Figura D.7.3.A Restricció dels pilars

Tots els perfils que formen les creus de rigidització o riestres, es consideren elements articulats que treballen axialment. Per aquest motiu a través del SAP2000 s'alliberen els moments no desitjats que es produeixen en el cas d'unions fixes. Es considera que les cartelles d'unió, tot i estar soldades solidàriament amb les riestres, pateixen petites deformacions que simulen el moviment articulats.

E.7.4. Característiques dels Perfils

A continuació es detalla, mitjançant les taules que ofereix l'aplicació SAP2000, les característiques dels diferents perfils que formen l'estructura i del tipus d'acer utilitzat:

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 4

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 7

SectionName	Material	Shape	t3 m	t2 m	tf m	tw m
HE140B	S275	I/Wide Flange	0,140000	0,140000	0,012000	0,007000
HE240B	S275	I/Wide Flange	0,240000	0,240000	0,017000	0,010000
IPE100	S275	I/Wide Flange	0,100000	0,055000	0,005700	0,004100
IPE120	S275	I/Wide Flange	0,120000	0,064000	0,006300	0,004400
IPE140	S275	I/Wide Flange	0,140000	0,073000	0,006900	0,004700
IPE200	S275	I/Wide Flange	0,200000	0,100000	0,008500	0,005600
IPE240	S275	I/Wide Flange	0,240000	0,120000	0,009800	0,006200
IPE400	S275	I/Wide Flange	0,400000	0,180000	0,013500	0,008600
IPN100	S275	I/Wide Flange	0,100000	0,050000	0,006800	0,004500
IPN80	S275	I/Wide Flange	0,080000	0,042000	0,005900	0,003900
UPN100	S275	Channel	0,100000	0,050000	0,008500	0,006000
UPN120	S275	Channel	0,120000	0,055000	0,009000	0,007000
UPN140	S275	Channel	0,140000	0,060000	0,010000	0,007000
UPN160	S275	Channel	0,160000	0,065000	0,010500	0,007500
UPN200	S275	Channel	0,200000	0,075000	0,011500	0,008500
UPN240	S275	Channel	0,240000	0,085000	0,013000	0,009500
UPN80	S275	Channel	0,080000	0,045000	0,008000	0,006000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 4

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 7

SectionName	t2b m	tfb m	Area m2	TorsConst m4	I33 m4	I22 m4	AS2 m2
HE140B	0,140000	0,012000	0,004300	2,020E-07	0,000015	5,500E-06	0,000980
HE240B	0,240000	0,017000	0,010600	1,040E-06	0,000113	0,000039	0,002400
IPE100	0,055000	0,005700	0,001030	1,160E-08	1,710E-06	1,590E-07	0,000410
IPE120	0,064000	0,006300	0,001320	1,690E-08	3,180E-06	2,770E-07	0,000528
IPE140	0,073000	0,006900	0,001640	2,400E-08	5,410E-06	4,490E-07	0,000658
IPE200	0,100000	0,008500	0,002850	6,920E-08	0,000019	1,420E-06	0,001120
IPE240	0,120000	0,009800	0,003910	1,300E-07	0,000039	2,840E-06	0,001488
IPE400	0,180000	0,013500	0,008450	5,130E-07	0,000231	0,000013	0,003440
IPN100	0,050000	0,006800	0,001069	1,212E-08	1,721E-06	1,423E-07	0,000450
IPN80	0,042000	0,005900	0,000762	6,542E-09	7,848E-07	7,319E-08	0,000312
UPN100			0,001346	2,645E-08	2,053E-06	2,929E-07	0,000600
UPN120			0,001698	3,839E-08	3,641E-06	4,314E-07	0,000840
UPN140			0,002036	5,372E-08	6,044E-06	6,260E-07	0,000980
UPN160			0,002402	6,971E-08	9,246E-06	8,539E-07	0,001200
UPN200			0,003219	1,123E-07	0,000019	1,483E-06	0,001700
UPN240			0,004229	1,857E-07	0,000036	2,479E-06	0,002280
UPN80			0,001102	1,997E-08	1,058E-06	1,940E-07	0,000480

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 4

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 7

SectionName	AS3 m2	S33 m3	S22 m3	Z33 m3	Z22 m3	R33 m	R22 m
HE140B	0,002800	0,000216	0,000079	0,000245	0,000120	0,059239	0,035764
HE240B	0,006800	0,000938	0,000327	0,001053	0,000498	0,103066	0,060835
IPE100	0,000523	0,000034	5,782E-06	0,000039	9,150E-06	0,040745	0,012425
IPE120	0,000672	0,000053	8,656E-06	0,000061	0,000014	0,049082	0,014486
IPE140	0,000840	0,000077	0,000012	0,000088	0,000019	0,057435	0,016546
IPE200	0,001417	0,000194	0,000028	0,000221	0,000045	0,082568	0,022321
IPE240	0,001960	0,000324	0,000047	0,000367	0,000074	0,099770	0,026951
IPE400	0,004050	0,001157	0,000146	0,001307	0,000229	0,165447	0,039494
IPN100	0,000567	0,000034	5,693E-06	0,000040	8,937E-06	0,040129	0,011540
IPN80	0,000413	0,000020	3,485E-06	0,000023	5,463E-06	0,032102	0,009803
UPN100	0,000708	0,000041	8,478E-06	0,000050	0,000018	0,039055	0,014752
UPN120	0,000825	0,000061	0,000011	0,000075	0,000024	0,046306	0,015939
UPN140	0,001000	0,000086	0,000015	0,000105	0,000031	0,054485	0,017535
UPN160	0,001138	0,000116	0,000018	0,000141	0,000039	0,062043	0,018855
UPN200	0,001438	0,000191	0,000027	0,000234	0,000058	0,077050	0,021464
UPN240	0,001842	0,000300	0,000040	0,000366	0,000085	0,092226	0,024211
UPN80	0,000600	0,000026	6,348E-06	0,000033	0,000013	0,030985	0,013268

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 4

SectionName	ConcCol	ConcBeam	TotalWt	TotalMass	FromFile	AMod
			Kgf	Kgf-s2/m		
HE140B	No	No	601,29	61,31	Yes	1,000000
HE240B	No	No	8059,83	821,87	Yes	1,000000
IPE100	No	No	204,17	20,82	Yes	1,000000
IPE120	No	No	54,39	5,55	Yes	1,000000
IPE140	No	No	115,92	11,82	Yes	1,000000
IPE200	No	No	1233,47	125,78	Yes	1,000000
IPE240	No	No	1275,71	130,09	Yes	1,000000
IPE400	No	No	11769,27	1200,13	Yes	1,000000
IPN100	No	No	185,52	18,92	No	1,000000
IPN80	No	No	466,28	47,55	No	1,000000
UPN100	No	No	119,57	12,19	Yes	1,000000
UPN120	No	No	548,11	55,89	Yes	1,000000
UPN140	No	No	179,83	18,34	Yes	1,000000
UPN160	No	No	530,42	54,09	Yes	1,000000
UPN200	No	No	348,57	35,54	Yes	1,000000
UPN240	No	No	60,31	6,15	Yes	1,000000
UPN80	No	No	1072,82	109,40	Yes	1,000000

Table: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties

Table: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties

Material	UnitWeight	UnitMass	E1	G12	U12	A1
	Kgf/m3	Kgf-s2/m4	Kgf/m2	Kgf/m2		1/C
S275	7,8490E+03	8,0038E+02	2,141E+10	8236169245	0,300000	1,1700E-05

Table: Material Properties 03a - Steel Data, Part 1 of 2

Table: Material Properties 03a - Steel Data, Part 1 of 2

Material	Fy	Fu	EffFy	EffFu	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SMax
	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2	Kgf/m2				
S275	28042195,2	41808363,8	28042195,2	41808363,8	Simple	Kinematic	0,02	0,14

Table: Material Properties 03a - Steel Data, Part 2 of 2

Table: Material Properties 03a - Steel
Data, Part 2 of 2

Material	SRup	FinalSlope
S275	0,200000	-0,100000

E.7.5. Combinació d'accions

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
DSTL1	Linear Add	Yes				Yes
DSTL2	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,500000	Yes
DSTL2			Linear Static	PES GARBELL	1,500000	
DSTL2			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,500000	
DSTL2			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,500000	
DSTL2			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,500000	
DSTL2			Linear Static	NEU	1,500000	
DSTL2			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,500000	
DSTL3	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,500000	Yes
DSTL3			Linear Static	PES GARBELL	1,500000	
DSTL3			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,500000	
DSTL3			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,500000	
DSTL3			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,500000	
DSTL3			Linear Static	NEU	1,500000	
DSTL3			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,500000	
DSTL3			Linear Static	DEAD	0,900000	
DSTL4	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,500000	Yes
DSTL4			Linear Static	PES GARBELL	1,500000	

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
DSTL4			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,500000	
DSTL4			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,500000	
DSTL4			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,500000	
DSTL4			Linear Static	NEU	1,500000	
DSTL4			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,500000	
DSTL4			Linear Static	DEAD	-0,900000	
DSTL5	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,500000	Yes
DSTL5			Linear Static	PES GARBELL	1,500000	
DSTL5			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,500000	
DSTL5			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,500000	
DSTL5			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,500000	
DSTL5			Linear Static	NEU	1,500000	
DSTL5			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,500000	
DSTL5			Linear Static	VENT	0,900000	
DSTL6	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,500000	Yes
DSTL6			Linear Static	PES GARBELL	1,500000	
DSTL6			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,500000	
DSTL6			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,500000	
DSTL6			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,500000	
DSTL6			Linear Static	NEU	1,500000	
DSTL6			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,500000	
DSTL6			Linear Static	VENT	-0,900000	
DSTL7	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,050000	Yes
DSTL7			Linear Static	PES GARBELL	1,050000	
DSTL7			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,050000	
DSTL7			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,050000	
DSTL7			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,050000	
DSTL7			Linear Static	NEU	1,050000	
DSTL7			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,050000	
DSTL7			Linear Static	DEAD	1,500000	
DSTL8	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,050000	Yes
DSTL8			Linear Static	PES GARBELL	1,050000	
DSTL8			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,050000	
DSTL8			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,050000	
DSTL8			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,050000	
DSTL8			Linear Static	NEU	1,050000	
DSTL8			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,050000	
DSTL8			Linear Static	DEAD	-1,500000	
DSTL9	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,050000	Yes
DSTL9			Linear Static	PES GARBELL	1,050000	
DSTL9			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,050000	
DSTL9			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,050000	
DSTL9			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,050000	
DSTL9			Linear Static	NEU	1,050000	
DSTL9			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,050000	
DSTL9			Linear Static	VENT	1,500000	
DSTL10	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,050000	Yes

Table: Combination Definitions, Part 1 of 3

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
DSTL10			Linear Static	PES GARBELL	1,050000	
DSTL10			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,050000	
DSTL10			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,050000	
DSTL10			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,050000	
DSTL10			Linear Static	NEU	1,050000	
DSTL10			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,050000	
DSTL10			Linear Static	VENT	-1,500000	
DSTL11	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1,500000	Yes
DSTL12	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	-1,500000	Yes
DSTL13	Linear Add	Yes	Linear Static	VENT	1,500000	Yes
DSTL14	Linear Add	Yes	Linear Static	VENT	-1,500000	Yes
DSTL15	Linear Add	Yes				Yes
DSTL16	Linear Add	Yes	Linear Static	SOBRECARRREGA D'US	1,000000	Yes
DSTL16			Linear Static	PES GARBELL	1,000000	
DSTL16			Linear Static	PES VIBRANT GARBELL	1,000000	
DSTL16			Linear Static	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,000000	
DSTL16			Linear Static	PES MOLI DE CONS 1	1,000000	
DSTL16			Linear Static	NEU	1,000000	
DSTL16			Linear Static	PREV. AMPLIACIO	1,000000	

E.7.6. Resultats : Sol·licitacions i deformacions

D.7.6.1 Plataforma nivell 4

I. Sol·licitacions dels perfils

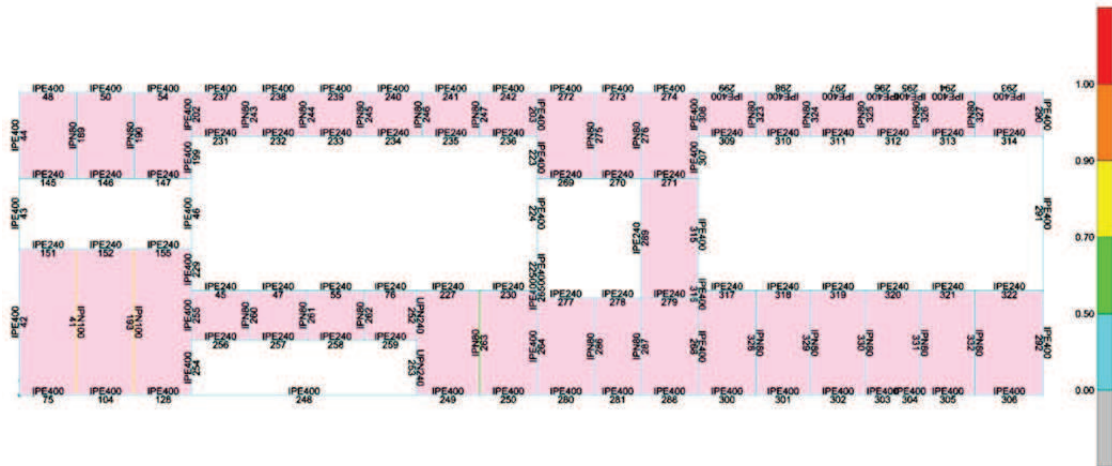


Figura D.7.6.A identificació i Sol·licitacions dels perfils (plataforma nivell 4)

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
42	IPE400	0,072427	PMM	DSTL5	1815,29	118,09	-401,72	-301,88	0,017400	3,15
43	IPE400	0,074900	PMM	DSTL6	2350,73	19,14	356,09	-13,30	0,006394	-0,50
44	IPE400	0,054906	PMM	DSTL5	1530,32	75,22	881,25	235,47	0,020248	-2,20
46	IPE400	0,186821	PMM	DSTL6	5525,00	-184,20	1489,82	-167,71	0,028007	0,27
48	IPE400	0,067997	PMM	DSTL5	-1055,65	231,49	1254,39	-456,70	0,022523	4,90
50	IPE400	0,085300	PMM	DSTL5	-2419,08	44,38	1801,50	23,48	0,032346	0,41
54	IPE400	0,184826	PMM	DSTL6	-3762,77	-317,98	2337,28	562,69	0,042309	-4,34
75	IPE400	0,115147	PMM	DSTL5	-934,47	-558,75	1125,87	1140,18	0,020215	-11,84
104	IPE400	0,104494	PMM	DSTL5	-2481,51	-153,42	2033,81	119,20	0,036517	-2,02
128	IPE400	0,222843	PMM	DSTL5	-4748,05	423,97	2947,12	-913,38	0,052916	9,86
145	IPE240	0,063596	PMM	DSTL5	288,78	-61,52	-417,50	119,01	0,017330	-1,54
146	IPE240	0,035022	PMM	DSTL5	222,63	-5,19	17,86	-12,47	0,002120	8,434E-02
147	IPE240	0,059048	PMM	DSTL5	304,06	-54,24	445,07	-93,75	0,019748	1,58
151	IPE240	0,099635	PMM	DSTL6	460,45	95,84	-631,72	-197,90	0,026222	2,94
152	IPE240	0,063849	PMM	DSTL5	387,71	26,09	136,60	32,44	0,005670	-0,47
155	IPE240	0,088063	PMM	DSTL6	435,01	93,72	887,73	166,51	0,037036	-3,02
189	IPN80	0,389133	PMM	DSTL2	135,96	0,20	-195,85	-0,64	0,057744	3,905E-02
190	IPN80	0,410758	PMM	DSTL2	135,80	-0,59	300,19	-2,15	0,059595	7,010E-02
41	IPN100	0,870078	PMM	DSTL2	386,52	-2,04	592,33	-6,10	0,081309	0,26
193	IPN100	0,877337	PMM	DSTL2	391,38	2,42	597,43	6,57	0,082052	-0,22
199	IPE400	0,157938	PMM	DSTL6	3286,33	-332,24	2084,93	-1050,20	0,097239	8,85
202	IPE400	0,139202	PMM	DSTL6	-3000,50	-335,94	6397,49	867,43	0,114868	-4,88
203	IPE400	0,143710	PMM	DSTL6	-3189,51	-316,15	-5704,32	-810,05	0,102422	4,40
223	IPE400	0,102337	PMM	DSTL6	2391,20	-190,45	-1410,08	649,31	0,084416	-4,72
224	IPE400	0,119715	PMM	DSTL6	4078,86	-11,13	-1799,12	-5,80	0,035627	2,80
225	IPE400	0,141783	PMM	DSTL6	4902,86	-8,48	-1799,12	-5,80	0,035627	2,80
229	IPE400	0,258729	PMM	DSTL6	4566,07	-680,92	482,76	1988,66	0,050429	-13,98
231	IPE240	0,140857	PMM	DSTL6	-734,07	-91,13	-647,84	-169,64	0,026891	1,42
232	IPE240	0,084079	PMM	DSTL6	303,06	56,46	-413,65	-117,45	0,017170	1,22
233	IPE240	0,083542	PMM	DSTL6	487,37	23,56	-150,63	-39,21	0,006253	0,39

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
234	IPE240	0,083174	PMM	DSTL6	541,59	20,42	108,42	32,46	0,004501	-0,53
235	IPE240	0,089498	PMM	DSTL6	509,72	51,98	377,31	106,64	0,015662	-1,30
236	IPE240	0,093135	PMM	DSTL10	-399,39	-93,24	560,12	171,70	0,026146	-1,49
237	IPE400	0,187815	PMM	DSTL6	-2715,30	-535,86	-1437,75	-1016,79	0,031093	7,03
238	IPE400	0,100244	PMM	DSTL6	-1868,95	-201,97	-1165,77	-606,71	0,024623	4,82
239	IPE400	0,050350	PMM	DSTL6	-1145,05	-68,31	-922,60	-333,11	0,018207	1,25
240	IPE400	0,037137	PMM	DSTL9	748,97	48,98	-448,50	-383,84	0,012128	0,29
241	IPE400	0,046237	PMM	DSTL10	263,03	-246,64	-373,59	795,54	0,007867	-5,88
242	IPE400	0,114066	PMM	DSTL10	724,46	-579,74	-240,15	1219,87	0,004312	-8,54
243	IPN80	0,133919	PMM	DSTL9	-60,10	0,72	116,82	-1,42	0,023127	1,937E-02
244	IPN80	0,146547	PMM	DSTL9	-69,40	0,25	127,09	-0,55	0,025159	1,388E-02
245	IPN80	0,147525	PMM	DSTL9	-70,36	-0,19	127,33	0,51	0,025207	2,776E-04
246	IPN80	0,149344	PMM	DSTL9	-70,67	-0,65	127,32	1,50	0,025205	-1,254E-02
247	IPN80	0,129306	PMM	DSTL9	-60,20	-1,07	107,41	2,50	0,021264	-1,557E-02
45	IPE240	0,080812	PMM	DSTL6	-625,02	20,35	-861,12	66,01	0,035994	-1,34
47	IPE240	0,097222	PMM	DSTL6	620,09	-24,37	-580,68	68,50	0,024381	-0,79
55	IPE240	0,123475	PMM	DSTL6	797,90	-23,11	-303,96	24,06	0,012904	-0,47
76	IPE240	0,122414	PMM	DSTL5	784,53	14,43	-54,78	-32,52	0,002274	0,43
227	IPE240	0,177875	PMM	DSTL6	837,73	-123,53	624,59	-212,55	0,025927	3,23
230	IPE240	0,096322	PMM	DSTL5	-730,39	-31,01	1233,72	83,51	0,051327	-1,13
248	IPE400	0,158129	PMM	DSTL6	-4402,67	137,89	-1222,94	69,50	0,022233	-2,14
249	IPE400	0,051366	PMM	DSTL5	772,50	125,96	-568,46	-263,72	0,010207	3,34
250	IPE400	0,086542	PMM	DSTL5	701,38	363,56	76,59	-636,58	0,001607	5,23
252	UPN240	0,057105	PMM	DSTL6	266,61	-53,33	-410,17	109,95	0,011196	-1,44
253	UPN240	0,037700	PMM	DSTL5	306,87	4,02	472,88	9,55	0,012810	-0,56
254	IPE400	0,128080	PMM	DSTL6	-2939,45	-303,69	-4978,82	-689,02	0,089396	7,87
255	IPE400	0,180545	PMM	DSTL5	4145,08	291,78	-4018,83	-441,02	0,073227	2,73
256	IPE240	0,072350	PMM	DSTL5	-270,56	60,54	-448,23	85,86	0,018839	-0,72
257	IPE240	0,065077	PMM	DSTL6	280,70	-36,72	-162,10	48,80	0,006729	-0,94
258	IPE240	0,056814	PMM	DSTL6	259,81	20,50	133,32	33,53	0,005805	-0,38
259	IPE240	0,047223	PMM	DSTL5	227,82	-22,44	426,74	-23,46	0,017714	0,17
260	IPN80	0,016059	PMM	DSTL5	-6,18	-0,78	-6,23	-0,84	0,001233	4,280E-02
261	IPN80	0,011584	PMM	DSTL6	3,70	0,55	-9,18	-0,68	0,001863	3,484E-02
262	IPN80	0,016945	PMM	DSTL6	-8,60	-0,15	-15,44	6,793E-02	0,003057	1,079E-03
263	IPN80	0,576444	PMM	DSTL2	169,95	-0,27	-184,70	0,68	0,086815	-5,028E-02
264	IPE400	0,133539	PMM	DSTL6	4012,26	-90,77	-3632,30	118,26	0,065219	-2,48
265	IPE400	0,153137	PMM	DSTL6	3802,83	224,75	-2771,87	2924,82	0,049769	-13,05
268	IPE400	0,147322	PMM	DSTL6	4698,66	-24,77	4060,30	-78,68	0,072904	2,23
269	IPE240	0,045732	PMM	DSTL6	294,71	-30,29	-408,00	38,97	0,017669	-0,64
270	IPE240	0,058929	PMM	DSTL5	421,75	29,05	-24,69	-44,73	0,001025	-7,921E-02
271	IPE240	0,050891	PMM	DSTL5	440,77	-5,66	761,00	-10,92	0,032210	0,46
272	IPE400	0,046587	PMM	DSTL10	460,39	-187,92	12,12	-289,59	0,001302	1,93
273	IPE400	0,028795	PMM	DSTL5	-513,48	31,07	555,65	32,74	0,009977	-0,25
274	IPE400	0,063972	PMM	DSTL5	-1310,97	-147,05	1017,34	379,54	0,018266	-4,33
275	IPN80	0,390451	PMM	DSTL2	132,81	0,47	257,02	1,56	0,051559	-3,392E-02
276	IPN80	0,357853	PMM	DSTL2	124,24	-0,86	233,12	-2,52	0,046317	4,870E-02
277	IPE240	0,072079	PMM	DSTL5	-644,57	7,46	-271,01	15,34	0,011766	-8,189E-02
278	IPE240	0,054642	PMM	DSTL5	-478,74	16,34	231,58	-6,66	0,009613	0,44
279	IPE240	0,149812	PMM	DSTL5	-1198,10	-17,68	1042,34	6,51	0,043267	-8,233E-02
280	IPE400	0,041931	PMM	DSTL5	792,79	75,83	35,12	58,84	0,000631	0,60
281	IPE400	0,021189	PMM	DSTL5	553,99	-12,06	536,24	77,33	0,009628	-3,498E-03
286	IPN80	0,006771	PMM	DSTL5	1,31	-0,19	0,70	-0,11	0,000201	-7,116E-03
287	IPN80	0,123888	PMM	DSTL6	16,44	0,23	-13,46	-6,851E-02	0,002665	4,704E-03
289	IPE240	0,064063	PMM	DSTL6	295,62	-32,85	-289,59	7,82	0,012282	0,28
290	IPE400	0,148647	PMM	DSTL6	-2428,51	-516,50	-5160,65	-1097,43	0,092660	6,62
291	IPE400	0,148676	PMM	DSTL6	5101,27	56,90	-1166,70	-66,30	0,080093	1,66
292	IPE400	0,145923	PMM	DSTL6	3810,99	223,44	3637,10	271,57	0,065305	-5,72

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
293	IPE400	0,093207	PMM	DSTL10	5,01	564,05	-188,17	1186,17	0,013041	-9,85
294	IPE400	0,048700	PMM	DSTL6	366,59	-188,54	-195,41	175,41	0,006445	-3,96
295	IPE400	0,041723	PMM	DSTL9	979,61	54,06	-42,94	-119,08	0,001144	0,61
296	IPE400	0,043226	PMM	DSTL9	992,32	61,48	-42,94	68,93	0,001144	0,61
297	IPE400	0,039863	PMM	DSTL6	304,19	-140,32	295,07	-72,46	0,005876	2,73
298	IPE400	0,055776	PMM	DSTL6	228,91	-283,67	531,35	-342,45	0,012015	6,24
299	IPE400	0,115112	PMM	DSTL10	-270,35	668,28	440,74	-1361,96	0,018160	9,31
300	IPE400	0,063898	PMM	DSTL6	-645,25	224,37	-1023,33	458,38	0,018374	-3,56
301	IPE400	0,036872	PMM	DSTL6	362,35	-157,51	-425,21	346,66	0,007635	-2,64
302	IPE400	0,021394	PMM	DSTL5	-106,71	-91,91	195,74	137,73	0,003515	-0,97
303	IPE400	0,022451	PMM	DSTL5	-619,49	-3,76	802,82	-55,56	0,014415	21,01
304	IPE400	0,018804	Major Shear	DSTL5	-509,95	-3,13	-1047,29	-16,77	0,018804	-33,21
305	IPE400	0,027691	PMM	DSTL5	-251,06	-105,40	-438,37	-156,53	0,007871	1,56
306	IPE400	0,040971	PMM	DSTL5	206,92	-203,82	224,62	-355,90	0,004139	3,59
307	IPE400	0,130645	PMM	DSTL6	764,34	-620,95	-303,98	-1640,95	0,053639	8,77
308	IPE400	0,130744	PMM	DSTL6	-2278,97	-424,24	4051,25	1191,21	0,072741	-6,00
309	IPE240	0,097829	PMM	DSTL10	-500,07	-100,37	-605,29	-196,78	0,028661	1,79
310	IPE240	0,087357	PMM	DSTL10	486,69	80,52	-394,52	-168,32	0,018685	1,66
311	IPE240	0,091888	PMM	DSTL10	678,02	46,89	-170,86	-75,60	0,008448	0,83
312	IPE240	0,080590	PMM	DSTL10	689,50	19,34	39,88	21,48	0,001656	-0,25
313	IPE240	0,098527	PMM	DSTL10	650,32	64,60	256,48	115,32	0,011283	-1,32
314	IPE240	0,089460	PMM	DSTL10	413,79	92,20	504,81	175,64	0,022940	-1,95
315	IPE400	0,176911	PMM	DSTL6	4616,66	-175,69	397,42	169,94	0,055081	-3,39
316	IPE400	0,224017	PMM	DSTL6	3936,08	-505,61	2439,02	-7455,00	0,043793	9,77
317	IPE240	0,163726	PMM	DSTL5	-1442,67	26,09	-1689,16	16,13	0,070116	-0,47
318	IPE240	0,114088	PMM	DSTL6	867,72	-9,45	-1107,84	17,98	0,046332	-1,19
319	IPE240	0,163144	PMM	DSTL6	1141,61	-14,92	-560,26	15,53	0,023624	-0,80
320	IPE240	0,160078	PMM	DSTL6	1102,81	-6,87	-22,59	-0,45	0,001335	8,572E-02
321	IPE240	0,168221	PMM	DSTL6	1196,90	-19,61	513,31	-27,53	0,021307	0,89
322	IPE240	0,118363	PMM	DSTL6	1029,03	0,79	1132,35	-5,36	0,047003	0,85
323	IPN80	0,129694	PMM	DSTL9	-59,87	0,93	108,20	-2,26	0,021421	1,625E-02
324	IPN80	0,140868	PMM	DSTL9	-67,09	0,58	120,40	-1,27	0,023835	1,379E-02
325	IPN80	0,137577	PMM	DSTL9	-66,48	0,11	117,69	-0,30	0,023298	8,156E-04
326	IPN80	0,138108	PMM	DSTL9	-66,25	-0,37	117,46	0,82	0,023253	-1,512E-02
327	IPN80	0,139154	PMM	DSTL9	-64,97	-0,87	118,58	1,95	0,023474	-2,654E-02
328	IPN80	0,111501	PMM	DSTL2	49,86	-1,39	-515,03	5,07	0,101966	5,647E-02
329	IPN80	0,110924	PMM	DSTL2	48,04	-1,87	-486,95	0,51	0,096450	3,073E-02
330	IPN80	0,106205	PMM	DSTL2	64,81	-0,13	73,99	-0,13	0,094599	1,751E-02
331	IPN80	0,106704	PMM	DSTL5	-65,66	-6,746E-02	76,14	9,772E-02	0,094164	-2,481E-02
332	IPN80	0,129647	PMM	DSTL2	53,96	1,47	-555,44	-0,74	0,109998	-3,494E-02

I. Deformacions

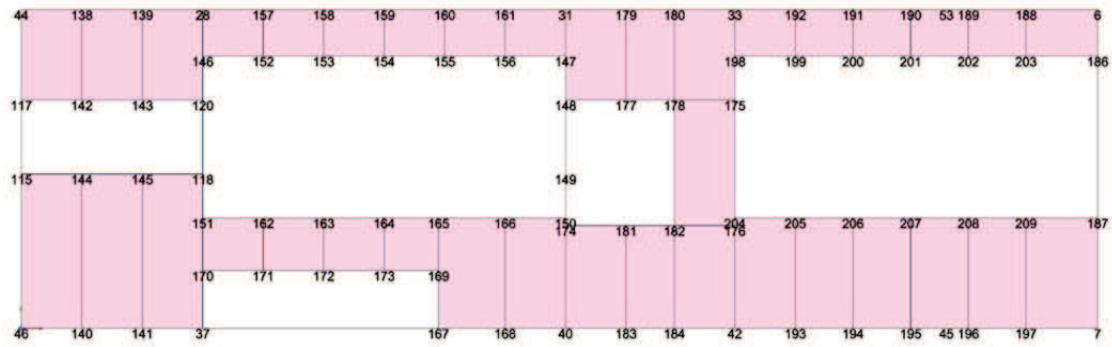


Figura D.7.6.B punts plataforma nivell 4

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
6	DSTL5	Combination	-0,000168	-0,000580	-0,000258	0,001187	-0,000313	-0,000034
6	DSTL6	Combination	-0,000134	0,000759	-0,000318	0,001177	-0,000119	-0,000421
7	DSTL5	Combination	-0,000621	-0,000123	-0,000272	-0,001087	4,282E-06	8,156E-07
7	DSTL6	Combination	-0,000535	0,001200	-0,000212	-0,001123	-0,000017	-0,000031
28	DSTL5	Combination	-0,000159	0,000288	-0,000577	0,001242	-0,000574	-0,000237
28	DSTL6	Combination	-0,000216	0,001832	-0,000629	0,001228	-0,000683	-0,000083
31	DSTL5	Combination	-0,000159	0,000422	-0,000511	0,000800	-0,000115	0,000147
31	DSTL6	Combination	-0,000161	0,001784	-0,000594	0,000857	-0,000022	-0,000026
33	DSTL5	Combination	-0,000084	0,000297	-0,000284	0,000566	0,000105	-0,000260
33	DSTL6	Combination	-0,000161	0,001721	-0,000335	0,000602	-0,000014	-0,000063
37	DSTL5	Combination	-0,000757	0,000719	-0,000559	-0,001143	-0,001291	0,000134
37	DSTL6	Combination	-0,000644	0,002229	-0,000504	-0,001146	-0,001272	0,000157
40	DSTL5	Combination	-0,000589	0,000755	-0,000601	-0,000905	0,000083	0,000040
40	DSTL6	Combination	-0,000487	0,002128	-0,000504	-0,001064	0,000084	0,000034
42	DSTL5	Combination	-0,000645	0,000517	-0,000349	-0,000848	-0,000073	-0,000214
42	DSTL6	Combination	-0,000540	0,001921	-0,000300	-0,000947	-0,000049	-0,000208
44	DSTL5	Combination	-0,000297	0,000749	-0,004528	0,001128	-0,001545	-0,000027
44	DSTL6	Combination	-0,000328	0,002180	-0,004738	0,001073	-0,001575	3,503E-06
45	DSTL5	Combination	-0,000636	-0,000622	-0,000219	0,000400	-9,538E-06	-0,000074
45	DSTL6	Combination	-0,000545	0,000773	-0,000201	0,000257	-0,000017	-0,000091
46	DSTL5	Combination	-0,000908	0,001007	-0,006884	-0,000196	-0,002323	-0,000274
46	DSTL6	Combination	-0,000787	0,002450	-0,006726	-0,000279	-0,002280	-0,000250
53	DSTL5	Combination	-0,000112	-0,000368	-0,000896	0,001060	-0,000056	-0,000123
53	DSTL6	Combination	-0,000134	0,001587	-0,000532	0,004415	-5,893E-06	-0,000269
115	DSTL5	Combination	-0,000554	0,000909	-0,006915	0,000365	-0,000827	-0,000060
115	DSTL6	Combination	-0,000491	0,002347	-0,006958	0,000292	-0,000847	-0,000035
117	DSTL5	Combination	-0,000431	0,000797	-0,006131	0,000878	-0,000907	-0,000182
117	DSTL6	Combination	-0,000412	0,002230	-0,006255	0,000818	-0,000991	-0,000153
118	DSTL5	Combination	-0,000590	0,000563	-0,003361	-0,000148	-0,001361	-0,000368
118	DSTL6	Combination	-0,000525	0,002090	-0,003349	-0,000170	-0,001390	-0,000324
120	DSTL5	Combination	-0,000459	0,000336	-0,002729	0,000997	-0,001357	-0,000045
120	DSTL6	Combination	-0,000426	0,001874	-0,002753	0,000967	-0,001312	0,000030
138	DSTL5	Combination	-0,000284	0,000633	-0,002961	0,002289	-0,001458	-0,000038
138	DSTL6	Combination	-0,000317	0,002093	-0,003139	0,002201	-0,001494	-7,010E-06
139	DSTL5	Combination	-0,000238	0,000468	-0,001563	0,002386	-0,001152	-0,000237
139	DSTL6	Combination	-0,000278	0,001958	-0,001696	0,002255	-0,001207	-0,000212
140	DSTL5	Combination	-0,000896	0,000903	-0,004540	-0,002999	-0,002248	-0,000314
140	DSTL6	Combination	-0,000776	0,002371	-0,004424	-0,003059	-0,002207	-0,000287
141	DSTL5	Combination	-0,000854	0,000812	-0,002334	-0,003477	-0,001952	0,000018

