



Universitat de Lleida

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària

Enginyeria de Forests

Projecte Final de Carrera

**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE PELLETS DE
FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ, PALLARS SOBIRÀ**

AUTOR: Albert Vidal Feliu

DIRECTOR: Jorge Lampurlanés Castel

setembre de 2014

A les meves dones. ;-)

La Eu, la Jana i la Txell.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



MEMORIA



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Índex

Dades Generals del Projecte	15
Objectiu del Projecte.....	15
Objecte del Projecte.....	15
Situació	15
Antecedents	16
Descripció del Projecte.....	16
Descripció de la instal·lació industrial.....	16
Descripció del procés productiu.....	18
Qualitat del producte	18
Diferents tipus de matèria prima	19
Fusta en roll.....	19
Estella forestal.....	19
Subproducte de les indústries de la fusta de la comarca.....	20
Procés de fabricació	20
Parc de matèria prima.....	20
Procés de assecat i magatzem de estella seca	21
Molta	21
Fabricació de pellet	21
Refredat.....	22
Emmagatzematge.....	22
Anàlisi del mercat de la Biomassa	25
Pressupost	29
Anàlisi financer de la planta	31
Horitzó del projecte	31
Anàlisi de la inversió inicial	31
Despeses derivades del funcionament ordinari de la planta.....	32
Anàlisi dels ingressos.....	32
Anàlisi de la viabilitat de la planta en funció de diferents escenaris.	34
Escenari Normal	35



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Escenari Optimista	36
Escenari Pessimista	37
Anàlisi	38
Bibliografia	39
Annex 1 ubicació del projecte.....	43
Disponibilitat del recurs	43
Situació d'indústries semblants	43
Disponibilitat de sòl industrial.....	44
Alternatives al sòl industrial.....	48
Determinació de la ubicació final.....	49
Normativa de carreteres	51
Zones inundables	54
Annex 2 Dimensionat de la instal·lació	57
Quantitat de producte acabat.....	57
Dimensionat del procés de fabricació.....	58
Volum del parc d'estella.....	58
Capacitat de la maquinària.	59
Magatzem d'estella seca.....	60
Capacitat de la garbell, molí, granuladora, refredadora i bisinfins i cintes de transport.	60
Magatzem de pellet a granel.....	61
Magatzem de producte paletitzat.....	61
Dimensions i distribució de la nau	62
Fitxes de les màquines	63
Annex 3 compliment de la normativa de seguretat contra incendis.....	75
Caracterització dels establiments industrials en relació amb la seguretat contra incendis (annex I).....	75
Establiment	75
Característiques dels establiments industrials per la seva configuració i ubicació en relació amb el seu entorn	76
Caracterització dels establiments industrials pel seu nivell de risc intrínsec	76
Requisits constructius dels establiments industrials segons la seva configuració, ubicació i nivell de risc intrínsec (annex II).....	81



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Sectorització dels establiments industrials.....	81
Materials	82
Estabilitat al foc dels elements constructius portants	82
Mesures en cas d'evacuació.....	83
Ventilació i eliminació de fums i gasos de la combustió	84
Risc de foc forestal	85
Requisits de les instal·lacions de protecció contra incendis dels establiments industrials (annex III).....	85
Justificació de la no col·locació de hidrants	86
Annex 4 estudi geotècnic	89
Introducció	89
Metodologia de treball.....	89
Estudi d'antecedents.....	89
Estudi geològic de camp.....	89
Reconeixement de camp mitjançant sondejos mecànics.	89
Descripció geològica i geotècnica.	90
Materials.	90
Hidrologia Subterrània	91
Recomanacions	91
Excavació	91
Fonamentació.....	92
Conclusions	93
Annex 5 Estructura Nau Fabricació	97
Descripció de la nau	97
Sistema estructural	100
Caracterització dels materials de coberta.....	103
Elecció del sistema	104
Càlcul de les accions.....	107
Acció de vent.....	107
Acció de neu	122
Sisme	122



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRA



Sobrecàrrega d'ús.....	123
Càrregues permanents en coberta.....	123
Càrregues permanents en forjat.....	123
Separació de les corretges.....	125
Anàlisi de la estructura.....	126
Pòrtic de testera.....	129
Pòrtic tipus.....	133
Altres barres.....	137
Desplaçament de nusos.....	142
Elements de forjat.....	143
Unions.....	144
Fonamentació.....	147
Placa d'ancoratge.....	148
Bolons i cartel·les.....	149
Sabates.....	150
Sabates combinades.....	164
Cimentació sobre el mur de sitja-pulmó.....	172
Foc.....	179
Annex 6 Estructura Nau Magatzem.....	183
Descripció de la nau.....	183
Sistema estructural.....	183
Caracterització dels materials de coberta.....	185
Càlcul de les accions.....	186
Acció de vent.....	186
Acció de neu.....	190
Sisme.....	190
Sobrecàrrega d'ús. Manteniment.....	191
Càrregues permanents en coberta.....	191
Separació de les corretges.....	192
Anàlisi de la estructura.....	193
Pòrtic de testera.....	195



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Pòrtic tipus	201
Altres barres	205
Desplaçament de nusos	209
Unions	210
Mòdul de rigidesa.....	210
Comprovació de la unió.....	212
Fonamentació.....	213
Placa d'ancoratge	214
Bolons i cartel·les	215
Sabates	216
Foc	225
Nus corona	225
Nus de la clau i unió de les corretges.....	225
Unió de la base del pilar amb la fonamentació.....	226
Annex 7 Instal·lació de tremuges per material a granel	229
Accions considerades	229
Pes en buit.....	229
Pes ple	229
Acció de vent.....	229
Resultants de les accions a la base dels pilars	234
Sabata de cimentació	237
Annex 8 Paviments.....	245
Dades per al càlcul.....	245
Qualitat de la explanada	245
Nivell de trànsit esperat.....	245
Tipus de formigó	246
Disposició de les juntes	246
Paviments a formar	247
Annex 9 Instal·lació Elèctrica Alta Tensió.....	251
Reglamentacions i disposicions oficials i particulars.....	251
Descripció de la instal·lació.....	252



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Traçat.....	252
Creuaments i paral·lelismes.	252
Classe d'energia.....	252
Materials.	252
Conductors, entroncaments i aparellament elèctric.	252
Posada a terra.	253
Annex 10 Centre Transformador.....	259
Reglamentacions i disposicions oficials i particulars.....	259
Emplaçament.	260
Característiques generals del CT	260
Programa de necessitats i potència instal·lada.....	260
Obra civil.....	260
Local.	260
Edifici de transformació.	261
Cimentació.	261
Solera, paviment i tancaments exteriors.	261
Coberta.....	262
Pintures.	262
Varis.....	262
Instal·lació elèctrica.....	262
Xarxa alimentació.....	262
Aparellament AT	263
Aparellament BT.....	264
Mesura de la energia elèctrica.	265
Posta a terra.	265
Terra de protecció.....	265
Terra de servei.....	265
Instal·lacions secundàries.....	265
Enllumenat.	265
Protecció contra incendis.....	266
Ventilació.....	266



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Mesures de seguretat.	266
Annex 11 Instal·lació Elèctrica Baixa Tensió.....	279
Reglamentació i disposicions oficials i particulars.	279
Classificació d'emplaçaments.....	279
Escomesa.....	280
Instal·lacions d'enllaç.	281
Caixa de protecció i mesura.	281
Derivació individual.	282
Dispositius generals i individuals de comandament i protecció.	283
Instal·lacions interiors.	284
Selecció d'equips elèctrics.....	284
Conductors.	285
Identificació de conductors.....	286
Subdivisió de les instal·lacions.	286
Equilibrat de càrregues.	286
Resistència d'aïllament i rigidesa dielèctrica.	286
Connexions.	287
Sistemes d'instal·lació.	287
Protecció contra sobreintensitats.	292
Protecció contra sobretensions.	293
Categories de las sobretensions.....	293
Mesures per al control de les sobretensions.	294
Selecció dels materials a la instal·lació.	295
Protecció contra contactes directes i indirectes.....	295
Protecció contra contactes directes.....	295
Protecció contra contactes indirectes.....	296
Postes a terra.	296
Unions a terra.....	297
Conductors de equipotencialitat.....	299
Resistència de las preses de terra.	299
Preses de terra independents.	299



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Separació entre les preses de terra de les masses de les instal·lacions d'utilització i de les masses d'un centre de transformació.....	300
Revisió de las preses de terra.....	300
Receptors d'enllumenat.....	301
Receptors a motor.....	302
Annex 12 Estudi de Seguretat i Salut	331
Annex 13 Anàlisi Financer	483
Horitzó del projecte	483
Anàlisi de la inversió inicial	483
Solar.....	484
Maquinària	484
Costos de transport, muntatge, instal·lació i engegada de la maquinària necessària.....	485
Formació del personal.....	485
Llicència i permisos	485
Inversió inicial.....	485
Despeses derivades del funcionament ordinari de la planta	485
Matèria prima	486
Despeses de personal.....	487
Despeses en energia elèctrica	488
Despeses en manteniment de maquinària	489
Despeses de funcionament de l'oficina i administració.....	489
Despeses de finançament	490
Impostos.....	490
Despeses de funcionament.....	490
Anàlisi dels ingressos.....	491
Anàlisi de la viabilitat de la planta en funció de diferents escenaris.	492
Escenari Normal	493
Escenari Optimista	495
Escenari Pessimista	497

Índex de figures

fig. 1 Tipus de fusta permesos per la producció de pellets de fusta. Extret de “Manual para la certificación de pellets de madera para usos térmicos”. 2013, European Pellet Council.....	19
fig. 2 Procés de producció de pellet. Font pròpia	22
fig. 3 Calderes de biomassa instal·lades a Catalunya anteriors a 2006	26
fig. 4 Calderes de biomassa instal·lades a Catalunya l'any 2009	27
fig. 5 Calderes de biomassa instal·lades a Catalunya l'any 2012	27
fig. 6. Plantes de pellets a Espanya	44
fig. 7. Captura de pantalla. Sòl industrial al Pallars Sobirà.....	44
fig. 8. Captura de pantalla. Sòl industrial a L'Alta Ribagorça	45
fig. 9. Captura de pantalla. Sòl industrial a L'alt Urgell	45
fig. 10. Captura de pantalla. Sòl industrial a La Vall d'Aran	45
fig. 11. Captura de pantalla. Sòl industrial al Pallars Jussà.....	46
fig. 12. Captura de pantalla. Sòl disponible a La Vall d'Aran.....	47
fig. 13. Captura de pantalla. Sòl disponible al Pallars Jussà	48
fig. 14. Zones protegides. ENPE i Xarxa Natura 2000.....	50
fig. 15. Parcel·les cadastrals	50
fig. 16. Determinació de les parcel·les definitives.....	51
fig. 17. Afectació normativa de carreteres.....	53
fig. 18. Zones inundables, període de retorn de 500 anys.....	54
fig. 19 càlcul del volum de les piles d'estella.....	59
fig. 20. Volum del magatzem intermedi d'estella	60
fig. 21 Volum del parc de pellet a granel	61
fig. 22 Vistes magatzem	62
fig. 23 Distribució inicial i futura ampliació.....	62
fig. 24 configuració tipus C.....	76
fig. 25 Configuració tipus E.....	76
fig. 26. Dimensions de la nau de fabricació, i flux de processos.....	98
fig. 27 distribució nau fabricació, prevista per duplicar la capacitat	99
fig. 28 Pòrtic tipu	101
fig. 29 Pòrtic amb forjat	101
fig. 30 Pòrtic sobre el mur de sitja	102
fig. 31 Testera principal.....	102
fig. 32 Testera posterior	103
fig. 33 Placa d'unió tipus ocult	103
fig. 34 Panell sandwich de coberta Thermochip TKH. Font	105
fig. 35 Detall coberta.....	106
fig. 36 Modificació dels valors de Cp a sotavent.....	108
fig. 37 Coeficient de pressió per als paraments verticals.....	108
fig. 38 Vent transversal façana. Blau pressió, vermell succió.	110

fig. 39 Vent longitudinal façana. Blau pressió, vermell succió	111
fig. 40 Vent transversal 1 vessants extrems coberta, hip 1. Blau pressió, vermell succió	113
fig. 41 Vent transversal 1 vessants extrems coberta, hip 2. Blau pressió, vermell succió	113
fig. 42 Vent transversal 2 vessants extrems coberta. Blau pressió, vermell succió	114
fig. 43 Vent longitudinal vessants extrems coberta. Blau pressió, vermell succió	116
fig. 44 Vent transversal vessants centrals coberta. Blau pressió, vermell succió	117
fig. 45 Vent longitudinal vessants centrals coberta. Blau pressió, vermell succió	119
fig. 46. Geometria accions vent transversal hipòtesi 1	120
fig. 47 Geometria accions vent transversal hipòtesi 2	120
fig. 48. Geometria accions vent longitudinal	121
fig. 49. Fitxa tècnica del panell sandwich	125
fig. 50 Fusta contralaminada	143
fig. 51 Nus central	145
fig. 52 Nus 1. Unió oculta	146
fig. 53 Nus 2. Unió per cargols	146
fig. 54 Nus 3. Unió per cargols	146
fig. 55. Placa de ancoratge entre pilar i sabata de cimentació	147
fig. 56 Càlcul de plaques d'ancoratge. Font manual del software Estrumad	148
fig. 57 Eixos i situacions de càlcul de les sabates. Font manual del software Estrumad	151
fig. 58 Agrupació de sabates de cimentació per tipologies	154
fig. 59 sabates combinades	155
fig. 60 Sabata Combinada de cantonada	165
fig. 61 Sabata combinada 2	167
fig. 62 Sabata combinada 3	170
fig. 63 Detall del mur en el centre de la nau	172
fig. 64 Pòrtic tipo	183
fig. 65 Testera	184
fig. 66 Nus semi-rígid	184
fig. 67 Detall coberta	185
fig. 68 Coeficient de pressió per als paraments verticals	187
fig. 69 Vent transversal façana. Blau pressió, vermell succió.	188
fig. 70 Vent longitudinal façana. Blau pressió, vermell succió	189
fig. 71. Fitxa tècnica del panell sandwich	192
fig. 72. Esquema del nus tipus corona. Font CTE SE-M	210
fig. 73. Moviment del nus i càrregues que l'originen	210
fig. 74. Distribució dels pern	211
fig. 75. Placa de ancoratge entre pilar i sabata de cimentació	213
fig. 76 Càlcul de plaques d'ancoratge. Font manual del software Estrumad	214
fig. 77 Eixos i situacions de càlcul de les sabates. Font manual del software Estrumad	217
fig. 78 Agrupació de sabates de cimentació per tipologies	220
fig. 79 Reculada de les plaques de connexió tipus ocult	226



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



fig. 80 Unió tipus oculta	226
fig. 81 Acció de vent. Blau pressió, vermell succió.....	230
fig. 82 Coeficient de pressió per als paraments verticals.....	232
fig. 83 Accions en pilars.....	234
fig. 84 Planta de cimentació de la tremuja	242



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRA



Índex de taules

Taula 1 IDAE. Informe de Preus Energètics, Agost de 2013.....	25
Taula 2 Producció anual de pellets	32
Taula 3 Previsió màxima d'ingressos.....	33
Taula 4 Plantes de pellets més properes	43
Taula 5. Inventari cadastral	51
Taula 6 Producció anual de pellet	57
Taula 7. Equivalències de material en funció del contingut d'humitat.....	59
Taula 8 Densitat de càrrega de foc en sector de fabricació	78
Taula 9 Densitat de càrrega de foc en les diferents àrees d'emmagatzematge.....	80
Taula 10 Nivell de Risc intrínsec de l'establiment industrial.....	81
Taula 11 resum Àrees/Sectors d'incendi.....	81
Taula 12 caracterització dels apilaments	82
Taula 13 Dimensions de elements de pas.....	83
Taula 14 dimensions elements de pas en parcs a l'aire lliure.....	83
Taula 15 càlcul de la ventilació i eliminació de fums i gasos de la nau magatzem de paletitzats.	84
Taula 16. Instal·lacions de protecció contra incendis	85
Taula 17. Càlcul del dipòsit de reserva d'aigua contra incendis.....	86
Taula 18. Justificació de la no instal·lació de hidrants	86
Taula 19 Accions de vent afegides de forma manual.....	121
Taula 20 Elements de unió nusos principals	145
Taula 21 condicions de disseny del mur-sitja.....	173
Taula 22 Accions de vent afegides de forma manual.....	189
Taula 23 Combinacions d'hipòtesis.....	193
Taula 24 Accions de vent en pilars	233
Taula 25 Resum de paviments	247
Taula 26 cost de la maquinària	484
Taula 27 Inversió inicial	485
Taula 28 Cost de la matèria prima	487
Taula 29 Costos Salarials	488
Taula 30 Tarifa compra electricitat en Alta Tensió	489
Taula 31 Cost anual de l'energia elèctrica.....	489
Taula 32 Despeses de funcionament ordinari.....	490
Taula 33 Producció anual de pellets	491
Taula 34 Previsió màxima d'ingressos.....	491



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ, PALLARS SOBIRÀ



Dades Generals del Projecte

Objectiu del Projecte

El present projecte té com a objectiu, dissenyar, calcular, descriure i valorar les obres i instal·lacions necessàries per a la implantació d'una indústria de fabricació de pellets de fusta a partir de la biomassa disponible a la comarca del Pallars Sobirà, província de Lleida, per a la seva venda posterior, i avaluar la seva viabilitat financera.

Objecte del Projecte

En aquest sentit, en aquest projecte es cerca la òptima localització de la planta, es dimensiona un parc de fusta en roll i un parc d'estella per alimentar una instal·lació industrial de producció de pellets, es determina el procediment de fabricació i la maquinària necessària per aquest procés, es dissenyen les naus necessàries per allotjar el procés i les oficines annexes, complint amb els diferents codis vigents, tant de seguretat estructural, com de seguretat contraincendis, o altres, i es determina el volum de emmagatzematge necessari per cobrir la producció, tant en nau per allotjar material paletitzat, com en tremuges per emmagatzematge de material a granel.

Al mateix temps, es calculen les estructures de les naus i les cimentacions tant de naus com de la bateria de tolves, es defineixen els paviments, i les instal·lacions contra incendis, es dimensiona la instal·lació elèctrica i es valora el conjunt de les obres i instal·lacions projectades.

En un últim pas s'efectua un anàlisi financer, a partir de les dades del projecte constructiu, i el cost tant de maquinària com d'operació, per tal d'avaluar la conveniència o no de dur a terme el projecte.

Situació

A data de redacció del present projecte, no hi ha disponibilitat de sòl industrial en cap població del Pallars Sobirà, Alta Ribagorça i Alt Urgell. Al Pallars Jussà només hi ha disponibles 6.130 m², que resulten manifestament insuficients per tal d'implantar la indústria que es preveu. A la Vall d'Aran, ens trobem en una situació similar, amb només 2.914 m² de sòl industrial disponible.

Segons el que estableix el Text Refós de la Llei d'Urbanisme¹, al seu article 47.6.a s'admeten noves construccions pròpies d'una explotació de recursos naturals procedents d'activitats extractives, incloent les instal·lacions destinades al primer tractament i a la selecció d'aquests recursos. Clarament el nostre cas.

¹ http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/Territori%20i%20mobilitat/02_Activitat%20urbanistica/Comissions%20urbanisme/4%201%20Marc%20legal/DOCS/TRLUC_2012_indexat.pdf



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ, PALLARS SOBIRÀ



S'ha cercat per tant, una superfície sensiblement plana i propera al nucli de Llavorsí per la seva ubicació centrada i propera a les principals carreteres de la comarca. La instal·lació industrial es situarà a les parcel·les 7, 8, 10, 12, 34 i 208 del Polígon 2 del TM de Llavorsí.

Les parcel·les on s'ubicarà la indústria, son parcel·les rústiques, amb el que caldrà complir escrupolosament amb allò establert a la vigent llei d'Urbanisme, Decret legislatiu 1/2010.

Antecedents

L'objectiu que té la implantació de la indústria, és cobrir les necessitats detectades de sortida dels excedents de biomassa de la comarca que fan que aquesta s'acumuli als boscos en 80.000 m³/any, amb el consegüent risc d'incendi de les masses boscoses, per acumulació de combustible.

Tenint en compte limitacions comercials, ecològiques, d'accessibilitat i silvícoles, i segons el *Pla estratègic d'aprofitament energètic dels boscos del Pallars Sobirà*² es quantifica en unes 20.000 tones /any la quantitat de matèria accessible i apta per a biomassa d'usos tèrmics a la comarca, de les quals se'n pretén aprofitar la meitat aproximadament.

Descripció del Projecte

Descripció de la instal·lació industrial

El disseny de la instal·lació s'ha fet pensant en un flux lineal de material, de forma que l'abastament de fusta en roll es realitza per un extrem de la planta, es passa al parc d'estella a través del procés d'estellat, i d'aquí s'accedeix a l'alimentació de la planta de fabricació pròpiament dita. Un cop acabat el procés, l'emmagatzematge de producte acabat s'efectua a l'extrem oposat de la planta, de manera que es busca minimitzar els moviments de matèria. De la mateixa manera, a l'interior de la nau de fabricació, s'ha buscat seguir el mateix principi de direccionalitat.

La disposició constructiva i la ubicació tant en la determinació de la parcel·la com la distribució de les instal·lacions dins aquesta, s'han realitzat pensant en una possible ampliació de la capacitat productiva, per tal d'assolir la totalitat de la possibilitat anual, amb el mínim de obra possible, i sense afectar el funcionament de la planta.