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
141	DSTL6	Combination	-0,000737	0,002305	-0,002254	-0,003517	-0,001921	0,000038
142	DSTL5	Combination	-0,000435	0,000633	-0,005252	-0,000556	-0,001003	-0,000149
142	DSTL6	Combination	-0,000413	0,002092	-0,005296	-0,000624	-0,001066	-0,000108
143	DSTL5	Combination	-0,000451	0,000484	-0,004118	-0,000478	-0,001259	-0,000166
143	DSTL6	Combination	-0,000420	0,001983	-0,004125	-0,000557	-0,001258	-0,000137
144	DSTL5	Combination	-0,000565	0,000823	-0,006115	0,003096	-0,001002	-0,000012
144	DSTL6	Combination	-0,000500	0,002291	-0,006139	0,003041	-0,001020	0,000016
145	DSTL5	Combination	-0,000593	0,000736	-0,004896	0,002658	-0,001385	-0,000174
145	DSTL6	Combination	-0,000527	0,002228	-0,004905	0,002652	-0,001400	-0,000152
146	DSTL5	Combination	-0,000269	0,000278	-0,001780	0,001337	-0,000309	-0,000145
146	DSTL6	Combination	-0,000241	0,001821	-0,001826	0,001313	0,000203	-0,000091
147	DSTL5	Combination	-0,000129	0,000411	-0,001326	0,000911	-0,000425	1,960E-06
147	DSTL6	Combination	-0,000209	0,001761	-0,001509	0,001012	-0,000821	-0,000011
148	DSTL5	Combination	-0,000160	0,000458	-0,001958	0,000688	0,000113	-0,000172
148	DSTL6	Combination	-0,000182	0,001804	-0,002232	0,000761	-0,000013	-0,000125
149	DSTL5	Combination	-0,000520	0,000573	-0,002580	0,000092	-0,000780	-0,000114
149	DSTL6	Combination	-0,000454	0,001940	-0,002845	0,000026	-0,000820	-0,000061
150	DSTL5	Combination	-0,000686	0,000692	-0,002452	-0,000519	-0,001309	-0,000048
150	DSTL6	Combination	-0,000585	0,002067	-0,002643	-0,000641	-0,001298	-0,000038
151	DSTL5	Combination	-0,000604	0,000677	-0,002991	-0,000823	0,001016	-0,000236
151	DSTL6	Combination	-0,000510	0,002197	-0,002962	-0,000839	0,001003	-0,000227
152	DSTL5	Combination	-0,000195	0,000155	-0,001715	0,001711	0,000044	-0,000115
152	DSTL6	Combination	-0,000148	0,001864	-0,002392	0,002643	0,000695	0,000012
153	DSTL5	Combination	-0,000140	0,000077	-0,001856	0,001943	0,000157	-0,000045
153	DSTL6	Combination	-0,000126	0,001927	-0,003104	0,003782	0,000580	0,000050
154	DSTL5	Combination	-0,000108	0,000081	-0,001992	0,001957	0,000086	0,000028
154	DSTL6	Combination	-0,000153	0,001956	-0,003464	0,004147	0,000085	-0,000015
155	DSTL5	Combination	-0,000096	0,000156	-0,001978	0,001827	-0,000088	0,000075
155	DSTL6	Combination	-0,000196	0,001919	-0,003237	0,003656	-0,000500	-0,000084
156	DSTL5	Combination	-0,000103	0,000284	-0,001751	0,001528	-0,000285	0,000128
156	DSTL6	Combination	-0,000223	0,001838	-0,002476	0,002441	-0,000885	-0,000062
157	DSTL5	Combination	-0,000107	0,000142	-0,000320	0,001223	-0,000121	-0,000093
157	DSTL6	Combination	-0,000175	0,001847	-0,000222	0,002892	-0,000280	0,000240
158	DSTL5	Combination	-0,000096	0,000078	-0,000370	0,001249	0,000079	-0,000040
158	DSTL6	Combination	-0,000146	0,001927	-0,000133	0,004034	-0,000021	0,000106
159	DSTL5	Combination	-0,000113	0,000084	-0,000514	0,001202	0,000102	0,000023
159	DSTL6	Combination	-0,000130	0,001958	-0,000229	0,004329	0,000117	-0,000017
160	DSTL5	Combination	-0,000139	0,000162	-0,000612	0,001064	0,000027	0,000083
160	DSTL6	Combination	-0,000126	0,001924	-0,000399	0,003850	0,000152	-0,000143
161	DSTL5	Combination	-0,000160	0,000287	-0,000606	0,000855	-0,000071	0,000087
161	DSTL6	Combination	-0,000136	0,001835	-0,000547	0,002588	0,000099	-0,000277
162	DSTL5	Combination	-0,000575	0,000631	-0,004256	-0,002098	0,001200	0,000012
162	DSTL6	Combination	-0,000469	0,002129	-0,004238	-0,002087	0,001236	-0,000019
163	DSTL5	Combination	-0,000596	0,000558	-0,005352	-0,002779	0,000778	-0,000142
163	DSTL6	Combination	-0,000483	0,002020	-0,005382	-0,002827	0,000841	-0,000181
164	DSTL5	Combination	-0,000644	0,000528	-0,005798	-0,003171	1,322E-06	0,000034
164	DSTL6	Combination	-0,000531	0,001949	-0,005891	-0,003268	0,000066	1,079E-06
165	DSTL5	Combination	-0,000696	0,000550	-0,005440	-0,002808	-0,000817	0,000037
165	DSTL6	Combination	-0,000587	0,001942	-0,005580	-0,002931	-0,000773	0,000011
166	DSTL5	Combination	-0,000716	0,000645	-0,004054	0,000537	-0,001446	0,000128
166	DSTL6	Combination	-0,000612	0,002024	-0,004229	0,000391	-0,001425	0,000127
167	DSTL5	Combination	-0,000509	0,000558	-0,000099	-0,003014	0,000335	0,000125
167	DSTL6	Combination	-0,000410	0,001946	-0,000030	-0,003122	0,000317	0,000123
168	DSTL5	Combination	-0,000545	0,000675	-0,000447	-0,002142	0,000233	0,000200
168	DSTL6	Combination	-0,000447	0,002058	-0,000358	-0,002293	0,000217	0,000190
169	DSTL5	Combination	-0,000651	0,000552	-0,002990	-0,002913	-0,000011	0,000115
169	DSTL6	Combination	-0,000558	0,001943	-0,003026	-0,003031	0,000046	0,000104
170	DSTL5	Combination	-0,000690	0,000736	-0,001928	-0,001244	0,000456	0,000073
170	DSTL6	Combination	-0,000595	0,002251	-0,001884	-0,001257	0,000497	0,000078

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
171	DSTL5	Combination	-0,000661	0,000622	-0,002493	-0,001918	0,000511	-0,000216
171	DSTL6	Combination	-0,000575	0,002122	-0,002475	-0,001935	0,000520	-0,000242
172	DSTL5	Combination	-0,000661	0,000555	-0,002916	-0,002763	0,000278	-1,305E-06
172	DSTL6	Combination	-0,000578	0,002017	-0,002905	-0,002813	0,000280	-0,000039
173	DSTL5	Combination	-0,000663	0,000520	-0,003044	-0,003057	0,000028	-0,000060
173	DSTL6	Combination	-0,000577	0,001942	-0,003045	-0,003170	0,000048	-0,000101
174	DSTL5	Combination	-0,000624	0,000709	-0,002368	-0,000614	-0,000907	-0,000028
174	DSTL6	Combination	-0,000523	0,002085	-0,002542	-0,000743	-0,000906	-0,000020
175	DSTL5	Combination	-0,000242	0,000301	-0,001301	0,000567	-0,000497	-0,000103
175	DSTL6	Combination	-0,000232	0,001710	-0,001486	0,000610	-0,000425	-0,000046
176	DSTL5	Combination	-0,000433	0,000458	-0,001991	-0,000442	0,000887	0,000032
176	DSTL6	Combination	-0,000338	0,001868	-0,002107	-0,000514	0,000842	0,000042
177	DSTL5	Combination	-0,000175	0,000427	-0,002078	0,000193	-0,000029	0,000041
177	DSTL6	Combination	-0,000192	0,001784	-0,002239	0,000162	-0,000121	0,000053
178	DSTL5	Combination	-0,000227	0,000442	-0,001899	0,000134	-0,000424	-0,000106
178	DSTL6	Combination	-0,000221	0,001814	-0,002035	0,000160	-0,000392	-0,000082
179	DSTL5	Combination	-0,000143	0,000432	-0,000398	0,001638	-0,000104	0,000017
179	DSTL6	Combination	-0,000175	0,001769	-0,000533	0,001585	-0,000096	0,000050
180	DSTL5	Combination	-0,000123	0,000399	-0,000313	0,001590	-0,000057	-0,000108
180	DSTL6	Combination	-0,000171	0,001756	-0,000439	0,001530	-0,000091	-0,000094
181	DSTL5	Combination	-0,000543	0,000670	-0,001816	-0,000691	-0,000296	-0,000025
181	DSTL6	Combination	-0,000446	0,002050	-0,001983	-0,000821	-0,000315	-0,000031
182	DSTL5	Combination	-0,000498	0,000544	-0,001700	-0,000365	0,000074	-0,000205
182	DSTL6	Combination	-0,000403	0,001927	-0,001849	-0,000388	0,000043	-0,000183
183	DSTL5	Combination	-0,000632	0,000665	-0,000605	-0,000763	-0,000073	-0,000125
183	DSTL6	Combination	-0,000527	0,002045	-0,000516	-0,000905	-0,000058	-0,000107
184	DSTL5	Combination	-0,000647	0,000601	-0,000504	-0,000764	-0,000128	-2,828E-06
184	DSTL6	Combination	-0,000541	0,001993	-0,000431	-0,000898	-0,000104	5,966E-06
186	DSTL5	Combination	-0,000234	-0,000591	-0,001367	0,001259	-0,000511	-0,000062
186	DSTL6	Combination	-0,000426	0,000747	-0,001427	0,001247	-0,001320	-0,000161
187	DSTL5	Combination	-0,000630	-0,000179	-0,002527	-0,000751	-0,002360	-0,000047
187	DSTL6	Combination	-0,000514	0,001151	-0,002529	-0,000781	-0,002367	-0,000030
188	DSTL5	Combination	-0,000158	-0,000510	-0,000656	0,001069	-0,000273	-0,000083
188	DSTL6	Combination	-0,000132	0,001185	-0,000467	0,003462	-0,000079	-0,000478
189	DSTL5	Combination	-0,000127	-0,000413	-0,000863	0,001080	-0,000124	-0,000123
189	DSTL6	Combination	-0,000133	0,001488	-0,000526	0,004356	-0,000026	-0,000319
190	DSTL5	Combination	-0,000089	-0,000276	-0,000896	0,001027	0,000057	-0,000151
190	DSTL6	Combination	-0,000137	0,001679	-0,000525	0,004512	0,000025	-0,000109
191	DSTL5	Combination	-0,000060	-0,000097	-0,000757	0,000885	0,000202	-0,000189
191	DSTL6	Combination	-0,000142	0,001756	-0,000472	0,003896	0,000056	0,000053
192	DSTL5	Combination	-0,000052	0,000100	-0,000511	0,000625	0,000244	-0,000141
192	DSTL6	Combination	-0,000150	0,001738	-0,000395	0,002488	0,000052	0,000264
193	DSTL5	Combination	-0,000649	0,000335	-0,000346	-0,001709	-0,000036	-0,000194
193	DSTL6	Combination	-0,000550	0,001741	-0,000318	-0,001789	-0,000022	-0,000191
194	DSTL5	Combination	-0,000654	0,000168	-0,000321	-0,002326	-0,000058	-0,000205
194	DSTL6	Combination	-0,000559	0,001566	-0,000303	-0,002384	-0,000053	-0,000218
195	DSTL5	Combination	-0,000649	0,000019	-0,000258	-0,002544	-0,000055	-0,000117
195	DSTL6	Combination	-0,000557	0,001404	-0,000242	-0,002594	-0,000058	-0,000128
196	DSTL5	Combination	-0,000630	-0,000080	-0,000234	-0,002446	0,000014	-0,000074
196	DSTL6	Combination	-0,000541	0,001290	-0,000212	-0,002490	1,861E-06	-0,000093
197	DSTL5	Combination	-0,000623	-0,000127	-0,000272	-0,002095	0,000022	0,000030
197	DSTL6	Combination	-0,000536	0,001225	-0,000236	-0,002134	3,961E-06	0,000017
198	DSTL5	Combination	-0,000170	0,000288	-0,000856	0,000647	0,000549	-0,000029
198	DSTL6	Combination	-0,000143	0,001701	-0,000980	0,000714	0,001076	0,000025
199	DSTL5	Combination	-0,000185	0,000100	-0,001485	0,001292	0,000549	-0,000235
199	DSTL6	Combination	-0,000126	0,001745	-0,002282	0,002387	0,001276	-0,000031
200	DSTL5	Combination	-0,000198	-0,000105	-0,001980	0,001647	0,000390	-0,000177
200	DSTL6	Combination	-0,000167	0,001748	-0,003404	0,003785	0,000922	-0,000011
201	DSTL5	Combination	-0,000210	-0,000284	-0,002255	0,001841	0,000135	-0,000170

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
201	DSTL6	Combination	-0,000245	0,001670	-0,003993	0,004488	0,000241	-0,000151
202	DSTL5	Combination	-0,000221	-0,000423	-0,002251	0,001882	-0,000145	-0,000118
202	DSTL6	Combination	-0,000332	0,001478	-0,003854	0,004317	-0,000522	-0,000251
203	DSTL5	Combination	-0,000229	-0,000513	-0,001977	0,001742	-0,000383	-0,000089
203	DSTL6	Combination	-0,000401	0,001184	-0,003022	0,003270	-0,001130	-0,000366
204	DSTL5	Combination	-0,000410	0,000444	-0,002052	-0,000348	0,001187	0,000010
204	DSTL6	Combination	-0,000316	0,001855	-0,002177	-0,000417	0,001136	0,000027
205	DSTL5	Combination	-0,000338	0,000335	-0,003904	-0,000786	0,001904	-0,000286
205	DSTL6	Combination	-0,000236	0,001740	-0,003986	-0,000821	0,001871	-0,000297
206	DSTL5	Combination	-0,000358	0,000170	-0,005715	-0,001845	0,001508	-0,000275
206	DSTL6	Combination	-0,000252	0,001567	-0,005768	-0,001878	0,001483	-0,000284
207	DSTL5	Combination	-0,000427	0,000034	-0,006766	-0,002573	0,000498	-0,000153
207	DSTL6	Combination	-0,000315	0,001419	-0,006797	-0,002594	0,000482	-0,000166
208	DSTL5	Combination	-0,000518	-0,000064	-0,006646	-0,002497	-0,000759	-0,000035
208	DSTL6	Combination	-0,000403	0,001306	-0,006665	-0,002517	-0,000768	-0,000055
209	DSTL5	Combination	-0,000598	-0,000108	-0,005317	-0,001702	-0,001855	0,000071
209	DSTL6	Combination	-0,000481	0,001241	-0,005328	-0,001726	-0,001858	0,000047

D.7.6.2 Plataforma nivell 3

I. Sol·licitacions dels perfils

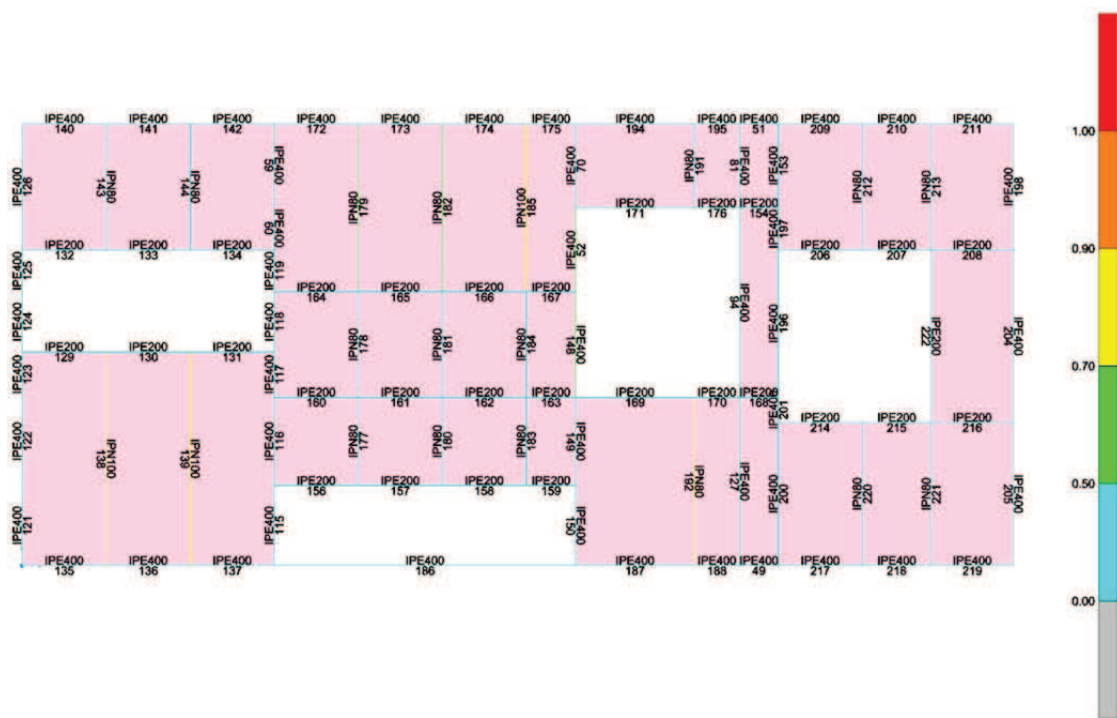


Figura D.7.6.C identificació i Sol·licitacions dels perfils (Plataforma nivell 3)

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
115	IPE400	0,137197	PMM	DSTL5	882,29	72,85	-53,89	-213,04	0,065964	0,30
116	IPE400	0,172764	PMM	DSTL6	-1382,90	-12,21	-2151,74	-15,09	0,044856	-0,29
117	IPE400	0,330715	PMM	DSTL6	1149,94	-8,14	-958,24	10,49	0,006530	0,32
118	IPE400	0,261019	PMM	DSTL6	758,56	-2,47	198,11	-16,10	0,025929	0,49
119	IPE400	0,337686	PMM	DSTL6	532,53	2,34	1002,85	-2,88	0,067994	-0,18
121	IPE400	0,029511	PMM	DSTL6	-6703,44	-400,44	-6060,42	-968,62	0,011997	9,36
122	IPE400	0,041305	PMM	DSTL6	3293,90	304,75	-5409,17	-637,93	0,006014	4,09
123	IPE400	0,049749	PMM	DSTL6	6948,56	84,71	-4704,20	22,02	0,001265	1,18
124	IPE400	0,049777	PMM	DSTL6	9161,56	-536,43	-4088,26	932,53	0,004984	3,23
125	IPE400	0,045357	PMM	DSTL5	36,76	0,21	-52,81	-1,72	0,004984	8,554E-02
126	IPE400	0,026400	PMM	DSTL6	104,03	0,28	289,28	1,27	0,010532	-2,041E-02
129	IPE200	0,069544	PMM	DSTL6	185,36	1,57	151,84	1,76	0,014286	-0,11
130	IPE200	0,061352	PMM	DSTL5	88,28	0,81	-120,18	-0,73	0,028112	4,157E-02
131	IPE200	0,285170	PMM	DSTL5	96,26	-0,77	215,71	-1,87	0,070404	-7,590E-02
132	IPE200	0,023588	PMM	DSTL5	191,39	0,58	292,60	1,83	0,003390	0,11
133	IPE200	0,060523	PMM	DSTL5	78,51	-1,50	-105,27	2,70	0,023638	-3,223E-02
134	IPE200	0,208118	PMM	DSTL5	74,97	0,60	40,73	0,19	0,049879	2,640E-02
135	IPE400	0,090239	PMM	DSTL6	173,44	1,07	-173,25	-2,12	0,010958	-3,177E-03
136	IPE400	0,073889	PMM	DSTL6	7287,66	-86,71	-3385,68	63,84	0,027302	-4,11
137	IPE400	0,177146	PMM	DSTL5	-5623,40	435,15	9614,83	-2301,06	0,043490	10,94
138	IPN100	0,863075	PMM	DSTL2	-8641,54	-998,87	12913,14	3921,15	0,081614	-14,46
139	IPN100	0,862115	PMM	DSTL2	13286,43	726,44	2354,50	1424,87	0,080606	-11,86
140	IPE400	0,038318	PMM	DSTL6	9008,71	-732,81	11369,39	-1249,93	0,023158	7,12
141	IPE400	0,090656	PMM	DSTL5	3953,27	468,65	-4788,06	-1110,44	0,032168	8,32
142	IPE400	0,164106	PMM	DSTL6	8755,74	-8,73	-1410,51	170,70	0,041448	0,51
143	IPN80	0,013965	PMM	DSTL6	4572,29	356,11	3933,79	446,13	0,001330	-6,27
144	IPN80	0,123918	PMM	DSTL6	-5014,28	673,94	7384,52	-1502,80	0,004308	9,97
148	IPE400	0,527492	PMM	DSTL6	1200,19	77,68	5719,54	207,97	0,130948	-1,27
149	IPE400	0,444267	PMM	DSTL6	-1504,29	111,24	5111,08	-368,23	0,124231	0,90
150	IPE400	0,233630	PMM	DSTL6	1389,31	-16,72	772,24	-17,56	0,144868	0,71
156	IPE200	0,108326	PMM	DSTL5	839,86	136,38	1400,34	429,63	0,036845	-0,89
157	IPE200	0,147674	PMM	DSTL5	393,64	-9,84	-166,46	-3,60	0,014892	-4,807E-02
158	IPE200	0,124016	PMM	DSTL6	518,21	78,72	126,00	292,88	0,011053	-1,30
159	IPE200	0,180877	PMM	DSTL5	6457,96	-206,36	4909,33	-262,16	0,032092	5,78
160	IPE200	0,180117	PMM	DSTL5	-2265,06	296,66	5586,76	-881,97	0,088898	1,85
161	IPE200	0,243721	PMM	DSTL5	-42,67	1,09	54,52	-1,50	0,056208	6,610E-02
162	IPE200	0,307833	PMM	DSTL5	218,34	0,77	231,13	1,43	0,028084	-0,14
163	IPE200	0,349466	PMM	DSTL5	-2195,97	-476,79	-3673,84	-1027,97	0,002972	9,78
164	IPE200	0,295061	PMM	DSTL5	3120,40	428,01	-2248,91	-509,12	0,118664	3,63
165	IPE200	0,202200	PMM	DSTL5	2619,87	-1452,55	-122,60	4814,37	0,052845	-16,27
166	IPE200	0,183485	PMM	DSTL5	2971,49	-992,61	1444,11	-2974,57	0,011261	11,85
167	IPE200	0,150392	PMM	DSTL5	2250,51	1652,70	3786,88	6198,18	0,055477	-21,17
172	IPE400	0,260842	PMM	DSTL6	723,38	45,96	-668,16	-174,92	0,108816	-7,232E-02
173	IPE400	0,152690	PMM	DSTL5	906,04	66,77	-334,97	-158,79	0,097180	1,66
174	IPE400	0,240483	PMM	DSTL6	933,68	114,75	-70,45	-157,16	0,084465	0,94
175	IPE400	0,375410	PMM	DSTL6	1151,89	107,99	277,61	201,46	0,073412	-0,43
177	IPN80	0,075343	PMM	DSTL6	809,27	-139,74	273,23	204,58	0,010454	-0,37
178	IPN80	0,176347	PMM	DSTL6	824,68	16,74	586,59	43,11	0,057269	-1,18
179	IPN80	0,672327	PMM	DSTL2	193,98	46,59	-259,05	-106,72	0,099015	2,00
180	IPN80	0,183643	PMM	DSTL6	263,69	10,36	509,75	6,01	0,023791	-6,459E-02
181	IPN80	0,175361	PMM	DSTL6	-1245,34	-48,58	1276,64	95,41	0,042779	-1,94
182	IPN80	0,675190	PMM	DSTL2	78,41	11,48	-60,33	-23,79	0,072388	0,21
183	IPN80	0,140963	PMM	DSTL6	-244,27	-12,01	428,63	16,73	0,020904	-0,16
184	IPN80	0,189401	PMM	DSTL5	-837,43	28,16	904,46	-24,22	0,008064	8,358E-02
185	IPN100	0,705156	PMM	DSTL5	-466,60	-486,04	601,84	1011,63	0,048334	-10,75
186	IPE400	0,215445	PMM	DSTL6	-1728,75	-126,18	1511,72	52,95	0,060791	-0,70
49	IPE400	0,248817	PMM	DSTL5	-3944,62	370,44	2422,16	-814,53	0,175502	10,44
51	IPE400	0,426566	PMM	DSTL6	381,38	-1,56	594,41	-5,39	0,231858	0,23

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
52	IPE400	0,573515	PMM	DSTL6	378,06	1,56	585,65	5,47	0,193775	-0,26
70	IPE400	0,413945	PMM	DSTL6	-1206,54	26,27	1289,78	-44,30	0,204403	0,27
81	IPE400	0,184402	PMM	DSTL6	-2675,50	63,02	1783,74	-24,93	0,085970	-0,15
94	IPE400	0,288870	PMM	DSTL6	-4405,12	-151,45	2308,40	161,97	0,179681	-1,30
127	IPE400	0,207458	PMM	DSTL6	-7,38	8,624E-02	-6,72	6,370E-02	0,070632	-6,871E-03
153	IPE400	0,243468	PMM	DSTL6	16,98	-0,32	-21,76	0,12	0,132590	3,598E-03
154	IPE200	0,315422	Major Shear	DSTL5	12871,48	-447,34	-1129,46	-631,21	0,315422	5,06
168	IPE200	0,363815	PMM	DSTL5	10825,71	404,62	6918,96	814,45	0,281866	-5,73
169	IPE200	0,361244	PMM	DSTL5	6645,65	-207,57	8068,31	-544,57	0,042588	4,42
170	IPE200	0,300696	PMM	DSTL5	461,84	-27,65	-668,12	92,02	0,077226	-0,82
171	IPE200	0,123626	PMM	DSTL5	402,30	-37,26	-270,04	45,39	0,009204	-0,86
176	IPE200	0,180576	PMM	DSTL6	388,74	8,23	200,42	19,19	0,006948	-0,18
187	IPE400	0,230645	PMM	DSTL5	461,18	-106,98	578,98	-374,56	0,088675	0,24
188	IPE400	0,111540	PMM	DSTL6	-1001,81	7,58	-1611,98	43,04	0,100311	-0,70
191	IPN80	0,093194	PMM	DSTL5	1131,67	-14,00	-1019,22	43,66	0,010793	-0,29
192	IPN80	0,781974	PMM	DSTL2	1149,45	-13,68	-509,25	4,51	0,079414	-0,25
194	IPE400	0,329667	PMM	DSTL5	10358,81	232,86	7625,66	530,04	0,136920	-5,10
195	IPE400	0,143681	Major Shear	DSTL5	-3522,86	-175,87	7961,31	648,86	0,143681	-2,76
196	IPE400	0,236773	PMM	DSTL6	5450,69	-545,27	1892,28	-565,70	0,037891	6,58
197	IPE400	0,320878	PMM	DSTL5	1419,71	-1705,81	25,42	6375,64	0,031574	-21,26
198	IPE400	0,127445	PMM	DSTL6	-3674,47	158,45	5130,89	-288,97	0,092126	2,14
200	IPE400	0,137723	PMM	DSTL6	4274,61	93,70	-4886,91	-0,93	0,087745	-2,57
201	IPE400	0,338000	PMM	DSTL5	5590,71	-1140,02	-3170,95	8059,27	0,058870	-28,21
204	IPE400	0,091976	PMM	DSTL6	2888,00	10,94	1077,95	23,80	0,019355	-5,846E-02
205	IPE400	0,060681	PMM	DSTL5	-1781,57	-45,98	1723,57	67,75	0,032196	-1,19
206	IPE200	0,210867	PMM	DSTL5	-880,69	-18,81	-958,93	-9,91	0,052883	-0,68
207	IPE200	0,092228	PMM	DSTL6	334,49	13,33	-532,21	-9,27	0,030819	0,13
208	IPE200	0,027178	PMM	DSTL6	-118,46	8,69	246,37	-15,15	0,013587	0,23
209	IPE400	0,216456	PMM	DSTL6	-6182,85	-107,44	-3467,18	-334,23	0,062711	3,49
210	IPE400	0,115747	PMM	DSTL5	-3567,37	32,71	-2994,39	56,49	0,053765	-1,60
211	IPE400	0,082339	PMM	DSTL6	-1648,03	225,56	-2489,78	455,18	0,045426	-4,06
212	IPN80	0,374754	PMM	DSTL2	127,83	1,02	198,88	1,65	0,049109	-3,874E-02
213	IPN80	0,342176	PMM	DSTL2	116,56	-0,41	171,67	-0,80	0,054612	3,969E-02
214	IPE200	0,274618	PMM	DSTL5	-1163,90	-34,37	-1173,00	-31,71	0,064689	8,374E-02
215	IPE200	0,078300	PMM	DSTL5	-365,62	8,62	-677,68	2,72	0,037373	0,24
216	IPE200	0,019252	PMM	DSTL6	52,83	-6,71	108,69	-8,81	0,005994	-2,959E-02
217	IPE400	0,152093	PMM	DSTL6	-4499,39	60,55	-2716,19	-9,76	0,048770	0,17
218	IPE400	0,092820	PMM	DSTL6	-2525,21	-126,38	-2190,44	-149,92	0,039330	0,68
219	IPE400	0,044631	PMM	DSTL6	-1059,73	-83,35	-1663,17	-210,31	0,029863	1,57
220	IPN80	0,121244	PMM	DSTL5	13,87	-0,50	-15,01	0,28	0,003005	-9,995E-03
221	IPN80	0,038384	PMM	DSTL6	22,90	9,225E-03	-22,38	0,11	0,004430	-1,395E-02
222	IPE200	0,023513	PMM	DSTL6	90,29	-1,00	-32,00	1,27	0,001826	-6,124E-03
59	IPE400	0,104487	PMM	DSTL6	-3345,52	36,70	-2409,47	-108,49	0,043262	7,43
60	IPE400	0,094572	Major Shear	DSTL6	-1362,80	143,23	-5053,72	63,62	0,094572	-15,30