La instal·lació constarà de un parc de fusta en roll de 7.450 m², per allotjar un màxim de 9.450 m³ de troncs, un parc d'estella de 11.650 m², amb capacitat per 12.500 m³ d'estella, una nau de fabricació de estella formada per dues ales paral·leles de 12 x 30 m, una nau magatzem de 20 x 40 m, és a dir 720 m² i 800 m² respectivament, quatre tremuges de 1.050 m³ de material a granel de capacitat, i una àrea urbanitzada i de circulació de 14.200 m², amb les seves

² Servei de Gestió Forestal del Departament de Medi Ambient i Habitatge, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



instal·lacions de suport a la indústria tant de bascula de camions, instal·lació elèctrica, enllumenat i contra-incendis.

Les àrees de parc de matèria prima es resolen amb paviment de formigó, al igual que l'àrea de circulació entre naus. A aquestes zones pavimentades se'ls dona cert pendent per tal de permetre un ràpida evacuació de les aigües pluvials, tal com es mostra en els plànols corresponents.

L'emmagatzematge de pellet a granel es resol mitjançant quatre grans tremuges prefabricades, de 1.050 m³ cadascuna alimentades directament de la refredadora, mitjançant un sistema de bisinfins i cintes, mentre que el producte paletitzat anirà sota cobert en una nau magatzem.

Les naus son construïdes íntegrament amb estructura de fusta laminada encolada fonamentada sobre sabates de formigó en massa, i en el forjat present a la planta d'oficines s'ha introduït el panell de fusta contralaminada, com a material constructiu innovador.

Els tancaments de les naus es resolen amb panell sandwich de fusta, continuant amb la preferència per la fusta com a material constructiu sostenible, en línia amb la filosofia del producte fabricat (pellet), que s'alinea amb objectius de reducció de CO₂, i ús sostenible de l'energia. Aquest panell sandwich es remata amb pissarra a la coberta, mentre que a les façanes el panell s'acaba amb una façana ventilada.

La instal·lació elèctrica està dissenyada de forma que es compra la electricitat en Alta Tensió, i es disposa tant de derivació en Alta com de Centre Transformador i distribució en Baixa Tensió, propietat de la indústria, aconseguint així un preu de la electricitat més baix. El total de potència contractada ascendirà a 121 kW, amb el que s'instal·larà un transformador de 125 kVA, a peu del mateix post elèctric propietat de la companyia, ubicat dins la parcel·la.

La instal·lació de protecció contra incendis constarà d'un dipòsit d'aigua, que caldrà abastir del riu proper, prèvia sol·licitud i concessió d'aigües de la Confederació hidrogràfica corresponent, i tota una xarxa de Boques d'Incendi Equipades i Extintors en tota la instal·lació, així com airejadors a la nau magatzem i així com sistemes de alarma i comunicació d'incendis, i enllumenat d'emergència.



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ, PALLARS SOBIRÀ



Descripció del procés productiu

Es descriu el procés de fabricació de pellets a partir de fusta en roll, estella o subproductes de les indústries de la fusta.

Tal com s'indica a l'estudi realitzat de forma conjunta per el Servei de Gestió Forestal del Departament de Medi Ambient i Habitatge, el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) i el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) titulat *Pla estratègic d'aprofitament energètic dels boscos del Pallars Sobirà*, d'octubre de 2009, la disponibilitat del recurs biomassa ens ve donada per una possibilitat de 9.100 tones/any d'aquesta, provinents dels boscos del Pallars Sobirà, juntament amb unes 10.000 tones/any de subproducte de les indústries de la fusta de la comarca.

Per tant, caldrà partir tant d'estella forestal ja sigui estellat en planta a partir de fusta en roll o provinent de capçades estellades en carregador, com de subproducte de les indústries de la fusta de la comarca.

Qualitat del producte

La qualitat dels pellets per a ús tèrmic, tant industrial com domèstic, està basada en la norma UNE-EN 14961-2 que estableix clarament una sèrie de requisits que han de complir els pellets segons sigui la seva qualitat.

S'estableixen un sistema de certificació de pellets establint tres categories.

- Pellets de categoria EN-B: l'origen d'aquests pellets és de fusta usada, subproductes i residus de la indústria del processament de la fusta i altra fusta verge.
- Pellets de categoria ENplus-A2: el seu origen és residus de fusta no tractats químicament, arbres sencers sense arrels, restes de tallada i escorça d'operacions industrials.
- Pellets de categoria ENplus-A1: que tenen el seu origen únicament en residus de fusta verge no tractats químicament, i fusta de fust sense incloure escorces.

Això a la pràctica significa que la categoria ENplus-A1 tenen baixos continguts de cendres i nitrogen. Si el contingut de cendres o nitrogen és major passa a ser de categoria ENplus-A2, mentre que en la EN-B s'inclouen pellets amb continguts majors de cendres, nitrogen, clor o sulfurs.

Existiria una quarta categoria, corresponent a pellets fabricats sense tenir en compte cap norma, i que no està certificat i que per tant no s'enquadren en cap categoria.

Per tant, en funció de la matèria prima, bàsicament presència o no d'escorça o restes de terra, obtindrem pellets de classe EN plus-A1, EN plus-A2 o EN-B.

La associació nacional encarregada de la implantació del sistema ENplus és Avebiom des de la que es coordinen les sol·licituds dels productors i/o comercialitzadors amb les diferents entitats que realitzen les auditories documentals i analítiques del pellet.

Diferents tipus de matèria prima

El fet de partir de fusta en roll, estella forestal o subproducte de indústria de la fusta, condiciona les operacions a dur a terme amb aquesta matèria prima, en el procés de fabricació, així com la qualitat del pellet que s'obté, veure fig. 1.

ENplus-A1		ENplus-A2		EN-B	
1.1.3	Madera del fuste	1.1.1	Árboles enteros sin raíces	1.1	Forestal, plantaciones y otras maderas no usadas ni tratadas
1.2.1	Residuos de la industria de la Madera no tratados químicamente	1.1.3	Madera del fuste	1.2.1	Residuos y sub-productos de la industria de la Madera no tratados químicamente
		1.1.4	Residuos de tala		
		1.1.6	Corteza		
		1.2.1	Residuos y sub productos de la industria de la Madera no tratados químicamente	1.3.1	Madera reciclada no tratada químicamente ^{b)}

a) La madera de demolición está excluida. La madera de demolición es madera reciclada proveniente de demolición de edificios u otras obras civiles..

fig. 1 Tipus de fusta permesos per la producció de pellets de fusta. Extret de "Manual para la certificación de pellets de madera para usos térmicos". 2013, European Pellet Council.

A banda d'això, el propi procés necessita l'aportació de calor, per tal de realitzar un assecat de la estella, a través d'una caldera, que òbviament serà de biomassa, i on es cremaran aquells productes de pitjor qualitat o rebuigs de fabricació.

Per tant tindrem tres orígens de matèria i dos processos diferenciats per cadascun d'ells fins obtenir estella.

Fusta en roll

El procés de fabricació de pellets a partir de fusta en roll requerirà un primer procés de acopi de rolls a la planta de pellets, retirada de l'escorça o pela de troncs, i un estellat posterior amb màquina estelladora. L'estella passarà directament a la pila d'estelles per pellets de categoria EN plus-A1.

Estella forestal

Aquest producte es caracteritza per provenir de capçades o arbres petits provinents de primeres i segones aclarides, estellats a peu de pista o en pati, segons l'accessibilitat a les pistes i la distància al parc. La diferència rau en que estellar a peu de pista fa que el transport

sigui de material ja processat, i per tant, més barat, mentre que l'estellat en pati, obliga a transportar arbres sencers, però l'estellat resulta més barat ja que es pot realitzar amb maquinària de major rendiment.

En ambdós casos, s'obtindrà estella amb presència d'escorça, i per tant serà material per obtenir pellets categoria EN plus-A2 o EN-B, depenent sobretot del contingut de cendres que originin en cada cas.

Subproducte de les indústries de la fusta de la comarca

Els subproductes generats són retalls i estella, i per tant caldrà una classificació en origen, per tal de separar el material segons la seva qualitat en quant a contingut d'escorça o granulometria.

La estella anirà a les piles adients i els retalls s'estellaran i apilaran.

Procés de fabricació

El procés s'estructura en (veure fig. 2):

1. **Parc de matèria prima** on es disposarà de fusta en roll i piles d'estella, amb el material amb un contingut d'humitat entre un 50% i un 30%
2. **Procés de assecat i magatzem de estella seca**, per tal de donar certa autonomia a la resta de procés
3. **Molta**
4. **Fabricació de pellet** pròpiament dita
5. **Refredat**
6. Sistema de **ensacat, apilat i emmagatzematge** de producte acabat.

Parc de matèria prima

En primer lloc la matèria prima (fusta en roll, encenalls, estelles) és rebuda en planta i s'acumula en parc que permetrà donar a la instal·lació certa autonomia de treball en procés continu a més de homogeneïtzar les propietats de la matèria prima a l'entrada.

Abans de l'assecat, la matèria prima humida haurà d'experimentar una sèrie de processos de condicionament i neteja per a l'eliminació de possibles elements estranys, bé per la seva composició o per la seva grandària.

La Fusta en roll es pela i estella i passa a la pila d'estella, mentre que les restes de indústria, directament passen a estellar. La estella forestal (estella de arbre sencer o de capçades) passa a una pila de estella amb escorça.



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ, PALLARS SOBIRÀ



Procés de assecat i magatzem de estella seca

Donat que sempre es rebrà la matèria prima a una humitat superior al 10%, abans de ser pel·letitzada haurà d'experimentar un procés d'assecat. El producte humit s'introdueix en el trommel, on és transportat mecànicament i pneumàticament al mateix temps que es deshidrata per mitjà dels gasos calents que es generen en una caldera. Les partícules lleugeres es transporten ràpidament a través del trommel, mentre que les partícules més pesades romanen més temps en el corrent d'aire calent, i per tant aconseguen el mateix contingut d'humitat a la sortida.

El producte se separa dels gasos de deshidratació en un calaix decantador i posteriorment en un cicló. Els gasos de deshidratació, juntament amb l'aigua evaporada, s'emeten a l'atmosfera directament a través del ventilador principal.

Després del procés d'assecat, el producte es diposita en un magatzem intermedi. Aquesta etapa és important, ja que permet independitzar el procés d'assecat del de pel·letitzat, i d'aquesta manera es pot seguir pel·letitzant o assecant mentre s'estan realitzant tasques de neteja o manteniment en l'altre procés. Aquest dipòsit emmagatzemarà el producte sec durant un període determinat d'hores, període durant el qual les propietats del producte s'homogeneïtzaran, assegurant així unes condicions ideals per al procés de granulació.

Molta

Abans de ser pel·letitzat, el producte sec sofrirà un procés de mòlta per reduir la grandària de partícula a la granulometria adequada. En un procés d'assecat òptim haurà d'assegurar-se una grandària màxima de partícula de uns 10mm, però per ser pel·letitzat, el material ha de reduir encara la seva grandària de partícula. Després del seu pas per un molí de martells s'obté una "farina" que es conduirà mitjançant un sistema de transport fins a les màquines granuladores. Ja que és crític que les serradures arribin a la granuladora amb la humitat en un rang molt estret (típicament entre el 9% i el 11%), es fa imprescindible que després del molí de martells existeixin diversos punts de control d'humitat, tant de mesura d'aquesta com d'injecció d'aigua per rectificar possibles petites desviacions. A pesar que l'emmagatzematge intermedi ens assegura que les serradures portarà la quantitat d'H₂O adequada perquè l'activació de la lignina sigui òptima, és important comptar amb la possibilitat de corregir petites desviacions que puguin produir-se a causa de possibles variacions en les condicions d'operació, distribuint adequadament durant el procés punts de control i injecció d'humitat.

Fabricació de pellet

Durant el procés de pel·letitzat, dos corròns giratoris comprimeixen les serradures contra una matriu que pot ser també giratòria o bé plana, forçant-ho a passar a través d'aquesta i donant forma als pellets. Aquest és un procés en continu, que requereix que la màquina estigui contínuament encebada. Donades les característiques de abrasivitat i duresa de la matèria prima, així com els nivells de compressió amb els quals treballen aquestes màquines, és important que tant la matriu com la pròpia màquina siguin suficientment robustes per suportar els esforços que es generen durant el seu funcionament.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Refredat

Després de la granulació, els pellets surten a una temperatura que ronda els 80°C. Per assegurar la seva estabilitat i poder ser emmagatzemats de forma més o menys permanent passaran per un refredador que reduirà la seva temperatura fins a temperatura ambient passant a continuació per un tamís que eliminarà els fins que es genera després de la granulació, recirculant aquests de nou a la línia de granulat.

Emmagatzematge

Una part de la producció anirà destinada a ensacar. Solen ser sacs de 15 kg que aniran destinats a consum domèstic, pel que la qualitat d'aquests ha de ser alta. Aquests sacs son paletitzats en un procés automàtic, i el propi palet és embalat per al seu posterior transport. Aquest sistema es combinarà amb un emmagatzematge a granel, que es destinarà al mercat domèstic mitjançant repartiment en camions cisterna o per al mercat industrial, pel que s'usarà un pellet de qualitat inferior. L'emmagatzematge a granel permetrà servir producte també en big-bag per cobrir així la demanda en aquest format.

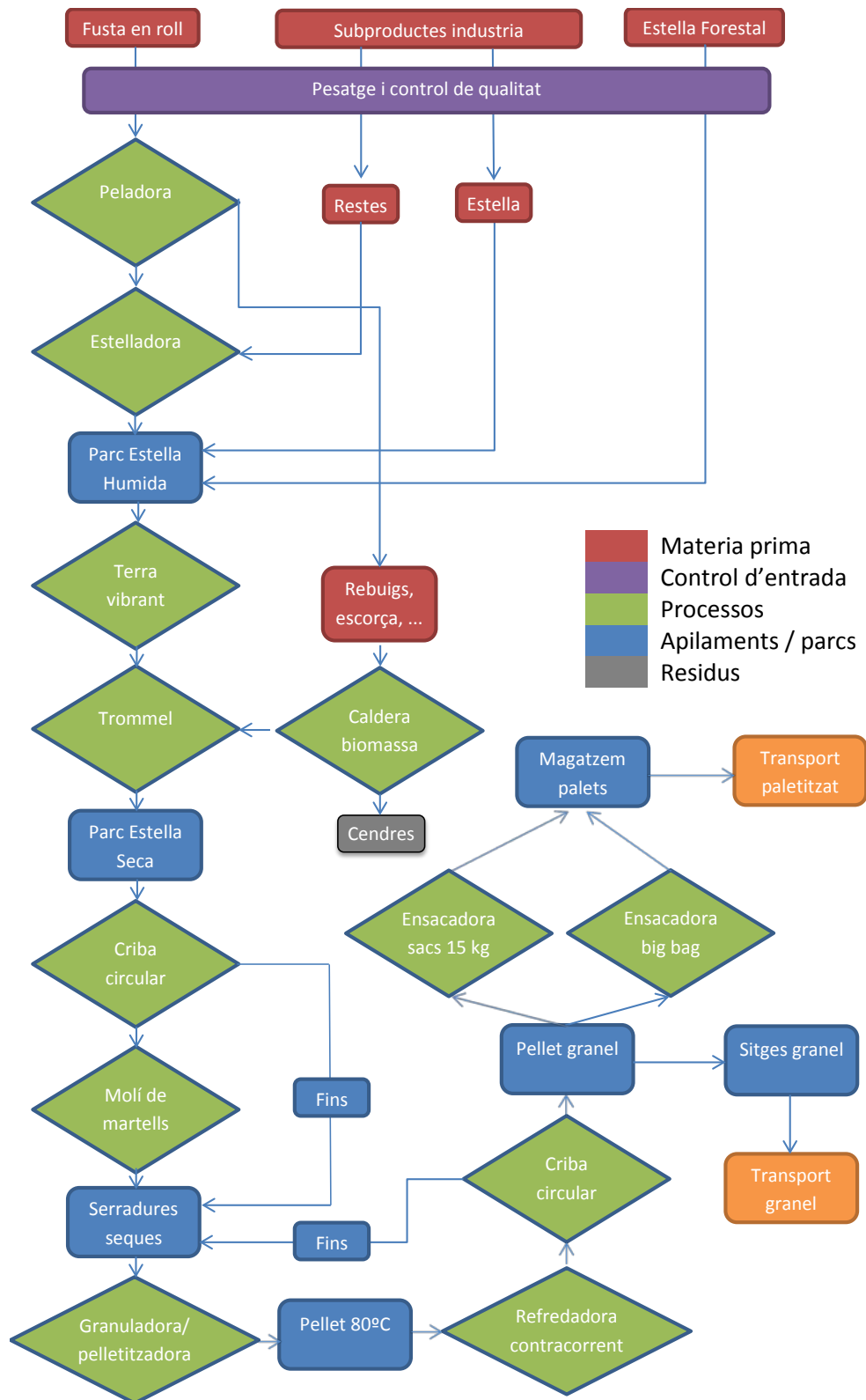


fig. 2 Procés de producció de pellet. Font pròpia

Anàlisi del mercat de la Biomassa

En tant que recurs renovable, la biomassa es presenta com a oportunitat d'una energia neta, capaç de reduir la dependència energètica dels derivats del petroli, de millorar la gestió i el rendiment de les forests, contribuint a la prevenció d'incendis forestals i de protegir el mitjà natural, amb la consegüent reducció d'emissions de CO₂, a més de reduir la despesa energètica de l'usuari final, ja que el preu per kWh és menor a altres combustibles, a més de més estable.

Taula 1 IDAE. Informe de Preus Energètics, Agost de 2013.

Combustible	c€/kWh
Gasol C	8,50
GLP (Propà envasat)	14,43
GLP Canalitzat	7,71(*)
Butà	9,12
Fueloil	8,10
Pèlets de fusta a granel	3,38

(*) mes el terme fix

Existeixen multitud d'estudis que avalen la "oportunitat o conveniència" de desenvolupar projectes en el camp de la biomassa com a recurs energètic, i dins d'aquest, com a combustible per a ús tèrmic.

Des del punt de vista de l'usuari final, aquesta biomassa per a ús tèrmic pot ser entre altres, estella o pellet. Diversos factors fan més aconsellable un o altre, com ara la disponibilitat d'espai, la distància de transport, els requeriments de manteniment de les calderes, etc.

Els pellets tenen millors prestacions en quant a possibilitats d'emmagatzematge i qualitat de combustió i l'avantatge de les estelles de fusta radica principalment en el seu preu, així doncs s'optarà per estella quan es consumeixi prop del lloc de producció i es disposi d'espai suficient d'emmagatzematge i possibilitats de un major manteniment de caldera, i per pellet quan hi hagi limitacions d'espai o de manteniment de caldera, o amb l'increment de la distància de transport del combustible.

Els pellets de biomassa són un combustible estandarditzat a nivell internacional. Es conformen com a petits cilindres procedents de la compactació de serradures i encenalls molturades i seques, provinents de serradores, d'altres indústries, o es produeixen a partir d'estelles i altres biomasses de diversos orígens. En el procés de pelletització no s'utilitzen productes químics, sinó simplement pressió i vapor, encara que és possible trobar també un percentatge reduït d'additius biològics. Els pellets s'obtenen mitjançant l'aplicació d'una compressió que provoca una pujada de temperatura de fins a 90 °C. La lignina es fon, i després se solidifica durant la refrigeració, jugant el paper d'aglutinant. El sistema és anàleg a l'empleat en l'elaboració de pinsos d'alimentació animal.

Considerant un poder calorífic proper a 4.300 kcal/kg (uns 18 MJ/kg), pot establir-se que de 2 a 2,2 quilograms de pellets equivalen energèticament a un 1 litre de gasoil.

L'evolució del consum de pellets a espanya està en augment, així s'ha passat de consumir 100.000 tones de pellet en 2010 a consumir 380.000 tones en 2013. I les previsions publicades per diferents organismes parlen d'un consum que, en menys de sis anys, en l'horitzó del 2020, superarà àmpliament 1.100.000 tones de pellets³.

A Espanya existeixen actualment⁴ 30 fàbriques de pellets de capacitat superior a 10.000 t/any, diversos projectes en diferents etapes de desenvolupament i 7 plantes que han tancat, venut o han deixat de produir durant més d'un any, ja sigui perquè estaven obsoletes o perquè el mercat real no ha encaixat en les seves expectatives.

Hi ha també un nombre indeterminat de plantes de petita escala, de al voltant de 4.000 t/any, repartides per tota Espanya, normalment lligades a serradores o fusteries.

Degut al creixent interès en aquesta font d'energia, han aparegut associacions de promoció de la biomassa, com per exemple AVEBIOM⁵, que analitzen el mercat i la seva evolució, i publiquen diversos estudis.