II. Deformacions

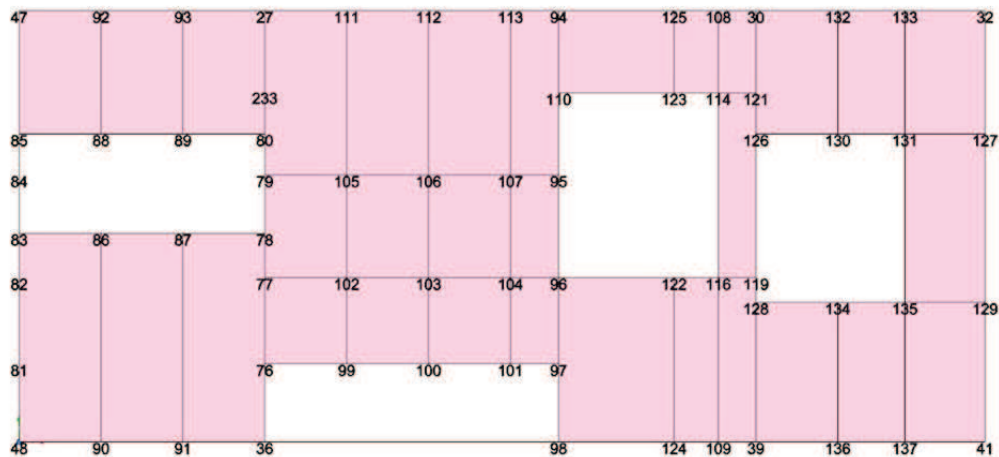


Figura D.7.6.D punts plataforma nivell 3

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
27	DSTL5	Combination	0,000216	0,000177	-0,000390	0,000221	0,000781	0,000090
27	DSTL6	Combination	0,000126	0,000543	-0,000431	0,000107	0,000788	0,000125
30	DSTL5	Combination	-0,000109	-0,000369	-0,000435	0,000706	-0,001200	0,000191
30	DSTL6	Combination	-0,000200	0,000173	-0,000507	0,000749	-0,001203	0,000225
32	DSTL5	Combination	0,000108	-0,000411	-0,000172	0,000360	0,000172	-0,000089
32	DSTL6	Combination	0,000018	0,000294	-0,000209	0,000343	0,000171	-0,000040
36	DSTL5	Combination	-0,000206	0,000247	-0,000387	-0,000478	0,000461	0,000234
36	DSTL6	Combination	-0,000098	0,000620	-0,000344	-0,000665	0,000465	0,000277
39	DSTL5	Combination	-0,000433	-0,000098	-0,000495	-0,000753	-0,000857	0,000055
39	DSTL6	Combination	-0,000326	0,000471	-0,000415	-0,000882	-0,000859	0,000090
41	DSTL5	Combination	-0,000272	-0,000322	-0,000209	-0,000198	0,000082	-0,000085
41	DSTL6	Combination	-0,000163	0,000407	-0,000176	-0,000344	0,000093	-0,000022
47	DSTL5	Combination	0,000029	0,000279	-0,000561	0,000400	-0,000347	7,492E-06
47	DSTL6	Combination	-0,000062	0,000521	-0,000589	0,000386	-0,000344	0,000050
48	DSTL5	Combination	-0,000335	0,000395	-0,000930	-0,000286	-0,000320	-0,000177
48	DSTL6	Combination	-0,000228	0,000638	-0,000874	-0,000303	-0,000316	-0,000140
76	DSTL5	Combination	-0,000260	0,000261	-0,001058	-0,000564	0,002659	0,000195
76	DSTL6	Combination	-0,000191	0,000616	-0,001129	-0,000643	0,002628	0,000229
77	DSTL5	Combination	-0,000158	0,000216	-0,001610	-0,000218	0,003553	-0,000409
77	DSTL6	Combination	-0,000126	0,000562	-0,001716	-0,000232	0,003532	-0,000369
78	DSTL5	Combination	-0,000132	0,000185	-0,001664	0,000045	0,001440	-0,000118
78	DSTL6	Combination	-0,000120	0,000529	-0,001768	0,000050	0,001452	-0,000077
79	DSTL5	Combination	0,000030	0,000141	-0,001475	0,000383	0,003450	-0,000281
79	DSTL6	Combination	0,000012	0,000483	-0,001562	0,000402	0,003443	-0,000237
80	DSTL5	Combination	0,000035	0,000127	-0,001180	0,000514	0,000933	-0,000457
80	DSTL6	Combination	-2,937E-06	0,000469	-0,001253	0,000534	0,000938	-0,000419
81	DSTL5	Combination	-0,000277	0,000382	-0,001196	-0,000208	-0,000346	-0,000054
81	DSTL6	Combination	-0,000207	0,000625	-0,001158	-0,000226	-0,000333	-0,000015
82	DSTL5	Combination	-0,000232	0,000360	-0,001352	-0,000054	0,000044	7,830E-06
82	DSTL6	Combination	-0,000200	0,000603	-0,001332	-0,000071	0,000079	0,000046
83	DSTL5	Combination	-0,000185	0,000344	-0,001356	0,000045	0,000157	-0,000131
83	DSTL6	Combination	-0,000173	0,000588	-0,001345	0,000029	0,000200	-0,000092
84	DSTL5	Combination	-0,000047	0,000316	-0,001262	0,000195	0,000095	-0,000220
84	DSTL6	Combination	-0,000064	0,000559	-0,001262	0,000180	0,000127	-0,000184
85	DSTL5	Combination	0,000025	0,000299	-0,001137	0,000283	0,000051	-0,000063
85	DSTL6	Combination	-9,646E-06	0,000542	-0,001144	0,000269	0,000076	-0,000033
86	DSTL5	Combination	-0,000202	0,000277	-0,001513	0,003570	2,401E-06	0,000095

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
86	DSTL6	Combination	-0,000190	0,000558	-0,001547	0,003534	0,000045	0,000130
87	DSTL5	Combination	-0,000218	0,000246	-0,001348	0,003457	-0,000019	-0,000146
87	DSTL6	Combination	-0,000205	0,000562	-0,001424	0,003425	0,000019	-0,000115
88	DSTL5	Combination	0,000016	0,000274	-0,001149	0,000652	-0,000065	-0,000049
88	DSTL6	Combination	-0,000019	0,000554	-0,001182	0,000659	-0,000039	-1,104E-06
89	DSTL5	Combination	8,146E-06	0,000266	-0,000989	0,000367	7,459E-06	0,000071
89	DSTL6	Combination	-0,000027	0,000585	-0,001046	0,000356	0,000031	0,000094
90	DSTL5	Combination	-0,000331	0,000362	-0,000595	-0,002808	-0,000286	-0,000245
90	DSTL6	Combination	-0,000224	0,000642	-0,000544	-0,002848	-0,000283	-0,000211
91	DSTL5	Combination	-0,000301	0,000307	-0,000328	-0,002948	-0,000091	0,000103
91	DSTL6	Combination	-0,000194	0,000624	-0,000280	-0,003012	-0,000086	0,000143
92	DSTL5	Combination	0,000050	0,000286	-0,000204	0,000474	-0,000234	7,533E-06
92	DSTL6	Combination	-0,000041	0,000566	-0,000234	0,000450	-0,000231	0,000036
93	DSTL5	Combination	0,000111	0,000219	-0,000057	0,000439	0,000126	-0,000172
93	DSTL6	Combination	0,000021	0,000534	-0,000091	0,000415	0,000132	-0,000125
94	DSTL5	Combination	0,000046	-0,000813	-0,004897	0,004018	-0,000474	0,000016
94	DSTL6	Combination	-0,000044	-0,000322	-0,004951	0,004020	-0,000466	0,000107
95	DSTL5	Combination	-0,000192	-0,000427	-0,011738	0,001111	0,000655	-0,000278
95	DSTL6	Combination	-0,000210	0,000064	-0,011780	0,001096	0,000657	-0,000225
96	DSTL5	Combination	-0,000288	0,000037	-0,010964	-0,002071	-0,000850	-0,000026
96	DSTL6	Combination	-0,000257	0,000528	-0,010980	-0,002096	-0,000841	8,893E-06
97	DSTL5	Combination	-0,000293	0,000224	-0,007603	-0,003590	0,000604	0,000055
97	DSTL6	Combination	-0,000222	0,000715	-0,007588	-0,003621	0,000582	0,000094
98	DSTL5	Combination	-0,000363	0,000307	-0,003552	-0,004128	-0,000400	-0,000107
98	DSTL6	Combination	-0,000259	0,000798	-0,003504	-0,004161	-0,000412	-0,000078
99	DSTL5	Combination	-0,000275	0,000038	-0,003770	-0,002004	0,002352	-0,000409
99	DSTL6	Combination	-0,000204	0,000424	-0,003813	-0,002029	0,002328	-0,000374
100	DSTL5	Combination	-0,000270	-0,000109	-0,005884	-0,003514	0,001710	0,000070
100	DSTL6	Combination	-0,000198	0,000319	-0,005904	-0,003536	0,001688	0,000114
101	DSTL5	Combination	-0,000268	-0,000035	-0,007186	-0,003834	0,001016	0,000123
101	DSTL6	Combination	-0,000196	0,000433	-0,007184	-0,003855	0,000995	0,000159
102	DSTL5	Combination	-0,000127	0,000037	-0,005896	-0,001446	0,004024	0,000049
102	DSTL6	Combination	-0,000095	0,000425	-0,005972	-0,001465	0,003995	0,000090
103	DSTL5	Combination	-0,000211	-0,000115	-0,009487	-0,001947	0,002529	-0,000208
103	DSTL6	Combination	-0,000181	0,000312	-0,009530	-0,001963	0,002498	-0,000172
104	DSTL5	Combination	-0,000280	-0,000105	-0,011098	-0,002380	0,000378	0,000168
104	DSTL6	Combination	-0,000250	0,000363	-0,011116	-0,002403	0,000367	0,000213
105	DSTL5	Combination	0,000023	0,000029	-0,005958	-0,000120	0,004188	-0,000128
105	DSTL6	Combination	4,820E-06	0,000417	-0,006032	-0,000106	0,004174	-0,000089
106	DSTL5	Combination	-0,000125	-0,000137	-0,009636	0,000445	0,002576	-0,000033
106	DSTL6	Combination	-0,000144	0,000291	-0,009692	0,000444	0,002560	0,000013
107	DSTL5	Combination	-0,000206	-0,000302	-0,011358	0,001302	0,000991	-0,000216
107	DSTL6	Combination	-0,000224	0,000165	-0,011402	0,001299	0,000985	-0,000187
108	DSTL5	Combination	-0,000195	-0,000575	-0,001338	0,002251	-0,001735	0,000082
108	DSTL6	Combination	-0,000284	-0,000042	-0,001412	0,002323	-0,001730	0,000067
109	DSTL5	Combination	-0,000480	0,000053	-0,001134	-0,001944	-0,001174	-0,000099
109	DSTL6	Combination	-0,000375	0,000610	-0,001060	-0,002047	-0,001184	-0,000074
110	DSTL5	Combination	-1,576E-06	-0,000748	-0,009176	0,003353	-0,002183	-0,000275
110	DSTL6	Combination	-0,000058	-0,000258	-0,009228	0,003349	-0,002150	-0,000275
111	DSTL5	Combination	0,000345	3,630E-06	-0,001860	0,002350	0,001527	-0,000199
111	DSTL6	Combination	0,000254	0,000391	-0,001905	0,002323	0,001530	-0,000172
112	DSTL5	Combination	0,000342	-0,000156	-0,003609	0,003318	0,001408	-0,000149
112	DSTL6	Combination	0,000250	0,000272	-0,003657	0,003290	0,001409	-0,000100
113	DSTL5	Combination	0,000204	-0,000528	-0,004797	0,003610	0,000477	-0,000465
113	DSTL6	Combination	0,000113	-0,000061	-0,004847	0,003569	0,000481	-0,000439
114	DSTL5	Combination	-0,000042	-0,000519	-0,003683	0,001963	-0,003788	0,000352
114	DSTL6	Combination	-0,000096	0,000016	-0,003827	0,002008	-0,003699	0,000374
116	DSTL5	Combination	-0,000366	-0,000022	-0,004902	-0,001148	-0,004313	-0,000187
116	DSTL6	Combination	-0,000332	0,000531	-0,005021	-0,001213	-0,004225	-0,000147

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
119	DSTL5	Combination	-0,000349	-0,000160	-0,002648	-0,000423	-0,003949	-0,000589
119	DSTL6	Combination	-0,000315	0,000411	-0,002816	-0,000519	-0,003855	-0,000553
121	DSTL5	Combination	-0,000044	-0,000422	-0,001573	0,000934	-0,003661	-0,000100
121	DSTL6	Combination	-0,000095	0,000122	-0,001774	0,001016	-0,003562	-0,000049
122	DSTL5	Combination	-0,000346	0,000102	-0,007196	-0,000304	-0,003713	0,000175
122	DSTL6	Combination	-0,000312	0,000640	-0,007271	-0,000384	-0,003642	0,000207
123	DSTL5	Combination	1,260E-06	-0,000692	-0,005557	0,003234	-0,003119	0,000298
123	DSTL6	Combination	-0,000057	-0,000167	-0,005666	0,003237	-0,003071	0,000368
124	DSTL5	Combination	-0,000493	0,000074	-0,001910	-0,002199	-0,001253	7,148E-07
124	DSTL6	Combination	-0,000389	0,000612	-0,001843	-0,002283	-0,001266	0,000038
125	DSTL5	Combination	-0,000218	-0,000630	-0,002491	0,002317	-0,001892	0,000078
125	DSTL6	Combination	-0,000304	-0,000105	-0,002559	0,002676	-0,001879	0,000030
126	DSTL5	Combination	0,000029	-0,000404	-0,002005	0,000790	-0,001145	-0,000298
126	DSTL6	Combination	4,070E-07	0,000151	-0,002263	0,000822	-0,001132	-0,000241
127	DSTL5	Combination	5,095E-06	-0,000413	-0,001085	0,000324	-0,000377	-0,000118
127	DSTL6	Combination	-0,000024	0,000283	-0,001263	0,000372	-0,000423	-0,000081
128	DSTL5	Combination	-0,000251	-0,000095	-0,002440	-0,000732	-0,001946	-0,000515
128	DSTL6	Combination	-0,000212	0,000478	-0,002576	-0,000840	-0,001895	-0,000470
129	DSTL5	Combination	-0,000182	-0,000312	-0,000883	-0,000307	-0,000399	-0,000015
129	DSTL6	Combination	-0,000147	0,000400	-0,001035	-0,000366	-0,000395	0,000017
130	DSTL5	Combination	0,000055	-0,000327	-0,001638	-0,000401	-0,000181	0,000158
130	DSTL6	Combination	0,000030	0,000275	-0,001890	-0,000226	-0,000188	0,000217
131	DSTL5	Combination	6,607E-06	-0,000315	-0,001522	-0,000036	-0,000374	-0,000073
131	DSTL6	Combination	-0,000022	0,000343	-0,001748	-0,000032	-0,000418	-0,000040
132	DSTL5	Combination	0,000034	-0,000368	0,000127	0,001522	-0,000287	-0,000050
132	DSTL6	Combination	-0,000061	0,000237	0,000066	0,001575	-0,000305	0,000014
133	DSTL5	Combination	0,000098	-0,000369	0,000089	0,001212	0,000100	-0,000078
133	DSTL6	Combination	3,856E-06	0,000280	0,000043	0,001286	0,000086	-0,000031
134	DSTL5	Combination	-0,000190	-0,000231	-0,001550	-0,000585	-0,000558	0,000094
134	DSTL6	Combination	-0,000157	0,000391	-0,001711	-0,000708	-0,000557	0,000142
135	DSTL5	Combination	-0,000186	-0,000276	-0,001298	-0,000246	-0,000385	-0,000109
135	DSTL6	Combination	-0,000154	0,000393	-0,001454	-0,000315	-0,000396	-0,000061
136	DSTL5	Combination	-0,000337	-0,000182	-0,000083	-0,000698	-0,000243	-0,000196
136	DSTL6	Combination	-0,000225	0,000440	-0,000015	-0,000840	-0,000225	-0,000142
137	DSTL5	Combination	-0,000288	-0,000263	-0,000075	-0,000579	0,000024	-6,628E-06
137	DSTL6	Combination	-0,000176	0,000403	-0,000025	-0,000708	0,000044	0,000047
233	DSTL5	Combination	-0,000159	0,000129	-0,000813	0,000508	-0,000931	-0,000225
233	DSTL6	Combination	-0,000219	0,000466	-0,000870	0,000536	-0,000945	-0,000190

D.7.6.3 Plataforma nivell 2

I. Sol·licitacions dels perfils

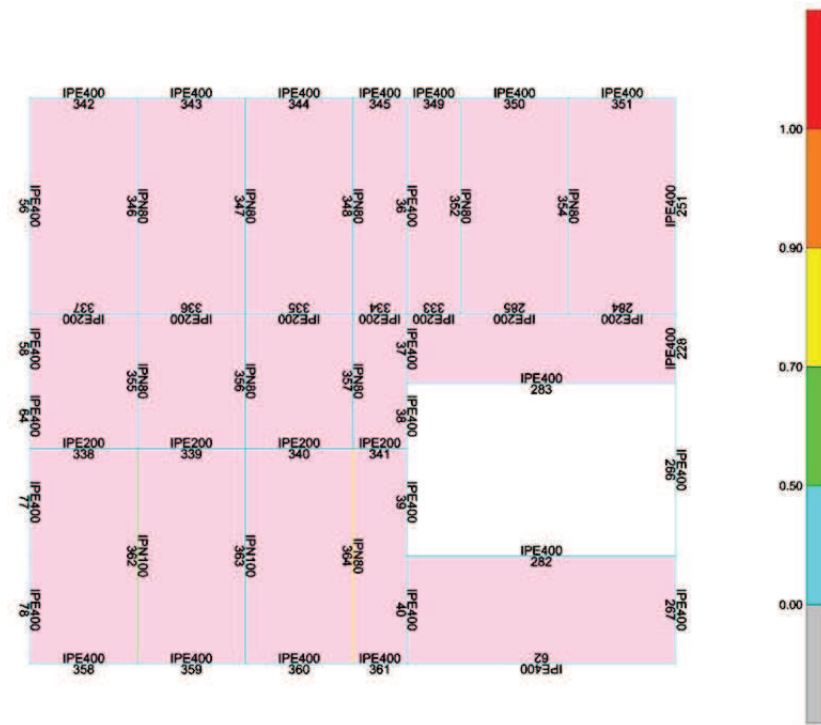


Figura D.7.6.D identificació i Sol·licitacions dels perfils (Plataforma nivell 2)

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
62	IPE400	0,022999	PMM	DSTL5	421,89	-32,08	290,10	-11,41	0,005209	1,40
36	IPE400	0,247742	PMM	DSTL5	8058,91	45,36	-6654,04	-40,55	0,124049	0,91
37	IPE400	0,306561	PMM	DSTL6	8204,32	90,71	-3919,45	-324,08	0,070375	0,88
38	IPE400	0,317306	PMM	DSTL5	8782,66	-134,98	2744,82	-246,51	0,049284	2,45
39	IPE400	0,268954	PMM	DSTL6	7811,56	66,02	4124,04	98,22	0,078827	-2,49
40	IPE400	0,196614	Major Shear	DSTL5	-5548,62	-149,62	10950,26	257,43	0,196614	-1,40
56	IPE400	0,091123	PMM	DSTL6	-1959,09	198,97	-1871,17	199,65	0,033597	-5,56
58	IPE400	0,063257	PMM	DSTL5	1329,72	45,65	-11,96	134,55	0,005516	-0,18
64	IPE400	0,070571	PMM	DSTL6	1372,38	-85,30	-57,83	139,26	0,004639	-1,08
77	IPE400	0,110925	PMM	DSTL6	1520,09	-338,90	1524,71	-638,97	0,031968	7,04
78	IPE400	0,120438	PMM	DSTL5	-2043,87	373,18	2112,17	-656,96	0,037924	5,01
228	IPE400	0,207167	PMM	DSTL5	6074,27	152,91	3517,07	414,72	0,068065	-2,11
251	IPE400	0,147672	PMM	DSTL6	-5091,97	53,43	4749,49	-55,42	0,085278	1,81
266	IPE400	0,204821	PMM	DSTL5	7104,96	-43,58	2719,51	-59,58	0,048829	-0,72
267	IPE400	0,179450	PMM	DSTL5	-5934,05	-21,96	9155,22	75,46	0,164384	-0,90
282	IPE400	0,012271	PMM	DSTL5	-206,56	18,30	24,10	-12,13	0,000433	0,96
283	IPE400	0,018315	PMM	DSTL6	-244,14	39,17	-244,08	-2,37	0,004505	3,59
284	IPE200	0,077128	PMM	DSTL5	354,65	-14,29	-521,32	28,60	0,028756	-0,48
285	IPE200	0,069820	PMM	DSTL6	312,26	-6,32	333,62	-10,46	0,018480	0,10
333	IPE200	0,095858	PMM	DSTL6	-385,87	41,69	962,71	-152,03	0,053237	0,48
334	IPE200	0,143459	PMM	DSTL6	-461,87	65,72	-1586,79	252,65	0,087508	-0,53
335	IPE200	0,200871	PMM	DSTL6	834,06	-7,27	-854,34	7,46	0,047115	-0,12
336	IPE200	0,196873	PMM	DSTL6	713,47	-7,72	164,63	-16,83	0,009079	0,27
337	IPE200	0,197286	PMM	DSTL6	880,92	-26,46	1168,58	-53,19	0,064445	0,63
338	IPE200	0,185623	PMM	DSTL5	928,84	-8,76	-1320,62	22,55	0,072830	-0,19
339	IPE200	0,214372	PMM	DSTL5	830,09	-7,20	-268,05	9,96	0,014782	-0,20
340	IPE200	0,216337	PMM	DSTL5	927,74	-5,24	739,44	-10,59	0,040779	0,18

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
341	IPE200	0,104961	PMM	DSTL5	496,83	-1,29	1511,06	6,47	0,083332	-0,31
342	IPE400	0,047611	PMM	DSTL5	495,52	188,88	-694,82	-412,29	0,012476	2,83
343	IPE400	0,041608	PMM	DSTL5	217,44	160,58	-5,73	-247,28	0,000504	1,95
344	IPE400	0,018327	PMM	DSTL5	390,60	4,20	691,89	-8,14	0,012910	0,56
345	IPE400	0,035291	PMM	DSTL6	-447,52	-113,63	1247,30	306,18	0,022396	0,63
346	IPN80	0,057173	PMM	DSTL6	-32,59	0,37	-29,16	0,32	0,005773	-5,253E-02
347	IPN80	0,131578	PMM	DSTL6	-40,92	1,809E-02	-37,37	8,236E-02	0,007398	-1,280E-02
348	IPN80	0,243810	PMM	DSTL5	33,24	0,27	-33,13	-0,27	0,006649	1,357E-02
349	IPE400	0,026472	PMM	DSTL6	-416,35	-44,90	-1021,81	-104,69	0,018347	-0,88
350	IPE400	0,016438	PMM	DSTL5	-227,39	55,06	-399,21	75,06	0,009026	-0,99
351	IPE400	0,022116	PMM	DSTL5	-155,61	-97,05	275,39	191,20	0,004945	-1,65
352	IPN80	0,099404	PMM	DSTL6	-24,93	0,13	-24,35	0,13	0,004820	7,361E-03
354	IPN80	0,080775	PMM	DSTL6	-20,07	-2,077E-02	-16,12	-2,873E-02	0,003192	1,703E-02
355	IPN80	0,194987	PMM	DSTL2	90,49	-0,93	-156,40	2,52	0,050271	-3,469E-02
356	IPN80	0,201963	PMM	DSTL6	100,19	0,14	227,34	1,13	0,045833	-7,358E-03
357	IPN80	0,202109	PMM	DSTL6	81,40	0,73	195,13	3,04	0,038916	-2,271E-02
358	IPE400	0,104533	PMM	DSTL5	-501,59	549,75	-850,74	1057,14	0,015506	-9,95
359	IPE400	0,053718	PMM	DSTL6	217,97	-228,63	-145,74	339,12	0,002617	-3,15
360	IPE400	0,059785	PMM	DSTL6	380,71	-261,10	599,61	-445,67	0,011014	3,81
361	IPE400	0,080216	PMM	DSTL5	-198,44	444,09	1165,61	-1427,27	0,020929	2,77
362	IPN100	0,501195	PMM	DSTL2	260,80	-2,69	386,81	-6,17	0,053120	0,17
363	IPN100	0,498828	PMM	DSTL2	265,30	-0,63	413,47	-0,90	0,056791	6,934E-02
364	IPN80	0,704911	PMM	DSTL2	190,02	2,20	303,79	4,60	0,060241	-0,14

II. Deformacions

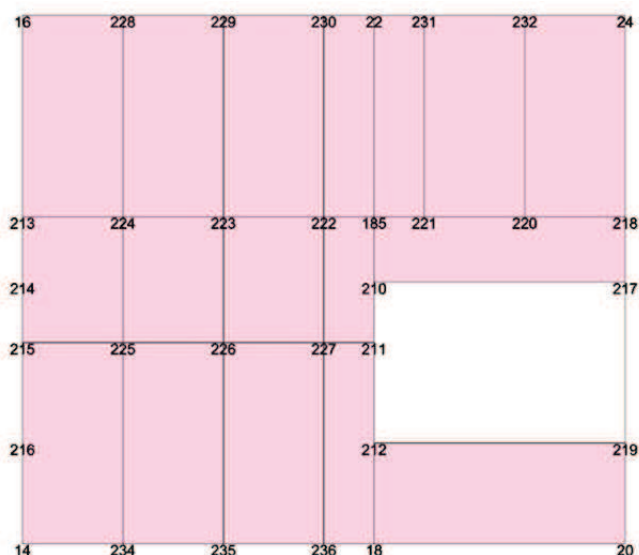


Figura D.7.6.E punts plataforma nivell 2

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
14	DSTL5	Combination	-0,000204	-0,000140	-0,000154	-0,000102	0,000011	-0,000052
14	DSTL6	Combination	-0,000099	0,000345	-0,000131	-0,000212	0,000017	-0,000022
16	DSTL5	Combination	-0,000070	-0,000128	-0,000122	0,000249	0,000055	-0,000032
16	DSTL6	Combination	-0,000171	0,000360	-0,000147	0,000125	0,000051	-9,288E-06
18	DSTL5	Combination	-0,000183	0,000093	-0,000166	-0,001946	-0,000023	0,000055
18	DSTL6	Combination	-0,000074	0,000707	-0,000158	-0,002023	-0,000024	0,000106
20	DSTL5	Combination	-0,000211	-0,000079	-0,000174	-0,001119	-0,000053	-0,000103
20	DSTL6	Combination	-0,000096	0,000688	-0,000142	-0,001245	-0,000047	-0,000040
22	DSTL5	Combination	-0,000057	-0,000402	-0,000110	0,001609	-0,000015	-0,000063
22	DSTL6	Combination	-0,000165	0,000219	-0,000114	0,001508	-0,000016	-0,000016
24	DSTL5	Combination	-0,000051	-0,000484	-0,000130	0,000869	4,467E-06	-0,000076
24	DSTL6	Combination	-0,000162	0,000281	-0,000161	0,000738	6,414E-06	-9,266E-06
185	DSTL5	Combination	-0,000206	-0,000343	-0,004126	0,001042	-0,000448	-0,000097
185	DSTL6	Combination	-0,000222	0,000263	-0,004096	0,001056	-0,000448	-0,000052
210	DSTL5	Combination	-0,000253	-0,000217	-0,004605	0,000122	-0,000588	-0,000060
210	DSTL6	Combination	-0,000239	0,000386	-0,004594	0,000146	-0,000583	-0,000018
211	DSTL5	Combination	-0,000300	-0,000069	-0,004321	-0,000842	-0,000936	0,000069
211	DSTL6	Combination	-0,000270	0,000534	-0,004331	-0,000819	-0,000935	0,000090
212	DSTL5	Combination	-0,000184	0,000097	-0,002691	-0,001961	-0,000355	-0,000019
212	DSTL6	Combination	-0,000124	0,000706	-0,002716	-0,001980	-0,000345	0,000030
213	DSTL5	Combination	-0,000120	-0,000128	-0,000843	0,000140	0,002686	-0,000055
213	DSTL6	Combination	-0,000143	0,000336	-0,000818	0,000161	0,002682	-4,455E-06
214	DSTL5	Combination	-0,000165	-0,000110	-0,000877	-0,000035	0,002713	-0,000059
214	DSTL6	Combination	-0,000159	0,000353	-0,000875	-7,063E-06	0,002705	-0,000017
215	DSTL5	Combination	-0,000153	-0,000094	-0,000805	-0,000192	0,002866	0,000033
215	DSTL6	Combination	-0,000122	0,000370	-0,000823	-0,000171	0,002859	0,000076
216	DSTL5	Combination	-0,000208	-0,000092	-0,000466	-0,000301	0,001196	0,000106
216	DSTL6	Combination	-0,000137	0,000379	-0,000496	-0,000324	0,001193	0,000145
217	DSTL5	Combination	-0,000226	-0,000370	-0,003201	0,000200	-0,000537	-0,000024
217	DSTL6	Combination	-0,000210	0,000366	-0,003216	0,000235	-0,000527	0,000015
218	DSTL5	Combination	-0,000219	-0,000485	-0,002764	0,000847	-0,000861	-0,000066
218	DSTL6	Combination	-0,000232	0,000252	-0,002750	0,000877	-0,000849	-0,000023
219	DSTL5	Combination	-0,000154	-0,000043	-0,001906	-0,001392	-0,000266	-0,000047
219	DSTL6	Combination	-0,000097	0,000712	-0,001946	-0,001438	-0,000266	8,008E-06
220	DSTL5	Combination	-0,000208	-0,000421	-0,003673	0,001684	-0,000635	-0,000066
220	DSTL6	Combination	-0,000221	0,000272	-0,003647	0,001651	-0,000623	-0,000027
221	DSTL5	Combination	-0,000188	-0,000367	-0,004022	0,001475	-0,000271	-0,000057
221	DSTL6	Combination	-0,000205	0,000269	-0,003992	0,001473	-0,000273	8,963E-06
222	DSTL5	Combination	-0,000224	-0,000238	-0,004496	0,001499	-0,000531	-0,000130
222	DSTL6	Combination	-0,000241	0,000350	-0,004465	0,001522	-0,000526	-0,000094
223	DSTL5	Combination	-0,000203	-0,000164	-0,004798	0,001705	0,000452	-0,000017
223	DSTL6	Combination	-0,000222	0,000386	-0,004765	0,001731	0,000452	0,000023
224	DSTL5	Combination	-0,000147	-0,000137	-0,003533	0,001246	0,001978	-0,000044
224	DSTL6	Combination	-0,000169	0,000374	-0,003504	0,001258	0,001969	-1,286E-07
225	DSTL5	Combination	-0,000179	-0,000132	-0,003756	-0,000530	0,002221	-0,000050
225	DSTL6	Combination	-0,000149	0,000378	-0,003768	-0,000515	0,002218	-6,337E-06
226	DSTL5	Combination	-0,000249	-0,000138	-0,005224	-0,000878	0,000548	0,000023
226	DSTL6	Combination	-0,000219	0,000412	-0,005233	-0,000870	0,000546	0,000062
227	DSTL5	Combination	-0,000301	-0,000117	-0,004873	-0,000570	-0,000793	0,000022
227	DSTL6	Combination	-0,000271	0,000472	-0,004882	-0,000554	-0,000793	0,000055
228	DSTL5	Combination	-0,000070	-0,000130	-0,000199	0,000919	0,000025	0,000029

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
228	DSTL6	Combination	-0,000173	0,000380	-0,000217	0,000850	0,000019	0,000062
229	DSTL5	Combination	-0,000065	-0,000178	-0,000203	0,001379	-0,000018	-0,000102
229	DSTL6	Combination	-0,000169	0,000370	-0,000214	0,001309	-0,000023	-0,000059
230	DSTL5	Combination	-0,000058	-0,000319	-0,000144	0,001513	-0,000027	-0,000131
230	DSTL6	Combination	-0,000164	0,000274	-0,000150	0,001434	-0,000030	-0,000082
231	DSTL5	Combination	-0,000059	-0,000394	-0,000123	0,001492	-4,760E-06	-0,000019
231	DSTL6	Combination	-0,000167	0,000245	-0,000130	0,001404	1,889E-07	0,000017
232	DSTL5	Combination	-0,000056	-0,000422	-0,000142	0,001258	8,494E-07	-0,000081
232	DSTL6	Combination	-0,000165	0,000269	-0,000162	0,001182	9,680E-06	-0,000017
234	DSTL5	Combination	-0,000195	-0,000103	-0,000217	-0,002456	0,000026	-0,000127
234	DSTL6	Combination	-0,000088	0,000406	-0,000201	-0,002489	0,000032	-0,000092
235	DSTL5	Combination	-0,000185	-0,000091	-0,000237	-0,003198	-1,414E-07	0,000079
235	DSTL6	Combination	-0,000077	0,000458	-0,000226	-0,003236	2,971E-06	0,000117
236	DSTL5	Combination	-0,000178	0,000019	-0,000198	-0,002275	-0,000013	0,000209
236	DSTL6	Combination	-0,000069	0,000607	-0,000190	-0,002335	-0,000013	0,000253

D.7.6.4 Plataforma nivell 1

I. Sol·licitacions dels perfils

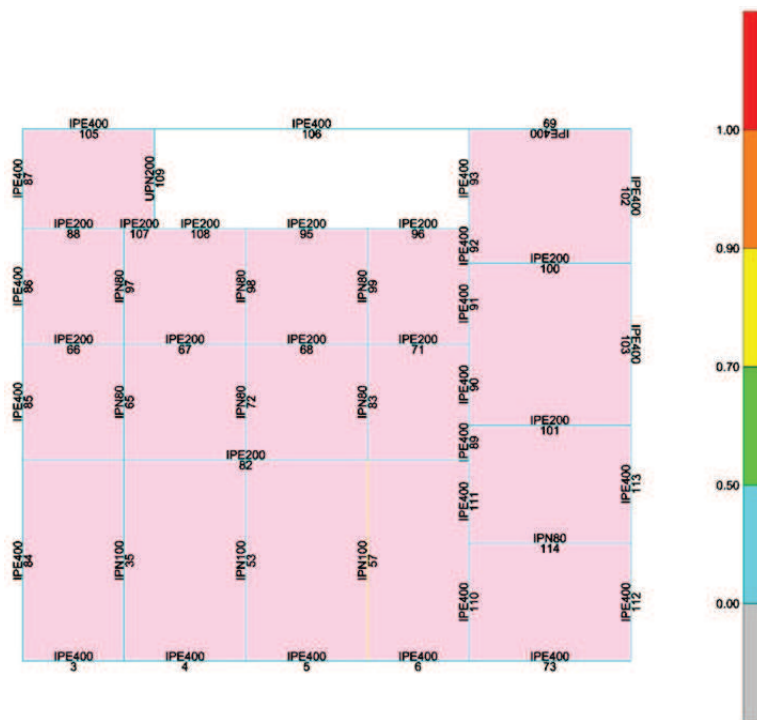


Figura D.7.6.F identificació i Sol·licitacions dels perfils (Plataforma nivell 1)

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorR atio	Tu Kgf-m
69	IPE400	0,155885	PMM	DSTL6	4570,57	-182,77	-4969,64	251,95	0,089904	-5,37
73	IPE400	0,162971	PMM	DSTL5	4904,97	-145,00	5186,81	-217,14	0,094022	4,83
82	IPE200	0,326241	PMM	DSTL5	1342,58	-9,82	451,52	-16,10	0,086148	0,36
84	IPE400	0,122470	PMM	DSTL5	-2508,12	-315,09	-2437,02	-318,63	0,043757	8,87
85	IPE400	0,088681	PMM	DSTL6	2193,26	-66,14	-352,23	138,73	0,006427	-1,95
86	IPE400	0,140147	PMM	DSTL6	2414,38	388,64	1346,15	670,23	0,024170	-8,43
87	IPE400	0,167530	PMM	DSTL6	-3507,27	-420,89	5538,66	754,68	0,099448	-6,11
89	IPE400	0,294168	PMM	DSTL5	6528,42	-206,26	-2324,37	991,52	0,041734	-0,48
90	IPE400	0,300219	PMM	DSTL5	6514,87	-245,66	667,47	-638,21	0,012123	2,95
91	IPE400	0,252185	PMM	DSTL5	6666,31	-4,04	2527,70	13,03	0,045527	0,80
92	IPE400	0,297579	PMM	DSTL6	5545,69	-613,75	5351,59	-2723,40	0,096094	5,83
93	IPE400	0,196768	PMM	DSTL5	5547,05	-216,25	6235,83	-499,83	0,111966	3,53
100	IPE200	0,088239	PMM	DSTL6	438,25	3,85	426,34	7,12	0,023512	-0,34
101	IPE200	0,052254	PMM	DSTL5	-209,23	1,96	251,93	-1,50	0,013894	7,544E-02
102	IPE400	0,167656	PMM	DSTL6	-4106,78	-320,53	-5009,72	-661,32	0,089951	5,36
103	IPE400	0,113277	PMM	DSTL5	2858,83	40,57	-555,19	-52,41	0,021105	1,07
3	IPE400	0,154450	PMM	DSTL5	-2557,16	485,10	-3031,86	896,37	0,054438	-7,06
4	IPE400	0,130918	PMM	DSTL6	2171,79	-382,33	-2166,41	566,14	0,039736	-6,12
5	IPE400	0,114420	PMM	DSTL5	3542,65	-19,30	-1286,55	-15,40	0,023100	0,54
6	IPE400	0,202872	PMM	DSTL5	3880,93	510,01	-471,60	-928,53	0,008468	6,12
35	IPN100	0,295499	PMM	DSTL5	108,98	1,05	-97,86	-1,25	0,013432	0,15
53	IPN100	0,371876	PMM	DSTL5	185,63	1,51	-301,83	-2,49	0,041429	-5,700E-02
57	IPN100	0,723679	PMM	DSTL2	277,96	-1,66	-391,26	3,36	0,053715	-0,12
65	IPN80	0,391908	PMM	DSTL6	67,55	0,26	51,45	0,57	0,010184	-1,553E-02
66	IPE200	0,203540	PMM	DSTL6	947,56	22,47	-1321,26	-51,07	0,072865	0,65
67	IPE200	0,278273	PMM	DSTL6	1057,15	19,21	-375,62	-39,05	0,045580	0,46
68	IPE200	0,271909	PMM	DSTL5	1142,32	7,23	405,94	12,42	0,022410	-0,28
71	IPE200	0,216007	PMM	DSTL5	897,53	24,66	1176,14	50,60	0,064871	-0,47
72	IPN80	0,253589	PMM	DSTL6	102,49	0,48	133,90	0,87	0,026593	0,10
83	IPN80	0,430707	PMM	DSTL6	83,02	-0,77	-305,12	5,51	0,060416	6,192E-02
88	IPE200	0,136896	PMM	DSTL6	-560,78	-51,91	-989,92	-93,91	0,054744	1,04
95	IPE200	0,138645	PMM	DSTL5	572,54	-0,17	23,69	-3,03	0,001307	-0,16
96	IPE200	0,184572	PMM	DSTL6	678,91	56,54	469,73	132,94	0,026147	-0,71
97	IPN80	0,099807	PMM	DSTL5	42,05	0,69	47,03	1,29	0,009310	-6,768E-02
98	IPN80	0,114391	PMM	DSTL6	51,26	1,27	230,51	6,25	0,045633	0,17
99	IPN80	0,158312	PMM	DSTL6	74,16	-1,22	321,96	-7,03	0,063767	-8,435E-03
105	IPE400	0,143642	PMM	DSTL6	-2044,20	-505,30	-2018,99	-946,32	0,036251	8,69
106	IPE400	0,150739	PMM	DSTL6	4825,89	-119,32	-1522,01	76,86	0,027328	-0,45
107	IPE200	0,111364	PMM	DSTL6	305,43	41,46	-487,54	-246,04	0,026958	0,63
108	IPE200	0,161716	PMM	DSTL5	614,60	27,15	-445,69	-53,49	0,024856	0,49
109	UPN200	0,049066	PMM	DSTL6	-133,35	-32,22	236,72	61,43	0,008601	-1,12
110	IPE400	0,209983	PMM	DSTL6	4871,31	-321,13	-5161,88	577,16	0,092682	-4,46
111	IPE400	0,276276	PMM	DSTL6	6603,61	-195,81	-4334,57	456,00	0,077828	-3,81
112	IPE400	0,128598	PMM	DSTL5	-3463,37	214,82	-3612,89	382,63	0,064870	-4,05
113	IPE400	0,118816	PMM	DSTL6	3001,62	-70,01	-2547,16	312,89	0,054964	-1,95
114	IPN80	0,040693	PMM	DSTL5	23,29	-0,23	27,30	-0,38	0,005405	3,594E-02

II. Deformacions

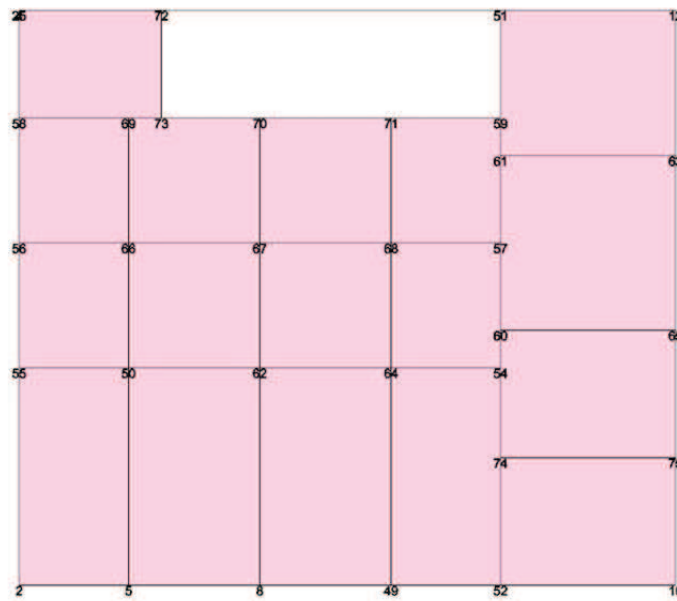


Figura D.7.6.F punts plataforma nivell 1

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
2	DSTL5	Combination	0,000098	-5,017E-06	-0,000081	-0,000251	0,000646	-5,003E-06
2	DSTL6	Combination	0,000118	0,000057	-0,000072	-0,000302	0,000660	-1,605E-06
4	DSTL5	Combination	0,000104	-0,000070	-0,000063	0,000366	0,000584	0,000073
4	DSTL6	Combination	0,000092	-0,000024	-0,000069	0,000377	0,000568	0,000087
5	DSTL5	Combination	0,000128	-0,000033	-0,000990	-0,001923	0,000856	-0,000136
5	DSTL6	Combination	0,000147	0,000034	-0,000987	-0,001954	0,000858	-0,000130
8	DSTL5	Combination	0,000105	-0,000050	-0,002053	-0,003677	0,000652	0,000044
8	DSTL6	Combination	0,000124	0,000025	-0,002045	-0,003692	0,000647	0,000052
10	DSTL5	Combination	-0,000193	-0,000070	-0,000110	-0,000246	-0,000999	-0,000160
10	DSTL6	Combination	-0,000169	0,000056	-0,000092	-0,000333	-0,000979	-0,000146
12	DSTL5	Combination	-0,000208	-0,000080	-0,000079	0,000377	-0,000934	0,000191
12	DSTL6	Combination	-0,000220	0,000040	-0,000092	0,000282	-0,000949	0,000203
25	DSTL5	Combination	0,000093	-0,000063	-0,000061	0,000358	0,000566	0,000072
25	DSTL6	Combination	0,000081	-0,000018	-0,000068	0,000367	0,000549	0,000085
49	DSTL5	Combination	-5,955E-06	0,000053	-0,002525	-0,003524	-0,000019	0,000165
49	DSTL6	Combination	0,000013	0,000139	-0,002506	-0,003538	-0,000026	0,000172
50	DSTL5	Combination	0,000156	-0,000029	-0,005956	-0,001284	0,003923	-8,314E-06
50	DSTL6	Combination	0,000165	0,000036	-0,005997	-0,001305	0,003907	-1,488E-06
51	DSTL5	Combination	-0,000178	-0,000383	-0,002061	0,002320	-0,000759	0,000090
51	DSTL6	Combination	-0,000187	-0,000288	-0,002079	0,002314	-0,000756	0,000096
52	DSTL5	Combination	-0,000130	0,000149	-0,002163	-0,002077	-0,000755	2,844E-06
52	DSTL6	Combination	-0,000110	0,000244	-0,002137	-0,002081	-0,000756	0,000014
54	DSTL5	Combination	-0,000088	0,000011	-0,005849	-0,000833	-0,002714	-0,000028
54	DSTL6	Combination	-0,000081	0,000108	-0,005839	-0,000843	-0,002725	-0,000022
55	DSTL5	Combination	0,000195	0,000015	-0,001106	-0,000287	0,004813	-0,000013
55	DSTL6	Combination	0,000203	0,000072	-0,001166	-0,000306	0,004793	-5,903E-06
56	DSTL5	Combination	0,000199	-0,000046	-0,001205	0,000154	0,004287	-0,000065
56	DSTL6	Combination	0,000200	8,452E-06	-0,001276	0,000153	0,004268	-0,000058
57	DSTL5	Combination	-0,000073	-0,000149	-0,005992	0,000597	-0,002197	-8,876E-06
57	DSTL6	Combination	-0,000072	-0,000053	-0,005992	0,000588	-0,002212	-5,090E-06
58	DSTL5	Combination	0,000148	-0,000097	-0,000737	0,000513	0,002007	-0,000092

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
58	DSTL6	Combination	0,000142	-0,000047	-0,000798	0,000532	0,001992	-0,000085
59	DSTL5	Combination	-0,000047	-0,000300	-0,004421	0,001828	-0,001583	0,000194
59	DSTL6	Combination	-0,000051	-0,000203	-0,004431	0,001818	-0,001590	0,000203
60	DSTL5	Combination	-0,000071	-0,000036	-0,006092	-0,000409	-0,002753	0,000016
60	DSTL6	Combination	-0,000066	0,000060	-0,006084	-0,000418	-0,002757	0,000022
61	DSTL5	Combination	-0,000044	-0,000259	-0,005061	0,001507	-0,002046	0,000017
61	DSTL6	Combination	-0,000046	-0,000162	-0,005068	0,001497	-0,002064	0,000025
62	DSTL5	Combination	0,000058	-0,000026	-0,009255	-0,001676	0,001195	-3,118E-06
62	DSTL6	Combination	0,000067	0,000049	-0,009278	-0,001684	0,001179	4,205E-06
63	DSTL5	Combination	-0,000051	-0,000138	-0,001079	0,000557	-0,002412	0,000118
63	DSTL6	Combination	-0,000054	-0,000031	-0,001044	0,000551	-0,002437	0,000122
64	DSTL5	Combination	-0,000091	-0,000025	-0,008620	-0,000912	-0,001896	2,959E-06
64	DSTL6	Combination	-0,000084	0,000063	-0,008623	-0,000926	-0,001911	0,000011
65	DSTL5	Combination	-0,000033	-0,000047	-0,001460	-0,000197	-0,002724	-0,000025
65	DSTL6	Combination	-0,000027	0,000057	-0,001461	-0,000174	-0,002718	-0,000021
66	DSTL5	Combination	0,000172	-0,000031	-0,005553	0,001289	0,003594	0,000035
66	DSTL6	Combination	0,000174	0,000032	-0,005607	0,001288	0,003578	0,000043
67	DSTL5	Combination	0,000064	-0,000027	-0,008564	0,002013	0,001138	-0,000039
67	DSTL6	Combination	0,000066	0,000048	-0,008598	0,002013	0,001123	-0,000031
68	DSTL5	Combination	-0,000067	-0,000070	-0,008181	0,001427	-0,001454	-0,000030
68	DSTL6	Combination	-0,000065	0,000018	-0,008196	0,001419	-0,001470	-0,000021
69	DSTL5	Combination	0,000157	-0,000028	-0,003128	0,002322	0,002162	0,000070
69	DSTL6	Combination	0,000152	0,000033	-0,003175	0,002356	0,002150	0,000078
70	DSTL5	Combination	0,000111	-8,339E-06	-0,005272	0,003410	0,001100	-0,000068
70	DSTL6	Combination	0,000104	0,000067	-0,005304	0,003416	0,001086	-0,000057
71	DSTL5	Combination	0,000022	-0,000079	-0,005614	0,003066	-0,000511	-0,000133
71	DSTL6	Combination	0,000016	7,994E-06	-0,005633	0,003064	-0,000523	-0,000123
72	DSTL5	Combination	0,000134	-0,000028	-0,001104	0,002598	0,000789	0,000085
72	DSTL6	Combination	0,000124	0,000035	-0,001102	0,002645	0,000787	0,000094
73	DSTL5	Combination	0,000152	-0,000023	-0,003771	0,002643	0,001995	0,000024
73	DSTL6	Combination	0,000146	0,000041	-0,003814	0,002685	0,001983	0,000033
74	DSTL5	Combination	-0,000058	0,000101	-0,004671	-0,001633	-0,001977	-0,000055
74	DSTL6	Combination	-0,000047	0,000197	-0,004653	-0,001642	-0,001984	-0,000047
75	DSTL5	Combination	-0,000057	-4,893E-06	-0,000826	-0,000566	-0,002115	-0,000127
75	DSTL6	Combination	-0,000046	0,000106	-0,000849	-0,000573	-0,002100	-0,000119

D.7.6.5 Pilars i riostres

I. Sol·licitacions dels perfils

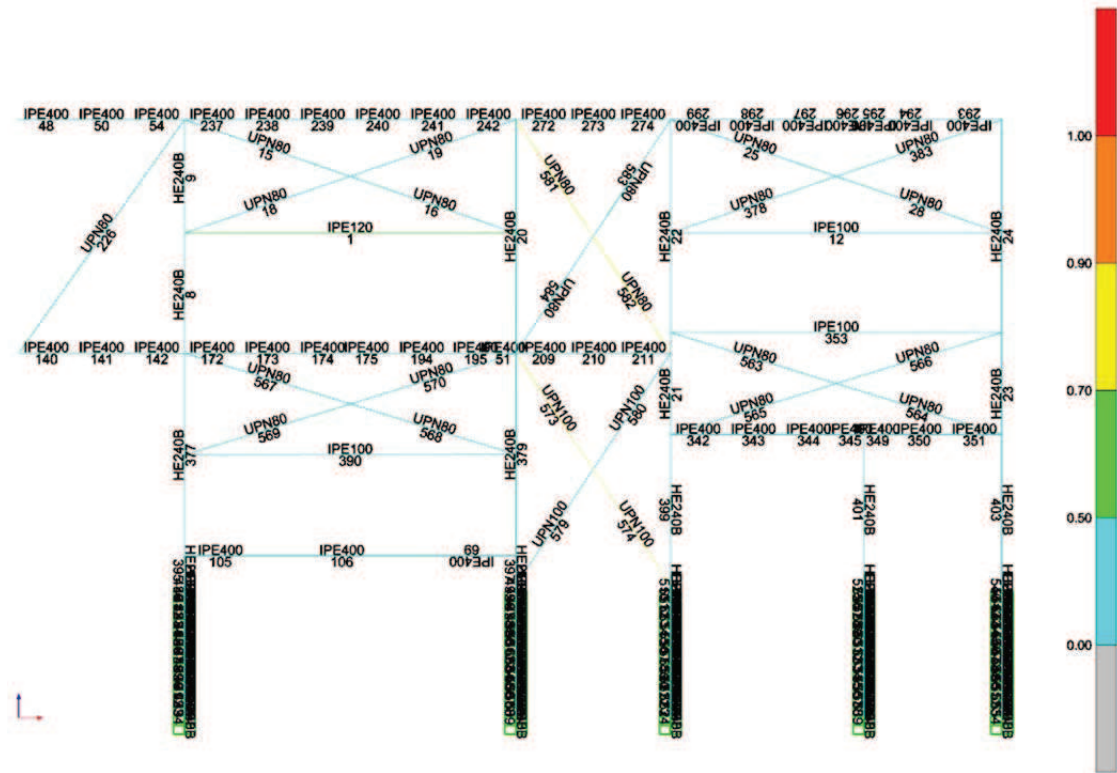


Figura D.7.6.G identificació i Sol·licitacions dels perfils

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005, Part 1 of 2

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
20	HE240B	0,252563	PMM	DSTL6	3694,07	-1557,26	1778,60	-897,35	0,045774	-1,04
21	HE240B	0,082782	PMM	DSTL6	-1468,59	-15,15	1508,14	-72,47	0,038813	-0,17
22	HE240B	0,147787	PMM	DSTL6	2418,71	609,69	1215,32	1261,13	0,031277	0,26
23	HE240B	0,134797	PMM	DSTL6	2366,73	-88,76	906,21	-86,53	0,024795	-0,17
24	HE240B	0,124399	PMM	DSTL5	-2457,28	334,29	769,55	-199,53	0,024798	-4,866E-02
175	IPE400	0,375404	PMM	DSTL6	9161,52	-536,24	-4087,65	931,83	0,073412	3,23
226	UPN80	0,419589	PMM	DSTL6	14,44	5,10	-5,00	-1,73	0,000643	1,218E-02
399	HE240B	0,086893	PMM	DSTL6	975,24	-174,77	634,15	-116,71	0,016320	-3,042E-02
401	HE240B	0,208805	PMM	DSTL6	5032,28	-89,29	2712,79	-69,12	0,069816	-5,150E-02
403	HE240B	0,146132	PMM	DSTL6	2744,79	-114,81	1534,25	-82,78	0,039485	-3,038E-02
12	IPE100	0,154921	PMM	DSTL6	0,63	8,077E-02	0,15	-9,777E-03	0,000000	1,557E-03
353	IPE100	0,463787	PMM	DSTL6	-0,71	0,15	0,19	-4,717E-02	0,000000	-6,964E-03
1	IPE120	0,661539	PMM	DSTL6	-10,47	-0,63	1,83	0,21	0,000214	-4,217E-03
8	HE240B	0,218775	PMM	DSTL6	2747,15	1232,83	1757,36	805,52	0,045227	-0,60
9	HE240B	0,222360	PMM	DSTL6	-3509,40	967,22	1246,90	-724,67	0,038738	-0,22
377	HE240B	0,206334	PMM	DSTL6	1577,28	1005,02	761,14	656,68	0,032029	-0,15
379	HE240B	0,296120	PMM	DSTL6	-2270,48	1401,57	1069,85	-666,85	0,027540	0,42
390	IPE100	0,020389	PMM	DSTL5	-9,75	-0,29	1,56	8,155E-02	0,000234	1,747E-03
15	UPN80	0,053777	PMM	DSTL5	-1,17	0,43	0,37	-8,334E-02	0,000000	-6,520E-02
16	UPN80	0,053795	PMM	DSTL5	-0,97	0,52	-0,31	0,26	0,000000	-2,859E-02
18	UPN80	0,184974	PMM	DSTL5	-0,79	-0,13	0,25	0,15	0,000000	1,513E-02
19	UPN80	0,184712	PMM	DSTL5	-0,98	-0,22	-0,31	-0,20	0,000000	4,246E-02
25	UPN80	0,005815	PMM	DSTL6	0,00	0,38	0,10	6,734E-02	0,000000	-3,819E-02

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
28	UPN80	0,005620	PMM	DSTL6	6,610E-02	0,26	2,085E-02	2,346E-02	0,000000	-7,392E-03
378	UPN80	0,103503	PMM	DSTL5	0,85	0,46	-0,27	-0,22	0,000000	2,585E-02
383	UPN80	0,104171	PMM	DSTL5	0,56	0,41	0,18	-3,180E-02	0,000000	5,370E-02
563	UPN80	0,222094	PMM	DSTL6	0,51	1,414E-03	-0,16	8,298E-03	0,000000	-4,181E-04
564	UPN80	0,222480	PMM	DSTL6	-2,005E-16	-0,68	0,26	0,23	0,000000	3,693E-02
565	UPN80	0,010945	PMM	DSTL6	0,89	-0,23	-0,28	0,14	0,000000	-7,043E-03
566	UPN80	0,010441	PMM	DSTL6	0,57	-0,28	0,18	-8,002E-02	0,000000	-2,151E-02
567	UPN80	0,191180	PMM	DSTL5	0,00	0,65	-9,689E-14	0,19	0,000000	-7,681E-03
568	UPN80	0,190870	PMM	DSTL5	-4,966E-17	-0,55	9,680E-14	0,19	0,000000	-7,681E-03
569	UPN80	0,191615	PMM	DSTL6	0,00	0,33	-6,654E-14	7,530E-02	0,000000	2,740E-02
570	UPN80	0,191062	PMM	DSTL6	1,334E-16	-0,14	6,628E-14	7,530E-02	0,000000	2,740E-02
573	UPN100	0,838379	PMM	DSTL6	0,00	4,63	2,81	1,73	0,000289	-2,646E-02
574	UPN100	0,826856	PMM	DSTL6	1,108E-16	-1,48	-0,45	0,71	0,000000	6,778E-03
579	UPN100	0,440984	PMM	DSTL6	4,39	1,03	-1,74	-1,14	0,000179	-1,625E-02
580	UPN100	0,437488	PMM	DSTL6	-1,57	1,02	-0,62	-0,12	0,000000	2,982E-02
581	UPN80	0,747499	PMM	DSTL6	0,00	4,87	-3,170E-02	2,06	0,000000	-6,390E-02

II. Deformacions

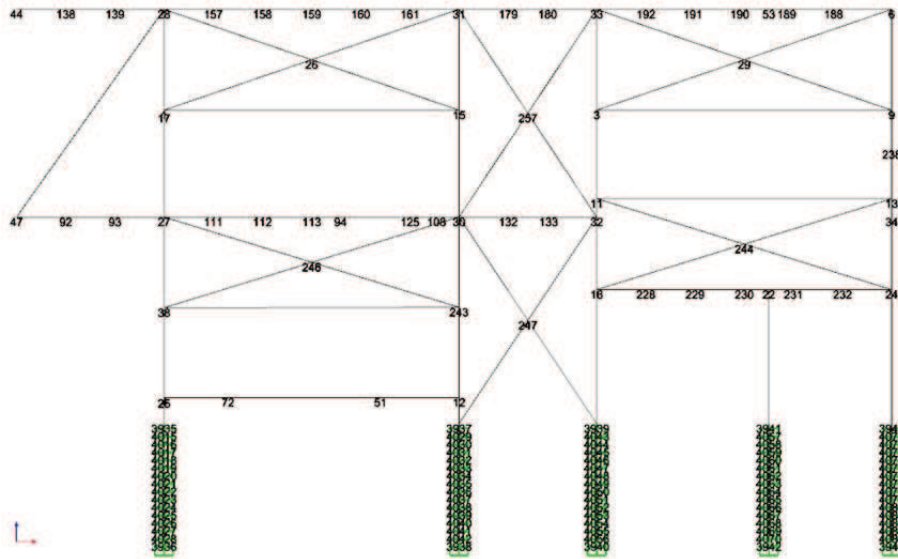


Figura D.7.6.H punts

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	DSTL5	Combination	0,000011	0,000648	-0,000489	-0,000301	-0,000174	-0,000063
1	DSTL6	Combination	-0,000017	0,001957	-0,000537	-0,000656	-0,000136	-0,000033
3	DSTL5	Combination	-0,000080	0,000079	-0,000230	-0,000407	-0,000111	-0,000110
3	DSTL6	Combination	-0,000096	0,001190	-0,000274	-0,000647	-0,000076	3,363E-06
4	DSTL5	Combination	0,000104	-0,000069	-0,000063	0,000366	0,000584	0,000073
4	DSTL6	Combination	0,000092	-0,000024	-0,000069	0,000376	0,000568	0,000087
6	DSTL5	Combination	-0,000170	-0,000578	-0,000258	0,001187	-0,000313	-0,000034

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
6	DSTL6	Combination	-0,000131	0,000756	-0,000318	0,001177	-0,000119	-0,000422
9	DSTL5	Combination	-0,000031	0,000094	-0,000212	-0,000231	3,636E-06	-0,000022
9	DSTL6	Combination	-0,000092	0,001246	-0,000266	-0,000353	3,447E-07	-0,000142
11	DSTL5	Combination	0,000123	-0,000477	-0,000182	0,000096	-0,000011	-0,000085
11	DSTL6	Combination	0,000036	0,000256	-0,000220	3,690E-06	4,925E-06	-0,000029
12	DSTL5	Combination	-0,000208	-0,000080	-0,000079	0,000377	-0,000934	0,000191
12	DSTL6	Combination	-0,000220	0,000041	-0,000092	0,000282	-0,000949	0,000203
13	DSTL5	Combination	0,000013	-0,000673	-0,000172	-0,000338	5,497E-06	-0,000065
13	DSTL6	Combination	-0,000075	0,000280	-0,000216	-0,000434	0,000026	-0,000047
15	DSTL5	Combination	-0,000177	0,000112	-0,000474	-0,000547	0,000292	0,000055
15	DSTL6	Combination	-0,000229	0,001097	-0,000552	-0,000838	0,000303	-0,000039
16	DSTL5	Combination	-0,000071	-0,000129	-0,000122	0,000249	0,000055	-0,000032
16	DSTL6	Combination	-0,000171	0,000361	-0,000148	0,000125	0,000051	-9,684E-06
17	DSTL5	Combination	0,000024	0,000625	-0,000487	-0,000307	-0,000210	-0,000053
17	DSTL6	Combination	-6,833E-06	0,001912	-0,000534	-0,000680	-0,000172	-0,000023
22	DSTL5	Combination	-0,000058	-0,000401	-0,000110	0,001609	-0,000015	-0,000063
22	DSTL6	Combination	-0,000164	0,000218	-0,000114	0,001509	-0,000016	-0,000016
24	DSTL5	Combination	-0,000052	-0,000483	-0,000130	0,000869	4,489E-06	-0,000075
24	DSTL6	Combination	-0,000162	0,000279	-0,000161	0,000739	6,358E-06	-9,670E-06
25	DSTL5	Combination	0,000093	-0,000063	-0,000061	0,000358	0,000566	0,000072
25	DSTL6	Combination	0,000081	-0,000018	-0,000068	0,000366	0,000549	0,000085
26	DSTL5	Combination	-0,000118	0,000545	-0,000376	1,130E-06	-0,000010	-0,000046
26	DSTL6	Combination	-0,000150	0,002117	-0,000384	-0,000237	-4,565E-06	-0,000102
27	DSTL5	Combination	0,000216	0,000178	-0,000391	0,000218	0,000781	0,000090
27	DSTL6	Combination	0,000125	0,000542	-0,000431	0,000101	0,000789	0,000125
28	DSTL5	Combination	-0,000162	0,000265	-0,000578	0,001264	-0,000573	-0,000236
28	DSTL6	Combination	-0,000212	0,001859	-0,000629	0,001241	-0,000684	-0,000085
29	DSTL5	Combination	-0,000091	0,000162	-0,000343	0,000094	-6,947E-06	-0,000035
29	DSTL6	Combination	-0,000118	0,001774	-0,000283	-0,000162	-4,487E-06	-0,000024
30	DSTL5	Combination	-0,000109	-0,000370	-0,000435	0,000706	-0,001200	0,000191
30	DSTL6	Combination	-0,000200	0,000174	-0,000507	0,000750	-0,001203	0,000225
31	DSTL5	Combination	-0,000161	0,000418	-0,000511	0,000800	-0,000115	0,000149
31	DSTL6	Combination	-0,000158	0,001790	-0,000595	0,000858	-0,000022	-0,000028
32	DSTL5	Combination	0,000108	-0,000412	-0,000172	0,000360	0,000172	-0,000089
32	DSTL6	Combination	0,000018	0,000295	-0,000209	0,000343	0,000171	-0,000040
33	DSTL5	Combination	-0,000086	0,000295	-0,000284	0,000565	0,000105	-0,000259
33	DSTL6	Combination	-0,000157	0,001724	-0,000336	0,000602	-0,000014	-0,000064
34	DSTL5	Combination	5,082E-06	-0,000794	-0,000163	-0,000204	0,000033	-0,000067
34	DSTL6	Combination	-0,000090	0,000124	-0,000205	-0,000300	0,000050	-0,000039
38	DSTL5	Combination	-0,000010	-0,000016	-0,000227	-0,000194	-0,000284	0,000021
38	DSTL6	Combination	-0,000093	0,000129	-0,000250	-0,000292	-0,000313	0,000055
44	DSTL5	Combination	-0,000299	0,000727	-0,004527	0,001130	-0,001544	-0,000027
44	DSTL6	Combination	-0,000325	0,002214	-0,004741	0,001073	-0,001576	8,440E-07
47	DSTL5	Combination	0,000029	0,000279	-0,000564	0,000398	-0,000348	7,687E-06
47	DSTL6	Combination	-0,000063	0,000519	-0,000586	0,000386	-0,000343	0,000051
51	DSTL5	Combination	-0,000178	-0,000383	-0,002061	0,002320	-0,000759	0,000090
51	DSTL6	Combination	-0,000187	-0,000288	-0,002079	0,002314	-0,000756	0,000096
53	DSTL5	Combination	-0,000115	-0,000367	-0,000896	0,001061	-0,000056	-0,000123
53	DSTL6	Combination	-0,000131	0,001586	-0,000532	0,004415	-5,981E-06	-0,000269
72	DSTL5	Combination	0,000134	-0,000028	-0,001104	0,002597	0,000789	0,000085
72	DSTL6	Combination	0,000124	0,000035	-0,001102	0,002644	0,000787	0,000094
92	DSTL5	Combination	0,000050	0,000286	-0,000206	0,000473	-0,000235	7,497E-06