Un d'aquests estudis recull la evolució de calderes de biomassa instal·lades per comunitat autònoma, des de 2006 fins a 2012, de la que es pot veure una mostra dels resultats a les següents figures:

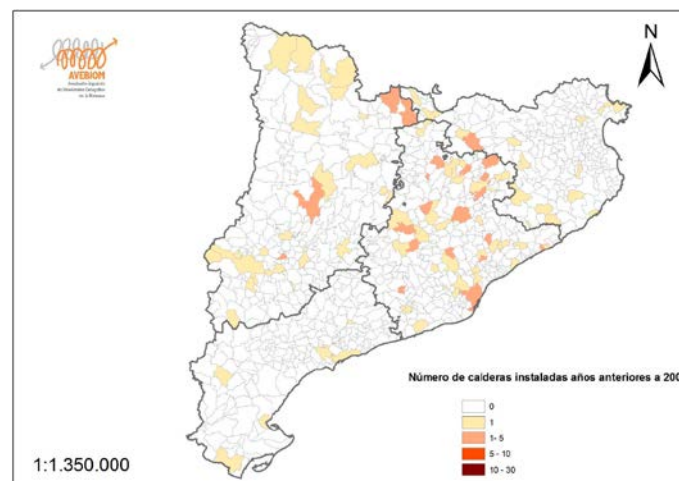


fig. 3 Calderes de biomassa instal·lades a Catalunya anteriors a 2006

³ http://www.expobiomasa.com/index.cfm?id_menu=168023734&id_submenu=10673&id_idioma=ES

⁴ www.bioenergyinternational.es

⁵ <http://www.avebiom.org/es/>

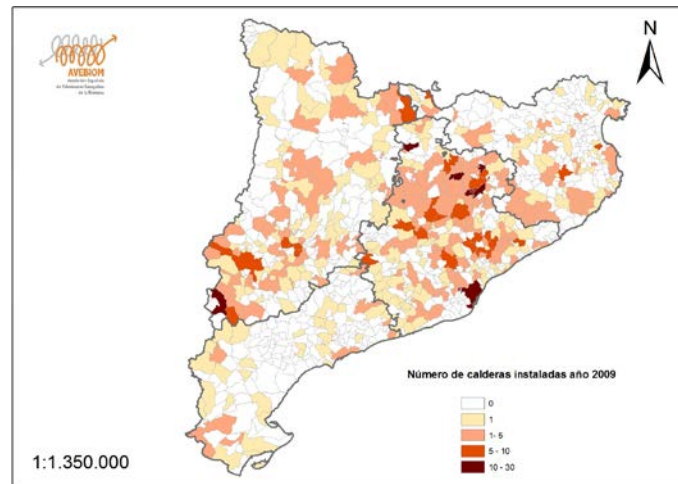


fig. 4 Calderes de biomassa instal·lades a Catalunya l'any 2009

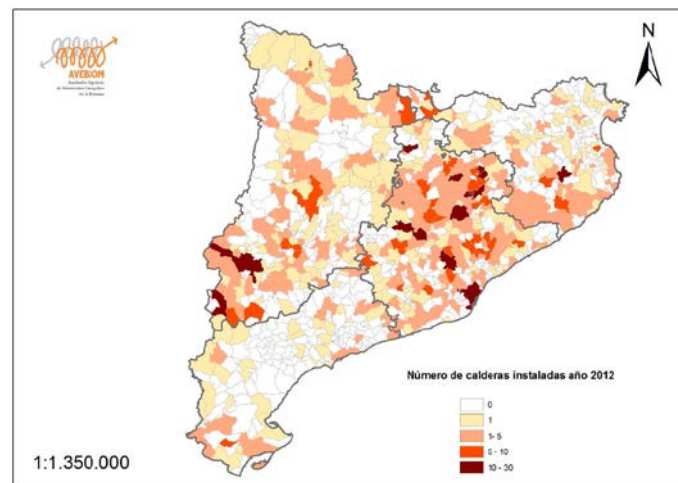


fig. 5 Calderes de biomassa instal·lades a Catalunya l'any 2012

Es pot veure la sèrie completa a: <http://www.bioenergy-project.eu/userfiles/documents/Public/Jornada%20difusi%C3%B3n%20Moixent/published/2%20biomasa%20forestal.pdf>

Es veu un clar augment en nombre de calderes instal·lades, tendència que no es preveu que variï.

Altres estudis:

Segons les conclusions d'un estudi de Bioplat⁶, la baixa densitat física i energètica dels residus de la biomassa, així com el seu contingut en humitat i heterogeneïtat, determinen que, en determinats casos, aquests subproductes no resultin atractius per reemplaçar als combustibles

⁶ Plataforma Tecnologia de la Biomassa. Ministerio de Economía y competitividad.
http://www.bioplat.org/setup/upload/modules_docs/content_cont_URI_3387.pdf



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



fòssils sòlids (carbó), líquids (petroli) o gasosos (gas natural). Per aquest motiu, la densificació és una manera de produir biocombustibles sòlids garantint qualitat comercial suficient. La pel·letització és una via per obtenir biocombustibles eficients, que puguin ser utilitzats en calderes d'ús automàtic en competència directa amb els equips actuals alimentats amb carbó, gasoil o gas natural. El subministrament pot realitzar-se emprant camions amb descàrrega pneumàtica, amb el mateix nivell de simplicitat que es fa en qualsevol caldera de gasoil convencional.

Amb la finalitat d'homogeneïtzar propietats físiques dels pellets, per així constituir un mercat fiable, en 2011 es va aprovar la norma europea EN 14961-2 de certificació de pellets de fusta per a usos tèrmics. S'estableixen tres categories: A1, A2 i B, que poden ser certificades amb el segell ENPlus.

Actualment, el consum de pélets a Espanya és relativament baix en comparació d'altres països europeus. De fet, la major part de la producció nacional en aquests moments s'exporta a altres països. El preu de venda s'ha mantingut estable durant els últims anys, essent inferior a la mitjana europea. Aquest factor, unit a la falta de demanda interna, influeix en l'alt volum d'exportacions comentat. L'estabilitat en els preus d'aquest tipus de biocombustible és un dels seus punts forts respecte a les alternatives convencionals.

En quant a la disponibilitat del recurs hi ha diversos estudis, a diferents nivells, entre els que es pot citar:

A Espanya, la possibilitat anual⁷ (fusta per a extracció) és aproximadament de 46 milions de m³, sent el volum de tallades de 15 milions de m³. La taxa d'extracció per tant és del 37%. La taxa europea és del 69%. INE, MAMR 2.009

A Catalunya El Pla de biomassa (2000) xifra la capacitat d'extracció anual sostenible dels boscos catalans en aproximadament 1.000.000 de tones de biomassa forestal de tot tipus.

El Pla estratègic d'aprofitament energètic dels boscos del Pallars Sobirà⁸ quantifica en unes 20.000 tones /any la quantitat de matèria accessible i apta per a biomassa d'usos tèrmics a la comarca.

Vist que es tracta d'un combustible econòmicament competitiu, sotmès a estàndards de qualitat definits, amb una previsió d'increment de consum important i un consolidat creixement d'instal·lacions de consum final, alhora que hi ha disponibilitat del recurs biomassa, s'estima que la instal·lació d'una planta de fabricació de pellets és, com a mínim, oportuna.

⁷ Guillermo Fernández Centeno. 6º Congreso Forestal Español, juny 2013.

⁸ Servei de Gestió Forestal del Departament de Medi Ambient i Habitatge, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Pressupost

Puja el Pressupost d'Execució per Contracta de les obres projectades la quantitat de 4.409.022,84 € QUATRE MILIONS QUATRE-CENTS NOU MIL VINT-I-DOS EUROS amb VUITANTA-QUATRE CÈNTIMS

L'Enginyer de Forests:

Albert Vidal Feliu

Lleida, juliol de 2014

Anàlisi financer de la planta

Aquest projecte consisteix en la implantació d'una planta de pel·letitzat de biomassa capaç de processar 10.000 ton/any de biomassa forestal i restes de indústria forestal de la comarca del Pallars Sobirà, a partir de una superfície de 26.924 ha forestals arbrades accessibles que corresponen a espècies més habitualment comercialitzades, ubicada en una parcel·la d'uns 36.000 m² aproximadament.

Per a l'anàlisi de la viabilitat econòmica de la planta, s'han definit les següents fases:

- Definició de l'horitzó del projecte
- Definició de la inversió inicial
- Definició de les despeses derivades del funcionament ordinari de la planta
- Definició dels ingressos de la planta
- Anàlisi de la viabilitat de la planta en funció de diferents escenaris.

Horitzó del projecte

Com s'esmenta en l'apartat de anàlisi de mercat, les estadístiques pronostiquen un augment del consum de pellets del 300 % en 6 anys provinent de plantes com la que aquí es projecta, malgrat el gran fre que han sofert les energies renovables a Espanya.

Fruit dels plans existents per a l'augment de l'ús de energies renovables en tots els països de l'EU, i l'increment de la demanda opinem que l'horitzó més raonable per a aquest tipus de projectes i tenint en compte la situació actual és de 15 anys.

Anàlisi de la inversió inicial

Per tal de realitzar aquest anàlisi, en primer lloc s'ha dimensionat la instal·lació, on s'han pressupostat els costos de construcció, tant dels edificis com de la resta de urbanització i instal·lacions elèctriques i contra incendis. Aquests costos són els que apareixen al pressupost d'execució per contracta del projecte executiu, i que ascendeixen la quantitat de 4.410.000 €. A més, per analitzar la inversió inicial és necessari incloure una altra sèrie de despeses.

Aquestes despeses són els següents:

- Solar
- Maquinària
- Costos de transport, muntatge, instal·lació i engegada de la maquinària necessària. (35% del cost de maquinària)
- Formació del personal (3% del cost maquinària)
- Llicència i permisos

Despeses derivades del funcionament ordinari de la planta

A banda de la inversió inicial, hi ha altres despeses pròpies del funcionament quotidià de la planta, que s'analitzen tot seguit, i que son:

- Matèria prima
- Despeses de personal
- Despeses en energia elèctrica
- Despeses en manteniment de maquinària
- Despeses de funcionament de l'oficina i administració
- Despeses de finançament
- Impostos

Anàlisi dels ingressos

En aquest apartat cal discriminar els ingressos obtinguts de la venda de cada format de pellets, ja que el preu varia d'un format a altre. El preu de venda obtingut de ecofogo.com⁹, resulta:

http://www.ecofogo.com/?seccion=detalle_materiales&idioma=es&ver=Pellets#close

- Preu de venda de pellet a granel: 240,00 €/tona
- Preu de venda de pellet en big-bag: 270,00 €/tona
- Preu de venda de pellet en sacs de 15 kg: 290,00 €/tona

Preus sense IVA a peu de fàbrica, que és tal com és prevista la comercialització.

El volum de producció que s'obtindrà de les 10.000 tones de matèria primera (humida) serà el següent:

Taula 2 Producció anual de pellets

	% total	Tones totals	humitat	Tones base seca	Pèrdues	Tones pellets al 10%
Estella Forestal	34%	3.400	45%	1.870	5%	1.954,15
Fusta en Roll	33%	3.300	45%	1.815	5%	1.896,68
Subproductes	33%	3.300	12%	2.904	0%	3.194,40
TOTAL				6.589,00		7.045,23

D'aquestes 7.000 Tones al 10% d'humitat, s'estima que el 75 % es comercialitzarà a granel i la resta entre sacs de 15 kg i bigbags.

⁹ http://www.ecofogo.com/?seccion=detalle_materiales&idioma=es&ver=Pellets#close

D'aquesta manera els ingressos esperats son de:

Taula 3 Previsió màxima d'ingressos

	Tones	Tones pellets al 10%	€/tona	Ingressos
Pellet a granel:	75,00%	5.250,00	240,00	1.260.000,00 €
Pellet en big-bag:	12,50%	875,00	270,00	236.250,00 €
Pellet en sacs de 15 kg:	12,50%	875,00	290,00	253.750,00 €
Total	7.000			1.750.000,00 €



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Anàlisi de la viabilitat de la planta en funció de diferents escenaris.

Es tracta de veure si la inversió realitzada per desenvolupar l'activitat de la instal·lació, reporta o no un rendiment econòmic al llarg del temps.

S'avaluarà tant Valor Actual Net (VAN), Taxa interna de Retorn (TIR) i Payback o termini de recuperació de la inversió. Pel VAN o Valor Actual Net, s'adopta com a taxa de descompte el mateix preu del diner al qual es finança el projecte, es a dir, el 7,00%, de la mateixa manera s'adopta una inflació del 1,50% anual tant per cobraments com per pagaments.

L'IVA no es té en compte en l'estudi financer, donat que es liquida trimestral i per tant resulta neutre dins el còmput anual.

Tal com s'ha definit anteriorment es considera una durada del projecte de 15 anys (encara que la instal·lació pot arribar a una vida útil de 20 a 30 anys).

El total de la inversió es desemborsa en el moment zero.

Per conèixer si la inversió resulta rendible, el valor del VAN calculat ha de ser major que zero. Per al càlcul del TIR o Taxa Interna de Retorn, es calcula el VAN, i s'igualava a zero per així trobar "r" o Taxa de Retorn. Aquesta "r" ha de llançar uns valors positius i més grans que la "i" del VAN. En el cas que $r > i$ indica que s'obté una major rendibilitat que el que s'obténdria a l'invertir els actius en el mercat. Finalment per saber quant temps recuperem la inversió s'avalua el Payback o termini de recuperació de la inversió.

Es plantegen tres escenaris per tal d'avaluar la viabilitat de la planta, escenari optimista, escenari normal i escenari pessimista.

Escenari Normal

En aquest cas es pronostica que a l'any 6 les vendes seran del 100%, fins a l'any 10, però a partir d'aquest any les vendes cauran gradualment cada any en un 5%, ja que per a aquests anys hi haurà noves plantes de pellets que farà més difícil mantenir-se al mercat.

Any	Flux de Caixa	Flux de Caixa Acumulat
0	- 5.295.000,00 €	- 5.295.000,00 €
1	342.340,97 €	- 4.952.659,03 €
2	768.230,34 €	- 4.184.428,69 €
3	913.320,50 €	- 3.271.108,19 €
4	1.058.410,66 €	- 2.212.697,53 €
5	1.203.500,81 €	- 1.009.196,72 €
6	1.348.590,97 €	339.394,25 €
7	1.348.590,97 €	1.687.985,22 €
8	1.348.590,97 €	3.036.576,19 €
9	1.348.590,97 €	4.385.167,16 €
10	1.203.500,81 €	5.588.667,97 €
11	1.058.410,66 €	6.647.078,63 €
12	913.320,50 €	7.560.399,13 €
13	768.230,34 €	8.328.629,47 €
14	623.140,18 €	8.951.769,65 €
15	478.050,03 €	9.429.819,68 €



Interès	Inflació	Taxa de Descompte	VAN	TIR	Payback aprox.
7,00%	1,50%	5,50%	4.553.415,58 €	12,45%	final any 6

Escenari Optimista

En aquest cas hem pronosticat que el 100% de les vendes es produeix l'any 4. En aquest cas les vendes es mantindran al 100% fins a l'any 10, a partir del qual aniran baixant progressivament un 10% fins a quedar-se en el 70%.

Any	Flux de Caixa	Flux de Caixa Acumulat
0	- 5.295.000,00 €	-5.295.000,00 €
1	744.840,97 €	-4.550.159,03 €
2	1.058.410,66 €	- 3.491.748,37 €
3	1.203.500,81 €	-2.288.247,56 €
4	1.348.590,97 €	-939.656,59 €
5	1.348.590,97 €	408.934,38 €
6	1.348.590,97 €	1.757.525,35 €
7	1.348.590,97 €	3.106.116,32 €
8	1.348.590,97 €	4.454.707,29 €
9	1.348.590,97 €	5.803.298,26 €
10	1.203.500,81 €	7.006.799,07 €
11	1.058.410,66 €	8.065.209,73 €
12	913.320,50 €	8.978.530,23 €
13	768.230,34 €	9.746.760,57 €
14	623.140,18 €	10.369.900,75 €
15	478.050,03 €	10.847.950,78 €



Interès	Inflació	Taxa de Descompte	VAN	TIR	Payback aprox.
7,00%	1,50%	5,50%	5.788.018,77 €	21,24%	meitat any 5

Escenari Pessimista

En aquest cas hem pronosticat que el 100% de les vendes no s'aconseguiran, assolint un màxim d'un 80% que s'aconsegueix l'any 6 i es manté fins a l'any 11 a partir del qual baixa progressivament fins a un 50% de vendes.

Any	Flux de Caixa	Flux de Caixa Acumulat
0	- 5.295.000,00 €	- 5.295.000,00 €
1	- 52.312,20 €	- 5.347.312,20 €
2	478.050,03 €	- 4.869.262,17 €
3	478.050,03 €	- 4.391.212,15 €
4	623.140,18 €	- 3.768.071,96 €
5	623.140,18 €	- 3.144.931,78 €
6	768.230,34 €	- 2.376.701,43 €
7	768.230,34 €	- 1.608.471,09 €
8	768.230,34 €	- 840.240,75 €
9	768.230,34 €	- 72.010,41 €
10	768.230,34 €	696.219,93 €
11	768.230,34 €	1.464.450,27 €
12	623.140,18 €	2.087.590,46 €
13	478.050,03 €	2.565.640,49 €
14	187.869,71 €	2.753.510,20 €
15	- 88.965,74 €	2.664.544,46 €



Interès	Inflació	Taxa de Descompte	VAN	TIR	Payback
7,00%	1,50%	5,50%	23.227,06 €	7,06%	finals any 9



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Anàlisi

Una vegada ubicat el procés, descrits els diferents equips, explicat el funcionament del procés de fabricació, determinades les quantitats de producte en les diferents etapes del procés, definit el pressupost i després de l'estudi de tres possibles escenaris, les conclusions obtingudes són:

- Tant en escenari en condicions normals com en condicions optimistes, són projectes totalment fiables ja que en tots dos s'obté un VAN positiu, el període de retorn de la inversió és acceptable i a més s'obtenen amplis guanys, les quals podran anar destinades a l'ampliació del negoci o a la cerca de nous mercats en els quals poder invertir.
- Per contra en el cas pessimista, el període de retorn de la inversió es produeix ja al final de la vida del projecte, i el VAN és proper a zero. Això indica que sota aquest escenari la inversió no és recomanable, ja que tot just es recupera la inversió.

Després d'aquest anàlisi es conclou que el factor determinant de la viabilitat d'aquest projecte és el manteniment del volum de venda. D'aquesta manera s'identifica el principal punt feble de la inversió, i és on s'han de focalitzar els esforços en el cas que la tendència del mercat sigui l'estudiada.

Després d'aquesta anàlisi, es pot considerar que aquest projecte tindria possibilitats d'èxit ja que dos dels tres escenaris plantejats en el estudi de viabilitat són satisfactoris. A més gràcies a l'estudi desfavorable s'identifica quines podrien ser les seves debilitats.



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Bibliografia

[Documents en paper]

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) i Servei de Gestió Forestal (DMAH); *Pla estratègic d'aprofitament energètic dels boscos del Pallars Sobirà*; ; Editorial DMAH; ; 2009

CEPREVEN; *Catálogo CEA. Clasificación de materias y mercancías según su riesgo de incendio*; Editorial CEPREVEN; Madrid; ; 1985

European Pellet Council; *Manual para la certificación de pellets de madera para usos térmicos*; ; European Pellet Council (EPC); Belgium; 2013

Institut d'Estudis de la Seguretat; *Búsqueda y validación de parámetros de la carga de fuego en establecimientos industriales*; Editorial IDES; Barcelona; 2010

Josa García-Tornel, Alejandro, Jofre Ibañez, Carlos, Fernandez Sanchez, Rafael; *manual de pavimentos de hormigón, para vías de baja intensidad de tráfico*; Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones; IECA; Madrid; ; 2003

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO; *GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN: REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES*; Editorial MINETUR; ; 2007

Sebastián Nogués, Fernando, García Galindo, Daniel, Rezeau, Adeline ; *Energía de la biomasa II*; Universidad de Zaragoza; Prensas de la Universidad de Zaragoza; Zaragoza; 2010

Valter Francescato, Eliseo Antonin, Luca Zuccoli Bergomi ; *MANUAL DE COMBUSTIBLES DE MADERA PRODUCCIÓN | REQUISITOS DE CALIDAD | COMERCIALIZACIÓN*; AVEBIOM; España; 2008

[Documents en línia]

Buscador de sol industrial;
<http://www.lleidasolindustrial.com/home1024.asp?ID=sol&P=0&lang=cat>

Cartografia de zones inundables, Magrama;
<http://sig.magrama.es/snczi/visor.html?herramienta=DPHZI>

Cataleg de carreteres;
http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/Departament/Normativa%20i%20documentacio/Documentacio/Territori_mobilitat/Carreteres/documentacio%20tecnica/Cataleg%20de%20carreteres%20de%20Catalunya%202012/Cataleg_carreteres_2012.pdf

DECRET LEGISLATIU 2/2009, de 25 d'agost, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei de carreteres;
<http://www20.gencat.cat/portal/site/portaljuridic/menuitem.d15a4e5dfb99396dc366ec10b0c0e1a0/?action=fitxa&documentId=480379>

DECRET LEGISLATIU1/2010, de 3 d'agost, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei d'urbanisme;



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/Territori%20i%20mobilitat/02_Activitat%20urbanistica/Comissions%20durbanisme/4%201%20Marc%20legal/DOCS/TRLUC_2012_indexat.pdf

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya;
<http://www.icgc.cat/>

Instruments de planificació i gestió del parc de l'Alt Pirineu;
<http://www20.gencat.cat/portal/site/parcsnaturals/menuitem.a225e400fafcf1b0f22c5b10b0c0e1a0/?vgnnextoid=a6ed9bfdc4f42210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=a6ed9bfdc4f42210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default>

MAPA PLANTAS PELLETS;
<http://www.biomasaforestal.com/p/mapa-plantas-pellets.html>

Memòria annexa al Decret de creació del Parc de l'Alt Pirineu;
<http://www20.gencat.cat/docs/parcsnaturals/Home/Alt%20Pirineu/Coneix-nos/Instruments%20de%20planificacio%20i%20gestio/Pla%20especial/Mem%C3%B2ria%20creaci%C3%B3%20PNAP.pdf>

Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico;
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1986-10638&tn=1&vd=&p=20130921>

Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril;
http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-755

Registre de planejament urbanístic de Catalunya ;
<http://ptop.gencat.cat/rpucportal/inici/ca/index.html>

Sistema d'Informació Municipal (per justificar que no es troba dins un PEIN ni dins el Parc Natural de l'Alt Pirineu);
<http://oden.diputaciolleida.cat/sitmun/visor-dille.jsp?app=0&ter=190>

Text Refós de la Llei d'Urbanisme;
http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/01_Departament/Normativa%20i%20documentacio/Documentacio/Territori_mobilitat/Urbanisme/publicacions/Text%20refos%20i%20Reglament%20de%20la%20Llei%20durbanisme/QL-94Urbanisme2.pdf



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 1

Annex 1 ubicació del projecte

En aquest annex s'identifica la disponibilitat del recurs biomassa per poder implantar una planta de pellets, es verifica que no hi ha plantes similars a una distància raonable, i es busca la òptima ubicació d'acord als condicionants urbanístics, ambientals o de altra legislació sectorial.