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
92	DSTL6	Combination	-0,000042	0,000564	-0,000232	0,000449	-0,000230	0,000036
93	DSTL5	Combination	0,000111	0,000219	-0,000058	0,000437	0,000125	-0,000171
93	DSTL6	Combination	0,000021	0,000532	-0,000090	0,000412	0,000133	-0,000124
94	DSTL5	Combination	0,000046	-0,000813	-0,004897	0,004018	-0,000474	0,000016
94	DSTL6	Combination	-0,000044	-0,000322	-0,004951	0,004020	-0,000467	0,000108
108	DSTL5	Combination	-0,000195	-0,000576	-0,001337	0,002251	-0,001734	0,000082
108	DSTL6	Combination	-0,000284	-0,000041	-0,001412	0,002324	-0,001730	0,000068
111	DSTL5	Combination	0,000345	3,829E-06	-0,001860	0,002349	0,001527	-0,000199
111	DSTL6	Combination	0,000253	0,000389	-0,001906	0,002320	0,001530	-0,000173
112	DSTL5	Combination	0,000342	-0,000156	-0,003609	0,003317	0,001408	-0,000149
112	DSTL6	Combination	0,000249	0,000271	-0,003657	0,003288	0,001409	-0,000099
113	DSTL5	Combination	0,000204	-0,000528	-0,004797	0,003609	0,000477	-0,000465
113	DSTL6	Combination	0,000113	-0,000061	-0,004848	0,003569	0,000481	-0,000438
125	DSTL5	Combination	-0,000218	-0,000630	-0,002490	0,002317	-0,001892	0,000078
125	DSTL6	Combination	-0,000305	-0,000104	-0,002559	0,002677	-0,001879	0,000030
132	DSTL5	Combination	0,000034	-0,000369	0,000127	0,001521	-0,000287	-0,000050
132	DSTL6	Combination	-0,000061	0,000237	0,000066	0,001575	-0,000305	0,000014
133	DSTL5	Combination	0,000097	-0,000370	0,000089	0,001212	0,000100	-0,000078
133	DSTL6	Combination	3,619E-06	0,000281	0,000042	0,001286	0,000086	-0,000031
138	DSTL5	Combination	-0,000286	0,000611	-0,002961	0,002295	-0,001457	-0,000037
138	DSTL6	Combination	-0,000313	0,002124	-0,003141	0,002205	-0,001495	-9,205E-06
139	DSTL5	Combination	-0,000240	0,000446	-0,001563	0,002395	-0,001151	-0,000237
139	DSTL6	Combination	-0,000274	0,001987	-0,001697	0,002263	-0,001208	-0,000215
157	DSTL5	Combination	-0,000109	0,000121	-0,000321	0,001236	-0,000121	-0,000091
157	DSTL6	Combination	-0,000171	0,001870	-0,000222	0,002903	-0,000280	0,000236
158	DSTL5	Combination	-0,000099	0,000060	-0,000372	0,001260	0,000079	-0,000037
158	DSTL6	Combination	-0,000142	0,001946	-0,000132	0,004043	-0,000020	0,000102
159	DSTL5	Combination	-0,000115	0,000070	-0,000515	0,001210	0,000102	0,000027
159	DSTL6	Combination	-0,000126	0,001973	-0,000229	0,004336	0,000118	-0,000021
160	DSTL5	Combination	-0,000142	0,000152	-0,000613	0,001070	0,000026	0,000086
160	DSTL6	Combination	-0,000122	0,001936	-0,000399	0,003854	0,000152	-0,000147
161	DSTL5	Combination	-0,000162	0,000280	-0,000606	0,000857	-0,000071	0,000089
161	DSTL6	Combination	-0,000133	0,001843	-0,000547	0,002590	0,000099	-0,000280
179	DSTL5	Combination	-0,000146	0,000429	-0,000398	0,001638	-0,000104	0,000018
179	DSTL6	Combination	-0,000172	0,001774	-0,000534	0,001586	-0,000096	0,000049
180	DSTL5	Combination	-0,000126	0,000397	-0,000313	0,001590	-0,000057	-0,000107
180	DSTL6	Combination	-0,000167	0,001760	-0,000440	0,001530	-0,000091	-0,000095
188	DSTL5	Combination	-0,000160	-0,000508	-0,000656	0,001069	-0,000273	-0,000083
188	DSTL6	Combination	-0,000129	0,001183	-0,000467	0,003462	-0,000079	-0,000479
189	DSTL5	Combination	-0,000129	-0,000412	-0,000863	0,001081	-0,000124	-0,000123
189	DSTL6	Combination	-0,000130	0,001487	-0,000527	0,004356	-0,000026	-0,000319
190	DSTL5	Combination	-0,000091	-0,000275	-0,000896	0,001027	0,000057	-0,000150
190	DSTL6	Combination	-0,000133	0,001678	-0,000525	0,004512	0,000025	-0,000110
191	DSTL5	Combination	-0,000062	-0,000097	-0,000756	0,000886	0,000202	-0,000188
191	DSTL6	Combination	-0,000139	0,001757	-0,000472	0,003896	0,000056	0,000052
192	DSTL5	Combination	-0,000055	0,000099	-0,000511	0,000625	0,000245	-0,000140
192	DSTL6	Combination	-0,000147	0,001739	-0,000395	0,002488	0,000051	0,000263
228	DSTL5	Combination	-0,000071	-0,000130	-0,000199	0,000919	0,000025	0,000029
228	DSTL6	Combination	-0,000173	0,000380	-0,000217	0,000849	0,000019	0,000062
229	DSTL5	Combination	-0,000065	-0,000178	-0,000203	0,001379	-0,000018	-0,000102
229	DSTL6	Combination	-0,000169	0,000370	-0,000214	0,001309	-0,000023	-0,000060
230	DSTL5	Combination	-0,000058	-0,000318	-0,000144	0,001513	-0,000027	-0,000131

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
230	DSTL6	Combination	-0,000163	0,000273	-0,000150	0,001434	-0,000030	-0,000082
231	DSTL5	Combination	-0,000059	-0,000394	-0,000123	0,001492	-4,756E-06	-0,000018
231	DSTL6	Combination	-0,000166	0,000244	-0,000130	0,001404	1,900E-07	0,000017
232	DSTL5	Combination	-0,000056	-0,000421	-0,000142	0,001258	8,650E-07	-0,000080
232	DSTL6	Combination	-0,000164	0,000268	-0,000162	0,001182	9,657E-06	-0,000017
238	DSTL5	Combination	-0,000012	-0,000212	-0,000194	-0,000421	-0,000036	-0,000064
238	DSTL6	Combination	-0,000080	0,000840	-0,000246	-0,000533	-0,000019	-0,000082
243	DSTL5	Combination	0,000072	-0,000074	-0,000257	-0,000084	0,000550	0,000103
243	DSTL6	Combination	-6,065E-06	0,000322	-0,000300	-0,000231	0,000522	0,000135
244	DSTL5	Combination	4,924E-06	-0,000589	-0,000256	0,000143	5,893E-06	-0,000078
244	DSTL6	Combination	-0,000092	0,000151	-0,000283	-7,148E-06	7,568E-06	-0,000037
245	DSTL5	Combination	0,000144	0,000111	-0,000324	2,178E-07	-0,000014	-0,000122
245	DSTL6	Combination	0,000060	0,000501	-0,000365	-0,000127	-0,000014	-0,000071
246	DSTL5	Combination	-0,000060	-0,000113	-0,000331	0,000292	0,000027	-0,000012
246	DSTL6	Combination	-0,000146	0,000264	-0,000378	0,000255	0,000034	0,000055
247	DSTL5	Combination	0,000098	0,000133	-0,000116	-0,000016	-0,000015	-0,000088
247	DSTL6	Combination	0,000066	0,000451	-0,000143	-0,000241	-0,000031	-0,000066
257	DSTL5	Combination	-0,000075	0,000183	-0,000374	-0,000574	-0,000047	-0,000021
257	DSTL6	Combination	-0,000139	0,001145	-0,000448	-0,000833	-0,000041	0,000032

D.7.6.6 Pòrtic 1

I. Sol·licitacions dels perfils

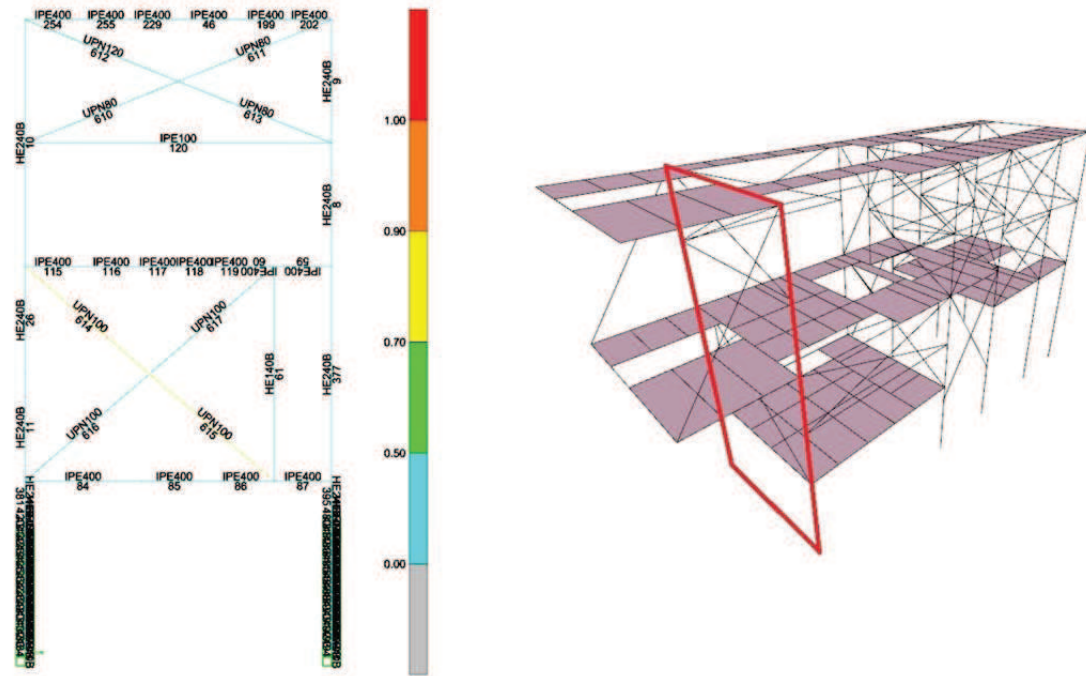


Figura D.7.6.I identificació i Sol·licitacions dels perfils

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005, Part 1 of 2

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
84	IPE400	0,121994	PMM	DSTL5	-2522,61	-316,16	-2453,94	-319,16	0,044061	8,86
85	IPE400	0,087827	PMM	DSTL6	2195,43	-65,84	-346,69	138,85	0,006733	-1,94
86	IPE400	0,139287	PMM	DSTL6	2422,60	388,07	1351,82	670,88	0,024272	-8,42
87	IPE400	0,167194	PMM	DSTL6	-3495,82	-421,94	5472,89	758,97	0,098267	-6,13
115	IPE400	0,139264	PMM	DSTL5	-2243,21	-474,53	-3709,46	-1025,19	0,066604	9,77
116	IPE400	0,172092	PMM	DSTL6	3127,15	428,25	-2260,45	-509,87	0,045500	3,64
117	IPE400	0,329780	PMM	DSTL6	2628,62	-1450,12	-134,95	4805,84	0,007205	-16,25
118	IPE400	0,260332	PMM	DSTL6	2984,02	-991,64	1430,93	-2970,40	0,025693	11,84
119	IPE400	0,337041	PMM	DSTL5	2239,66	1652,21	3527,92	6213,19	0,067733	-21,22
59	IPE400	0,106059	PMM	DSTL6	-3408,74	37,33	-2458,44	-107,09	0,044142	7,46
60	IPE400	0,094295	Major Shear	DSTL6	-1276,39	142,24	-5251,68	66,05	0,094295	-15,52
61	HE140B	0,139626	PMM	DSTL6	-577,09	129,97	-173,10	71,02	0,010910	-4,908E-02
120	IPE100	0,062650	PMM	DSTL6	-21,40	0,16	6,81	-2,386E-03	0,001123	-3,109E-03
610	UPN80	0,228399	PMM	DSTL13	-7,72	-5,440E-02	-3,74	-1,015E-02	0,001443	-1,053E-03
611	UPN80	0,222044	PMM	DSTL13	-0,81	0,49	0,74	-0,19	0,002367	3,549E-03
612	UPN120	0,231605	PMM	DSTL6	86,13	-0,61	35,69	6,527E-02	0,002900	0,11
613	UPN80	0,456193	PMM	DSTL10	-24,30	0,57	12,84	-0,45	0,001910	5,517E-03
614	UPN100	0,793644	PMM	DSTL10	0,00	3,85	0,19	1,60	0,000000	-1,667E-02
615	UPN100	0,796265	PMM	DSTL10	2,746E-15	-4,78	-7,981E-02	1,48	0,000000	9,275E-02
616	UPN100	0,367820	PMM	DSTL5	0,00	-1,43	-0,72	-0,24	0,000000	-7,863E-02
617	UPN100	0,367413	PMM	DSTL5	0,75	-0,91	0,27	-3,042E-02	0,000000	-2,504E-02

II. Deformacions

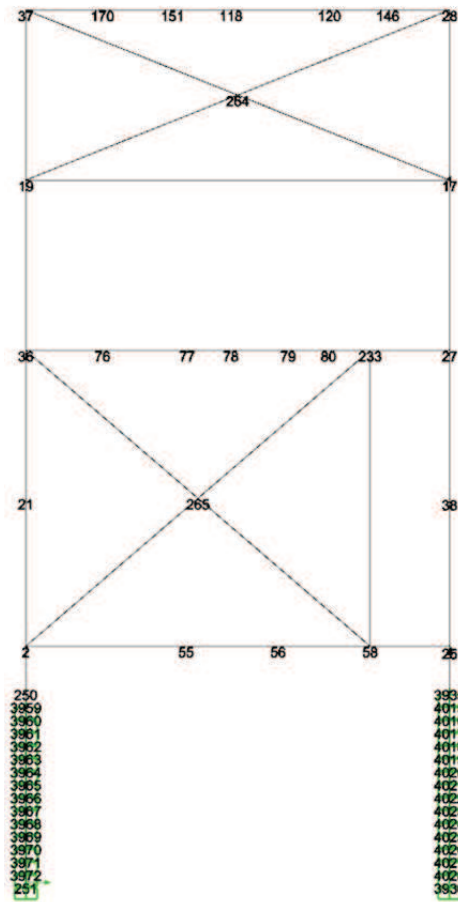


Figura D.7.6.J Punts pòrtic 1

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	DSTL5	Combination	-4,437E-06	0,000582	-0,000491	-0,000314	-0,000172	-0,000054
1	DSTL6	Combination	-0,000012	0,001961	-0,000537	-0,000678	-0,000134	-0,000024
2	DSTL5	Combination	0,000097	5,082E-07	-0,000081	-0,000255	0,000646	-8,993E-06
2	DSTL6	Combination	0,000118	0,000062	-0,000072	-0,000308	0,000660	-5,491E-06
4	DSTL5	Combination	0,000104	-0,000072	-0,000063	0,000375	0,000582	0,000075
4	DSTL6	Combination	0,000092	-0,000026	-0,000069	0,000376	0,000568	0,000087
17	DSTL5	Combination	8,235E-06	0,000557	-0,000488	-0,000321	-0,000208	-0,000044
17	DSTL6	Combination	-2,185E-06	0,001914	-0,000534	-0,000701	-0,000170	-0,000014
19	DSTL5	Combination	0,000460	0,000260	-0,000477	0,000158	6,103E-06	0,000202
19	DSTL6	Combination	0,000541	0,001621	-0,000429	-0,000198	8,477E-07	0,000218
21	DSTL5	Combination	-0,000246	-0,000010	-0,000237	0,000062	-0,000379	0,000065
21	DSTL6	Combination	-0,000162	0,000178	-0,000212	-0,000035	-0,000356	0,000090
25	DSTL5	Combination	0,000093	-0,000065	-0,000062	0,000367	0,000564	0,000073
25	DSTL6	Combination	0,000081	-0,000019	-0,000068	0,000366	0,000549	0,000085
27	DSTL5	Combination	0,000196	0,000107	-0,000393	0,000232	0,000781	0,000097
27	DSTL6	Combination	0,000125	0,000540	-0,000430	0,000109	0,000789	0,000125
28	DSTL5	Combination	-0,000177	0,000215	-0,000580	0,001262	-0,000574	-0,000230

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
28	DSTL6	Combination	-0,000206	0,001905	-0,000629	0,001235	-0,000684	-0,000091
36	DSTL5	Combination	-0,000187	0,000183	-0,000390	-0,000477	0,000461	0,000244
36	DSTL6	Combination	-0,000098	0,000623	-0,000350	-0,000667	0,000464	0,000280
37	DSTL5	Combination	-0,000743	0,000656	-0,000563	-0,001155	-0,001291	0,000142
37	DSTL6	Combination	-0,000654	0,002308	-0,000511	-0,001169	-0,001273	0,000153
38	DSTL5	Combination	-0,000024	-0,000050	-0,000228	-0,000173	-0,000291	0,000025
38	DSTL6	Combination	-0,000093	0,000131	-0,000250	-0,000293	-0,000313	0,000054
55	DSTL5	Combination	0,000196	0,000018	-0,001117	-0,000290	0,004811	-0,000013
55	DSTL6	Combination	0,000205	0,000073	-0,001170	-0,000305	0,004792	-4,829E-06
56	DSTL5	Combination	0,000201	-0,000045	-0,001219	0,000154	0,004284	-0,000066
56	DSTL6	Combination	0,000201	7,463E-06	-0,001278	0,000155	0,004268	-0,000059
58	DSTL5	Combination	0,000150	-0,000099	-0,000747	0,000522	0,002008	-0,000088
58	DSTL6	Combination	0,000143	-0,000050	-0,000796	0,000535	0,001997	-0,000081
76	DSTL5	Combination	-0,000248	0,000196	-0,001065	-0,000570	0,002657	0,000202
76	DSTL6	Combination	-0,000191	0,000617	-0,001138	-0,000645	0,002625	0,000228
77	DSTL5	Combination	-0,000154	0,000150	-0,001626	-0,000226	0,003552	-0,000401
77	DSTL6	Combination	-0,000126	0,000563	-0,001727	-0,000234	0,003530	-0,000369
78	DSTL5	Combination	-0,000131	0,000119	-0,001685	0,000038	0,001442	-0,000111
78	DSTL6	Combination	-0,000120	0,000529	-0,001780	0,000049	0,001454	-0,000078
79	DSTL5	Combination	0,000026	0,000073	-0,001499	0,000382	0,003449	-0,000273
79	DSTL6	Combination	0,000012	0,000481	-0,001575	0,000404	0,003443	-0,000236
80	DSTL5	Combination	0,000026	0,000058	-0,001205	0,000519	0,000938	-0,000448
80	DSTL6	Combination	-3,619E-06	0,000466	-0,001265	0,000538	0,000941	-0,000418
118	DSTL5	Combination	-0,000593	0,000497	-0,003387	-0,000151	-0,001354	-0,000361
118	DSTL6	Combination	-0,000520	0,002164	-0,003372	-0,000167	-0,001385	-0,000324
120	DSTL5	Combination	-0,000467	0,000266	-0,002751	0,001005	-0,001351	-0,000041
120	DSTL6	Combination	-0,000427	0,001947	-0,002767	0,000976	-0,001311	0,000028
146	DSTL5	Combination	-0,000282	0,000206	-0,001795	0,001351	-0,000313	-0,000139
146	DSTL6	Combination	-0,000237	0,001893	-0,001832	0,001322	0,000205	-0,000100
151	DSTL5	Combination	-0,000603	0,000611	-0,003012	-0,000830	0,001013	-0,000228
151	DSTL6	Combination	-0,000509	0,002272	-0,002987	-0,000840	0,000996	-0,000235
170	DSTL5	Combination	-0,000682	0,000671	-0,001942	-0,001253	0,000452	0,000080
170	DSTL6	Combination	-0,000601	0,002328	-0,001905	-0,001265	0,000495	0,000070
233	DSTL5	Combination	-0,000174	0,000057	-0,000833	0,000524	-0,000940	-0,000219
233	DSTL6	Combination	-0,000222	0,000462	-0,000878	0,000546	-0,000950	-0,000190
264	DSTL5	Combination	-0,000092	0,000428	-0,001009	0,000116	-0,000340	7,190E-06
264	DSTL6	Combination	-4,123E-06	0,001956	-0,001016	0,000124	-0,000313	2,044E-07
265	DSTL5	Combination	0,000546	0,000083	-0,000520	-0,000094	-0,000441	-0,000302
265	DSTL6	Combination	0,000561	0,000316	-0,000539	-0,000146	-0,000436	-0,000282

D.7.6.7 Pòrtic 2

I. Sol·licitacions dels perfils

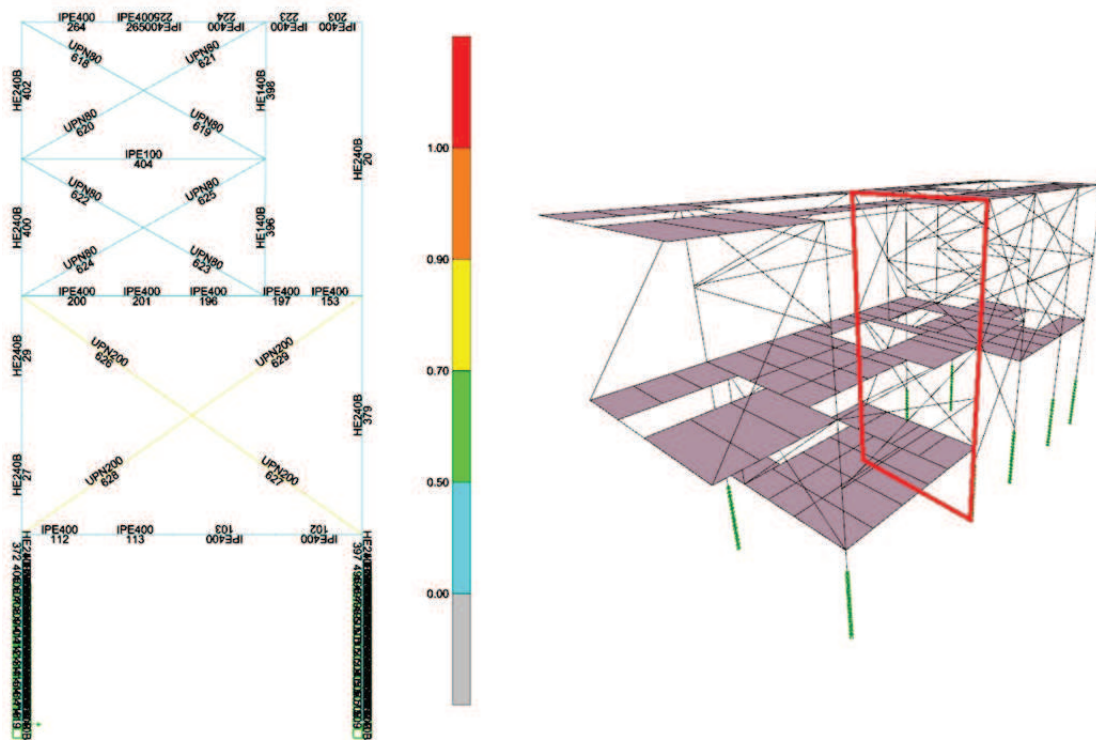


Figura D.7.6.K identificació i Sol·licitacions dels perfils

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005, Part 1 of 2

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
102	IPE400	0,167908	PMM	DSTL6	-4114,52	-320,36	-5011,00	-661,84	0,089974	5,37
103	IPE400	0,113224	PMM	DSTL5	2850,60	40,69	-552,40	-52,49	0,021128	1,07
112	IPE400	0,129267	PMM	DSTL5	-3476,65	216,01	-3615,67	384,11	0,064920	-4,06
113	IPE400	0,118804	PMM	DSTL6	2997,60	-70,20	-2545,80	313,75	0,055014	-1,95
153	IPE400	0,245165	PMM	DSTL6	-5089,20	670,96	7489,24	-1495,03	0,134471	9,91
196	IPE400	0,236792	PMM	DSTL6	5475,53	-539,83	1807,94	-560,48	0,035257	6,53
197	IPE400	0,319198	PMM	DSTL5	1473,59	-1680,67	288,57	6277,26	0,032343	-20,93
200	IPE400	0,138012	PMM	DSTL6	4317,29	91,48	-4935,71	0,46	0,088622	-2,57
201	IPE400	0,336856	PMM	DSTL6	5825,92	-1111,36	-3333,19	7913,82	0,059848	-27,45
396	HE140B	0,140840	PMM	DSTL6	-656,93	121,00	-370,48	42,60	0,023350	0,13
398	HE140B	0,080663	PMM	DSTL6	428,57	-59,33	-161,88	42,87	0,010203	-2,221E-02
404	IPE100	0,035756	PMM	DSTL5	-15,26	0,15	-4,63	3,856E-02	0,000909	1,442E-03
618	UPN80	0,160584	PMM	DSTL14	2,31	-3,849E-02	1,39	-1,462E-03	0,000996	3,228E-04
619	UPN80	0,161837	PMM	DSTL14	-3,67	-3,219E-02	1,39	-1,462E-03	0,000996	3,228E-04
620	UPN80	0,454462	PMM	DSTL5	-19,70	0,47	-10,68	0,18	0,001430	-4,195E-03
621	UPN80	0,460156	PMM	DSTL5	26,35	-0,30	-10,68	0,18	0,001430	-4,195E-03
622	UPN80	0,160089	PMM	DSTL14	1,17	-4,295E-02	-9,925E-02	4,698E-03	0,001556	4,200E-05
623	UPN80	0,160312	PMM	DSTL14	1,38	-5,306E-02	-9,925E-02	4,698E-03	0,001556	4,200E-05
624	UPN80	0,428148	PMM	DSTL5	11,39	1,03	4,83	0,19	0,000817	3,221E-02
625	UPN80	0,423743	PMM	DSTL5	-9,41	0,21	4,83	0,19	0,000817	3,221E-02
626	UPN200	0,884994	PMM	DSTL6	0,00	-8,14	-1,90	-1,47	0,000000	0,33

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
627	UPN200	0,890421	PMM	DSTL6	-1,012E-14	15,05	9,71	-6,07	0,000353	-0,37
628	UPN200	0,746158	PMM	DSTL9	0,00	9,59	-6,66	2,64	0,000316	0,24
629	UPN200	0,755556	PMM	DSTL9	4,673E-16	-18,07	0,77	6,22	0,000000	-0,23

I. Deformacions

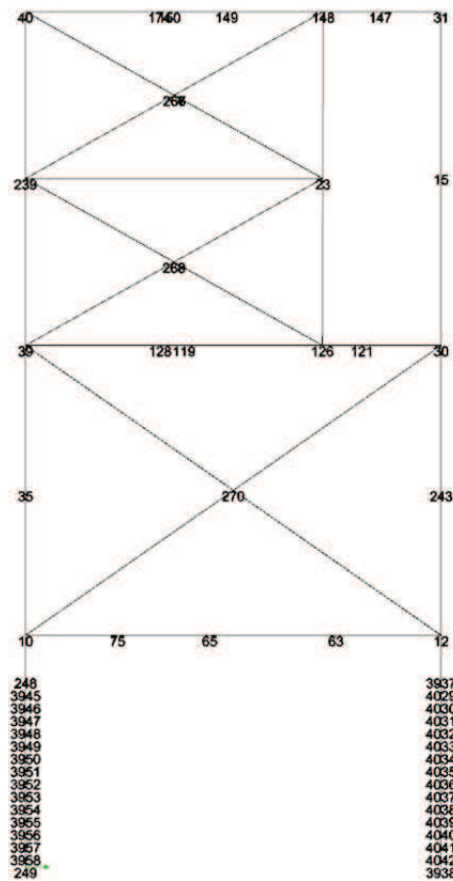


Figura D.7.6.L Punts pòrtic 2

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
10	DSTL5	Combination	-0,000192	-0,000074	-0,000109	-0,000241	-0,000997	-0,000160
10	DSTL6	Combination	-0,000169	0,000056	-0,000091	-0,000331	-0,000979	-0,000145
12	DSTL5	Combination	-0,000208	-0,000082	-0,000079	0,000374	-0,000935	0,000193
12	DSTL6	Combination	-0,000220	0,000042	-0,000093	0,000279	-0,000948	0,000204
15	DSTL5	Combination	-0,000223	0,000024	-0,000482	-0,000512	0,000284	0,000065
15	DSTL6	Combination	-0,000238	0,001072	-0,000556	-0,000828	0,000301	-0,000040
23	DSTL5	Combination	-0,000740	0,000177	-0,002035	-0,000581	0,000195	-0,000093
23	DSTL6	Combination	-0,000680	0,001205	-0,002285	-0,000895	0,000223	-0,000082
30	DSTL5	Combination	-0,000131	-0,000383	-0,000441	0,000743	-0,001203	0,000197
30	DSTL6	Combination	-0,000202	0,000175	-0,000510	0,000769	-0,001204	0,000225

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
31	DSTL5	Combination	-0,000213	0,000249	-0,000521	0,000847	-0,000120	0,000160
31	DSTL6	Combination	-0,000168	0,001734	-0,000599	0,000884	-0,000025	-0,000030
35	DSTL5	Combination	-0,000250	-0,000330	-0,000299	0,000189	0,000355	-0,000070
35	DSTL6	Combination	-0,000171	8,527E-06	-0,000252	0,000060	0,000377	-0,000046
39	DSTL5	Combination	-0,000413	-0,000101	-0,000488	-0,000770	-0,000858	0,000057
39	DSTL6	Combination	-0,000325	0,000481	-0,000411	-0,000898	-0,000860	0,000088
40	DSTL5	Combination	-0,000553	0,000598	-0,000592	-0,000931	0,000086	0,000056
40	DSTL6	Combination	-0,000487	0,002090	-0,000500	-0,001089	0,000084	0,000033
63	DSTL5	Combination	-0,000049	-0,000140	-0,001076	0,000554	-0,002415	0,000118
63	DSTL6	Combination	-0,000053	-0,000030	-0,001041	0,000550	-0,002439	0,000122
65	DSTL5	Combination	-0,000031	-0,000050	-0,001455	-0,000197	-0,002727	-0,000025
65	DSTL6	Combination	-0,000026	0,000058	-0,001458	-0,000174	-0,002720	-0,000021
75	DSTL5	Combination	-0,000056	-7,897E-06	-0,000822	-0,000564	-0,002116	-0,000129
75	DSTL6	Combination	-0,000045	0,000106	-0,000847	-0,000572	-0,002101	-0,000120
119	DSTL5	Combination	-0,000342	-0,000164	-0,002700	-0,000448	-0,003936	-0,000570
119	DSTL6	Combination	-0,000313	0,000420	-0,002852	-0,000534	-0,003844	-0,000546
121	DSTL5	Combination	-0,000057	-0,000436	-0,001627	0,000972	-0,003637	-0,000090
121	DSTL6	Combination	-0,000096	0,000123	-0,001805	0,001040	-0,003550	-0,000047
126	DSTL5	Combination	0,000018	-0,000417	-0,002080	0,000816	-0,001161	-0,000287
126	DSTL6	Combination	-9,094E-07	0,000152	-0,002308	0,000842	-0,001140	-0,000240
128	DSTL5	Combination	-0,000240	-0,000099	-0,002483	-0,000759	-0,001947	-0,000503
128	DSTL6	Combination	-0,000210	0,000486	-0,002607	-0,000856	-0,001895	-0,000466
147	DSTL5	Combination	-0,000171	0,000238	-0,001376	0,000957	-0,000411	0,000026
147	DSTL6	Combination	-0,000217	0,001710	-0,001538	0,001042	-0,000808	-7,514E-06
148	DSTL5	Combination	-0,000182	0,000286	-0,002042	0,000724	0,000084	-0,000138
148	DSTL6	Combination	-0,000185	0,001753	-0,002284	0,000789	-0,000029	-0,000110
149	DSTL5	Combination	-0,000517	0,000413	-0,002666	0,000073	-0,000801	-0,000104
149	DSTL6	Combination	-0,000448	0,001897	-0,002905	0,000018	-0,000832	-0,000061
150	DSTL5	Combination	-0,000676	0,000536	-0,002515	-0,000555	-0,001326	-0,000038
150	DSTL6	Combination	-0,000580	0,002028	-0,002690	-0,000663	-0,001308	-0,000043
174	DSTL5	Combination	-0,000613	0,000554	-0,002426	-0,000651	-0,000929	-0,000015
174	DSTL6	Combination	-0,000519	0,002046	-0,002587	-0,000766	-0,000920	-0,000023
239	DSTL5	Combination	-0,000981	0,000072	-0,000551	0,000091	0,000138	-9,354E-06
239	DSTL6	Combination	-0,000904	0,001092	-0,000461	-0,000150	0,000131	-8,042E-06
243	DSTL5	Combination	0,000053	-0,000063	-0,000261	-0,000086	0,000542	0,000109
243	DSTL6	Combination	-8,315E-06	0,000333	-0,000302	-0,000234	0,000522	0,000136
266	DSTL5	Combination	-0,000687	0,000296	-0,001477	-0,000134	0,000133	-0,000031
266	DSTL6	Combination	-0,000601	0,001596	-0,001484	-0,000200	0,000147	-0,000036
267	DSTL5	Combination	-0,000628	0,000346	-0,001594	-0,000688	0,000160	-0,000161
267	DSTL6	Combination	-0,000550	0,001670	-0,001814	-0,000821	0,000117	-0,000177
268	DSTL5	Combination	-0,000954	-0,000364	-0,001655	-0,000770	-0,000403	0,000045
268	DSTL6	Combination	-0,000897	0,000360	-0,001849	-0,000890	-0,000397	0,000066
269	DSTL5	Combination	-0,000924	0,000088	-0,001350	-0,000181	-0,000279	-0,000111
269	DSTL6	Combination	-0,000868	0,000844	-0,001350	-0,000246	-0,000263	-0,000096
270	DSTL5	Combination	-0,000045	-0,000157	-0,000377	0,000020	0,000409	-0,000109
270	DSTL6	Combination	-0,000038	0,000172	-0,000380	-0,000031	0,000410	-0,000089

D.7.6.8 Pòrtic 3

I. Sol·licitacions dels perfils

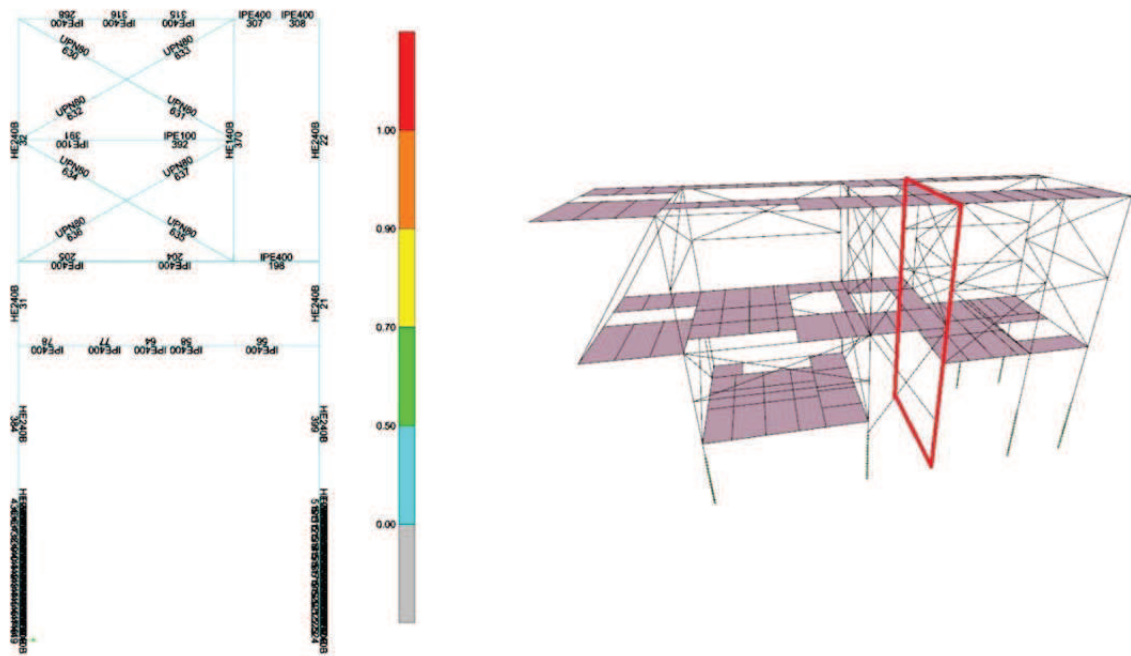


Figura D.7.6.M identificació i Sol·licitacions dels perfils

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005, Part 1 of 2

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio
198	IPE400	0,127008	PMM	DSTL6	-3639,20	161,56	5084,68	-294,09	0,091296
204	IPE400	0,091153	PMM	DSTL6	2863,57	10,77	1064,69	23,34	0,019117
205	IPE400	0,060325	PMM	DSTL5	-1774,88	-48,19	1697,40	71,44	0,032054
56	IPE400	0,091210	PMM	DSTL6	-1962,77	198,93	-1872,61	199,65	0,033623
58	IPE400	0,063176	PMM	DSTL5	1328,90	45,47	-14,25	133,84	0,005527
64	IPE400	0,070579	PMM	DSTL6	1373,49	-85,22	-59,30	138,99	0,004603
77	IPE400	0,110955	PMM	DSTL6	1521,43	-338,95	1523,21	-639,09	0,031926
78	IPE400	0,120080	PMM	DSTL5	-2033,29	373,45	2109,83	-657,36	0,037882
370	HE140B	0,171050	PMM	DSTL6	-342,39	65,47	-170,07	31,17	0,011662
391	IPE100	0,034568	PMM	DSTL6	6,13	-0,27	-6,22	0,12	0,001030
392	IPE100	0,040358	PMM	DSTL6	12,91	0,18	-3,93	-0,12	0,000791
630	UPN80	0,173784	PMM	DSTL10	-1,060E-12	0,17	4,920E-13	-2,059E-03	0,000000
631	UPN80	0,173798	PMM	DSTL10	-7,657E-16	0,18	-4,913E-13	-2,059E-03	0,000000
632	UPN80	0,180288	PMM	DSTL9	0,00	-0,50	-5,540E-13	-0,29	0,000000
633	UPN80	0,181023	PMM	DSTL9	-2,498E-15	0,74	5,555E-13	-0,29	0,000000
634	UPN80	0,154468	PMM	DSTL14	0,00	5,096E-02	-1,192E-13	2,380E-02	0,000000
635	UPN80	0,154470	PMM	DSTL14	-4,571E-16	-5,149E-02	1,187E-13	2,380E-02	0,000000
636	UPN80	0,185173	PMM	DSTL9	0,00	0,36	-2,276E-13	0,17	0,000000
637	UPN80	0,185248	PMM	DSTL9	2,749E-15	-0,38	2,286E-13	0,17	0,000000

II. Deformacions

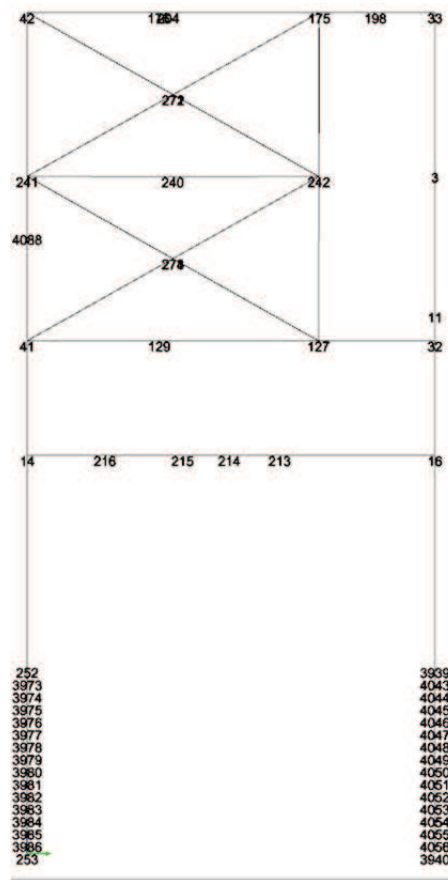


Figura D.7.6.N Punts pòrtic 3

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
3	DSTL5	Combination	-0,000126	0,000026	-0,000224	-0,000372	-0,000121	-0,000098
3	DSTL6	Combination	-0,000106	0,001171	-0,000272	-0,000633	-0,000079	5,400E-06
11	DSTL5	Combination	0,000101	-0,000478	-0,000176	0,000105	-0,000018	-0,000079
11	DSTL6	Combination	0,000033	0,000256	-0,000219	7,052E-06	2,433E-06	-0,000028
14	DSTL5	Combination	-0,000193	-0,000145	-0,000156	-0,000103	0,000013	-0,000049
14	DSTL6	Combination	-0,000101	0,000346	-0,000131	-0,000213	0,000018	-0,000023
16	DSTL5	Combination	-0,000080	-0,000133	-0,000119	0,000249	0,000053	-0,000029
16	DSTL6	Combination	-0,000170	0,000361	-0,000147	0,000125	0,000051	-0,000010
32	DSTL5	Combination	0,000087	-0,000411	-0,000167	0,000355	0,000167	-0,000084
32	DSTL6	Combination	0,000016	0,000297	-0,000208	0,000342	0,000169	-0,000039
33	DSTL5	Combination	-0,000139	0,000195	-0,000276	0,000561	0,000101	-0,000240
33	DSTL6	Combination	-0,000169	0,001686	-0,000333	0,000600	-0,000016	-0,000060
41	DSTL5	Combination	-0,000254	-0,000325	-0,000212	-0,000185	0,000086	-0,000084
41	DSTL6	Combination	-0,000162	0,000408	-0,000176	-0,000340	0,000095	-0,000024
42	DSTL5	Combination	-0,000607	0,000414	-0,000354	-0,000834	-0,000070	-0,000196
42	DSTL6	Combination	-0,000537	0,001885	-0,000301	-0,000942	-0,000047	-0,000207
127	DSTL5	Combination	-4,861E-06	-0,000412	-0,001059	0,000318	-0,000409	-0,000108
127	DSTL6	Combination	-0,000025	0,000286	-0,001254	0,000370	-0,000440	-0,000079
129	DSTL5	Combination	-0,000171	-0,000312	-0,000866	-0,000299	-0,000432	-8,534E-06
129	DSTL6	Combination	-0,000145	0,000402	-0,001029	-0,000364	-0,000414	0,000016
175	DSTL5	Combination	-0,000266	0,000199	-0,001274	0,000562	-0,000535	-0,000081

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
175	DSTL6	Combination	-0,000235	0,001675	-0,001477	0,000607	-0,000445	-0,000042
176	DSTL5	Combination	-0,000425	0,000353	-0,001974	-0,000430	0,000869	0,000050
176	DSTL6	Combination	-0,000337	0,001832	-0,002101	-0,000511	0,000829	0,000045
198	DSTL5	Combination	-0,000209	0,000187	-0,000839	0,000636	0,000546	-4,126E-06
198	DSTL6	Combination	-0,000149	0,001667	-0,000975	0,000710	0,001073	0,000031
204	DSTL5	Combination	-0,000403	0,000339	-0,002033	-0,000336	0,001172	0,000027
204	DSTL6	Combination	-0,000316	0,001819	-0,002171	-0,000414	0,001125	0,000030
213	DSTL5	Combination	-0,000121	-0,000133	-0,000842	0,000142	0,002687	-0,000051
213	DSTL6	Combination	-0,000143	0,000336	-0,000817	0,000161	0,002682	-5,157E-06
214	DSTL5	Combination	-0,000164	-0,000115	-0,000877	-0,000033	0,002714	-0,000055
214	DSTL6	Combination	-0,000160	0,000353	-0,000875	-6,516E-06	0,002705	-0,000017
215	DSTL5	Combination	-0,000149	-0,000099	-0,000806	-0,000190	0,002867	0,000037
215	DSTL6	Combination	-0,000123	0,000371	-0,000823	-0,000171	0,002859	0,000075
216	DSTL5	Combination	-0,000201	-0,000097	-0,000468	-0,000301	0,001196	0,000110
216	DSTL6	Combination	-0,000139	0,000379	-0,000497	-0,000324	0,001193	0,000144
240	DSTL5	Combination	-0,000286	-0,000081	-0,000534	-0,000233	0,000020	-0,000121
240	DSTL6	Combination	-0,000271	0,001018	-0,000573	-0,000221	0,000015	-0,000085
241	DSTL5	Combination	-0,000436	-0,000150	-0,000289	-0,000046	-0,000102	-0,000017
241	DSTL6	Combination	-0,000369	0,000950	-0,000241	-0,000237	-0,000116	2,127E-06
242	DSTL5	Combination	-0,000069	-0,000011	-0,001160	-0,000412	0,000140	-0,000087
242	DSTL6	Combination	-0,000127	0,001088	-0,001372	-0,000694	0,000144	-0,000047
271	DSTL5	Combination	-0,000231	0,000201	-0,000757	-0,000211	0,000021	-0,000166
271	DSTL6	Combination	-0,000207	0,001487	-0,000836	-0,000307	0,000042	-0,000138
272	DSTL5	Combination	-0,000268	0,000025	-0,000782	-0,000239	-0,000207	-0,000248
272	DSTL6	Combination	-0,000236	0,001312	-0,000859	-0,000332	-0,000170	-0,000217
273	DSTL5	Combination	-0,000344	-0,000281	-0,000674	-0,000186	-0,000197	0,000042
273	DSTL6	Combination	-0,000321	0,000618	-0,000747	-0,000281	-0,000211	0,000079
274	DSTL5	Combination	-0,000176	-0,000168	-0,000686	-0,000228	0,000049	0,000028
274	DSTL6	Combination	-0,000168	0,000748	-0,000774	-0,000319	0,000059	0,000071
4088	DSTL5	Combination	-0,000352	-0,000181	-0,000264	-0,000061	-0,000128	0,000110
4088	DSTL6	Combination	-0,000273	0,000781	-0,000220	-0,000240	-0,000144	0,000133

D.7.6.9 Pòrtic 4

I. Sol·licitacions dels perfils

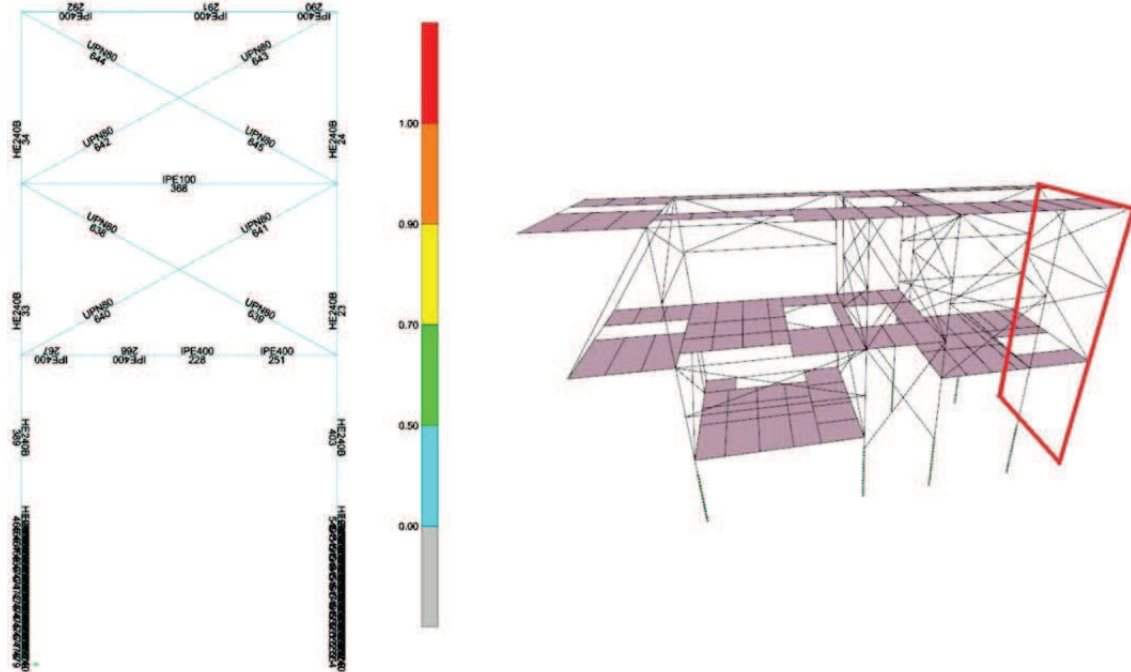


Figura D.7.6.O identificació i Sol·licitacions dels perfils

Table: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005, Part 1 of 2

Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo	MuMajor Kgf-m	MuMinor Kgf-m	VuMajor Kgf	VuMinor Kgf	VMajorRatio	Tu Kgf-m
228	IPE400	0,206797	PMM	DSTL5	6083,08	153,30	3523,45	416,12	0,068355	-2,11
251	IPE400	0,148450	PMM	DSTL6	-5115,97	54,13	4765,56	-55,89	0,085567	1,80
266	IPE400	0,206133	PMM	DSTL5	7120,81	-43,98	2712,45	-59,89	0,048702	-0,71
267	IPE400	0,179382	PMM	DSTL5	-5916,07	-21,66	9147,99	75,02	0,164254	-0,90
368	IPE100	0,032658	PMM	DSTL6	10,64	-0,11	-1,59	2,139E-02	0,000323	9,709E-04
638	UPN80	0,476787	PMM	DSTL10	1,45	4,291E-02	-0,48	-1,531E-02	0,000000	9,747E-04
639	UPN80	0,477399	PMM	DSTL10	1,50	4,423E-02	0,50	6,753E-03	0,000000	2,180E-03
640	UPN80	0,260866	PMM	DSTL13	-8,432E-02	-1,936E-02	2,824E-02	1,707E-02	0,000104	1,232E-03
641	UPN80	0,261225	PMM	DSTL13	2,186E-16	0,25	-2,772E-02	-9,078E-02	0,000101	8,173E-04
642	UPN80	0,300210	PMM	DSTL9	-1,68	-0,10	0,56	7,165E-04	0,000101	1,305E-03
643	UPN80	0,301317	PMM	DSTL9	1,464E-16	1,24	-0,61	-0,45	0,000109	-6,968E-03
644	UPN80	0,397486	PMM	DSTL10	-1,75	-0,35	0,59	0,23	0,000112	-5,002E-03
645	UPN80	0,396909	PMM	DSTL10	-1,67	-0,35	-0,56	-0,17	0,000104	7,198E-03

II. Deformacions

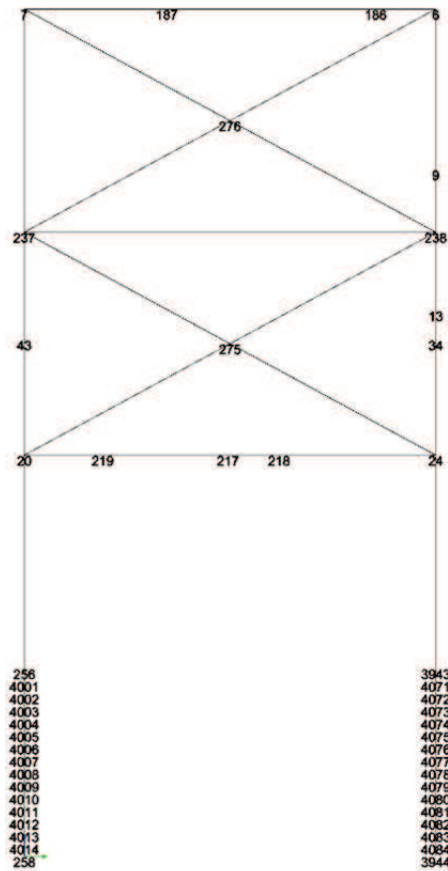


Figura D.7.6.P punts del pòrtic 4

Table: Joint Displacements

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
6	DSTL5	Combination	-0,000217	-0,000596	-0,000260	0,001201	-0,000308	-0,000021
6	DSTL6	Combination	-0,000173	0,000903	-0,000316	0,001181	-0,000117	-0,000397
7	DSTL5	Combination	-0,000584	-0,000129	-0,000276	-0,001093	4,739E-06	0,000019
7	DSTL6	Combination	-0,000506	0,001352	-0,000220	-0,001135	-0,000014	-2,633E-06
9	DSTL5	Combination	-0,000077	0,000096	-0,000212	-0,000225	-6,779E-06	-3,277E-06
9	DSTL6	Combination	-0,000127	0,001358	-0,000264	-0,000387	-0,000012	-0,000139
13	DSTL5	Combination	-4,739E-06	-0,000666	-0,000171	-0,000336	-6,606E-06	-0,000053
13	DSTL6	Combination	-0,000081	0,000315	-0,000214	-0,000476	0,000012	-0,000055
20	DSTL5	Combination	-0,000199	-0,000059	-0,000174	-0,001127	-0,000052	-0,000099
20	DSTL6	Combination	-0,000102	0,000680	-0,000144	-0,001257	-0,000047	-0,000043
24	DSTL5	Combination	-0,000061	-0,000471	-0,000129	0,000873	3,229E-06	-0,000074
24	DSTL6	Combination	-0,000157	0,000265	-0,000158	0,000739	5,125E-06	-0,000014
34	DSTL5	Combination	-9,231E-06	-0,000786	-0,000163	-0,000202	0,000025	-0,000057
34	DSTL6	Combination	-0,000092	0,000143	-0,000203	-0,000338	0,000041	-0,000046
43	DSTL5	Combination	-0,000306	0,000354	-0,000201	0,000248	-0,000088	-0,000083
43	DSTL6	Combination	-0,000203	0,001287	-0,000161	0,000112	-0,000085	-0,000030
186	DSTL5	Combination	-0,000274	-0,000606	-0,001377	0,001268	-0,000505	-0,000049
186	DSTL6	Combination	-0,000448	0,000891	-0,001429	0,001253	-0,001314	-0,000143
187	DSTL5	Combination	-0,000623	-0,000188	-0,002540	-0,000755	-0,002346	-0,000030
187	DSTL6	Combination	-0,000527	0,001298	-0,002544	-0,000781	-0,002364	-0,000014

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
			m	m	m	Radians	Radians	Radians
217	DSTL5	Combination	-0,000226	-0,000354	-0,003210	0,000202	-0,000534	-0,000020
217	DSTL6	Combination	-0,000213	0,000353	-0,003225	0,000239	-0,000525	0,000013
218	DSTL5	Combination	-0,000222	-0,000469	-0,002771	0,000850	-0,000859	-0,000062
218	DSTL6	Combination	-0,000233	0,000238	-0,002756	0,000881	-0,000848	-0,000026
219	DSTL5	Combination	-0,000146	-0,000024	-0,001913	-0,001398	-0,000264	-0,000042
219	DSTL6	Combination	-0,000100	0,000702	-0,001956	-0,001444	-0,000262	6,463E-06
237	DSTL5	Combination	-0,000431	-0,000361	-0,000226	0,000500	-0,000089	-0,000068
237	DSTL6	Combination	-0,000327	0,000765	-0,000176	0,000351	-0,000091	-0,000018
238	DSTL5	Combination	-0,000046	-0,000206	-0,000194	-0,000419	-0,000053	-0,000039
238	DSTL6	Combination	-0,000103	0,000921	-0,000244	-0,000577	-0,000038	-0,000097
275	DSTL5	Combination	-0,000150	-0,000276	0,000080	7,113E-06	-0,000033	-0,000041
275	DSTL6	Combination	-0,000173	0,000650	0,000082	-0,000036	-0,000049	-2,791E-06
276	DSTL5	Combination	-0,000295	-0,000325	-0,000525	9,828E-06	-0,000048	-0,000118
276	DSTL6	Combination	-0,000432	0,000981	-0,000517	-0,000035	-0,000106	-0,000027

E.7.7. Diagrames de moments

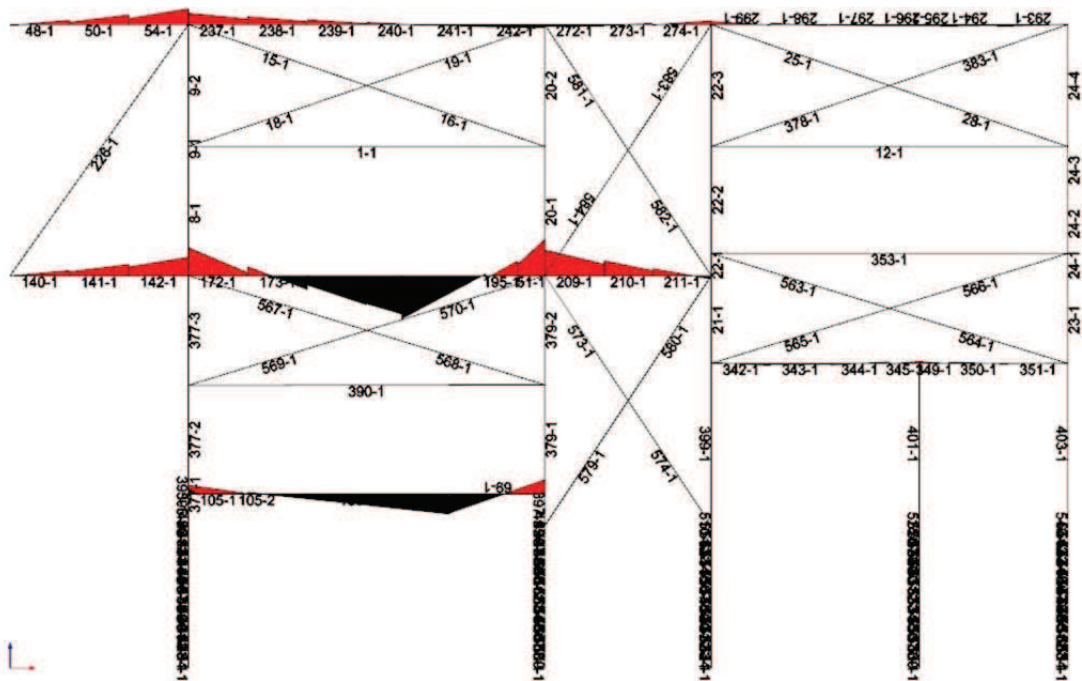


Figura D.7.7.A Moments M33-alçat de planta general

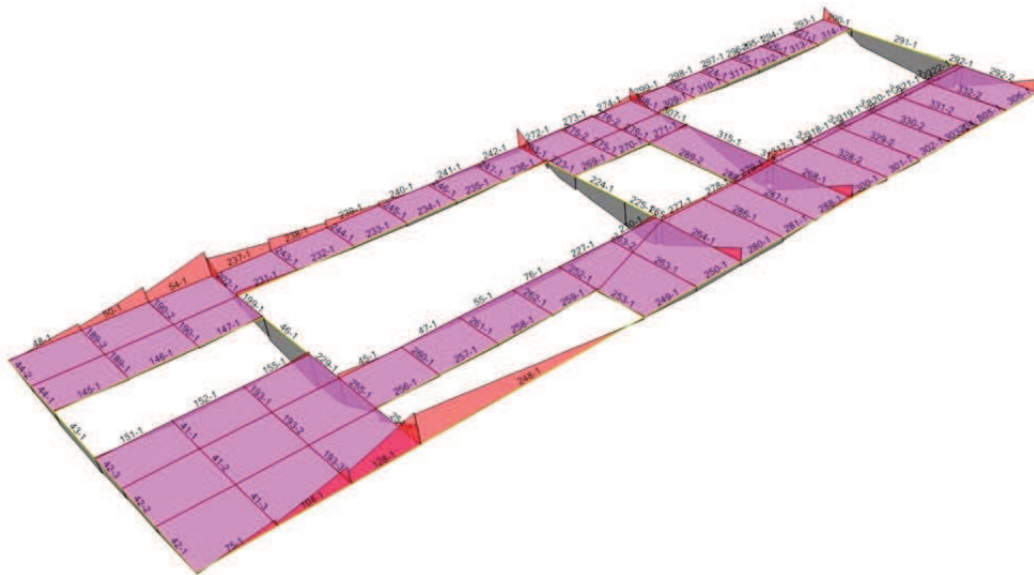


Figura D.7.7.B Moments M33 - plataforma nivell 4

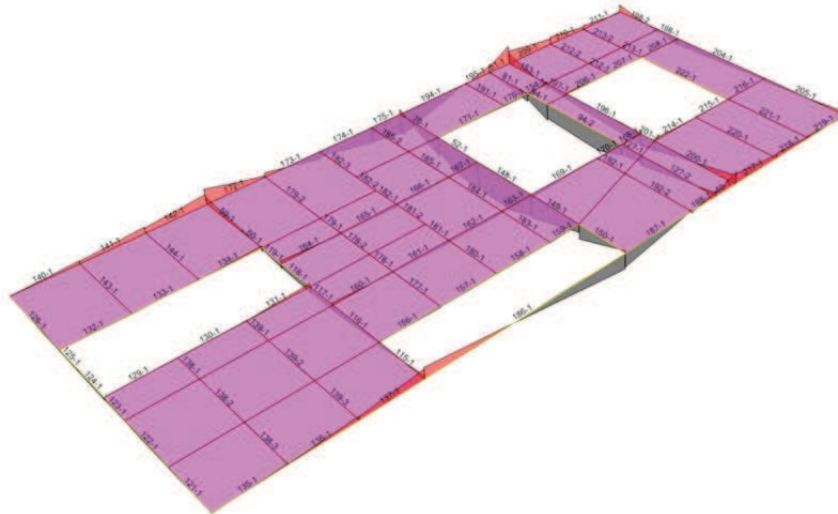


Figura D.7.7.C Moments M33 - plataforma nivell 3

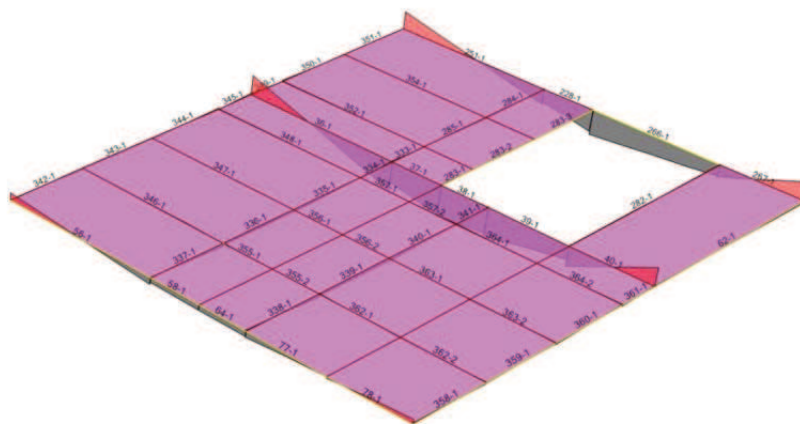


Figura D.7.7.D Moments M33-plataforma nivell 2

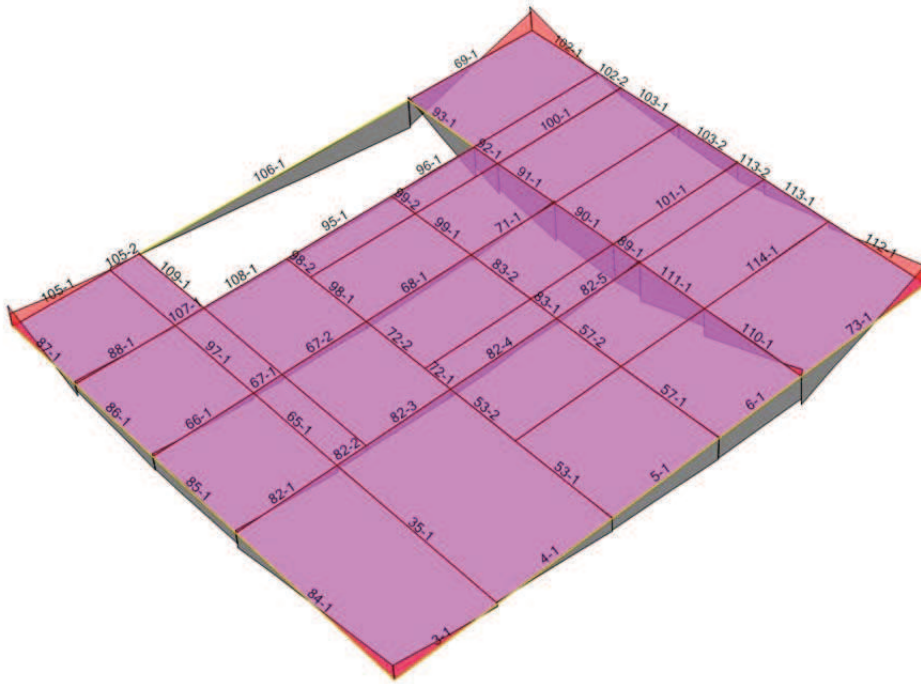


Figura D.7.7.E Moments M33-plataforma nivell 1

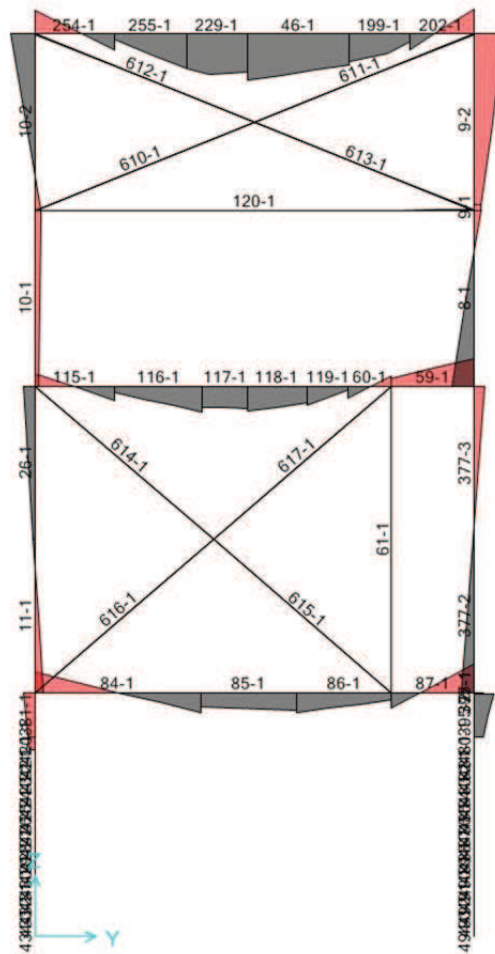


Figura D.7.7.F Moments M33 – pòrtic 1

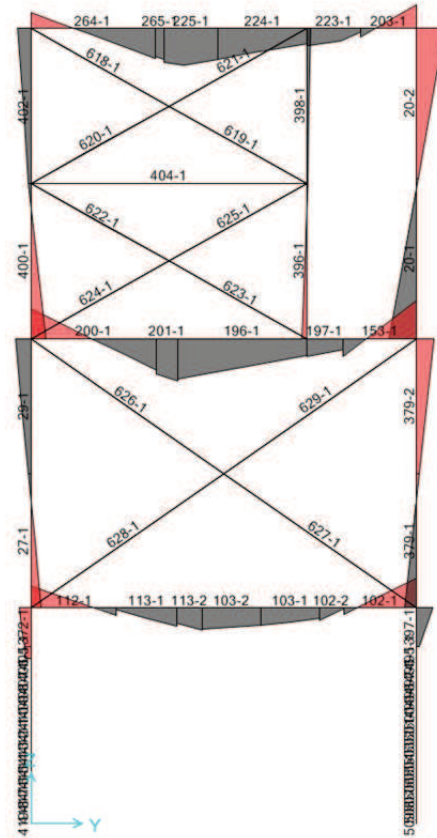


Figura D.7.7.G Moments M33 – pòrtic 2

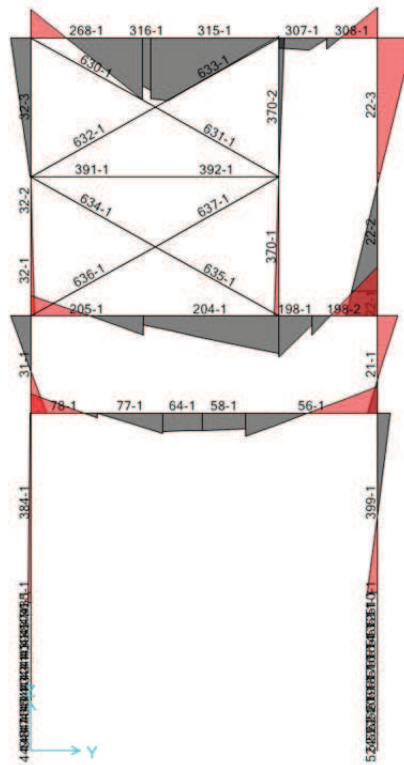


Figura D.7.7.H Moments M33 – pòrtic 3

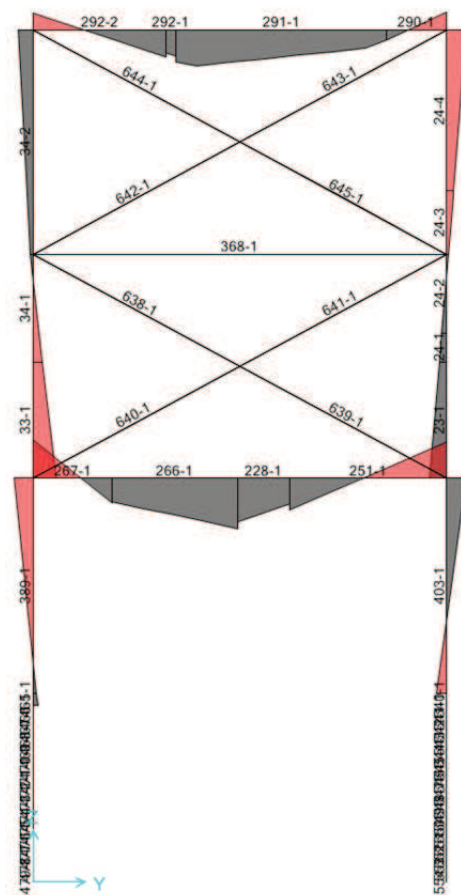


Figura D.7.7.I Moments M33 – pòrtic 4

E.7.8. Reaccions a la base dels pilars

A continuació es mostra les reaccions a la base dels diferents pilars de l'estructura. Es pren com a combinació més desfavorable la DSTL6 :

Reaccions						
Pilar	Rx (V)	Ry (V)	Rz (N)	Mx (M)	My (M)	Mz (M)
	Kg	Kg	Kg	Kg m	Kg m	Kg m
1	279,5	-2,11	14.725	249,3	265,3	-0,184
2	410	-741,62	19.172,87	877,2	473,9	-0,39
3	-1.068,9	-165,62	24.460	1.450,25	-43,8	-0,6
4	-317,8	-349,9	18.860,3	807,8	-281	0,23
5	-135,5	-269,6	9.368,06	668,7	-129,3	0,063
6	-136	-141,5	7.335,1	454	-155,5	0
7	27,68	-836,2	6.068,6	1.616,3	71,95	0
8	5,08	475	7.417,4	-498,8	15,75	-0,18
9	30,2	-539,5	8.367,7	1.149,7	76,25	0
10	2,78	143,56	6.784,5	65,25	12,8	0

Per a realitzar els càlculs de les plaques d'ancoratge d'aquests pilars i les seves fonamentacions, es prendrà com a referència les dades del pilar nº 3 ja que es tracta del cas més desfavorable.