Disponibilitat del recurs

Segons l'estudi realitzat de forma conjunta per el Servei de Gestió Forestal del Departament de Medi Ambient i Habitatge, el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) i el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) titulat *Pla estratègic d'aprofitament energètic dels boscos del Pallars Sobirà*, d'octubre de 2009 (pàg. 77), només a la comarca del Pallars Sobirà hi ha accessible i disponible un mínim de 9.100 tones anuals de biomassa tenint en compte limitacions comercials, ecològiques, d'accessibilitat i silvícoles, i unes 10.000 tones més de subproducte de les indústries de la fusta de la comarca (pàg. 114), el que suposa prop de 20.000 tones anuals de matèria prima, que es podrien emprar per fer pellets.

En el present projecte es planteja la instal·lació d'una planta de pelletitzat, amb una capacitat inicial de la meitat de la disponibilitat, alhora que s'ubica en una parcel·la suficientment gran, de forma que aquesta sigui fàcilment escalable, per permetre absorbir la totalitat de les 20.000 tones/any de material disponible de la comarca, esdevingui rendible aprofitar fusta comercial, o bé es plantegi aprofitar biomassa de comarques limítrofs.

Situació d'indústries semblants

D'acord a les dades obtingudes del *Mapa de les plantes de pellets en funcionament o en projecte a Espanya*¹⁰ elaborat per AVEBIOM (www.avebiom.org) i la revista BIOENERGY INTERNATIONAL (www.bioenergyinternational.es), que es reproduïx a continuació, no hi ha cap planta d'aquest tipus en un radi aproximat de 150 km. Veure Taula 13 i fig. 6.

Les plantes més properes es troben a una distància aproximada de:

Taula 4 Plantes de pellets més properes

Planta de:	Distància línia recta	Distància per carretera
Sant Martí d'Albars (BCN)	87 km	166 km
La Garriga (BCN)	125 km	217 km
Pina de Ebro (ZGZ)	181 km	251 km
Ansó (HU)	170 km	300 km

¹⁰ <https://maps.google.es/maps/ms?msid=213194062205698843727.000483ca15bde9b4c455b&msa=0&dg=feature>



fig. 6. Plantes de pellets a Espanya

Per tant, cal considerar que hi ha un nínxol de mercat en aquesta zona, a més de disponibilitat del recurs.

Disponibilitat de sòl industrial

D'acord a les dades ofertes per la cambra de comerç de Lleida¹¹, que posa a disposició dels usuaris tota una base de dades de l'oferta de sòl industrial existent en la demarcació de la Cambra de Comerç i Indústria de Lleida, a data de redacció del present projecte, no hi ha disponibilitat de sòl industrial en cap població del Pallars Sobirà, Alta Ribagorça i Alt Urgell. (fig. 7 a 4)

Al Pallars Jussà només hi ha disponibles 6.130 m², que resulten manifestament insuficients per tal d'implantar la indústria que es preveu. A la Vall d'Aran, ens trobem en una situació similar, amb només 2.914 m² de sòl industrial disponible. (fig. 7 a 13)

Sòl Industrial	EL PALLARS SOBIRÀ
Sort	Estat
• Els Salançons	Exhaurit
• Zona Industrial Clau III-4	Previst
• Zona Industrial II - 4	Exhaurit

fig. 7. Captura de pantalla. Sòl industrial al Pallars Sobirà

¹¹ <http://www.lleidasolindustrial.com/home1024.asp?ID=sol&P=0&lang=cat>

<u>Sòl Industrial</u>	L'ALTA RIBAGORÇA
Pont de Suert, el	Estat
• Polígon Industrial Sorés	Exhaurit

fig. 8. Captura de pantalla. Sòl industrial a L'Alta Ribagorça

<u>Sòl Industrial</u>	L'ALT URGELL
Coll de Nargó	Estat
• Zona Industrial Coll de Nargó	En planejament
Montferrer i Castellbò	Estat
• Sector industrial	Exhaurit
Oliana	Estat
• Zona industrial Figolers	Exhaurit
Organyà	Estat
• Vilansats	En gestió
• Zona Industrial Nord	Exhaurit
Seu d'Urgell, la	Estat
• La Seu industrial	Exhaurit
• Nou sector industrial a la Seu d'Urgell (Allau de Benabarre)	Previst

fig. 9. Captura de pantalla. Sòl industrial a L'alt Urgell

<u>Sòl Industrial</u>	LA VALL D'ARAN
Les	Estat
• Escamunt11700	Exhaurit
Vielha e Mijaran	Estat
• Vielha industrial	En venda

fig. 10. Captura de pantalla. Sòl industrial a La Vall d'Aran

Sòl Industrial	EL PALLARS JUSSÀ
Pobla de Segur, la	Estat
• Polígon Industrial Sant Joan de Vinyafrescal	Previst
• Sector Migdia	En venda
Talarn	Estat
• Sant Antoni	Exhaurit
• Sector Industrial Talarn	Previst
Tremp	Estat
• La Colomina II	Exhaurit
• La Partida Colomina	Exhaurit

fig. 11. Captura de pantalla. Sòl industrial al Pallars Jussà

* (N/D) Dades no Disponibles
Última actualització: 24/2/2012

Fitxa Bàsica del Polígon In

Sòl Industrial

Dades Bàsiques

Nom del Polígon : **Vielha industrial**
 Població : **Vielha e Mijaran** Estat : **En venda**
 Usos : **Industrial**
 Situació : **A banda i banda de la N-230 a l'est i a loest**
 Accessos : **Ctra. N-230**

Publicació del Plà General : **Normes Subsidiàries DOGC 31/03/82**
 Publicació del Plà Derivat : **Pla Parcial DOGC 17/01/1991**

Extensió Total	Sòl Cedit	Sòl Net	Sol Ocupat	Sòl Disponible	Preu mig del m ² (€)
174048 m ²	22907 m ²	80226 m ²	77312 m ²	2914 m ²	(N/D)

Condicions Urbanístiques per Sector d'Activitat

Sector d'Activitat	Ocupació Màxima	Alçada Màxima Edificable	Parcela Mínima	Edificabilitat Màxima	Façana Mínima
TOTS	0 %	0 m	0 m ²	(N/D)	0 m
Indústria aïllada tipus I	60 %	10 m	2000 m ²	1,9 de ocupació m ² /m ²	(N/D)
Indústria aïllada tipus II	60 %	10 m	2000 m ²	1,9 de ocupació m ² /m ²	(N/D)
Indústria aïllada tipus III	60 %	10 m	2000 m ²	1,9 de ocupació m ² /m ²	(N/D)

fig. 12. Captura de pantalla. Sòl disponible a La Vall d'Aran

Sòl Industrial					
					* (N/D) Dades no Disponibles Última actualització: 22/2/2012
Fitxa Bàsica del Polígon I					
<u>Dades Bàsiques</u>					
Nom del Polígon : Sector Migdia					
Població : Pobla de Segur, la			Estat : En venda		
Usos : Industrial i residencial					
Situació : Zona sud del municipi					
Accessos : Ctra. C-13 i ferrocarril de Lleida a la Pobla de Segur					
Publicació del Plà General : Normes Subsidiàries DOGC 18/01/95					
Publicació del Plà Derivat : Pla Parcial DOGC 18/02/83					
Extensió Total	Sòl Cedit	Sòl Net	Sol Ocupat	Sòl Disponible	Preu mig del m ² (€)
62706 m ²	34628 m ²	28078 m ²	21948 m ²	6130 m ²	(N/D)
<u>Condicions Urbanístiques per Sector d'Activitat</u>					
Sector d'Activitat	Ocupació Màxima	Alçada Màxima Edificable	Parcela Mínima	Edificabilitat Màxima	Façana Mínima
Indústria aïllada tipus 1	100 %	9 m	1000 m ²	0,75 m ² /m ²	20 m

fig. 13. Captura de pantalla. Sòl disponible al Pallars Jussà

Alternatives al sòl industrial

Segons el que estableix el Text Refós de la Llei d'Urbanisme¹², al seu article 47.6.a s'admeten noves construccions pròpies d'una explotació de recursos naturals procedents d'activitats extractives, incloent les instal·lacions destinades al primer tractament i a la selecció d'aquests recursos. Clarament el nostre cas.

A l'article 49 determina quins seran els requisits a complir els projectes de noves activitats i construccions en sòl no urbanitzable, i en l'apartat 1-a) d'aquest, inclou els projectes d'activitats i de construccions directament vinculades a l'explotació de recursos naturals.

Aquests requisits seran:

Els projectes de les actuacions (...), si no estan incloses en un pla especial urbanístic, han d'ésser sotmesos a informació pública per l'ajuntament, per un termini d'un mes. Tant el projecte

¹² http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/Territori%20i%20mobilitat/02_Activitat%20urbanistica/Comissions%20urbanisme/4%201%20Marc%20legal/DOCS/TRLUC_2012_indexat.pdf



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



d'aquestes actuacions com, si s'escau, el pla especial urbanístic formulat per acomplir-les han d'incloure la documentació següent:

- a. Una justificació específica de la finalitat del projecte i de la compatibilitat de l'actuació amb el planejament urbanístic i sectorial.*
- b. Un estudi d'impacte paisatgístic.*
- c. Un estudi arqueològic i un informe del Departament competent en matèria de cultura, si l'actuació afecta restes arqueològiques d'interès declarat.*
- d. Un informe del Departament competent en matèria d'agricultura si no és comprès en un pla sectorial agrari.*
- e. Un informe de l'administració hidràulica, si l'actuació afecta aqüífers classificats, zones vulnerables o zones sensibles declarades de conformitat amb la legislació vigent.*
- f. Un informe de l'Institut Geològic de Catalunya, si l'actuació afecta jaciments paleontològics o punts geològics d'interès.*
- g. Els altres informes que exigeixi la legislació sectorial.*

Per tant i donat que hi ha una manca generalitzada de sòl industrial disponible, i l'activitat queda emmarcada dins d'un dels supòsits que ho permeten, es planteja la ubicació d'aquesta en sòl no urbanitzable, el més proper possible al recurs biomassa, i en zones ben comunicades.

Determinació de la ubicació final

Es planteja la cerca d'un espai que pugui encabir la instal·lació dimensionada, i possibles ampliacions d'aquesta, ja que es planteja un projecte escalable i ampliable, que permeti, si mes no, duplicar la capacitat inicial.

S'ha trobat que dins la zona del Pallars Sobirà, la ubicació més propera al recurs i alhora ben comunicada és la localitat de Llavorsí, ja que es troba ubicada a la confluència de les vies de comunicació de la zona, centrada geogràficament, i es disposa de sol no afectat per les figures de protecció existents.

Així, d'acord al sistema d'informació geogràfica de la diputació de Lleida¹³, i als mapes servits per l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya¹⁴ s'identifica una ubicació de topografia aproximadament anivellada, fora de l'àmbit de zones PEIN, Espais Naturals de Protecció Especial o de Xarxa Natura 2000, zona coneguda com La Coma (fig. 14 i 15).

¹³ <http://oden.diputaciolleida.cat/sitmun/inicio.jsp>

¹⁴ <http://www.icgc.cat/>

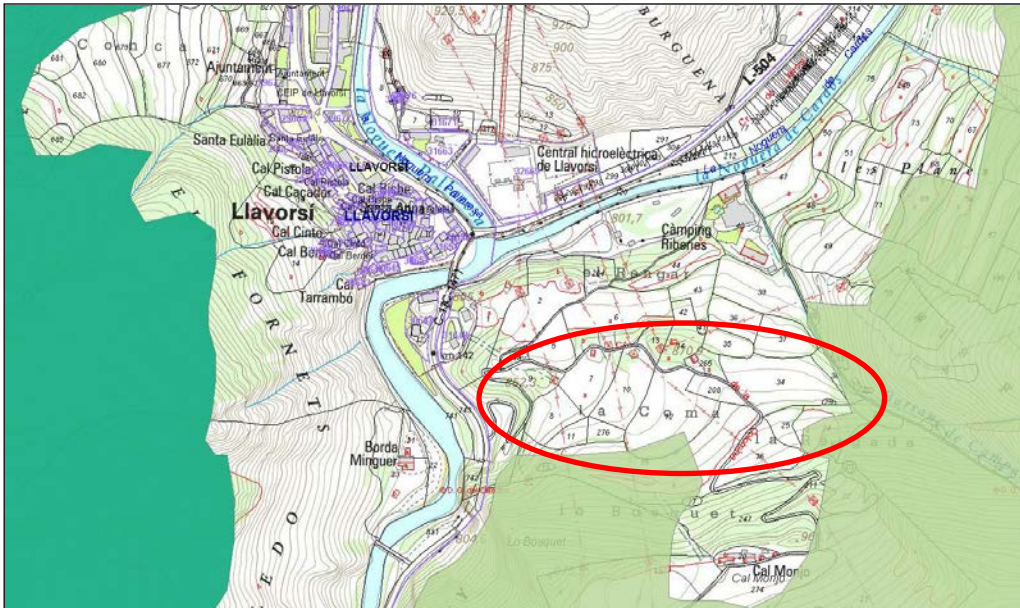


fig. 14. Zones protegides. ENPE i Xarxa Natura 2000

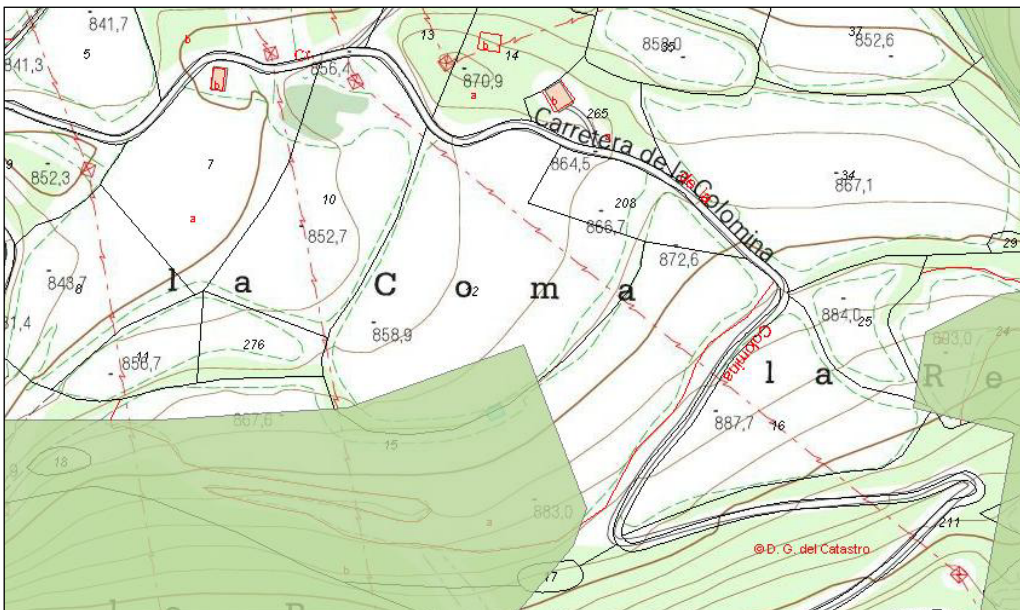


fig. 15. Parcel·les cadastrals

Així doncs es planteja la ubicació del projecte al següent inventari cadastral:

Taula 5. Inventari cadastral

Polígon - Parcel·la	superfície
Polígon 2 Parcel·la 12	10.334 m ²
Polígon 2 Parcel·la 10	5.579 m ²
Polígon 2 Parcel·la 7	4.784 m ²
Polígon 2 Parcel·la 8	3.824 m ²
Polígon 2 Parcel·la 208	1.893 m ²
Polígon 2 Parcel·la 34	9.666 m ²

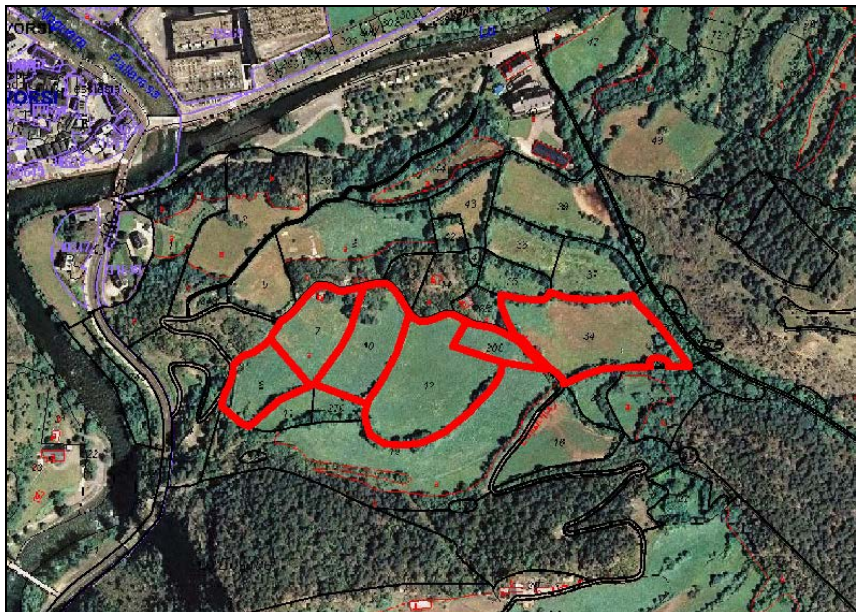


fig. 16. Determinació de les parcel·les definitives

Normativa de carreteres

D'acord a la norma de carreteres, Decret Legislatiu 2/2009, de 25 d'agost, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei de carreteres, existeixen zones de domini públic viari i zones de protecció, així com zones d'edificació, que tenen regulació específica.

Les parcel·les on s'implantarà el projecte s'ubiquen a prop de la carretera C-13, en el seu tram amb origen a N-260 Sort i final a C-28 Esterrí d'Àneu, que segons el catàleg de carreteres de Catalunya de 31 de desembre de 2012, editat per La Generalitat de Catalunya, respon a una classificació tècnica CU-Carretera convencional calçada única, i segons classificació funcional a BS-Xarxa bàsica secundària, depenent del Servei Territorial de Carreteres de Lleida.

Segons DL 2/2009, esmentat anteriorment, per a carreteres de la tipologia funcional i tècnica esmentada anteriorment, es disposen:

- *Zona de domini públic:* comprèn una franja de terreny, a cada costat de la via, mesurada des de l'aresta exterior de l'esplanació, de tres metres, on només es poden realitzar les obres i les actuacions directament relacionades amb la construcció i l'explotació de la via i els seus elements funcionals
- *Zona de servitud:* consisteix en dues franges de terreny, a banda i banda de la carretera, delimitades interiorment per la zona de domini públic i exteriorment per dues línies paral·leles a les arestes exteriors de l'esplanació, a una distància de vuit metres, mesurats des de les arestes esmentades, on només es poden realitzar els usos i les activitats prèviament autoritzats que siguin compatibles amb la seguretat de la via i amb la finalitat pròpia d'aquesta zona. Es podran autoritzar tancaments diàfans o arbustius.
- *Zona d'afectació:* consisteix en dues franges de terreny a banda i banda de la carretera, delimitades interiorment per la zona de servitud i exteriorment per dues línies paral·leles a les arestes exteriors de l'esplanació, a una distància de cinquanta metres en les carreteres convencionals de la xarxa bàsica, mesurats des de les arestes esmentades. En aquesta zona, l'execució de qualsevol tipus d'activitat, la realització d'obres o instal·lacions, fixes o provisionals, el canvi d'ús o de destinació i la plantació o la tala d'arbres requereixen l'autorització prèvia del departament competent en matèria de carreteres, sens perjudici d'altres competències concurrents. Només es poden realitzar sense autorització prèvia els treballs propis dels conreus agrícoles, sempre que no en resultin afectades de cap manera la zona de domini públic ni la seguretat viària.
- *Línia d'edificació:* es troba situada respecte a l'aresta exterior de la calçada, a vint-i-cinc metres a banda i banda de la carretera. En aquesta zona es prohibeix qualsevol tipus d'obra de construcció, reconstrucció o ampliació, llevat de les que siguin imprescindibles per a la conservació i el manteniment de les construccions existents.

En el nostre cas, ens trobem que una petita part de la parcel·la més occidental (uns 200 m²), es troba dins de la zona d'afectació, amb el que seria preceptiva l'autorització prèvia del departament competent en matèria de carreteres, tal com es pot comprovar a la figura següent.

El projecte no es veu afectat per la línia d'edificació.

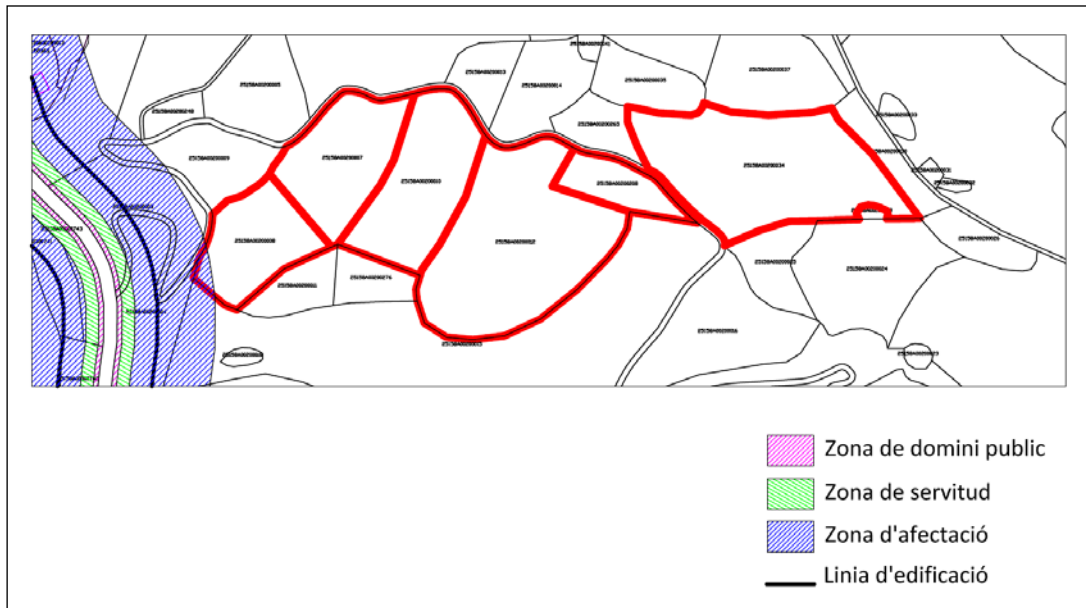


fig. 17. Afectació normativa de carreteres

Zones inundables

Una ràpida consulta a la base de dades de zones inundables del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente¹⁵, ens mostra que les nostres parcel·les estan fora de terreny inundable per a un període de retorn de T=500 anys (fig. 18).

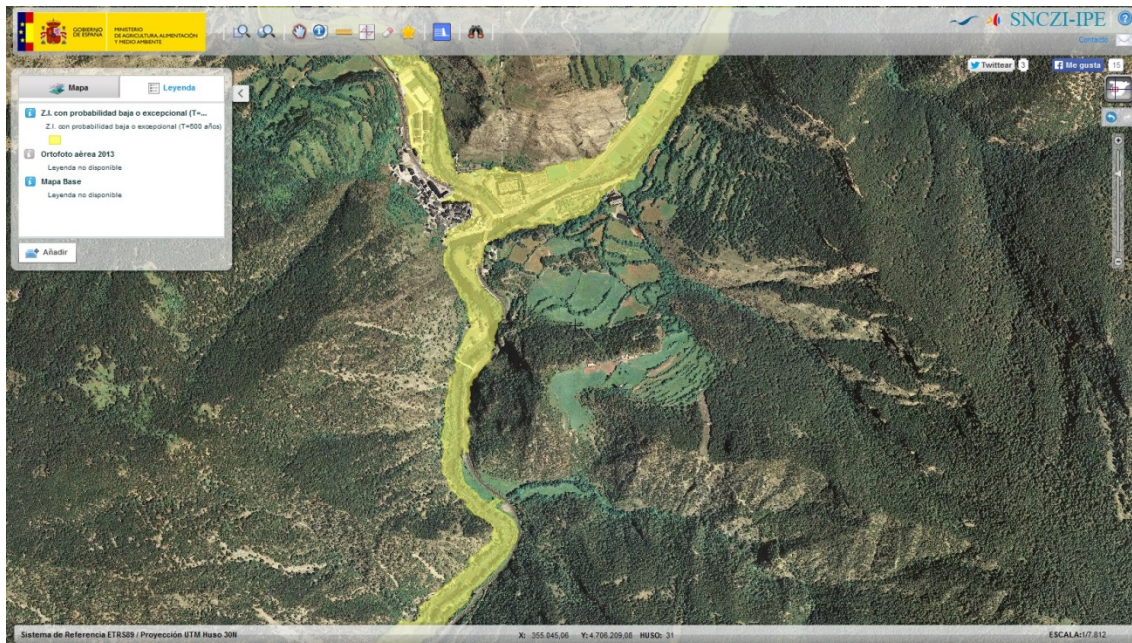


fig. 18. Zones inundables, període de retorn de 500 anys

No s'aprofundeix més en aquest aspecte, donat que els requisits ja es consideren complerts amb el compliment de la normativa urbanística, que fa referència concretament a *Un informe de l'administració hidràulica, si l'actuació afecta aqüífers classificats, zones vulnerables o zones sensibles declarades de conformitat amb la legislació vigent*. A més que les instal·lacions projectades no suposen un obstacle per la corrent en règim d'avingudes, no es causa degradació o deteriorament en l'estat de l'aigua o del ecosistema i no s'ocupa zona de flux preferent, que són els requisits que ens marca la normativa vigent sobre el domini públic hidràulic¹⁶.

¹⁵ <http://sig.magrama.es/snczi/visor.html?herramienta=DPHZI>

¹⁶ Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico,



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 2

Annex 2 Dimensionat de la instal·lació

Es dimensiona la instal·lació per tal de definir quina maquinària caldrà i les dimensions físiques de les instal·lacions per allotjar tant matèria primera, com maquinària i producte acabat.

Segons el ja esmentat estudi del Departament de Medi Ambient i Habitatge, el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) i el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) titulat *Pla estratègic d'aprofitament energètic dels boscos del Pallars Sobirà*, d'octubre de 2009, la disponibilitat del recurs biomassa ens ve donada per una possibilitat de 9.100 tones/any d'aquesta, provinents dels boscos del Pallars Sobirà, juntament amb unes 10.000 tones/any de subproducte de les indústries de la fusta de la comarca.

Es planteja en aquest projecte una instal·lació que permeti absorbir aproximadament la meitat d'aquesta biomassa, es a dir unes 10.000 tones/any, alhora que el disseny es realitza pensant en la possibilitat de duplicar aquesta capacitat productiva amb el menor cost en instal·lacions, de forma que la distribució de les naus s'ha fet pensant en aquesta possibilitat d'ampliació.

Quantitat de producte acabat

Per tal de conèixer la quantitat de producte acabat que ens proporcionaran les 10.000 tones/any de biomassa, cal tenir en compte la humitat a la que es troben tant producte acabat, com matèria primera.

El pellet ha d'estar al 10 % d'humitat (en base humida) segons norma EN-14961-2¹⁷. Suposem que l'aprovisionament serà a parts iguals enter estella forestal, fusta en roll i subproductes de la indústria de la comarca. La humitat típica de cadascun d'aquests orígens és de un 45 % d'humitat en base humida tant per estella com per fusta en roll, i de un 12% per els subproductes.

Partint d'aquestes dades, la quantitat de producte acabat que s'obtindrà serà de 7000 tones/any de pellet al 10%:

Taula 6 Producció anual de pellet

	% total	Tones totals	humitat	Tones base seca	Pèrdues	Tones pellets al 10%
Estella Forestal	34%	3.400	45%	1.870	5%	1.954,15
Fusta en Roll	33%	3.300	45%	1.815	5%	1.896,68
Subproductes	33%	3.300	12%	2.904	0%	3.194,40

¹⁷ EN-14961-2: Biocombustibles sòlids – Especificaciones y clases de combustible – Parte 2: Pellets de madera para usos no industriales.

TOTAL	6.589,00	7.045,23
--------------	-----------------	-----------------

Dimensionat del procés de fabricació

Per tal de dimensionar el procés, es parteix de disponibilitat de matèria prima que ens hem fixat i anem aigües avall, per obtenir la quantitat de producte acabat (pellet) que resulta de 7.000 Tn/any. Partint d'aquesta dada, cal triar la capacitat de les màquines i les dimensions dels parcs de material per donar servei a l'objectiu de producció fixat. Tal com s'explica a l'annex corresponent, el procés s'estructura en:

7. **Parc de matèria primera** on es disposarà de fusta en roll i piles d'estella, amb el material amb un contingut d'humitat al voltant del 30% un cop estabilitzat
8. **Procés de assecat i magatzem de estella seca**
9. **Molta**
10. **Fabricació de pellet** pròpiament dita
11. **Refredat**
12. Sistema de **ensacat, apilat i emmagatzematge** de producte acabat.

Volum del parc d'estella

Aquest parc d'estella és necessari, per tal de produir un assecat natural de l'estella, que arriba a un 45% d'humitat i en parc s'estabilitza al voltant del 30%, amb el que aquesta pèrdua d'humitat es produeix sense aport d'energia, a banda que es disposa de estoc per fer front a una producció continuada al llarg de l'any, independentment de la temporalitat en l'aprovisionament, degut a les èpoques en que no es pot entrar al bosc.

Coneixent que la densitat aparent de l'estella¹⁸ és d'uns 300 kg/m³, podem dimensionar el parc d'estella inicial, amb el condicionant auto imposat que volem disposar de parc d'estella per una quarta part de la producció anual. Necessitarem un parc d'estella d'uns $10.000/0,3/4 = 8.300 \text{ m}^3$.

Segons el *reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales*, les piles de combustibles sòlids en establiments tipus E o D, han de complir:

1. Superfície màxima de cada pila: 500 m².
2. Volum màxim de cada pila: 3500 m³.
3. Altura màxima de cada pila: 15 m.
4. Longitud màxima de cada pila: 45 m si el passadís entre piles es $\geq 2,5 \text{ m}$; 20 m si el es $\geq 1,5 \text{ m}$.

¹⁸ Energía de la biomasa II, Fernando Sebastián Nogués, Daniel García Galindo, Adeline Rezeau

Sabent que l'estella té una densitat aparent de 300 kg/m^3 i angle de repòs¹⁹ de 45° es pot calcular el volum de la pila com la suma del volum d'un con més un prisma piramidal, tal com es mostra a la figura 19 següent.

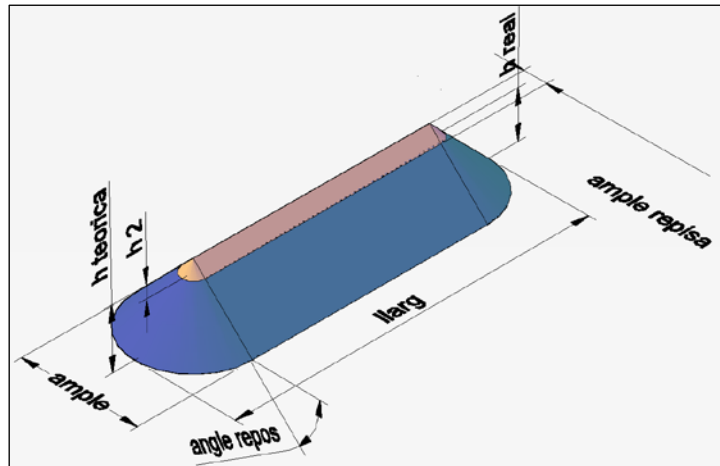


fig. 19 càlcul del volum de les piles d'estella

El màxim volum de pila es dona per un llarg de 27 m i un ample de 18,5 m, resultant una pila de 1.558 m^3 , amb una superfície en planta de 500 m^2 i una altura màxima de 9,25 m.

En aquest cas, seguim aquestes dimensions, i per assolir l'objectiu de tenir un apilament d'estella de aproximadament $\frac{1}{4}$ de la producció anual, calen $8.300 \text{ m}^3 / 1558 \text{ m}^3 = 6$ piles.

Capacitat de la maquinària.

La equivalència en pes, en funció de la humitat de la matèria prima és la següent (taula 2):

Taula 7. Equivalències de material en funció del contingut d'humitat

	material al 30%	material al 10%
ton/any	10.000	7.000
ton/hora	5	3,5

Per tant la maquinària a instal·lar haurà de ser capaç de processar un mínim de 4 o 5 Tm/hora depenent si es tracta de material al 10% o al 30% d'humitat.

Per tant el trommel haurà de ser capaç d'assecar aquestes 5 Tm/hora.

El trommel triat (veure apartat de maquinària en aquest mateix apartat) té una capacitat de 7 Tm/hora. Per sobre dels requeriments.

¹⁹ Norma MV-101/1962 "Acciones en la Edificación" Ministerio de la Vivienda

Magatzem d'estella seca

El dipòsit intermedi d'estella ha de ser capaç de subministrar estella per 16 hores de fabricació, per tant caldrà encabir $7.000 \text{ Tm} / 52 \text{ setmanes} / 5 \text{ dies} / 8 \text{ hores} * 16 \text{ hores} = 54 \text{ tones}$ d'estella, amb una densitat aparent de $0,3 \text{ Tm}/\text{m}^3$, resulten 180 m^3 de estella, en acopi intermedi.

Per calcular el volum d'aquest apilament es té en compte que els primers dos metres de magatzem seran de mur de formigó, on el material es recolza lateralment (fig. 20). La resta d'apilament segueix els mateixos paràmetres de angle de repòs.

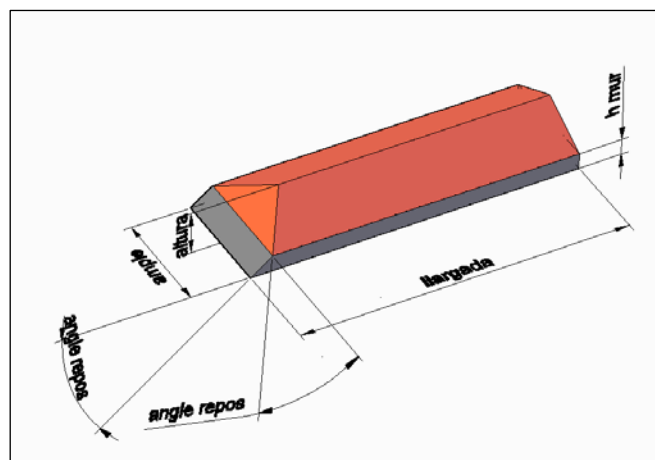


fig. 20. Volum del magatzem intermedi d'estella

Per una alçada de mur de 2 metres, una amplada de nau de 6 metres, una longitud de 15 metres i una altura màxima d'apilament de 5 metres, obtenim una capacitat d'emmagatzematge aproximada de 276 m^3 , per sobre de les nostres necessitats, i per tant suficient.

Capacitat de la garbell, molí, granuladora, refredadora i bisinfins i cintes de transport.

Tal com s'ha esmentat en l'apartat anterior, la maquinària a instal·lar haurà de ser capaç de processar un mínim de 4 ton/hora de material al 10% d'humitat.

- El **garbell** triada (veure apartat de maquinària en aquest mateix annex) té una capacitat de 10 Ton/hora. Per sobre dels requeriments.
- El **molí** triat (veure apartat de maquinària en aquest mateix annex) té una capacitat de 10 Ton/hora. Per sobre dels requeriments.
- La **granuladora** triada (veure apartat de maquinària en aquest mateix annex) té una capacitat de 6 Ton/hora. Per sobre dels requeriments.
- La **refredadora** triada (veure apartat de maquinària en aquest mateix annex) té una capacitat de 10 Ton/hora. Per sobre dels requeriments.

- El tipus de **bisinfí** triat (veure apartat de maquinària en aquest mateix annex) té una capacitat de 7 Ton/hora. Per sobre dels requeriments.
- La **ensacadora** triada (veure apartat de maquinària en aquest mateix annex) té una capacitat de 700 sacs/hora. 700 sacs de 15 kg = 10.500 kg, per sobre dels requeriments.
- La **ensacadora de big bags** triada (veure apartat de maquinària en aquest mateix annex) té una capacitat de 30 BB/hora. 30 ton/hora, per sobre dels requeriments.

Magatzem de pellet a granel

La producció de pellets es comercialitzarà en un 75% a granel i la resta a parts iguals en big.bag i en sac de 15 kg. Es marca com a requisit, el disposar d'emmagatzematge corresponent a sis mesos de producció final de pellet a granel, que coincideix amb la temporada de abril a novembre en la que no hi ha pràcticament comercialització. Sabent que el pellet te una densitat aparent de 600 kg/m^3 , es necessiten sitges per encabir $7.000 \cdot 0.75 / 0,6 / 12 \times 6 = 4375 \text{ m}^3$ de pellets.

Per l'emmagatzematge del pellet a granel s'opta per una solució a base de sitges prefabricades, concretament una bateria de 4 sitges de 1.050 m^3 cadascuna, amb unes dimensions unitàries de 10,05 m de diàmetre i 18,88m d'altura total, que proporcionen una capacitat d'emmagatzematge de 4.200 m^3 , i una autonomia de 6 mesos de producció.



fig. 21 Volum del parc de pellet a granel

Magatzem de producte paletitzat

Per tal d'emmagatzemar palets de sacs i de big-bag, es requerirà també un magatzem en que protegir el material paletitzat dels agents atmosfèrics.

Es dota la instal·lació d'un magatzem de 40 x 20 m amb aquesta finalitat, en la que considerarem que s'apila a 4 metres en una superfície útil de la meitat de la existent, per tant, hi cabran $40 \times 20 \times 4 / 2 = 1600 \text{ m}^3$ de material emmagatzemat, que suposen un total de 960 Tm.

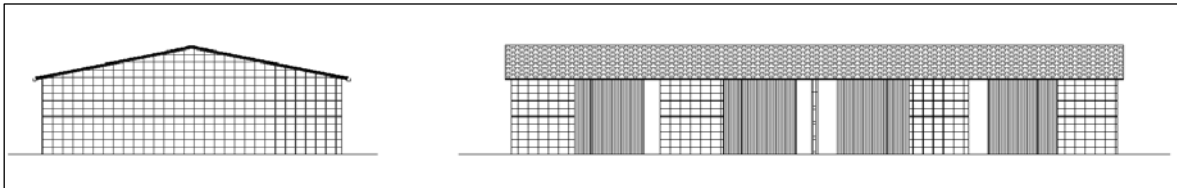


fig. 22 Vistes magatzem

Dimensions i distribució de la nau

Per tal d'allotjar el procés productiu descrit, es dissenya una nau on el flux de materials sigui el més racional possible (curt) i alhora que permeti una adequada compacitat, es a dir, que les coses estiguin a prop, accessibles.

A més, en el plantejament inicial del projecte, ens hem marcat com a requisit que el procés sigui escalable, i permeti doblar la producció amb poques modificacions. Es planteja una nau que permetrà doblar la línia de procés, tot mantenint una compacitat del procés que s'ha considerat adequada, i per tant no necessita unes dimensions excessives de la nau que l'allotja (figura 23 i plànols de planta i secció de la nau).

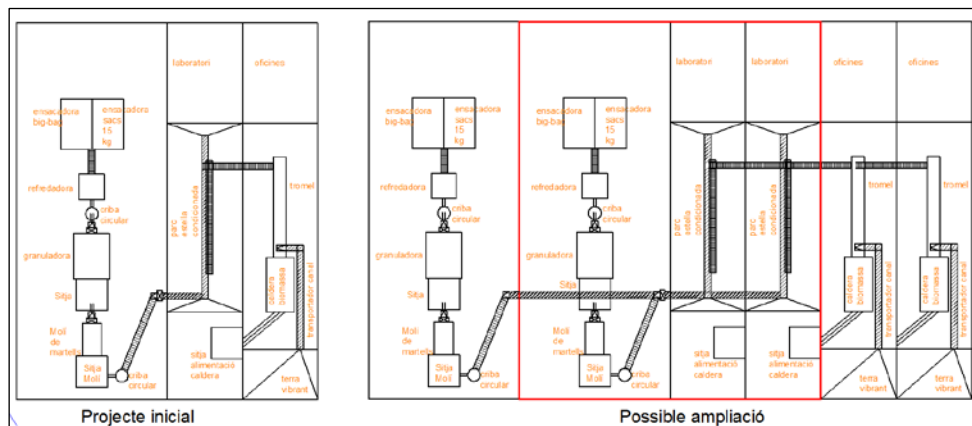


fig. 23 Distribució inicial i futura ampliació

Fitxes de les màquines

Bascula



Bàscula pont BACSA DIAMANT DH6SS/14A

Rang de pesatge	15-100 Tm
Altura sobre terra	365 mm
cèdules de càrrega	8 -
Llarg	14 m
Ample	3,3 m
Font	http://www.bacsa.es/Productos/Puente/Diamant.html
Preu (nova)	9.736,00 €

Peladora de troncs



Peladora Peterson 4800F

Velocitat alimentació	47 m/min
Dimensions entrada	580 mm
Potència motor dièsel	350 CV
Llarg	7,10 m
Ample	3,00 m
Font	http://www.petersoncorp.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1153:4800f&catid=44:chippers-and-flails&Itemid=98
Preu (usada)	96.784,00 €

Estelladora



Estelladora DOPPSTADT DH 811

Dimensions entrada	600 mm
Potència (motor dièsel)	490 CV
Llarg	7950 mm
Ample	2555 mm
alt total	5930 mm
Font	http://www.doppstadt.com/en/products/mobile-recycling/precision-chippers-dh/dh-811/
Preu (aprox)	120.000,00 €

Carregadora troncs



Carregadora troncs SENNEBOGEN 723 M-HD

altura sota ploma	9 m
càrrega màx en punta	3,2 Tm
Potència (motor dièsel)	151 CV
Llarg	4,70 m
Ample	2,80 m
Font	http://www.sennebogen.com/products/materialumschlagmaschine/723/mobil-hd-41.html
Preu (usada)	104.500,00 €

Carregadora telescòpica



Carregadora telescòpica CAT TH407C

altura màxima	7300 mm
càrrega en alt màxima	2000 kg
Potència (motor dièsel)	101 CV
Llarg	5,35 m
Ample	2,40 m
Font	http://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/telehandlers/telehandlers/18470206.html# http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10150381
Preu (usada)	50.166,00 €