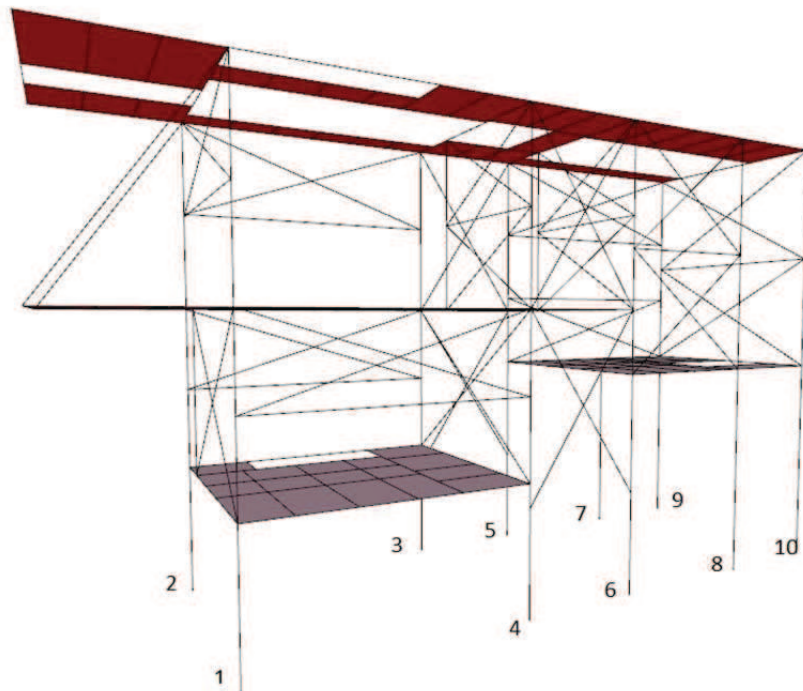


Figura D.7.7.J Identificació dels pilars

E.7.9. Anàlisi Modal

Table: Masses 1 - Mass Source

MassFrom	LoadPat	Multiplier
All	VENT	1,000000
All	SOBRECARREGA D'US	1,000000
All	PES GARBELL	1,000000
All	PES VIBRANT GARBELL	1,000000
All	REAC.TREMUJA.MOLI DE CONS	1,000000
All	PES MOLI DE CONS 1	1,000000
All	PREV. AMPLIACIO	1,000000

Table: Modal Load Participation Ratios

OutputCase	ItemType	Item	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	98,4052	81,1088
MODAL	Acceleration	UY	94,6743	73,2434
MODAL	Acceleration	UZ	40,5815	16,1482

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	1,000000	0,244974	0,801	3,137E-03	1,877E-04	0,801	3,137E-03
MODAL	Mode	2,000000	0,224478	6,199E-03	0,038	8,588E-04	0,807	0,041
MODAL	Mode	3,000000	0,206205	5,623E-04	0,329	8,041E-04	0,808	0,370
MODAL	Mode	4,000000	0,200067	7,924E-04	0,103	1,898E-04	0,809	0,473
MODAL	Mode	5,000000	0,197656	5,591E-04	0,167	4,502E-04	0,809	0,640
MODAL	Mode	6,000000	0,196673	7,315E-06	1,962E-03	6,404E-06	0,809	0,642
MODAL	Mode	7,000000	0,196270	3,676E-04	0,081	3,425E-04	0,810	0,723
MODAL	Mode	8,000000	0,194834	3,430E-07	7,470E-05	3,891E-08	0,810	0,723
MODAL	Mode	9,000000	0,192732	2,018E-04	5,384E-03	3,675E-05	0,810	0,729
MODAL	Mode	10,000000	0,183889	1,065E-03	2,326E-03	7,103E-07	0,811	0,731
MODAL	Mode	11,000000	0,166921	1,089E-04	6,730E-09	2,486E-08	0,811	0,731
MODAL	Mode	12,000000	0,158346	8,559E-06	1,492E-03	0,159	0,811	0,732

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
MODAL	Mode	1,000000	1,877E-04	3,422E-03	0,318	0,035	3,422E-03	0,318
MODAL	Mode	2,000000	1,046E-03	0,082	9,484E-04	0,039	0,086	0,319
MODAL	Mode	3,000000	1,851E-03	0,359	3,026E-05	0,361	0,445	0,319
MODAL	Mode	4,000000	2,040E-03	0,104	6,559E-05	0,154	0,548	0,319
MODAL	Mode	5,000000	2,491E-03	0,174	1,616E-07	0,175	0,722	0,319
MODAL	Mode	6,000000	2,497E-03	2,198E-03	8,293E-10	2,096E-03	0,725	0,319
MODAL	Mode	7,000000	2,839E-03	0,095	5,184E-07	0,088	0,820	0,319
MODAL	Mode	8,000000	2,839E-03	8,987E-05	1,375E-08	7,373E-05	0,820	0,319
MODAL	Mode	9,000000	2,876E-03	7,028E-03	2,215E-05	7,053E-03	0,827	0,319

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
MODAL	Mode	10,000000	2,877E-03	2,395E-03	5,335E-04	2,480E-03	0,829	0,320
MODAL	Mode	11,000000	2,877E-03	5,391E-08	1,164E-07	1,698E-05	0,829	0,320
MODAL	Mode	12,000000	0,161	0,013	0,045	5,039E-04	0,842	0,365

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	SumRZ
MODAL	Mode	1,000000	0,035
MODAL	Mode	2,000000	0,075
MODAL	Mode	3,000000	0,435
MODAL	Mode	4,000000	0,589
MODAL	Mode	5,000000	0,764
MODAL	Mode	6,000000	0,766
MODAL	Mode	7,000000	0,854
MODAL	Mode	8,000000	0,854
MODAL	Mode	9,000000	0,861
MODAL	Mode	10,000000	0,864
MODAL	Mode	11,000000	0,864
MODAL	Mode	12,000000	0,865

Table: Modal Participation Factors, Part 1 of 2

Table: Modal Participation Factors, Part 1 of 2

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY
			Sec	Kgf-s2	Kgf-s2	Kgf-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m-s2
MODAL	Mode	1,000000	0,244974	-111,945114	-7,004312	-1,713301	59,836448	-923,960424
MODAL	Mode	2,000000	0,224478	-9,846395	24,405797	-3,664931	-293,171390	-50,445434
MODAL	Mode	3,000000	0,206205	-2,965482	71,755634	-3,546338	-612,822124	9,010888
MODAL	Mode	4,000000	0,200067	3,520536	-40,141919	1,722865	329,322976	13,265772
MODAL	Mode	5,000000	0,197656	-2,957030	51,076906	-2,653689	-426,892998	-0,658525
MODAL	Mode	6,000000	0,196673	-0,338257	5,539782	-0,316494	-47,952336	0,047172
MODAL	Mode	7,000000	0,196270	2,397696	-35,585323	2,314579	315,429170	-1,179379
MODAL	Mode	8,000000	0,194834	0,073245	-1,080917	0,024669	9,696604	0,192043
MODAL	Mode	9,000000	0,192732	-1,776610	9,176902	-0,758202	-85,749477	-7,709180
MODAL	Mode	10,000000	0,183889	-4,081633	-6,031229	0,105404	50,061845	-37,835459
MODAL	Mode	11,000000	0,166921	1,304867	0,010260	0,019721	-0,237486	0,558836
MODAL	Mode	12,000000	0,158346	-0,365889	4,830939	49,806778	114,805026	-347,240707

Table: Modal Participation Factors, Part 2 of 2

Table: Modal Participation Factors, Part 2 of 2

OutputCase	StepType	StepNum	RZ	ModalMass	ModalStiff
			Kgf-m-s2	Kgf-m-s2	Kgf-m
MODAL	Mode	1,000000	261,547304	1,0000	657,839
MODAL	Mode	2,000000	-275,601932	1,0000	783,450
MODAL	Mode	3,000000	835,804148	1,0000	928,457
MODAL	Mode	4,000000	-545,769925	1,0000	986,295
MODAL	Mode	5,000000	582,461276	1,0000	1010,507
MODAL	Mode	6,000000	63,718452	1,0000	1020,632
MODAL	Mode	7,000000	-413,643085	1,0000	1024,831
MODAL	Mode	8,000000	-11,951444	1,0000	1039,988

Table: Modal Participation Factors, Part 2 of 2

OutputCase	StepType	StepNum	RZ Kgf-m-s2	ModalMass Kgf-m-s2	ModalStiff Kgf-m
MODAL	Mode	9,000000	116,893425	1,0000	1062,797
MODAL	Mode	10,000000	-69,322040	1,0000	1167,475
MODAL	Mode	11,000000	-5,736235	1,0000	1416,903
MODAL	Mode	12,000000	31,245588	1,0000	1574,510

Table: Modal Periods And Frequencies

Table: Modal Periods And Frequencies

OutputCase	StepType	StepNum	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1,000000	0,244974	4,0821E+00	2,5648E+01	6,5784E+02
MODAL	Mode	2,000000	0,224478	4,4548E+00	2,7990E+01	7,8345E+02
MODAL	Mode	3,000000	0,206205	4,8495E+00	3,0471E+01	9,2846E+02
MODAL	Mode	4,000000	0,200067	4,9983E+00	3,1405E+01	9,8629E+02
MODAL	Mode	5,000000	0,197656	5,0593E+00	3,1788E+01	1,0105E+03
MODAL	Mode	6,000000	0,196673	5,0846E+00	3,1947E+01	1,0206E+03
MODAL	Mode	7,000000	0,196270	5,0950E+00	3,2013E+01	1,0248E+03
MODAL	Mode	8,000000	0,194834	5,1326E+00	3,2249E+01	1,0400E+03
MODAL	Mode	9,000000	0,192732	5,1885E+00	3,2601E+01	1,0628E+03
MODAL	Mode	10,000000	0,183889	5,4381E+00	3,4168E+01	1,1675E+03
MODAL	Mode	11,000000	0,166921	5,9909E+00	3,7642E+01	1,4169E+03
MODAL	Mode	12,000000	0,158346	6,3153E+00	3,9680E+01	1,5745E+03

E.7.10. Càlcul de les unions soldades

A partir de les sol·licitacions majorades obtingudes amb l'aplicació SAP2000, es calculen les unions més desfavorables de l'estructura seguint la normativa NBE-EA-95.

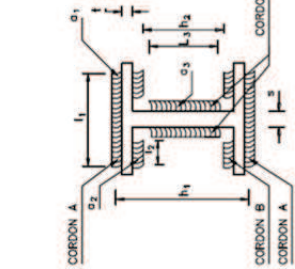
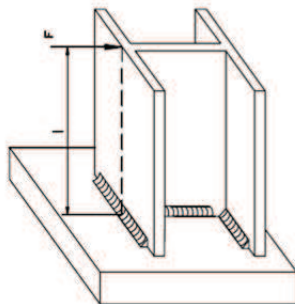
D.7.10.1 Unions plataforma nivell 4

TABLE 2
Valors límit de la garganta de una soldadura en anglel en una unió de forces
Categoria 2

Espesor de la peça (mm)	Valor màxim (mm)	Valor mínim (mm)
4.0-4.2	3.5	2.5
4.3-4.9	3	2.5
5.0-5.6	3.5	2.5
5.7-6.3	4	2.5
6.4-7.0	4.5	3
7.1-7.7	5	3
7.8-8.4	5.5	3
8.5-9.1	6	3.5
9.2-9.9	6.5	3.5
10.0-10.6	7	4
10.7-11.3	7.5	4
11.4-12.0	8	4
12.1-12.7	8.5	4.5
12.8-13.4	9	4.5
13.5-14.1	9.5	5
14.2-14.8	10	5
14.9-15.5	10.5	5
15.6-16.2	11	5.5
16.3-16.9	11.5	5.5
17.0-17.6	12	6
17.7-18.3	12.5	6
18.4-19.0	13	6
19.1-19.7	13.5	6
19.8-20.4	14	6
20.5-21.1	14.5	6
21.2-21.8	15	6.5
21.9-22.5	15.5	6.5
22.6-23.2	16	7
23.3-23.9	16.5	7
24.0-24.6	17	7
24.7-25.3	17.5	7
25.4-26.0	18	7.5
26.1-26.7	18.5	7.5
26.8-27.4	19	7.5
27.5-28.1	19.5	7.5
28.2-28.8	20	8
28.9-29.5	20.5	8
29.6-30.2	21	8
30.3-30.9	21.5	8
31.0-31.6	22	8
31.7-32.3	22.5	8
32.4-33.0	23	8
33.1-33.7	23.5	8
33.8-34.4	24	8

UNIÓ AMB CORDONS FRONTALS LONGITUDINALS I TRANSVERSAIS SEGONS NBE-EA-95

Es considera que l'esforç tant actua únicament sobre els cordons que uneixen l'entorn al que es poden considerar al·licables uniformement al llarg de la secció de gola.



$$t_a = \tau_a = \frac{F}{2 \cdot a_3 \cdot L_3} \leq \sigma_u$$

Les tensions degudes al moment flector es calculen considerant l'area total de la secció de la gola del cordó, projectada sobre el pla de la junta, i per tant:

$$i = \frac{M}{W} \quad \sigma_u = \tau_u = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot i$$

Per als cordons exteriors únicament es considera el moment flector:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_u^2 + 1.8 \cdot \tau_u^2} = \sqrt{\frac{2.8 \cdot i^2}{2}} = 1.18 \cdot i = 1.18 \cdot \frac{M}{W} \leq \sigma_u$$

$$W = a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2 + a_3 \cdot b_2$$

NIVELL	Característiques del perfil										Dades geomètriques de les soldadures					material			sol·licitacions			compressió																																																																																					
	Tipus perfil	S (mm)	I (mm ⁴)	h (mm)	h ₀ (mm)	a1 (mm)	a2 (mm)	a3 (mm)	l1 (mm)	l2 (mm)	l3 (mm)	l4 (mm)	l5 (mm)	l6 (mm)	l7 (mm)	l8 (mm)	l9 (mm)	l10 (mm)	l11 (mm)	l12 (mm)	l13 (mm)		l14 (mm)	l15 (mm)	l16 (mm)	l17 (mm)	l18 (mm)	l19 (mm)	l20 (mm)	l21 (mm)	l22 (mm)	l23 (mm)	l24 (mm)	l25 (mm)	l26 (mm)	l27 (mm)	l28 (mm)	l29 (mm)	l30 (mm)	l31 (mm)	l32 (mm)	l33 (mm)	l34 (mm)	l35 (mm)	l36 (mm)	l37 (mm)	l38 (mm)	l39 (mm)	l40 (mm)	l41 (mm)	l42 (mm)	l43 (mm)	l44 (mm)	l45 (mm)	l46 (mm)	l47 (mm)	l48 (mm)	l49 (mm)	l50 (mm)	l51 (mm)	l52 (mm)	l53 (mm)	l54 (mm)	l55 (mm)	l56 (mm)	l57 (mm)	l58 (mm)	l59 (mm)	l60 (mm)	l61 (mm)	l62 (mm)	l63 (mm)	l64 (mm)	l65 (mm)	l66 (mm)	l67 (mm)	l68 (mm)	l69 (mm)	l70 (mm)	l71 (mm)	l72 (mm)	l73 (mm)	l74 (mm)	l75 (mm)	l76 (mm)	l77 (mm)	l78 (mm)	l79 (mm)	l80 (mm)	l81 (mm)	l82 (mm)	l83 (mm)	l84 (mm)	l85 (mm)	l86 (mm)	l87 (mm)	l88 (mm)	l89 (mm)	l90 (mm)	l91 (mm)	l92 (mm)	l93 (mm)	l94 (mm)	l95 (mm)	l96 (mm)	l97 (mm)	l98 (mm)
237	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	3118.93	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																				
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8T1J	4054.09	4377.74	3254.62	4.24	89.84	CO MP LIX																																																																																					
248	IPB-400	0.8	13.5	400	180	5.5	5.5	5.5	319	74.7	362	394.5	367.5	688662.5	275	D8																																																																																											

D.7.10.2 Unions plataforma nivell 3

de la peça (mm)	Valor mínim (mm)	Valor màxim (mm)
4.0-4.2	3.1	2.5
4.3-4.9	3	2.5
5.0-5.6	3.5	2.5
5.7-6.3	4	2.5
6.4-7.0	4.5	2.5
7.1-7.7	5	3
7.8-8.4	5.5	3
8.5-9.1	6	3
9.2-9.8	6.5	3
10.0-10.6	7	4
10.5-11.3	7.5	4
11.4-12.0	8	4
12.1-12.7	8.5	4.5
12.8-13.4	9	4.5
13.5-14.1	9.5	5
14.2-14.8	10	5
15.0-15.9	11	5.5
17.0-18.3	12	5.5
18.4-19.7	13	6
19.8-21.1	14	6
22.2-24.0	15	6.5
24.1-25.4	16	6.5
25.5-26.8	17	7
26.9-28.2	18	7
28.3-31.1	20	7.5
31.2-33.9	22	8
34.0-36.0	24	8

(límit) que es poden considerar distribuït uniformement al llarg de la secció de gola.

$$t_a = \tau_a = \frac{F}{2 \cdot a_3 \cdot L_3} \leq \sigma_u$$

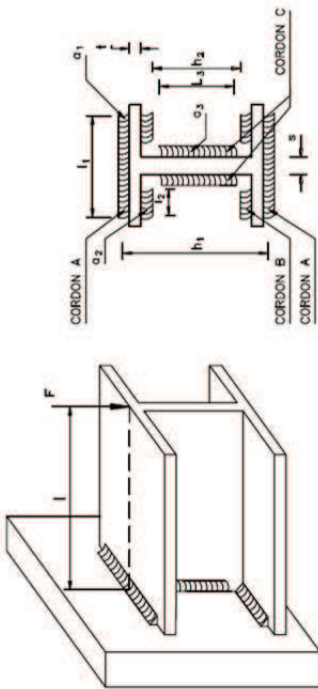
Les tensions degudes al moment flexor es calculen considerant l'弯total de la secció de la gola del cordó, projectada sobre el pla de la junta, per tant:

$$n = \frac{M}{W} \quad \sigma_n = \tau_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n$$

Per als cordons exteriors únicament es considera el moment flexor:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_n^2 + 1.8 \cdot \tau_n^2} = \sqrt{\frac{2.8 \cdot n^2}{2}} = 1.18 \cdot n = 1.18 \cdot \frac{M}{W} \leq \sigma_u$$

$$W = a_1 \cdot L_1 \cdot h_1 + 2 \cdot L_2 \cdot a_2 \cdot h_2$$



NIVELL	Característiques del perfil		Dades geomètriques de les soldadures										material	combinació	Moment max. M (kg·m)	ta quant max. V (kg)	sol·licitacions	comprova			
	Nº perfil	Tipus perfil	S (mm)	h perfil (mm)	b perfil (mm)	a1 (mm)	a2 (mm)	a3 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	h1 (mm)							h2 (mm)	h3 (mm)	W (mm³)
137	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	3936,72	2432,72	5,98	84,03	COMPLEX
138	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	7282,8	3981,4	8,91	129,95	COMPLEX
139	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	6484,16	4946,33	12,37	158,24	COMPLEX
140	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	5756,24	8808,05	24,34	99,55	COMPLEX
141	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	4520,64	2735,79	3,72	78,02	COMPLEX
142	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	4411,77	3332,73	5,09	71,90	COMPLEX
143	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	6741,83	6071,42	14,84	119,59	COMPLEX
144	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	8995,66	12813,97	31,54	159,92	COMPLEX
145	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	6169,31	3482,84	8,97	109,92	COMPLEX
146	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	3351,92	2416,61	5,95	84,00	COMPLEX
147	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	1244,7	1275,85	8,05	114,12	COMPLEX
148	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	837,6	909,18	5,95	79,91	COMPLEX
149	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	1001,44	1620,88	11,26	90,92	COMPLEX
150	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	1380,63	2148,76	19,04	134,48	COMPLEX
151	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	5651,74	8071,97	39,82	119,04	COMPLEX
152	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	8286,39	10021,02	29,91	146,49	COMPLEX
153	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	5096,99	7501,02	14,44	84,15	COMPLEX
154	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	1410,05	5640,51	39,48	137,15	COMPLEX
155	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	1159,58	1164	8,15	104,02	COMPLEX
156	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	4218,89	4936,35	12,15	74,99	COMPLEX
157	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	10357,99	7610,64	14,75	179,15	COMPLEX
158	PE-400	8,6	13,5	400	380	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DSTL5	3996,93	5242,6	11,82	85,85	COMPLEX

D.7.10.3 Unions plataforma nivell 2

VALORES LÍMITE DE LA GARGANTA DE UNA SOLDADURA EN ÁNGULO EN UNA UNIÓN DE FUERZA

Espesor de la pieza (mm)	Valor máximo (mm)	Garganta a Valor mínimo (mm)
4.0-4.2	2.3	2.3
4.3-4.9	3	2.3
5.0-5.6	3.3	2.3
5.7-6.3	3.6	2.3
6.4-7.0	4	2.3
7.1-7.7	4.5	3
7.8-8.4	5	3
8.5-9.1	5.5	3
9.2-9.9	6	3.5
10.0-10.6	7	4
10.7-11.3	7.5	4
11.4-12.0	8	4
12.1-12.7	8.5	4.5
12.8-13.4	9	4.5
13.5-14.1	9.5	5
14.2-15.5	10	5
15.6-16.9	11	5.5
17.0-18.3	12	5.5
18.4-19.7	13	6
19.8-21.2	14	6
21.3-22.6	15	6.5
22.7-24.0	16	6.5
24.1-25.4	17	7
25.5-26.8	18	7
26.9-28.2	19	7.5
28.3-31.1	20	7.5
31.2-33.9	22	8
34.0-36.0	24	8

UNIO AMB CORDONS FRONTALS LONGITUDINALS I TRANSVERSAIS SEGONS NBE-EN-95

Es considera que l'esforç tallant actua únicament sobre els cordons que uneixen l'ànima i que es poden considerar distribuït uniformament al llarg de la secció de gola.

$$t_a = \tau_a = \frac{F}{2 \cdot a_3 \cdot L_3} \leq \sigma_u$$

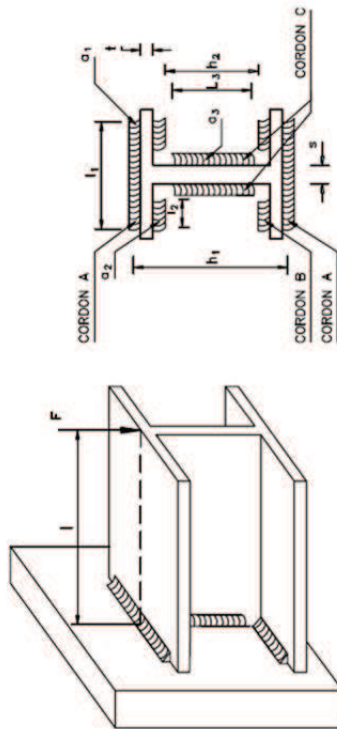
Les tensions d'equilibi al moment flexor es calculen considerant l'àrea total de la secció de la gola del cordó, projectada sobre el pla de la junta, i per tant:

$$n = \frac{M}{W} \quad \sigma_n = \tau_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n$$

Per als cordons exteriors únicament es considera el moment flexor:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_n^2 + 1.8 \cdot \tau_n^2} = \sqrt{\frac{2.8 \cdot n^2}{2}} = 1.18 \cdot n = 1.18 \cdot \frac{M}{W} \leq \sigma_u$$

$$W = a_1 \cdot L_1 \cdot h_1 + 2 \cdot L_2 \cdot a_2 \cdot h_2$$

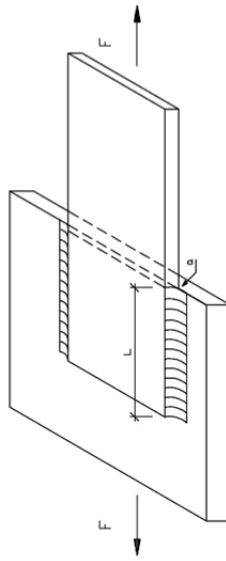


NÚ VELL	Característiques del perfil				Dades geomètriques de les soldadures										material resistència ou (N/mm ²)	combinació	Moment max. M (kg·m)	tallant max. V (kg)	ta (N/mm ²)	oc (N/mm ²)	comprovació
	Nº perfil	Tipus perfil	S (mm)	I (mm)	a1 (mm)	a2 (mm)	a3 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	W (mm ³)								
2	56	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST16	1982,49	1879,88	4,88	84,29	COMPLEX
	36	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST16	5784,31	6909,89	17,00	100,04	COMPLEX	
	251	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST15	4538,57	4481,51	11,08	79,49	COMPLEX	
	266	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST15	7156,87	2434,85	9,89	125,77	COMPLEX	
	287	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST15	5916,07	9147,99	22,51	102,51	COMPLEX	
	148	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST16	13072,76	7191,89	17,81	225,88	COMPLEX	
	38	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST15	8787,87	2741,79	8,78	121,88	COMPLEX	
	40	IPB-400	8,6	13,5	400	5,5	5,5	169	74,7	362	394,5	367,5	668662,5	275	DST15	5547,35	10847,75	38,94	93,94	COMPLEX	

D.7.10.4 Unions de les riestres

UNIÓ AMB CORDONS LATERALS SEGONS NBE-EA-95

La secció de gola es considera projectada sobre el pla de la superfície de contacte entre les dues peces. Les dues seccions quedaran contingides en el mateix pla i sotmeses a la tensió σ . Es pot considerar aquesta tensió com a una tensió uniforme al llarg del cordó, sempre que la longitud no excedeixi 50 vegades l'espessor de gola, ni 12 vegades l'amplada del perfil unit.



$$\frac{F}{2 \cdot l \cdot a} \leq 0.75 \cdot \sigma_u$$

Característiques del perfil Nº perfil	Tipus perfil	Dades geomètriques de les soldadures		material resist.acer ou (N/mm²)	combinació	solicitations		comprovaçió	
		a (mm)	L (mm)			Esforç axial max. F (kg)	ta (N/mm²)		
569	UPN-80	2,5	100	275	DSTL6	679,71	13,32	206,23	COMPLEX
18	UPN-80	2,5	100	275	DSTL6	590,82	11,88	206,23	COMPLEX
582	UPN-80	2,5	100	275	DSTL6	997,77	19,96	206,23	COMPLEX
588	UPN-80	2,5	100	275	DSTL6	803,44	16,73	206,23	COMPLEX
594	UPN-80	2,5	100	275	DSTL6	897,09	17,98	206,23	COMPLEX
596	UPN-100	2,5	100	275	DSTL6	1241,01	24,92	206,23	COMPLEX
604	UPN-80	2,5	100	275	DSTL6	990,27	19,91	206,23	COMPLEX
644	UPN-80	2,5	100	275	DSTL10	1516,15	29,72	206,23	COMPLEX
639	UPN-80	2,5	100	275	DSTL10	1825,11	36,77	206,23	COMPLEX
630	UPN-80	2,5	100	275	DSTL10	1242,72	24,96	206,23	COMPLEX
627	UPN-200	3,5	100	275	DSTL10	5839,95	116,2	206,23	COMPLEX
612	UPN-120	2,5	100	275	DSTL10	1805,62	36,88	206,23	COMPLEX

ANEX F : CÀLCUL I DIMENSIONAT DELS FONAMENTS, MURS I FOSSAT

F. ANNEX F : CÀLCUL I DIMENSIONAT DELS FONAMENTS, MURS I FOSSAT**F.1. Dimensionat de les plaques d'ancoratge**Valoració de les accions

Per a realitzar els càlculs es consideren les següents hipòtesis :

- g) Per a realitzar el càlcul es fracciona la placa amb seccions de 1cm d'amplada amb la suposició que cadascuna d'elles es comporta com una biga en la que els recolzaments coincideixen amb les cartel·les.
- h) Les plaques i les cartel·les es fabriquen d'acer S235JR($S_y=235\text{Mpa}$, $S_u=360\text{Mpa}$).
- i) Les plaques es dimensionen de manera que la repartició de pressions no superin la tensió màxima del formigó.
- j) La tensió admissible del formigó ($H-25\text{ N/mm}^2$) segons EHE : $f_{ck} = 25\text{ N/mm}^2$
- k) La tensió admissible d'adherència $\zeta=5\text{ Kg/cm}^2$

Les accions que actuen a la base dels pilars, representades anteriorment, son les proporcionades per l'aplicació SAP2000. Per a realitzar els càlculs es pren com a valors de referència i més desfavorables els del pilar nº3 :

Reaccions				
Pilar	Rx (V)	Ry (V)	Rz (N)	My (M)
	Kg	Kg	Kg	Kg cm
3	-1.068,9	-165,62	24.460	145.025

Taula.E.1.A Reaccions a la base del pilar més desfavorable

Per els càlculs s'utilitzen les càrregues minorades ja que la tensió del terreny es dona, més endavant, sense majorar.