Terra Vibrant



Terra Vibrant Vibrafloor™

Velocitat alimentació	360 m ³ /h
Dimensions entrada	6 m
Potència	0,720 kW
Llarg	6 m
Ample	3 m
Font	http://www.vibrafloor.com
Preu (aprox)	4.000,00 €

transportador de canal



Transportador de canal WAM CAUA-1L

Diàm. cargol	0.25 m
Pas cargol	0.175 m
Velocitat	100 rpm
Capacitat	7 Tm/h
Potència	0.5 kW
Llarg	12 m
Font	http://www.wamgroup.com http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/08_Apunte%20TteSolidos.pdf
Preu (aprox)	6.000,00 €

elevador de catúfols (cangilones)



elevador de catúfols SB8-2 SCAFECO

tamany catúfol	160 x 120 mm
Espai entre catúfols	343 mm
Velocitat	120 rpm
Capacitat	7,28 Tm/h
Potència	0.5 kW
secció	25,4 x 53,3 cm
Font	http://www.scafco.com/grain/products/material-handling http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/08_Apunte%20TteSolidos.pdf
Preu (aprox)	4.000,00 €

Trommel



Assecador de tambor rotatori KMEC HZG8- f1.2x6-10

Diàmetre	800 mm
Longitud	8 m
Velocitat rotació	0.6-6 rpm
Capacitat	7 Tm/h
Potència	5.5 kW
Font	http://www.plantaspeletizadoras.com/
Preu (aprox)	45.000,00 €

Caldera Biomassa



Caldera de biomassa Uniconfort EOS 2000

Potència calorífica	200x10 ⁴ kcal/h
Altura	4400 mm
Longitud	7300 mm
Ample	2120 mm
Potència elèctrica	19.75 kW
Font	http://www.biobestenergy.com/sector-industrial.php http://www.beloteq.com/brochures/Uniconfort_CMT.pdf
Preu (aprox)	110.000,00 €

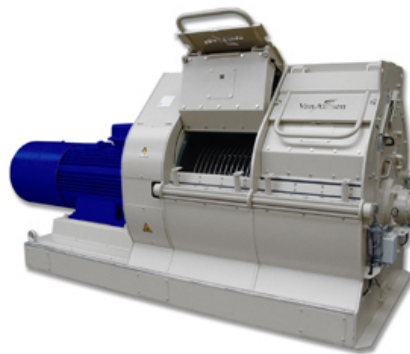
Criba circular



Criba circular MABRICK CC-100-L

Capacitat	10 Tm/h
Diametre	1088 mm
Altura	630 mm
Potència elèctrica	1.1 kW
Font	http://www.mabrik.com/productos.html?familia=15
Preu (aprox)	3.000,00 €

Molí de martells



Molí de martells Van Aarsen 700 GD

Capacitat	10-100 Tm/h
Altura	2570 mm
Longitud	2600 mm
Amplada	1500 mm
Potència elèctrica	200 kW
Potència ventilador	11 kW
Font	http://www.aarsen.com/ANIMAL_FEED/PRODUCTOS_Y_PROCESOS/Molinos_de_Martillos/276/
Preu (nou)	20.126,00 €

Granuladora/pelletitzadora



Granuladora Bühler RWPR-900

Capacitat	6 Tm/h
Altura	2840 mm
Longitud	3650 mm
Amplada	2850 mm
Potència elèctrica	250 kW
Potència alimentador	3 kW
Potència motor auxiliar	7.5 kW
Font	http://www.buhlergroup.com/europe/es/productos/prensa-de-granulado-rwpr-900.htm
Preu (aprox)	50.000,00 €

Refredadora a contracorrent



Refredadora KMEC SKLN1.9x1.9

Capacitat	10 Tm/h
Longitud	1900 mm
Amplada	1900 mm
Potència elèctrica	3 kW
Font	http://www.plantaspeletizadoras.com/Enfriador-de-pellets.html
Preu (nova)	11.157,00 €

Ensacadora



Ensacadora Italmecanica Altair L

Capacitat	700	sacs/h
Longitud	4000	mm
Amplada	2500	mm
Altura	2100	mm
Potencia	16	kW
Font	http://www.syntech.es/productos/ensacadoras/ensacadora-altair.aspx	
Preu (usada)	40.000,00	€

Ensacadora Big Bag



Ensacadora Big Bag Italmecanica

Capacitat	30	BB/h
Longitud	4000	mm
Amplada	2500	mm
Altura	3100	mm
Potencia	6	kW
Font	http://www.ital-meccanica.com/en-prodotti-dettaglio-ital-meccanica.php?id=55	
Preu (aprox)	18.000,00	€

Sitges per pellets a granel



sitges SCAFCO 3310SHBT

Capacitat	1.050 m ³
Pes en buit	119,8 Tm
Diàmetre	10.060 mm
Altura	18.88 m
Font	http://www.scafco.com/grain/es/productos/silos-fondo-conico
Preu (aprox)	90.000,00 €/ud (1)

(1) Inclou la part proporcional de aparells d'elevació, distribució i condicionament de la matèria primera.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 3



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Annex 3 compliment de la normativa de seguretat contra incendis

El *Real Decreto 2267/2004, de Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales*, té per finalitat establir i definir els requisits que han de satisfer i les condicions que han de complir els establiments i instal·lacions d'ús industrial per a la seva seguretat en cas d'incendi, per prevenir la seva aparició i per donar la resposta adequada, en cas de produir-se, limitar la seva propagació i possibilitar la seva extinció.

En el cas del nostre projecte l'establiment industrial hi ha coexistència amb l'activitat industrial altres usos amb la mateixa titularitat, pels quals serà aplicable el Codi Tècnic de l'Edificació: seguretat en cas d'incendi. Els requisits que han de satisfer els espais d'ús no industrial seran els exigits per aquesta normativa quan superi el límit indicat a continuació:

- Zona administrativa: superfície construïda superior a 250 m². L'àrea d'oficines de la nostra instal·lació té una superfície menor a 250 m², per tant haurà de seguir les exigències d'aquest reglament.

Caracterització dels establiments industrials en relació amb la seguretat contra incendis (annex I)

Establiment

S'entén per establiment el conjunt d'edificis, edifici, zona d'aquest, instal·lació o espai obert d'ús industrial o magatzem, destinat a ser utilitzat sota una titularitat diferenciada i el seu projecte de construcció o reforma, així com l'inici de l'activitat prevista, sigui objecte de control administratiu.

Segons l'Annex I d'aquest reglament, els establiments industrials es caracteritzaran per:

- La seva configuració i ubicació en relació amb el seu entorn.
- El seu nivell de risc intrínsec.

La indústria on es realitzarà l'activitat que es vol dur a terme destinada a la fabricació de pellets de fusta, estarà formada per diferents instal·lacions diferenciades, que tindran diferents configuracions i ubicacions en relació amb el seu entorn i diferents nivells de risc intrínsec.

Característiques dels establiments industrials per la seva configuració i ubicació en relació amb el seu entorn

Establiments industrials situats en un edifici:

En un establiment industrial poden coexistir diferents configuracions, per la qual cosa s'hauran d'aplicar els requisits d'aquest reglament de forma diferenciada per a cadascuna d'elles.

El tipus d'activitat sobre el qual es realitza el projecte és un establiment industrial situat en varis edificis aïllats (Nau de fabricació, magatzem de granel i magatzem de producte paletitzat). Observant els diferents tipus d'establiments industrials caracteritzats per la seva configuració i ubicació dins de l'Annex I, i tenint en compte la situació de les diferents naus industrials sobre les que es realitza el projecte, els establiments industrials són del tipus C, ja que es tracta de naus aïllades separades per més de 3 m de distància.

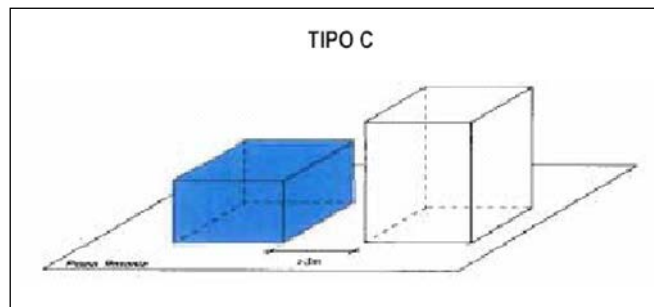


fig. 24 configuració tipus C

Establiments industrials que desenvolupen la seva activitat en espais oberts que no constitueixen un edifici:

Les diferents zones d'emmagatzematge de la matèria primera (fusta en roll, estelles), es tracta de espais oberts amb menys del 50% de les seves superfícies cobertes, ja que no es disposarà de cobertes en aquests espais, per la qual cosa aquestes es classifiquen com a tipus E.

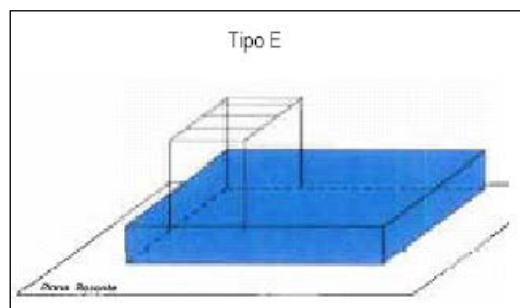


fig. 25 Configuració tipus E

Caracterització dels establiments industrials pel seu nivell de risc intrínsec

Els establiments industrials es classifiquen, segons el seu grau de risc intrínsec, atenent als criteris simplificats i segons els procediments que s'indiquen a continuació:

- A. L'establiment industrial està constituït per dues configuracions (tipus C i E). Cadascuna d'aquestes configuracions constituirà una o diverses zones (sectors o àrees d'incendi) de l'establiment industrial.
- Per al tipus C es considera "sector d'incendi" l'espai de l'edifici tancat per elements resistents al foc durant el temps que s'estableixi en cada cas.
 - Per al tipus E es considera que la superfície que ocupa constitueix un "àrea d'incendi" oberta, definida solament pel seu perímetre.

Les mesures de Protecció Passiva (Annex II) i Protecció Activa (Annex III) es determinaran per a cada sector o àrea d'incendi depenent del seu Nivell de Risc Intrínsec, de la seva superfície i de la configuració de l'edifici on es troba el sector.

- B. El nivell de risc intrínsec de cada sector o àrea d'incendi s'avaluarà calculant la següent expressió, que determina la densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, d'aquest sector o àrea d'incendi:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2 \text{) o (Mcal / m}^2 \text{)}$$

- Q_s = densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, del sector o àrea d'incendi, en MJ/m² o Mcal/m².
- C_i = coeficient adimensional que pondera el grau de perillositat (per la combustibilitat) de cadascun dels combustibles (i) que existeixen en el sector d'incendi.
- R_a = coeficient adimensional que corregeix el grau de perillositat (per l'activació) inherent a l'activitat industrial que es desenvolupa en el sector d'incendi, producció, muntatge, transformació, reparació, emmagatzematge, etc.
- q_i = poder calorífic, en MJ/kg o Mcal/kg, de cadascun dels combustibles (i) que existeixen en el sector d'incendi.
- G_i = massa, en kg, de cadascun dels combustibles (i) que existeixen en el sector o àrea d'incendi (inclosos els materials constructius combustibles).
- A = superfície construïda del sector d'incendi o superfície ocupada de l'àrea d'incendi, en m².

Activitats de producció i altres diferents a emmagatzematge

Per a activitats de producció, transformació, reparació o qualsevol altra diferent a l'emmagatzematge, com a alternativa a la fórmula anterior es pot avaluar la densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, Q_s , del sector d'incendi aplicant les següents expressions:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2 \text{) o (Mcal / m}^2 \text{)}$$

- Q_s , C_i , R_a i A tenen la mateixa significació que a l'apartat anterior.
- q_{si} = densitat de càrrega de foc de cada zona amb procés diferent segons els diferents processos que es realitzen en el sector d'incendi (i), en MJ/ m² o *Mcal/ m².
- S_i = superfície de cada zona amb procés diferent i densitat de càrrega de foc, q_{si} diferent, en m².

C_i : coeficient de perillositat per combustibilitat

Els valors del coeficient de perillositat per combustibilitat, C_i , de cada combustible poden deduir-se de la taula 1.1, del Catàleg CEA de productes i mercaderies. En aquest cas, donat que es tracta de fusta, no ens cal recórrer a aquest, ja que la pròpia guia tècnica d'aplicació del RSCI ens dona el valor de C_i per la fusta, com de perillositat mitjana, i per tant, **$C_i=1,30$** .

R_a : Coeficient de perillositat per activació i q_{si} : densitat de càrrega de foc

De totes les activitats els valors de les quals de densitat de càrrega de foc es donen en la taula 1.2. del RD 2267/2004 es pot assimilar per a l'activitat del nostre cas a una serradora en la que també hi haurà un laboratori a la recepció de materials. També disposarem d'una oficina administrativa i una sitja de material intermèdia amb estella seca. Valors a la taula 15.

Superfícies

Les superfícies de cada activitat son les assignades en fase disseny i dimensionat de la instal·lació.

Densitat de càrrega de foc

La densitat de càrrega de foc per el sector d'incendi producció resulta, un cop efectuats els càlculs (veure taula 15), de 181,40 Mcal/m², corresponent-li, segons la Taula 1.3 del citat reglament, un **Nivell de risc intrínsec Baix-2**.

Taula 8 Densitat de càrrega de foc en sector de fabricació

Nau fabricació	q_{si} (Mcal/m ²)	R_a	superfície (m ²)	Mcal
Serradora (fabricació de pellets)	96	1,5	360	67.392
Assecatge	96	1,5	132	24.710
Laboratori	48	1	48	4.493
pulmó intermedi estella seca	96	1,5	90	16.848
Oficines	96	1	144	26.957
		max	suma	suma
		1,5	774	140.400
			Q_s Mcal/m²	181,40

Activitats d'emmagatzematge

Per activitats d'emmagatzematge, utilitzarem la fórmula general per avaluar la densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, Q_s , del sector d'incendi:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2 \text{) o (Mcal/m}^2 \text{)}$$

O be,

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2 \text{) o (Mcal/m}^2 \text{)}$$

q_{vi} = càrrega de foc, aportada per cada m^3 de cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge (i) existent en el sector d'incendi, en MJ/m^3 o $*Mcal/m^3$.

h_i = altura de l'emmagatzematge de cadascun dels combustibles, (i), en m.

s_i = superfície ocupada en planta per cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge (i) existent en el sector d'incendi en m^2 .

Els valors de la càrrega de foc, per metre cúbic q_{vi} , aportada per cadascun dels combustibles, poden obtenir-se de la taula 1.2.

C_i : coeficient de perillositat per combustibilitat

Els valors del coeficient de perillositat per combustibilitat, C_i , igual que en el cas anterior serà de perillositat mitjana, i per tant, **$C_i=1,30$** .

G_i : Massa, en kg de cada combustible, Volum en m^3

En la fase de dimensionat i disseny del procés productiu, s'avaluen les necessitats d'emmagatzematge, tant en volum com en massa. Els valors queden transcrits a la següent taula 16.

q_i : poder calorífic en $Mcal/kg$, o $Mcal/m^3$ de cada combustible i R_a : coeficient de grau de perillositat per activació.

La fusta en roll té un poder calorífic q_v , segons la taula 1.2. del RD 2267/2004, de 1.514 $Mcal/m^3$, i un R_a de 1.5 segons taula 1.2 del citat RD (Madera en troncos).

El poder calorífic de l'estella al 30% d'humitat, que es tal com s'emmagatzema a les piles de matèria prima, és de 3000 a 3.300 $Kcal/kg$, segons Centre Tecnològic Forestal de Catalunya²⁰. Se li pot assignar un R_a , segons taula 1.2 del RD de $R_a=2$.

²⁰ Pla estratègic d'aprofitament energètic dels boscos del Pallars Sobirà. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) i Servei de Gestió Forestal (DMAH). 2009

Segons les especificacions de *EN 14961-2. Biocombustibles sòlidos – Especificaciones y clases de combustible*, el poder calorífic del pellet és de 19 MJ/kg, que equival a 4.500 kcal/kg. A l'igual que en el cas anterior, se li pot assignar un R_a de 2.

A: Superfície

Les superfícies de cada àrea d'emmagatzematge son les assignades en fase disseny i dimensionat de la instal·lació.

Densitat de càrrega de foc

La densitat de càrrega de foc per cada àrea/sector d'incendi de piles de matèria prima o producte elaborat resulta, un cop efectuats els càlculs de, (veure taula 16):

Taula 9 Densitat de càrrega de foc en les diferents àrees d'emmagatzematge

	G_i (Tm)	vol (m ³)	q_{vi} (Mcal/m ³)	q_i (Mcal/kg)	R_a	àrea (m ²)	Q_s (Mcal/m ²)	NRI
Sitges pellet	6504	-	-	4,5	2	2.400	31.707	alt-8
parc fusta roll	-	9450	1514	-	1,5	9.665	2.887	alt-7
parc estella	-	3272	3300	-	2	1.2226	2.296	alt-7
Nau palets	960	-	-	4,5	2	800	14.040	alt-8

Nivell de risc intrínsec de l'establiment industrial

El nivell de risc intrínsec d'un establiment industrial s'avalua calculant la següent expressió, que determina la densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, Q_E , d'aquest.

$$Q_E = \frac{\sum_1^i Q_{ei} A_{ei}}{\sum_1^i A_{ei}} \quad (MJ / m^2) \text{ o } (Mcal / m^2)$$

- Q_E = densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, de l'establiment industrial.
- Q_{ei} = densitat de càrrega de foc, ponderada i corregida, de cadascun dels edificis industrials, (i), que componen l'establiment industrial en MJ/m² o Mcal/m².
- A_{ei} = superfície construïda de cadascun dels edificis industrials, en m².

De la aplicació de la anterior expressió, s'obté per el establiment industrial un nivell de risc intrínsec Alt-8, veure taula 17.

Taula 10 Nivell de Risc intrínsec de l'establiment industrial

Zona	A_{ei} (m ²)	Q_{ei} (Mcal/m ²)
Sector fabricació	774	181
Sitges pellet granel	2.400	31.707
Parc fusta en roll	9.665	2.887
Parc estella	12.226	2.296
Nau palets	800	14.040
	Q_E	5.546

El Nivell de Risc Intrínsec del conjunt de l'Establiment Industrial ens va a determinar únicament la periodicitat de les inspeccions, descrites en l'Article 7 d'aquest reglament, ja que la resta de proteccions contra incendis es determinarà amb el nivell de Risc Intrínsec del sector.

Requisits constructius dels establiments industrials segons la seva configuració, ubicació i nivell de risc intrínsec (annex II)

Sectorització dels establiments industrials.

Tot establiment industrial constituirà, almenys, un sector d'incendi quan adopti les configuracions de tipus A, tipus B o tipus C, o constituirà un àrea d'incendi quan adopti les configuracions de tipus D o tipus E, segons l'annex I.

La màxima superfície construïda admissible de cada sector d'incendi serà la que s'indica en la taula 2.1. del citat reglament. Pel cas que ens ocupa, caldrà que el sector fabricació, de tipus C i nivell de risc intrínsec baix-2, sigui inferior a 6000 m², condició que es compleix.

Anàlogament, el sector magatzem palets, també de tipus C, i nivell de risc intrínsec alt-8, sigui inferior a 2000 m², que també es compleix, ja que la nau fa 800 m².

Les àrees o sectors d'incendi definits son (taula 18):

Taula 11 resum Àrees/Sectors d'incendi

Zona	A_{ei} (m ²)	NRI	Sup màxima
Sector fabricació	774	baix-2	6000
Sitges pellet granel	2.400	alt-8	-
Parc fusta en roll	9.665	alt-7	-
Parc estella	12.226	alt-7	-
Nau palets	800	alt-8	2000

La distribució dels materials combustibles a les àrees d'incendi en configuracions de tipus E haurà de complir els següents requisits:

- Superfície màxima de cada pila: 500 m²
- Volum màxim de cada pila: 3500 m³
- Altura màxima de cada pila: 15 m
- Longitud màxima de cada pila: 45 m si el passadís entre piles és $\geq 2,5$ m; 20 m si el passadís entre piles és $\geq 1,5$ m

En el nostre cas, les piles definides son. Taula 19:

Taula 12 caracterització dels apilaments

Dimensions pila	Superfície	Volum	Altura	Long.	Ampl.	Passadís
Parc fusta en roll	450 m ²	1350 m ³	3 m	45 m	10 m	7 m
Parc estella	500 m ²	1558 m ³	9,25 m	27 m	18,5 m	7 m

Totes compleixen amb els requisits.

Materials

Els productes utilitzats com a revestiment o acabat superficial han de ser:

En sòls: C_{FL}-s1 o més favorable.

En parets i sostres: C-s3 d0, o més favorable.

Els lucernaris que no siguin continus o instal·lacions per a eliminació de fum que s'instal·lin en les cobertes seran almenys de classe D-s2d0 o més favorable. Els materials dels lucernaris continus en coberta seran B-s1d0 o més favorable.

Els materials de revestiment exterior de façanes seran C-s3d0 o més favorables.

Els productes de construcció petris, ceràmics i metàl·lics, així com els vidres, morters, formigons o guixos, es consideraran de classe A1.

- Els sòls son de formigó polit, per tant A1 (M0).
- Les parets i sostres de panell sandwich de fusta, Classe B-s1d0.
- Els lucernaris continus en façana seran Policarbonat Alveolar, amb compliment de classe M1 (B-s1d0) .

Estabilitat al foc dels elements constructius portants

Les exigències de comportament davant el foc d'un element constructiu portant es defineixen pel temps en minuts, durant el qual aquest element ha de mantenir l'estabilitat mecànica (o capacitat portant). L'estabilitat al foc dels elements estructurals amb funció portant i escales que siguin recorregut d'evacuació no tindrà un valor inferior a l'indicat a la taula 2.2. del reglament, que marca una R-30 per a risc baix i una R-90 per a risc alt.

Malgrat això, i segons el punt 4.2.3 del annex II del citat reglament, per a activitats classificades de risc intrínsec baix, amb entreplanta fins al 20 per cent de la superfície total, i els recorreguts d'evacuació fins a una sortida de l'edifici, de fins a 50 m, sempre que el nombre d'ocupants sigui inferior a 25 persones, s'aplicarà la taula 2.3 i a tipologies C i risc baix, **no es requereix estabilitat al foc** per l'estructura principal de coberta, ni per els suports de l'entreplanta. Caldrà senyalitzar aquesta particularitat a l'accés principal de l'edifici perquè el personal dels serveis d'extinció en tingui coneixement.

De la mateixa manera, la taula 2.4 de la guia serà d'aplicació a naus industrials en planta baixa quan la superfície total del sector d'incendis estigui protegida per una instal·lació de ruixadors automàtics d'aigua i un sistema d'evacuació de fums. En aquest cas es demana un **R-15**, per a tipus C i risc alt.

Mesures en cas d'evacuació

Per la nau de fabricació (tipus C risc baix), únicament cal una única sortida de planta ja que es compleixen les condicions següent:

- La longitud dels recorreguts d'evacuació es menor a 50m (ja que té una sortida directa a l'espai exterior segur i l'ocupació no excedeix de 25 persones).
- L'altura d'evacuació de la planta considerada no excedeix de 28 m. (planta baixa en tots els casos, excepte en la planta d'oficines, 3 metres)

No és necessari que l'escala sigui protegida a les oficines, ja que el risc és baix i l'altura d'evacuació és menor a 20 m.

Per el magatzem de paletitzats (tipus C risc alt) haurà de disposar de dues sortides alternatives amb una longitud dels recorreguts d'evacuació menor a 50 m.

Les dimensions de portes, passadissos, escala, passadissos a l'aire lliure, tant per la nau de fabricació com per la nau de magatzem, son (veure taula 20):

Taula 13 Dimensions de elements de pas

	requerit (m)	projectat (m)
portes	0,80	0,80
passadissos	1,00	1,50
escala	0,80	1,50
passadissos a l'aire lliure	1,00	1,50

Per als parcs de fusta en roll i estella, s'aplica (taula 21):

Taula 14 dimensions elements de pas en parcs a l'aire lliure

	requerit (m)	parc de	parc
--	--------------	---------	------

		fusta (m)	d'estella (m)
Altura de la pila		3 m	9,25 m
Amplària de la franja perimetral	l'altura de la pila i com a mínim 5 m.	5 m	10 m
Amplària per a camins d'accés d'emergència	4,5 m	7 m	7 m
Separació màxima entre camins d'emergència	65 m	45 m	27 m
Amplària mínima de passadissos entre piles	1,5 m	7 m	7 m

Ventilació i eliminació de fums i gasos de la combustió

El magatzem de paletitzats, donat que es tracta de activitats d'emmagatzematge de risc intrínsec alt i superfície construïda = 800 m² requerirà de un sistema de d'evacuació de fums.

Aquest sistema, d'acord a la norma UNE 23 585, requerirà, per aquest cas de (taula 22)

Taula 15 càlcul de la ventilació i eliminació de fums i gasos de la nau magatzem de paletitzats²¹.

Càlculs justificatius	Valor	
Categoria de l'incendi	Categoria 3	
Dimensions de l'incendi	6,0m x 6,0m	
Perímetre de l'incendi	24	m
Superfície de l'incendi	36	m ²
Temperatura ambient	293,15	°K
Calor específic de l'aire a temperatura ambient	1,0006	KJ/Kg °K
Densitat del aire a temperatura ambient	1,18	kg/m ³
Carga calorífica	625	kW/m ²
Caudal màssic de fums	50,98	Kg·s ⁻¹
Flux de calor alliberat per convecció	18000	Kw
Temperatura termodinàmica mitjana de la capa de fums	646	°K
Caudal de fums a extraure	95,21	m ³ /s
Superfície total aerodinàmica per sector de fums	13,64	m ²
Número de sectors de fums	1	
Número de exutoris o airejadors per depòsit de fums	10	
Número de exutoris o airejadors total a la nau	10	
Mesures model exutori o airejador (ample x llarg)	150/150	cm
Superfície aerodinàmica lliure per exutori o airejador	1,46	m ²
Model exutori CI-System de Prefire-Lamilux	F100	

13,64 m² de exutoris automatitzats, amb detector de CO₂, que a la pràctica son 10 airejadors de 1,46 m² de superfície aerodinàmica, muntats al sostre.

²¹ <http://www.prefire.es/tecnico/premos.php>

Risc de foc forestal

Donat que la nostra indústria es classifica com un establiment industrial de risc alt i es troba situat prop d'una massa forestal, s'haurà de mantenir una franja perimetral de 25 m d'amplària permanentment lliure de vegetació baixa i arbustiva amb la massa forestal esclarida i les branques baixes podades. Aquesta franja s'ha respectat a la pròpia ubicació de les parcel·les agrícoles al voltant de la instal·lació.

Requisits de les instal·lacions de protecció contra incendis dels establiments industrials (annex III)

Es resumeixen en aquest quadre els requisits de instal·lacions de protecció contra incendis a complir al conjunt de l'establiment industrial

Taula 16. Instal·lacions de protecció contra incendis

	Nau fabricació	Nau magatzem	Parc roll	Parc estella	Zona sitges
Sistemes automàtics de detecció d'incendi	no	si (1)	-	-	-
Sistemes manuals d'alarma d'incendi (2)	si	si	-	-	-
Sistemes de comunicació d'alarma (3)	si	si	si	si	si
Sistemes de proveïment d'aigua contra incendis	Si				
Sistemes de hidrants exteriors	no	no	no	no	no
Extintors d'incendi	21 A cada 15 m	34 A cada 15 m	34 A cada 25 m	34 A cada 25 m	34 A cada 25 m
Sistemes de boques d'incendi equipades	no	3 DN 45 90 min	3 DN 45 90 min	3 DN 45 90 min	3 DN 45 90 min
Sistemes de columna seca	no	no	-	-	-
Sistemes de ruixadors automàtics d'aigua	no	no	-	-	-
Sistemes d'enllumenat d'emergència (4)	si	si	-	-	-

- (1) Conjuntament amb la instal·lació d'exutoris
- (2) Un polsador al costat de cada sortida d'evacuació del sector d'incendi. La distància màxima a recórrer des de qualsevol punt fins a aconseguir un polsador no ha de superar els 25 m.
- (3) El senyal acústic transmès pel sistema de comunicació d'alarma d'incendi permetrà diferenciar si es tracta d'una alarma per "emergència parcial" o per "emergència general", i serà preferent l'ús d'un sistema de megafonia.
- (4) Els locals o espais on estiguin instal·lats quadres, **centres de control o comandaments** de les instal·lacions tècniques de serveis (citades en l'annex II.8 d'aquest reglament) o **dels processos que es desenvolupen en l'establiment** industrial.

La reserva d'aigua que ens caldrà serà de 3BIE de Ø45 mm durant 90 minuts en 4 ubicacions simultànies, per a un cabal estàndard de 200 l/min, resulta de:

Taula 17. Càlcul del dipòsit de reserva d'aigua contra incendis

Instal·lacions	4
Nº BIES	3
Cabal/BIE	200 l/min
Autonomia	90 min
dipòsit requerit	216 m³

Un dipòsit d'aigua de 216 m³.

Justificació de la no col·locació de hidrants

Tot seguit es justifica expressament la no instal·lació de hidrants (taula 25), tal com requereix el apartat 7 del annex 2 del citat reglament.

Taula 18. Justificació de la no instal·lació de hidrants

Zona	Superfície (m ²)	NRI	Tipologia	Superfície mínima	Compliment?
Sector fabricació	774	baix-2	C	2000	no, superfície menor a la mínima exigida
Sitges pellet granel	2.400	alt-8	E	15000	no, superfície menor a la mínima exigida
Parc fusta en roll	9.665	alt-7	E	15000	no, superfície menor a la mínima exigida
Parc estella	12.226	alt-7	E	15000	no, superfície menor a la mínima exigida
Nau palets	800	alt-8	C	2000	no, superfície menor a la mínima exigida



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 4

Annex 4 estudi geotècnic

Introducció

Al terme municipal de Llavorsí, Polígon 2 Parcel·la 12, Polígon 2 Parcel·la 10, Polígon 2 Parcel·la 7, Polígon 2 Parcel·la 8, Polígon 2 Parcel·la 208, Polígon 2 Parcel·la 34, s'ha previst la construcció de dues naus industrials de planta baixa. La superfície d'ocupació en planta de les edificacions projectades és d'aproximadament 720 i 800 m².

L'edificació projectada, es classifica com de tipus C-1 (edificació amb menys de quatre plantes, la superfície construïda de les quals és superior a 300 m²) segons el Codi Tècnic de l'Edificació. D'altra banda, el terreny de suport, es classifica com de tipus T -1 o favorable.

Quan es van realitzar els treballs de camp, el solar objecte del present estudi es trobava totalment buit, i presentava una lleugera inclinació descendent, des del vial existent (sector sondejo S.4) fins a la zona posterior de la parcel·la (sector sondejo S .1), el desnivell total del solar és d'aproximadament 0.5 m.

És objecte del present informe exposar:

- Els materials que formen el subsòl de l'àrea interessada.
- Les característiques mecàniques de les diferents formacions, obtingudes per mitjà d'assajos de camp i de laboratori.
- Cota i sistemes de fonamentació més favorables.

Metodologia de treball

Per aconseguir els objectius assenyalats s'ha observat la següent metodologia de treball:

Estudi d'antecedents.

Coneguda la situació de la zona interessada s'han consultat els antecedents geològics tant a nivell de publicacions (Cartografia geològica de la zona a escala 1:50.000), com de l'arxiu privat.

Estudi geològic de camp.

S'ha realitzat un detallat itinerari de camp que ha inclòs la zona interessada i els seus voltants, a fi de reconèixer els materials d'aflorament superficial i els de el subsòl visibles en rases, desmunts, excavacions, etc.

Reconeixement de camp mitjançant sondejos mecànics.

El reconeixement de detall de l'àrea interessada s'ha realitzat en la primera quinzena del mes de Maig de 2014 i ha consistit en la realització de quatre sondejos de reconeixement, així com

de diversos assajos de penetració estàndard (S .P.T.) i presa d'una mostra inalterada, més l'execució de quatre Assajos de Penetració Dinàmica de tipus Borros.

Els treballs realitzats que s'inclouen en el present Informe, es detallen en la següent relació:

- 4 Sondejos helicoidals de 6.0 - 7.0 m. de profunditat
- 12 Assajos de penetració estàndard (SPT)
- 1 Mostra Inalterada
- 4 Assajos de Penetració Dinàmica tipus Borros

Descripció geològica i geotècnica.

Materials.

Si ens atenim al detall del solar que ens ocupa, la successió estratigràfica de materials deduïda d'acord amb els reconeixements efectuats, es concreta de dalt a baix, en els següents nivells oposats:

- Materials de reblert (R)
- Materials Terciàris (S)
 - Argil-lita vermella de consistència dura (S 1)
 - Alternances de gresos i argil-lites (S2)

Materials de reblert (R)

En els assajos de penetració dinàmica P .1 i P .2, s'ha detectat superficialment, un nivell que podria correspondre's amb una acumulació de materials de reblert, ja que les percussions de penetració obtinguts, no es corresponen amb els materials detectats en la resta del solar, ja que es mostren valors anormalment baixos. En funció de la percussió obtinguda, l'espessor dels supòsats materials de reblert, seria d'un metre en el sector del penetròmetre P .1 , i de dos metres a l'àrea del penetròmetre P .2.

Aquest nivell de materials de reblert, es podria caracteritzar amb els següents paràmetres geotècnics, en funció de les percussions obtingudes, en els assajos de penetració dinàmica realitzats:

Φ°	$C'(kg/cm^2)$	γ aparent (gr/cm^3)
24 ^º	0,00	1,70

Materials Terciàris (S)

Pràcticament des de superfície en totes les perforacions realitzades, excepte en els assajos de penetració dinàmica P .1 i P .2, es troba el substrat propi de la sèrie local, dins del com s'han diferenciat dues unitats geotècniques que es descriuen per separat a continuació:

Argil·lita vermella de consistència dura (S1)

Es tracta del nivell més superficial del substrat típic de la zona a estudi, constituït per unes argil·lites de color vermellós amb tonalitats granatoses.

Localment, inclouen nivells sorrencs intercalats.

Els paràmetres resistents de la capa de argil·lita vermella, de consistència dura, són els següents:

Φ°	$C'(kg/cm^2)$	γ aparent (gr/cm^3)
28°	0,50	1,88

Alternances de gresos i argil·lites (S2)

Aquest tram de la formació terciària detectada, es troba per sota del nivell de argil·lites descrit anteriorment, i està constituït per nivells de gresos grisencs, amb intercalacions de capes de argil·lites vermelloses com les descrites anteriorment. La perforació d'aquests materials, ha presentat notables dificultats, a causa de la seva elevada duresa.

Els paràmetres resistents del tram d'alternances de nivells de gres i argil·lita, de consistència dura, són els següents:

Φ°	$C'(kg/cm^2)$	γ aparent (gr/cm^3)
30°	1,00	2,20

Hidrologia Subterrània

En finalitzar els treballs de camp, no es va detectar la presència del nivell freàtic en cap de les perforacions realitzades.

Recomanacions

Es tracta d'estudiar les condicions d'excavació i fonamentació, per al projecte d'execució de dos edificis industrials, situat en Polígon 2 Parcel·la 12, Polígon 2 Parcel·la 10, Polígon 2 Parcel·la 7, Polígon 2 Parcel·la 8, Polígon 2 Parcel·la 208, Polígon 2 Parcel·la 34, del terme municipal de Llavorsí.

Excavació

Degut principalment al fet que el solar presenta un desnivell d'aproximadament 0.5 m., se suposa que la explanació del solar es realitzarà fins a la cota + 859 m., aproximadament, segons el plànol topogràfic aportat per Direcció del Projecte. Sobre la base de l'exposat anteriorment, el sector del sondeig S.1 es trobarà a cota de explanació i al sector del sondeig S.4, que seria el punt d'investigació més elevat, es realitzaria una excavació de l'ordre de 0.5 m.

Pel que a la consistència del terreny es refereix, donades les característiques mecàniques dels materials que constitueixen el subsòl investigat, són excavables amb mètodes convencionals tipus pala carregadora de mitja potència, encara que a causa de la duresa de la formació de argil·lita, els rendiments seran baixos. D'altra banda, l'ocupació del martell pneumàtic destrossador, serà necessari puntualment, per a la remoció dels nivells de gresosa intercalats, en la formació d'argil·lita.

D'acord amb els resultats dels assajos de camp i de laboratori, els paràmetres del terreny a considerar per al càlcul de l'empenta de terres sobre els murs de contenció, poden ser del següent ordre:

	Φ°	$C'(\text{kg/cm}^2)$	γ aparent (gr/cm^3)
Materials de reblert[®]	24º	0,0	1,70
Argil·lita vermella de consistència dura (S 1)	28º	0,5	1,88
Alternances de gresos i argil·lites (S2)	30º	1,0	2,20

Fonamentació

La solució de fonamentació que s'ofereix seguidament, procedeix d'una valoració de les dades obtingudes durant l'exploració del subsòl, amb criteris tendents al fet que la mateixa compleixi amb les condicions de:

- Estabilitat general.
- Assentaments admissibles.

Una vegada realitzada la explanació del solar, es recomana una fonamentació superficial, mitjançant sabates aïllades, recolzades en la formació de Argil·lita vermella de consistència dura, que es troba des de superfície en la majoria de les perforacions realitzades i a partir d'1.0 - 2.0 m. de profunditat, respecte de la cota d'inici dels penetròmetres P .1 i P .2 respectivament.

La càrrega d'enfonsament d'un sòl cohesiu ve donat per la expressió que apareix en el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) de Març de 2006, art. 4.3.2:

$$q_h = c_K N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0K} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B^* \gamma_K N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

Amb

- q_h la pressió vertical d'enfonsament o resistència característica del terreny R_k ;
- q_{0K} la pressió vertical característica al voltant del fonament al nivell de la seva base;
- c_K el valor característic de la cohesió del terreny;
- B^* l'ample equivalent del fonament;
- γ_K el pes específic característic del terreny per sota de la base del fonament;

- N_c, N_q, N_γ els factors de capacitat de càrrega. Són adimensionals i depenen exclusivament del valor característic de l'angle de fregament intern característic del terreny (γ_k). Es denominen respectivament factor de cohesió, de sobrecàrrega i de pes específic;
- d_c, d_q, d_γ els coeficients correctors d'influència per considerar la resistència al tall del terreny situat per damunt i al voltant de la base del fonament. Es denominen factors de profunditat;
- s_c, s_q, s_γ els coeficients correctors d'influència per considerar la forma en planta del fonament;
- i_c, i_q, i_γ els coeficients correctors d'influència per considerar l'efecte de la inclinació de la resultant de les accions pel que fa a la vertical;
- t_c, t_q, t_γ els coeficients correctors d'influència per considerar la proximitat del fonament a un talús.

El valor de q_{ok} a considerar en el càlcul serà la pressió vertical total, deguda a la sobrecàrrega del nivell de base de la fonamentació i al voltant d'aquesta. A efectes pràctics, per al càlcul de la pressió admissible es podrà considerar que el coeficient γ_R només afecta al terme de la cohesió.

Substituint pels valors efectius s'obté, aplicant un coeficient de seguretat de 3, una càrrega d'enfonsament de:

$$Q_{adm} = 245,25 \text{ kN/m}^2 = 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

Conclusions

S'han realitzat quatre sondejos de reconeixement i quatre assajos de penetració dinàmica, de tipus Borros, per al projecte d'execució de dues naus industrials, en els Polígon 2 Parcel·la 12, Polígon 2 Parcel·la 10, Polígon 2 Parcel·la 7, Polígon 2 Parcel·la 8, Polígon 2 Parcel·la 208, Polígon 2 Parcel·la 34, del terme municipal de Llavorsí.

Els materials observats en la parcel·la objecte d'estudi són, de sostre a mur, un nivell fluix superficial detectat en els penetròmetres P.1 i P.2, d'1.0 i 2.0 m. de profunditat respectivament, que podria tractar-se d'una acumulació puntual de materials de reblert. Des de superfície en la resta de les perforacions i sota aquests materials en els penetròmetres P.1 i P.2, es troben els materials terciaris, representats inicialment per un tram de argil·lita vermellosa de consistència dura, que arriba fins a una profunditat que oscil·la entre 1.8 m. (S.1) i 6.2 m. (S.2) de profunditat, respecte de la boca d'inici d'aquests sondejos. Per sota es troba una alternança de nivells de gresos grisencs i argil·lita vermellosa, fins a la finalització dels sondejos realitzats i el "rebuig" en els penetròmetres.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



No s'ha detectat la presència d'aigua en ninguna de les perforacions realitzades, en concloure els treballs de camp.

La explanació del solar se suposa fins a la cota + 859.0 m. segons el plànol topogràfic aportat. Els paràmetres resistents del terreny, necessaris per al dimensionament dels murs de contenció, s'exposen a l'apartat d'Excavació.

Una vegada conclusa la explanació del solar, es recomana una solució de fonamentació mitjançant sabates aïllades, recolzades superficialment, en la formació terciària de argil·lites de color vermellós amb tons granats. La tensió admissible a adoptar seria de 2.5 Kg/cm^2 , amb seients teòrics previstos inferiors a 25 mm.

Les mostres de sòl assajades no presenten agressivitat al formigó quant al seu contingut en sulfats.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 5

Annex 5 Estructura Nau Fabricació

Descripció de la nau

La nau que ha d'allotjar el procés de fabricació s'articula en dos nuclis que vertebrèn la producció. El primer d'ells tracta la matèria en brut (estella humida) per tal de condicionar-la i emmagatzemar-la en el dipòsit pulmó, que permet dotar de certa independència un procés de l'altre, al donar autonomia de més de 12 hores de producció, a la segona part de la instal·lació. Aquest primer nucli, també allotja, encara que separat físicament, el nucli d'oficines i laboratori. La segona meitat del procés productiu, s'allotja al segon dels mòduls vertebradors, on partint d'estella seca, s'obté el pellet ja refredat i ensacat o s'envia a les sitges d'emmagatzematge a granel.

D'altra banda, l'altura lliure necessària per el procés el marca la pila màxima de material del dipòsit pulmó, definida en l'annex de dimensionat del procés, que resulta de una altura de pila de 5 metres, i que requereix una altura lliure de 6 metres. De la mateixa manera, les oficines i laboratori, es distribueixen en dues plantes, amb el que les necessitats de alçada lliure son també de 6 metres (3,15 m de alçada lliure en planta baixa on hi ha la zona de recepció i 2,50 per planta primera + 25 cm de forjat intermedi + 10 cm aproximadament de solera en planta baixa fan 6 m).

D'aquesta manera, la nau que s'ajusta adequadament a la línia de pel·letitzat, ha de tenir una longitud de 30 metres, mentre que l'amplada requerida tant per procés com per sitja pulmó + línia d'assecat, es de 12 metres cadascun. La línia d'assecat i la sitja pulmó, no necessiten 30 metres de longitud, s'aprofita la menor dimensió d'aquests processos, per ubicar la zona administrativa i el laboratori, de forma que es reuneix l'activitat en un únic nucli, resultant una instal·lació compacta, on tot és a mà.