El formigó que s'utilitza per a les cimentacions correspon a un H-25, amb resistència $f_{ck} = 25\text{ N/mm}^2$. S'utilitzen, a més, els valors dels coeficients de minoració de la resistència del formigó ($\gamma_c=1,5$) i de l'acer ($\gamma_s=1,15$), així com el coeficient de majoració de les accions ($\gamma_f=1,6$).

Considerant aquests coeficients, la tensió admissible del formigó a compressió és :

$$\sigma_{adm} = f_{ck} / \gamma_c = 25,1 / 1,5 = 170,07\text{ Kg/cm}^2$$

Per els pernns d'ancoratge s'utilitza un acer B-400S amb una resistència característica $f_{yk} = 400\text{ N/mm}^2$ amb una resistència de càlcul :

$$f_{yd} = f_{ck} / \gamma_s = 4.081,63 / 1,15 = 3.549,24\text{ Kg/cm}^2$$

Càlcul de les dimensions de la placa

Suposant que un dels costats de la placa anomenat costat "b" és igual a 45 cm , es calcula les dimensions mínimes de l'altre costat "a" a partir de la següent expressió :

$$a = \frac{0,7 \cdot N + \sqrt{0,49 \cdot N^2 + 2,9 \cdot b \cdot M \cdot \sigma_{adm}}}{0,725 \cdot b \cdot \sigma_{adm}}$$

a (cm)	Força Normal (eix z) N (Kg)	Longitud costat b (cm)	Moment màxim M (Kg cm)	Tensió admissible del formigó σ_{adm} (Kg/cm ²)
14	24.460	45	145.025	170,07

S'aproxima per excés la longitud calculada amb un valor de 45 cm ja que no és recomanable que la longitud a sigui menor que b. Les dimensions previstes de la placa són les mostrades a la figura B.2.6.A següent :

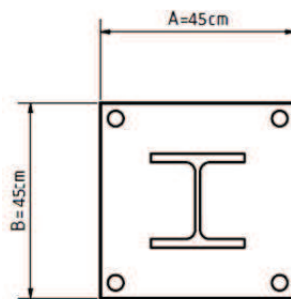


Fig.E.1.A Dimensions de la placa d'ancoratge

A continuació es comprova que la placa amb aquestes dimensions, no transmeti a les cimentacions una tensió major que la que pot assolir el formigó. En primer lloc es calcula l'excentricitat d'esforços a la base del pilar.

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{145.025}{24.460} = 5,92 \text{ cm}$$

Ja que $e_0 < a/6$, la resultant es troba dintre del nucli central. Per tant es considera que la tensió seguirà una distribució trapezoïdal tot a compressió.

Les dimensions adoptades seran vàlides si es compleix : $\sigma_c^* \leq \sigma_{adm, \text{formigó}}$

El càlcul de σ_c^* es calcula mitjançant la següent expressió:

$$\sigma_c = (N / (a \cdot b)) \cdot (1 + ((6 \cdot e) / a))$$

Les accions majorades segons el coeficient de ponderació de les accions serà :

$$N_d = N \cdot \gamma_f = 24.460 \cdot 1,6 = 39.136 \text{ Kg}$$

Substituint obtenim :

$$\sigma_c^* = (N / (a \cdot b)) \cdot (1 + ((6 \cdot e) / a)) = (39.136 / (45 \cdot 45)) \cdot (1 + ((6 \cdot 5,92) / 45)) = 34,58 \text{ Kg/cm}^2 < 170,07 \text{ Kg/cm}^2$$

Compleix

Càlcul de l'espessor de la placa

La placa haurà de suportar la pressió σ_c^* , per aquest motiu l'espessor de la placa haurà de ser suficient per evitar la ruptura. Per a realitzar el càlcul de l'espessor es recorre a considerar la placa com a una viga en voladís d'1 cm d'espessor.

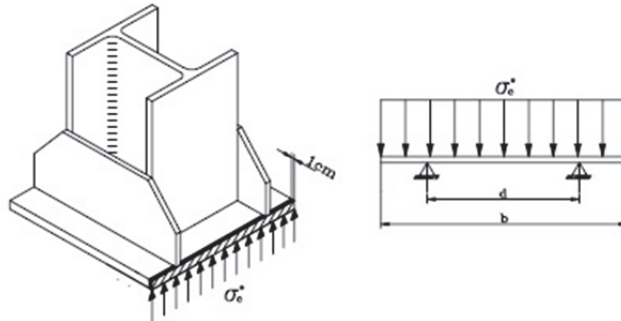


Fig.E.1.B

$$M^*_{\text{voladís}} = ((b-d)^2 / 8) \cdot \sigma_c^* = ((45-24)^2 / 8) \cdot 34,58 = 1.906,2 \text{ Kg cm}$$

$$M^*_{\text{entre suports}} = ((b \cdot (2 \cdot d - b)) / 8) \cdot \sigma_c^* = 583,5 \text{ Kg cm}$$

S'escull el valor major dels 2 resultats, s'ha de complir que la tensió de la placa deguda al moment flector sigui menor que el límit de fluència de l'acer σ_f .

$$\sigma_c^* = (6 \cdot M^*_{\text{voladís}}) / t^2 \leq \sigma_f$$

Aïllant l'anterior equació i considerant una tensió majorada de l'acer S235JR de 2398 Kg/cm², s'obté l'espessor mínim de la placa :

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M^*_{\text{voladís}}}{\sigma_f}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1.906,2}{2398}} = 2,18 \text{ cm}$$

S'adopta un espessor de la placa de 2,5 cm sense la col·locació de cartel·les de reforç.

Càlcul dels pernys d'ancoratge

Donat que tota la placa treballa a compressió no és necessari els pernys per aguantar els esforços a tracció.

De totes maneres es preveu la col·locació de 4 pernys de de Ø24mm i de 50 cm d'allargada.

F.2. Dimensionat de les cimentacions

Per al càlcul de la fonamentació s'ha intentat simplificar els càlculs i adequar-los a la nova instrucció de formigó estructural (EHE).

Els càlculs s'han realitzat seguint les següents pautes:

- 1) Els elements de la fonamentació s'han dimensionat per resistir les càrregues actuant i les reaccions induïdes de la combinació de càrregues més desfavorable. Després de diverses iteracions amb totes les combinacions possibles, s'arriba a la conclusió que la combinació que sotmet les sabates a condicions més desfavorables de bolcament, lliscament i enfonsament es tracta de la combinació DSTL6
- 2) Les distribucions de pressions sobre el terreny s'han simplificat d'acord a una distribució lineal.
- 3) S'ha considerat que el punt d'aplicació de les càrregues corresponen als punt centrals de la cara superior de les plaques d'ancoratge.
- 4) El coeficient de ponderació de càrregues s'ha establert d'acord amb un control d'execució normal ($\gamma_f = 1.6$).
- 5) Es considera un formigó amb una densitat $\gamma_h = 2,4 \text{ t/m}^3$.
- 6) Es calcula únicament la sabata del pilar més desfavorable de l'estructura, concretament el pilar nº 3.

Les cimentacions es realitzen a partir de sabates rígides lligades mitjançant corretges de formigó armat. Per a la realització dels càlculs es parteix dels següents paràmetres :

- 1) Segons un estudi geo-tècnic es considera un terreny no cohesiu format per sorra fina i amb una tensió màxima admissible de 2 Kg/cm^2 .
- 2) Seients admissibles (estructura metàl·lica hiperestàtica / no coherent) de 50 mm (article 8.5.de la norma NBE-AE-88).
- 3) Angle de fregament intern $\phi = 20^\circ$ (NBE-AE-88, article 9.1).
- 4) Sabates de formigó ($H = 25 \text{ N/mm}^2$) segons EHE : $f_{cd} = 25 \text{ N/mm}^2$.
- 5) Armadura d'acer B-400 S de resistència $F_{yd} = 400 \text{ Mpa}$ (Instrucció EHE).
- 6) Es calcula únicament la sabata del pilar més desfavorable de l'estructura, concretament la sabata del pilar nº 3.

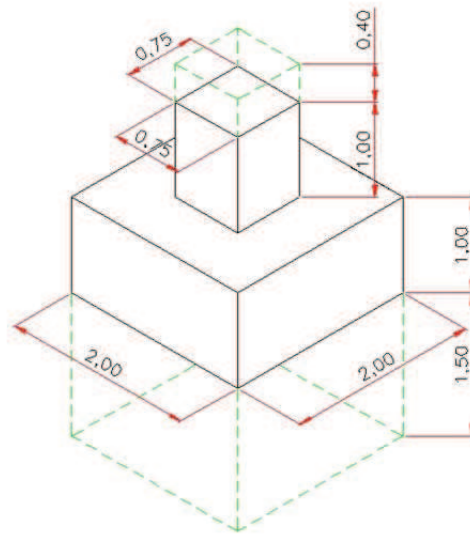
Càlcul de les sabates

Fig.E.1.C Característiques geomètriques de les sabates

I. Comprovació al bolcament :

La primera comprovació que s'ha de fer en sabates sotmeses a moments o forces horitzontals és la seguretat al bolcament. El problema es redueix a comprovar que l'anomenat moment de bolcament afectat per un coeficient de seguretat (per norma 1.5) és inferior al moment estabilitzador, per això es pren moments respecte l'extrem inferior de la sabata.

Càlcul del moment estabilitzador M_e :

Moment estabilitzador M_e (Kg cm)	Força normal N (Kg)	Pes de la sabata P (Kg)	Amplada de la sabata b (cm)
3.541.000	24.460	10.950	200

$$M_e = (N+P) \cdot (b/2) = (24.460+10950) \cdot (200/2) = 3.541.000 \text{ Kg cm}$$

Càlcul del moment bolcador M_b :

Moment bolcador M_b (Kg cm)	Força horitzontal V (Kg)	Moment M (Kg cm)	Altura de la sabata h (cm)
618.375	1.068,9	145.025	200

$$M_b = (M+ V \cdot h) \cdot 1,5 = (145.025+1.068,9 \cdot 250) \cdot 1,5 = 618.375 \text{ Kg cm}$$

Comprovació al bolcament :

$$M_e \geq M_b \quad 3.541.000 > 618.375 \quad \text{Compleix}$$

II. Comprovació al lliscament :

Tot i que les sabates es troben degudament lligades mitjançant corretges de formigó armat, de forma molt desfavorable, es procedeix a calcular la seguretat al lliscament horitzontal prescindint de l'efecte de les corretges . La força de fregament entre la base de la sabata i el terreny o la cohesió d'aquest es prendrà com a única força estabilitzant, menyspreant generalment l'empenta sobre la superfície lateral de la sabata.

Els càlculs requereixen conèixer l'angle de fricció interna del terreny de càlcul minorat. Es pren un valor de 30º per un terreny de sorra i grava segons la norma NBE-AE (article 9.1).

Càlcul de la Força de fregament :

Força de fregament F_f (Kg)	Força normal N (Kg)	Pes de la sabata P (Kg)	Angle de fregament intern θ (º)	Força horitzontal V (Kg)
12.875,8	24.426	10.950	30	1.068,9

$$F_f = (N+P) \cdot \operatorname{Tg}\left(\frac{2}{3} \theta\right) = (24.426+10.950) \cdot \operatorname{Tg}\left(\frac{2}{3} 30\right) = 12.875,8 \text{ Kg}$$

Comprovació al lliscament :

$$F_f \geq V \cdot 1,5 \quad 12.875,8 \geq 1.068,9 \cdot 1,5 \quad 12.875,8 \geq 1.603,35 \quad \text{Compleix}$$

III. Comprovació a l'enfonsament :

Càlcul de l'excentricitat :

Excentricitat e (cm)	Moment M (Kg cm)	Força normal N (Kg)
5,93	145.025	24.426

$$e = M / N = 145.025 / 24.426 = 5,93 \text{ cm}$$

Amb una excentricitat $e = 5,93 \text{ cm} \leq b/6$, el diagrama de tensions és el següent :

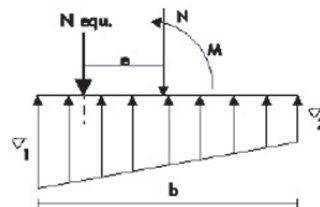


Fig.E.1.D Distribució de tensions trapezoidal

Càlcul de la tensió 1 :

Tensió σ_1 (Kg/cm ²)	Força normal N (Kg)	Moment M (Kg cm)	Longitud del costat a de la sabata (cm)	Amplada de la sabata b (cm)
0,72	24.426	145.025	200	200

$$\sigma_1 = \frac{N}{a \cdot b} + \frac{6M}{a \cdot b^2} = \frac{24.426}{200 \cdot 200} + \frac{6 \cdot 145.025}{200 \cdot 200^2} = 0,72 \text{ Kg/cm}^2$$

Càlcul de la tensió 2 :

Tensió σ_2 (Kg/cm ²)	Força normal N (Kg)	Moment M (Kg cm)	Fondària de la sabata a (cm)	Amplada de la sabata b (cm)
0,5	24.426	145.025	200	200

$$\sigma_2 = \frac{N}{a \cdot b} - \frac{6M}{a \cdot b^2} = \frac{24.426}{200 \cdot 200} - \frac{6 \cdot 145.025}{200 \cdot 200^2} = 0,5 \text{ Kg/cm}^2$$

Comprovació a l'enfonsament:

$$\frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} \leq \sigma_{\text{admissible del terreny}}$$

$$\frac{3 \cdot 0,72 + 0,5}{4} \leq 2$$

$$0,66 \leq 2 \text{ **Complex**}$$

IV. Càlculs a flexió :

Longitud de voladís :

Voladís V (cm)	Amplada de la sabata b (cm)	Amplada de la part superior de la sabata c (cm)
62,5	200	75

$$V = \frac{b-c}{2} = \frac{200-75}{2} = 62,5 \text{ cm}$$

La tensió en aquest punt és :

$$\sigma_m = \frac{(b-V) \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)}{b} + \sigma_2 = \frac{(200-62,5) \cdot (0,72-0,5)}{200} + 0,5 = 0,65 \text{ Kg/cm}^2$$

Les tensions que actuen sobre de les sabates, són les que provenen de les càrregues de l'estructura sense considerar el pes del formigó. Ja que en el procés de comprovació de l'estabilitat a l'enfonsament ja s'han considerat aquests pesos, les tensions per al càlcul de la flexió s'obtidran descomptant les tensions uniformes produïdes per el pes propi de la sabata.

Tensions generades per el pes de la sabata :

Tensió de la sabata σ_{sabata} (Kg/cm ²)	Pes de la sabata (Kg)	Secció de la base (cm ²)
0,27	10.950	40.000

$$\sigma_{\text{sabata}} = P/A = 10.950/40000 = 0,27 \text{ Kg/cm}^2$$

Tensió màxima de càlcul :

Tensió màxima σ_1' (Kg/cm ²)	Tensió de la sabata σ_{sabata} (Kg/cm ²)	Tensió σ_1 (Kg/cm ²)
0,45	0,27	0,72

$$\sigma_1' = \sigma_1 - \sigma_{\text{sabata}} = 0,72 - 0,27 = 0,45 \text{ Kg/cm}^2$$

Tensió en el punt de màxim voladís :

Tensió σ_m' (Kg/cm ²)	Tensió σ_m (Kg/cm ²)	Tensió de la sabata σ_{sabata} (Kg/cm ²)
0,38	0,65	0,27

$$\sigma_m' = \sigma_m - \sigma_{\text{sabata}} = 0,65 - 0,27 = 0,38 \text{ Kg/cm}^2$$

Al tractar-se d'una sabata rígida, s'utilitza el mètode de les bieles i tirants (segons EHE08) per a calcular les resultants del terreny i el seu punt d'aplicació.

Resultant del terreny R1d :

Resultant R1d (Kg)	Tensió màxima σ_1' (Kg/cm ²)	Tensió σ_m' (Kg/cm ²)	Longitud del costat a de la sabata (cm)	Amplada de la sabata b (cm)
8.300	0,45	0,38	200	200

$$R1d = \frac{(\sigma_1' + \sigma_m')}{2} \cdot a \cdot \frac{b}{2} = \frac{(0,45 + 0,38)}{2} \cdot 200 \cdot \frac{200}{2} = 8.300 \text{ Kg}$$

Punt d'aplicació X1 de la resultant :

Punt d'aplicació X1 (cm)	Tensió màxima σ_1' (Kg/cm ²)	Tensió σ_m' (Kg/cm ²)	Fondària de la sabata a (cm)	Amplada de la sabata b (cm)	Resultant R1d (Kg)
22,35	0,45	0,38	200	200	8.300

$$X1 = \frac{\left(\frac{b^2}{4} \cdot \frac{2 \cdot \sigma_1' + \sigma_m'}{6}\right) \cdot a}{R1d} = \frac{\left(\frac{200^2}{4} \cdot \frac{2 \cdot 0,45 + 0,38}{6}\right) \cdot 200}{8.300} = 51,2 \text{ cm}$$

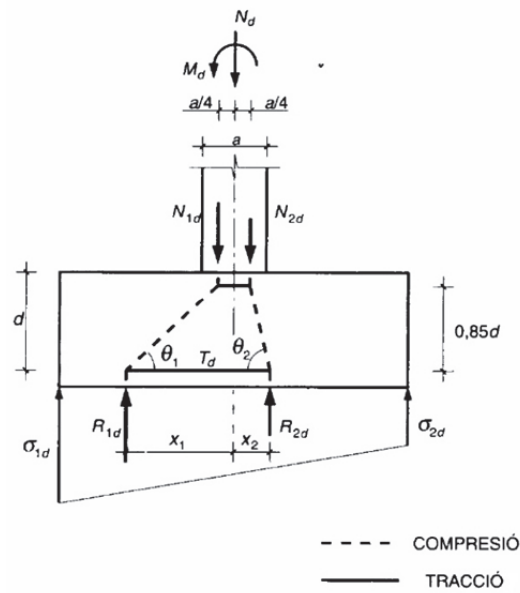


Fig.E.1.E Modelització de la teoria de les bieles i tirants (EHE08)

Càlcul de la tensió Td a la zona de tracció :

Td (Kg)	Resultant R1d (Kg)	Profunditat d (cm)	Punt d'aplicació X1 (cm)	Amplada a' (cm)
3.168	8.300	100	51,2	75

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (X_1 - (0,25 \cdot a')) = \frac{8.300}{0,85 \cdot 100} \cdot (51,2 - (0,25 \cdot 75)) = 3.168 \text{ Kg}$$

Majoració de Td → Td* = 1,6 3.168 = 5068,8 Kg

V. Dimensionat de l'armadura principal (part inferior de la sabata):

Es dissenya la sabata de forma que els esforços de tracció localitzats a la part inferior, siguin absorbits per una armadura formada per barres corrugades d'acer B400S. La secció d'acer necessària i la disposició geomètrica d'aquesta armadura es calcula a continuació .

Àrea mínima i necessària d'acer segons tensió màxima de tracció :

Àrea mínima d'acer A (mm²)	Esfors de tracció Td* (N)	Resistència de l'acer Fyd (N/mm²)
124,18	49.674,24	400

$$A = \frac{T_d^*}{F_{yd}} = \frac{49.674,24}{400} = 124,18 \text{ mm}^2$$

per armadura mínima tenim que:

$$\rho \geq 0.0015$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h = 0.0015 \cdot 200 \cdot 100 = 30 \text{ cm}^2 \quad A_s = \rho \cdot b \cdot h = 0.0015 \cdot 250 \cdot 100 = 37.5 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 15 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Ø}16 \quad \text{i per tant } 1\text{Ø}16\text{c}/20\text{cm}$$

$$A = 50 \times 250 \times 0.0015 = 18.75 \text{ cm}^2 \quad U = A \cdot f_{yd} = 83152.17$$

$$\frac{U \cdot 2 \cdot a_1}{a + a_1} = 83152.17 \Rightarrow 1\text{Ø}16\text{c}/25 \quad \text{cara llarga}$$

Dimensionat de l'armadura principal (part superior de la sabata):

Arm. min. geomètrica $A_{s_{min}} \geq 0.004 \cdot b \cdot h = 0.004 \cdot 75 \cdot 75 = 22,5 \text{ cm}^2$

\Rightarrow no compleix

$$A_s \geq 0.1N \Rightarrow 165100/1.15 \geq 0.1N$$

$$\rho = \frac{16}{75 \cdot 75} = 0.00284$$

$$\omega = 0.15$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \Rightarrow A_s = 31.70$$

\Rightarrow Armadura 12Ø16, i 1eØ6c/20cm amb r=5

$$\rho_{min} = 0.028$$

$$g = \frac{N_{max}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = 0.0065$$

$$\mu = \frac{M_{max}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = 9.59 \cdot 10^{-3}$$

armadura de 8Ø16

Cèrcols

Tallants		
Pilar	Rx (V)	Ry (V)
	Kg	Kg
3	-1.068,9	-165,62

$$\text{Tallant màxim } V_{rd}: \sqrt{1.068,9^2 + 165,62^2} = 1081,65 \text{ Kg}$$

$$f_{CK} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{VK} = 4081 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{rd} \leq 0.3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d \quad \Rightarrow \quad 1081,65 \leq 0.3 \cdot \frac{250}{1.5} \cdot 75 \cdot 68 = 255.000 \quad \text{Compleix}$$

$$V_C = 0.1 \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{100 \cdot \rho \cdot f_{CK}} \cdot b \cdot d = 0.11 \cdot 1.54 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 0.00426 \cdot 25 \cdot 75 \cdot 68} = 17.278 \text{ Tn}$$

$$\text{on } \rho = \frac{24}{75 \cdot 75} = 0.00426 \quad \text{i} \quad \xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{680}} = 1.54$$

\Rightarrow Armadura 1eØ6c/20cm

F.3. Murs de formigó armat amb quantia mínima

Les dimensions dels murs són:

Alçada=2,4m
Amplada=240mm i 200mm

Per el mur de 240mm d'amplada tenim:

$$A_s = 0.0009 \cdot 100 \cdot 24 = 2.25 \text{ cm}^2$$

per tant es té com a armadura vertical 1Ø10c/30cm i

$$A_s = 0.0032 \cdot 100 \cdot 24 = 8 \text{ cm}^2 \quad \text{i} \quad S_{\text{Ø}10} = 0.8 \rightarrow 5$$

i per tant es té com a armadura horitzontal 1Ø10c/20cm per cara.

Per el mur de 200mm tenim:

$$A_s = 0.0009 \cdot 100 \cdot 20 = 1.8 \text{ cm}^2$$

per tant es té com a armadura vertical 1Ø10c/30cm i

$$A_s = 0.0032 \cdot 100 \cdot 20 = 6.4 \text{ cm}^2$$

i per tant es té com a armadura horitzontal 1Ø10c/25cm per cara.

F.4. Murs del fossat

Densitat del sòl=1.8Tn/m³

Angle de fregament intern:

Zona 1=30.48°

Zona 2=35°

f_{CK}=250kg/cm²

Acer f_{YK}=5100kg/cm²

Es calcula com un dipòsit de planta rectangular.

a=4.64 b=5.01 c=3.505

canto murs verticals: 3.505/10=35cm

solera ≥ murs verticals ⇒ 40cm

recobriment C=4.7cm

Coefficient seguretat: γ_c=1.5

γ_s=1.15 γ_f=1.5

Obertura màxima fisures: ω=0.2mm

Comprovació del gruix de les parets per esforços tallants sense armat transversal.

$$\gamma_f \cdot v \leq 0.5 \cdot f_{vd} \cdot (1 - \delta) \cdot (1 + 50 \cdot \rho) \cdot \delta$$

$$h/d=3.5/5.0=0.7 \quad v_{\max}=0.375 \cdot 1.5^2=9.37 \text{Tn/m}$$

$$\rho=0.002 \text{ cantell útil} \quad \delta=\varepsilon \cdot 0.917 \cdot \varnothing/2=0.295 \text{m}$$

$$\gamma_f = 1.5 \quad f_{vd} = \sqrt{0.9 \cdot \frac{250}{1.5}} = 6.12 \text{kg/cm}^2 \Rightarrow 61.2 \text{Tn/m}^2$$

per formigonat vertical

$$\gamma_f v_{\max} = 1.5 \cdot 9.37 = 14.055 \text{Tn/m}^2 \quad \text{Compleix}$$

Armatures a flexió:

$$\text{Armadura encastament de la paret bxh} \quad h/b=0.7$$

$$\text{Per } \omega=0.2 \text{mm} \quad \rho_{\min}=0.0015 \quad \rho = \frac{As}{b \cdot h} \Rightarrow As = 5.25 \text{m}^2$$

$$m_{vc} = 0.057 \cdot \delta \cdot h^3 = 2.44 \text{Tnm/m}$$

$$K = \frac{7.5 \text{m}}{(1.39 - e) \cdot e^2 \cdot 10^4} = 0.0143$$

$$\text{quantia mecànica} \quad \omega = \frac{As \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} = 0.0473$$

Comprovació a ruptura:

El canto útil és 29.5cm

$$\text{Formigonat vertical} \quad 0.9 \cdot f_{cd} = 150 \text{kg/cm}^2$$

$$\text{Esgotament} \quad \mu = \omega \cdot (1 - 0.6 \cdot \omega) = 0.045$$

$$m_u = \mu \cdot b \cdot \delta^2 \cdot (0.9 \cdot f_{cd}) = 5.87 \text{Tnm/m}$$

$$\gamma_f = \frac{5.87}{2.44} = 2.40 \quad \text{Compleix}$$

Armadura horitzontal per encastament de la paret major:

$$\text{bxh} \quad b/h=0.7$$

$$m_{he} = 0.042 \cdot \delta \cdot h^3 = 1.80 \text{Tnm/m}$$

$$K = \frac{7.5 \cdot 1.8}{(1.39 - 0.295) \cdot 0.295^2 \cdot 10^4} = 0.0141$$

tenint en compte la tracció degut a la empenta hidrostàtica...

$$bxh \quad h/b=0.7575 \quad \beta_p=0.275 \quad \delta_{sadm}=1000\text{kp/cm}^2$$

$$A_{bp} = 2.23 \text{ cm}^2/m$$

es distribueix entre els dos costats de la paret:

$$5.25+2.23/2=6.3665\text{cm}^2$$

Resta armadures:

$$axh \quad h/a=0.7575$$

$$m_{ve} = 0.046 \cdot \delta \cdot h^3 = 1.97 \text{ Tn}\cdot\text{m}/m$$

$$K = \frac{7.5m}{(1.39 - e) \cdot e^2 \cdot 10^4} = 0.0116$$

armadura mínima 5.25cm²

Comprovació a ruptura:

$$\omega=0.0473 \quad \mu=0.045 \quad m_u=3.45\text{Tn}\cdot\text{m}/m$$

$$\gamma_f=3.45/2.23=1.54 \quad \text{Compleix}$$

Armadura horitzontal per encastament de la paret menor:

$$axh=h/a=3.5/4.64=0.7543$$

$$m_{ne}=0.040 \cdot \delta \cdot 3.5^3=1.715\text{Tn}\cdot\text{m}/m \quad K<0.02$$

i tenint en compte la tracció degut a la empenta hidrostàtica...

$$bxh \quad h/b=0.7 \quad \beta_p=0.26 \quad \delta_{sadm}=1000\text{kp/cm}^2$$

$$A_{ap} = 2.27 \text{ cm}^2/m$$

$$5.25+2.27/2=6.385\text{cm}^2$$

Fondo placa (e'=0.40m)

$$P=0.35 \cdot 3.5 \cdot 2.5\text{Tn}/m^3$$

$$m_{ae}=0.10 \cdot P \cdot (a+b)=3.38\text{Tn}\cdot\text{m}/m$$

$$m_{be}=0.10 \cdot P \cdot (a+b) \cdot a/b=3.13\text{Tn}\cdot\text{m}/m$$

$$K = \frac{7.5m}{(1.39 - e) \cdot e^2 \cdot 10^4} = 0.0184$$

$$K_{\text{mac}}=1.48 \cdot 10^{-2} \quad \text{armadura mínima}$$

$$\rho=0.0015 \cdot 100 \cdot 40=6\text{cm}^2$$

$$\text{permetre} \quad (5.01 \cdot 2)+(4.64 \cdot 2)=19.3 \quad 8.5/19.3=0.44\text{Tn}$$

tenint en compte la tracció:

$$h/b=0.7 \quad \beta_f=0.48$$

$$A_{af} = \frac{\beta_f \cdot h^2 \cdot \delta}{2 \cdot \sigma_{sadm}} = 2.94$$

$$A_a=6\text{cm}^2+2.94/2=7.47\text{cm}^2$$

$$h/a=0.75 \quad \beta_f=0.465$$

$$A_{bf} = \frac{\beta_f \cdot h^2 \cdot \delta}{2 \cdot \sigma_{sadm}} = 2.85$$

$$A_b=6\text{cm}^2+2.85/2=7.4240\text{cm}^2$$

Armadures superiors de la placa de fondo:

$$m_{be}=m_{ve}=2.44\text{Tn} \cdot \text{m/m}$$

$$K = \frac{7.5 \cdot m_{be}}{(1.39 - e) \cdot e^2 \cdot 10^4} = 0.01155$$

i afegint armadura de tracció: $A=7.47\text{cm}^2$ cara b

$$m_{be}=m_{ve}=1.97\text{Tn} \cdot \text{m/m}$$

$$K = \frac{7.5 \cdot m_{be}}{(1.39 - e) \cdot e^2 \cdot 10^4} = 0.01155$$

i afegint armadura de tracció: $A=7.42\text{cm}^2$ cara a

$$\text{paret major:} \quad b \times h=5.01 \times 3.5 \quad b/h=0.7 \quad m_{vm}=0.013$$

$$\text{paret menor:} \quad a \times h=4.64 \times 3.5 \quad a/h=0.75 \quad m_{vm}=0.013$$

$$m_{vm}=0.013 \cdot \delta \cdot h^3=0.5573\text{Tn} \cdot \text{m/m}$$

$$K = \frac{7.5 \cdot 0.5573}{(1.39 - 0.35) \cdot 0.35^2 \cdot 10^4} < 0.02$$

armadura mínima 5.25cm^2 Compleix

$$\text{paret major:} \quad b \times h=5.01 \times 3.5 \quad b/h=0.7 \quad m_{hm}=0.019$$

$$m_{hm}=0.019 \cdot \delta \cdot h^3=0.8146\text{Tn} \cdot \text{m/m}$$

$$K = \frac{7.5 \cdot m_{hm}}{(1.39 - e) \cdot e^2 \cdot 10^4} < 0.02$$

armadura mínima 5.25cm^2

Tracció cara h/a: $2.85/2$ a/h=0.018

Tracció cara h/b: $2.94/2$

$$m_{hm}=0.018 \cdot \delta \cdot h^3=0.77\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$$

$$K = \frac{7.5 \cdot m_{hm}}{(1.39 - e) \cdot e^2 \cdot 10^4} < 0.02$$

armadura mínima 5.25cm^2

Cara bxh: $5.25+2.85/2=6.675\text{cm}^2 \cdot m_{hm}$

Cara axh: $5.25+2.94/2=6.72\text{cm}^2 \cdot m_{hm}$

Resum del ferrallat del fossat :

Placa	Armadura tipus	Moment de servei	Armadura total A (cm ²)	Ø-S
Pared 5.01x3.5	1	M_{vm}	5.25cm^2	Ø12c/20
Pared 5.01x3.5	2	-	5.25cm^2	Ø12c/20
Pared 5.01x3.5	3	$M_{ve}=2.44\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$	5.25cm^2	Ø12c/20
Fondo 5.01x4.64	4	$M_b=3.13\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$	$6+2.85/2=7.4240\text{cm}^2$	Ø16c/25
Fondo 5.01x4.64	5	Solapo	-	Ø16c/25
Fondo 5.01x4.64	6	-	7.42cm^2	Ø16c/25
Pared 5.01x3.5	7	$M_{hm}=0.8146$	$5.25+2.85/2=6.675\text{cm}^2$	Ø12c/16
Pared 5.01x3.5	8	$M_{he}=1.80\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$	$5.25+2.23/2=6.3665\text{cm}^2$	Ø12c/16
Pared 5.01x3.5	9	Reforç	-	Ø12c/16
Pared 4.64x3.5	1	M_{vm}	5.25cm^2	Ø12c/20
Pared 4.64x3.5	2	-	5.25cm^2	Ø12c/20
Pared 4.64x3.5	3	$M_{ve}=1.97\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$	5.25cm^2	Ø12c/20
Fondo 5.01x4.64	4	$M_a=3.38\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$	$6+2.94/2=7.47\text{cm}^2$	Ø16c/25
Fondo 5.01x4.64	5	Solapo	-	Ø16c/25
Fondo 5.01x4.64	6	-	7.47cm^2	Ø16c/25
Paret 4.64x3.5	7	$M_{hm}=0.77\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$	$5.25+2.94/2=6.72\text{cm}^2$	Ø12c/16
Paret 4.64x3.5	8	$M_{he}=1.71\text{Tn}\cdot\text{m}/\text{m}$	$5.25+2.27/2=6.385\text{cm}^2$	Ø12c/16
Paret 4.64x3.5	9	Reforç	-	Ø12c/16