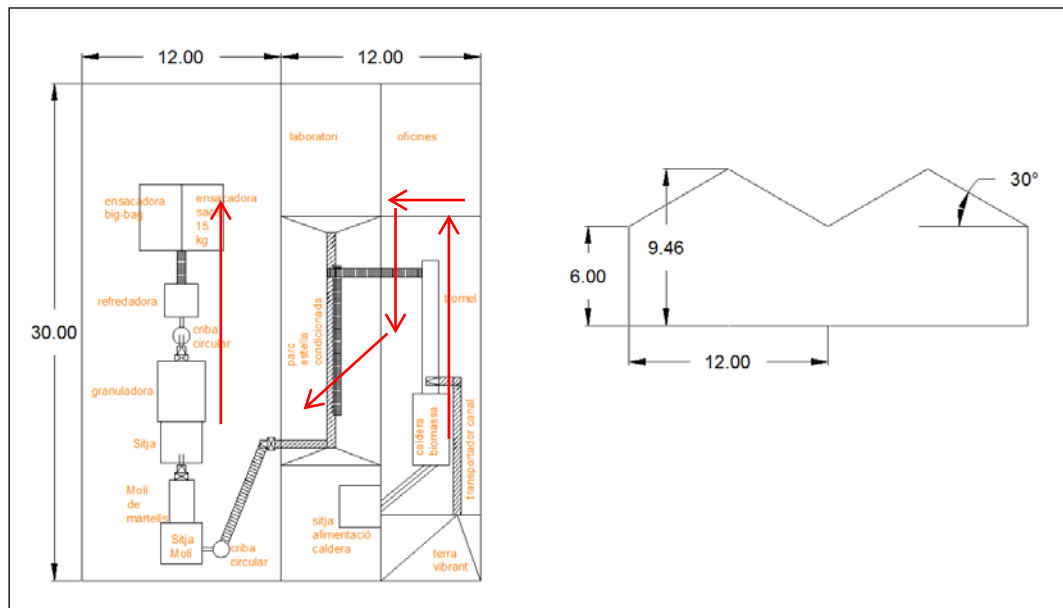


fig. 26. Dimensions de la nau de fabricació, i flux de processos.

La geometria de la nau que ha d'allotjar el procés de fabricació, respon al plantejament de realitzar una instal·lació compacta, on els fluxos i processos tinguin un ordre lògic, per tal de minimitzar els moviments de material, i alhora, s'ha pensat en una distribució que permeti doblar la capacitat instal·lada fàcilment (veure figura 27).

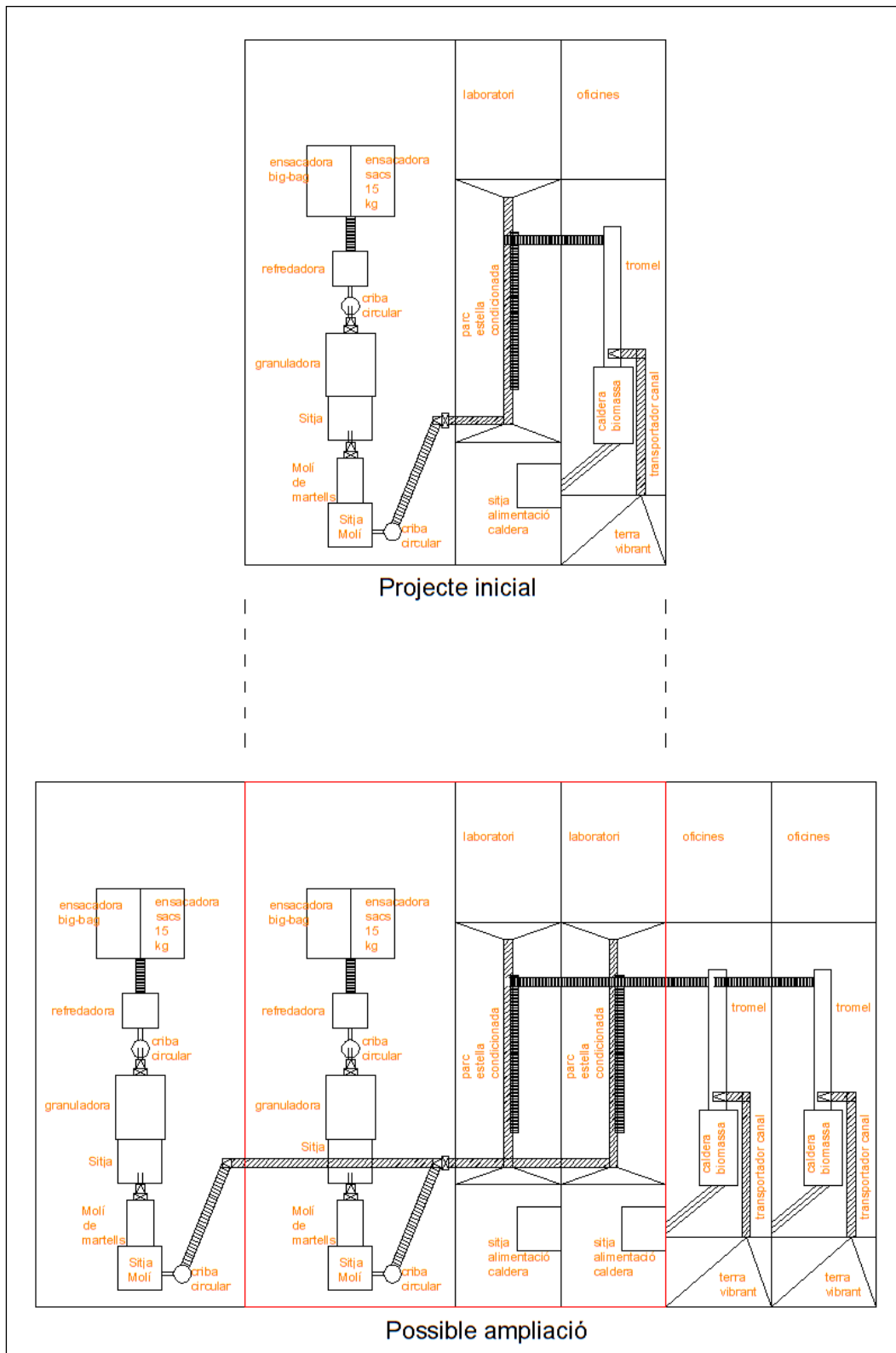


fig. 27 distribució nau fabricació, prevista per duplicar la capacitat

Per la realització de la estructura de la nau de fabricació, s'opta per materials constructius que van en una línia continuista amb la idea de la indústria muntada, i es una aposta clara per les energies renovables, i de baixes o nul·les emissions de CO₂.

Així s'opta per la fusta com a material constructiu ja que és la matèria prima menys intensiva en consum d'energia comparada amb altres materials, és reciclable, biodegradable, contribueix a reduir el canvi climàtic en el sentit que les extensions forestals dedicades a la silvicultura actuen, igual que els boscos naturals, com a embornals de Carboni, fixant el CO₂, que és el principal causant del "Efecte Hivernacle". Addicionalment, els productes elaborats amb fusta mantenen l'efecte de "magatzem de Carboni" durant tota la seva vida útil.

A nivell estructural, comparant la fusta amb altres materials com l'acer o el formigó, es pot dir que:

- té una molt elevada resistència a la flexió, sobretot si s'avalua en relació al seu pes, (1,3 vegades superior a la del acer, i 10 vegades superior a la del formigó)
- bona capacitat de resistència a la tracció i la compressió paral·leles a la fibra
- escassa resistència a esforços tallants (igual que el formigó, no així amb el acer)
- molt escassa resistència a la compressió i a la tracció perpendicular a la fibra.
- baix mòdul elàstic, la meitat que el formigó i 20 vegades menor que l'acer, fet que penalitza per fletxa i vinclament i neutralitza en part el millor comportament en compressió paral·lela citat.
- la durada de la càrrega determina la capacitat portant d'una mateixa estructura de forma que la fusta pot suportar una càrrega més gran per un període breu de temps que la que pot suportar durant un període prolongat.

Sistema estructural

El sistema estructural escollit respon a les necessitats descrites de forma que es resol en dues ales paral·leles a dues aigües cadascuna. Per sustentar aquesta nau s'ha dissenyat un pòrtic doble en el que s'ha volgut reduir el nombre de unions i de elements barra, per tal de reduir la complexitat en la execució, i abaratir així la partida destinada a estructura.

D'aquesta manera, el pòrtic consta de tres pilars, dos exteriors i un central, que suporten les llindes que configuren les pendents de la coberta. Aquestes llindes es reforcen amb uns tornapunts per tal de reduir la llum de treball i aprofitar així millor la secció.

El pòrtic es completa amb uns tirants metàl·lics que uneixen les bases de les llindes per tal de completar el sistema triangular (figura 28).

La separació entre pòrtics es resol per tempteig de forma que es busca optimitzar la secció de corretges, i arrodonint, resultant així una separació de 3 metres entre pòrtics.

Al tram de nau on s'hi ubica la zona d'administració i laboratori, ha calgut dotar un forjat intermedi en una de les ales. Aquest forjat, s'ha resolt amb panells de fusta contralaminada KLH, recolzada en la direcció principal conformant tres vanos de 3 metres de llum (figura 29).

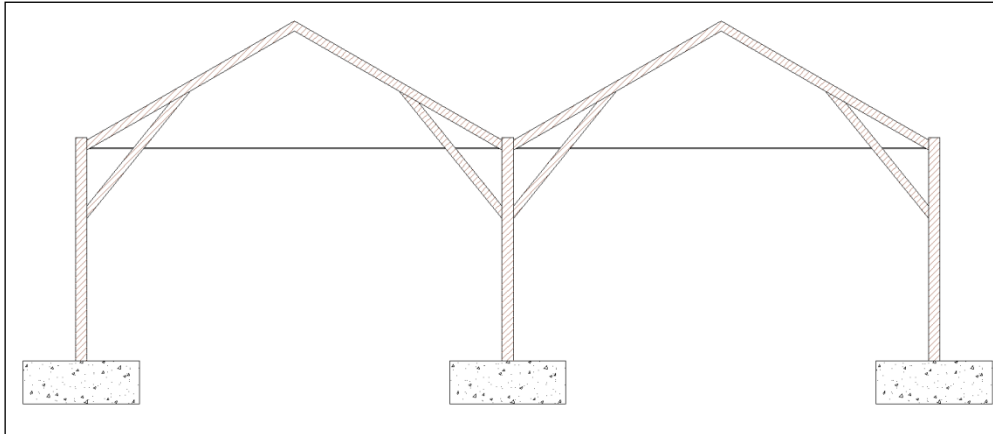


fig. 28 Pòrtic típic

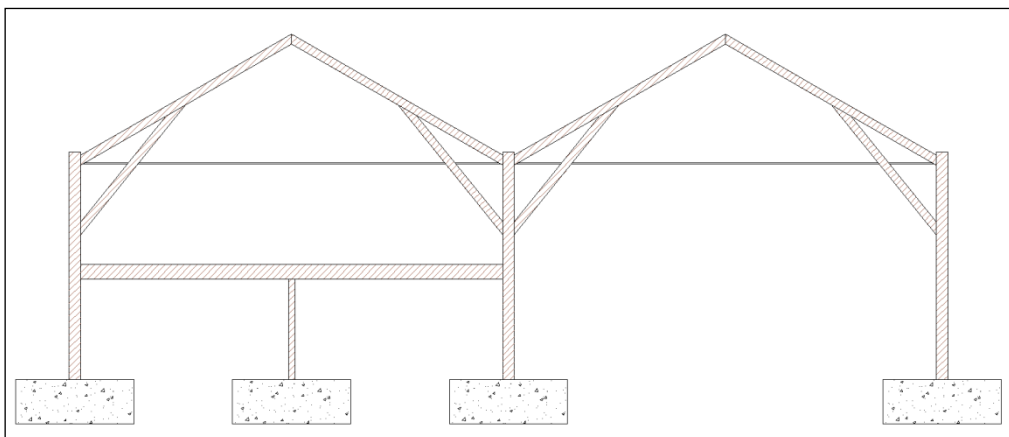


fig. 29 Pòrtic amb forjat

Al mateix temps, la nau allotja una sitja de estella seca al seu interior, formada per murs de formigó armat. S'ha aprofitat aquest mur per recolzar-hi els pilars centrals i l'extrem interior del forjat (fig. 30).

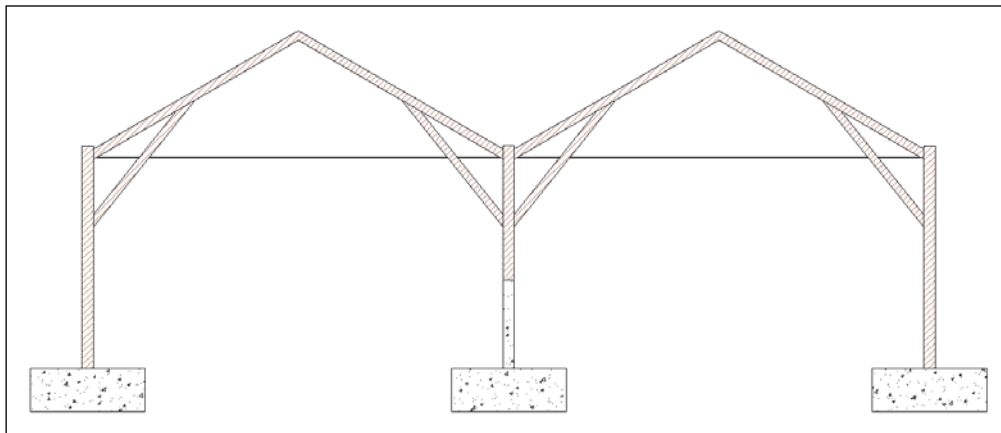


fig. 30 Pòrtic sobre el mur de sitja

Les testeres es resolen amb entramat, tot conformant en un extrem de la nau dues portes de grans dimensions i a l'altre la façana principal que dona accés a la zona d'administració i al forjat d'oficines i a la porta d'expedició de materials (figures 31 i 32).

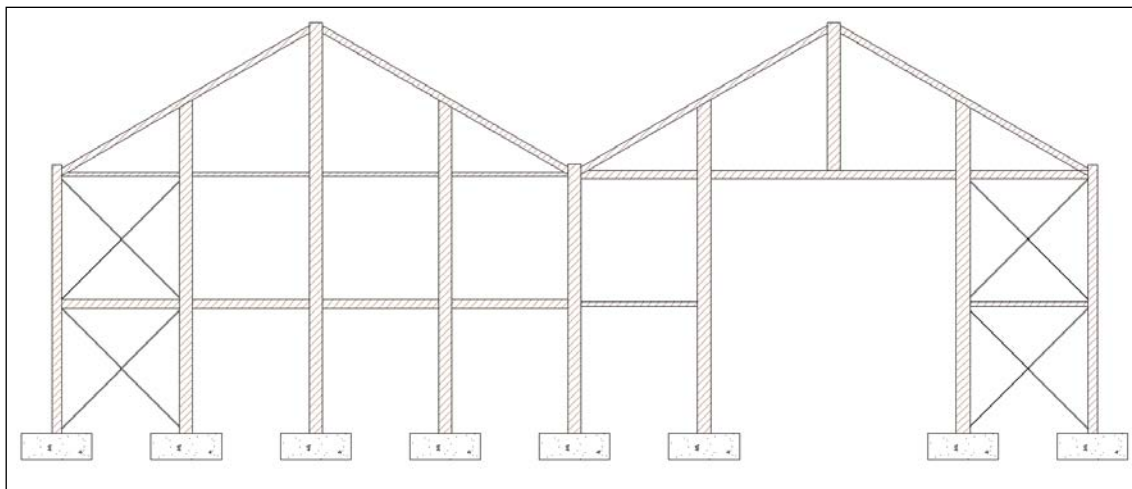


fig. 31 Testera principal

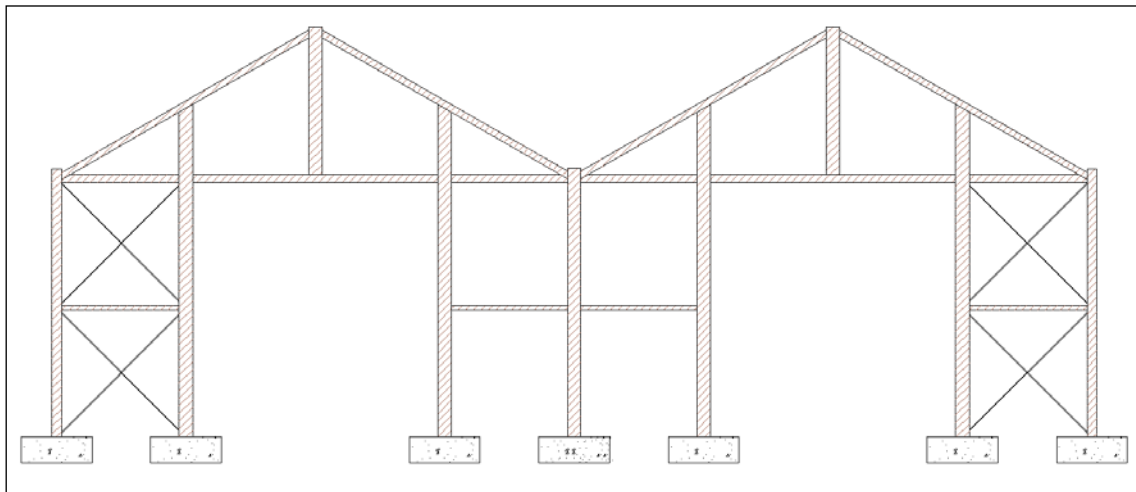


fig. 32 Testera posterior

Tots els nusos que configuren els pòrtics descrits són nusos articulats, donada la extrema dificultat de realitzar nusos rígids en obra i la complexitat de transport de peces prefabricades de grans dimensions. Aquests nusos es resolen amb plaques ocultes d'alumini. (figura 33)

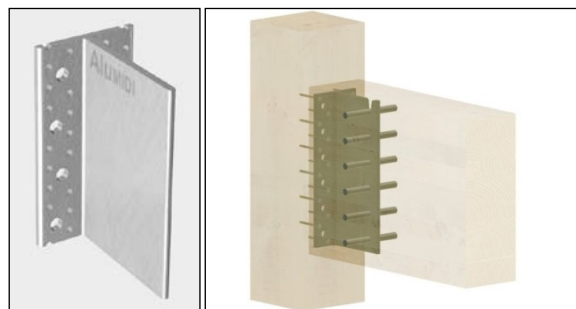


fig. 33 Placa d'unió tipus ocult

Caracterització dels materials de coberta

Entre els materials i sistemes possibles a escollir entre els possibles per tal de configurar la coberta en trobem:

Xapa simple perfilada

Les xapes perfilades estan compostes per acer protegit de la corrosió. La xapa simple ha d'estar solapada longitudinalment i lateralment amb les altres xapes confrontants per a la seva correcta utilització.

Els avantatges més importants de la utilització de xapes per a sostres són la seva ràpida col·locació, gran versatilitat, adaptabilitat i poc pes que permet un bon maneig en obra a més de reduir la càrrega en coberta. A més ofereixen garantia de durabilitat i estanqueïtat, amb una gran qualitat estètica.

Entre els desavantatges indicar que si no es fa un molt bon aïllament tèrmic per sota d'elles, s'obtenen locals extremadament freds a l'hivern i calorosos a l'estiu. A més, per ser lleugeres, corren el risc de ser aixecades per el vent en cas de no estar correctament subjectes a les corretges.

Panell sandwich d'acer

És el conjunt compost per dues xapes d'acer d'uns 0,5mm, conformades en fred i unides entre si per un nucli central aïllant, adherit durant el procés de fabricació. Aquest tipus de panell és autoportant. L'espessor nominal varia generalment entre els 30 i 80mm. El nucli central pot ser entre altres materials, d'escuma rígida de poliuretà expandit i de farciment de llana de roca. Es presenten al mercat en longituds de fins a 12m per una amplària de 0.90m i a causa de les seves característiques, s'utilitza tant per a tancaments de façana com per a cobertes.

Els panells tipus sandwich són un dels sistemes més utilitzats en la realització de cobertes per a naus industrials, ja que aquest tipus de coberta permet alleugerir càrregues en l'estructura en presentar una densitat baixa i presenta un aïllament tèrmic acceptable a l'interior de la nau. A més el muntatge dels panells sandwich és molt ràpid.

Panell sandwich de fusta

Similar a l'anterior, les xapes son de taulers de fusta o de derivats de fusta hidròfugs. Aquests sistemes de cobertura requereixen de contra-enllistonat, enllistonat i teula. A més que solen incorporar una barrera de vapor a la cara calenta de l'aïllament, per tal de evitar condensacions.

Plaques de fibrociment

Les plaques de fibrociment estan fabricades a partir d'una barreja homogènia de ciment, additius i fibres orgàniques naturals o sintètiques que no perjudiquen la salut i les persones i permeten integrar les construccions amb l'entorn que les envolta.

Per a la correcta col·locació de les planxes de fibrociment és necessari que aquestes solapin entre elles evitant la possible filtració d'aigua, la qual cosa requereix una preparació prèvia a la seva col·locació en haver de realitzar talls a les plaques. La subjecció es realitza sobre les corretges la coberta.

El fibrociment és un material lleuger, resistent a la intempèrie (inoxidable i anticorrosiu) i incombustible, però per si sol ofereix molt poca resistència tèrmica i requereix d'un aïllant a la cara interior de la placa.

Elecció del sistema

Tal com s'ha esmentat en el punt anterior, i com a factor de màrqueting a tenir en conte, s'opta per la fusta com a material constructiu. D'aquesta manera, entre les alternatives per la cobertura presentades, sembla lògic triar el panell sandwich de fusta, ja que continua amb aquest plantejament, a més de ser un bona alternativa i permetre un acabat de pissarra, que s'integrarà adequadament a l'entorn.

Segons la normativa antiincendis, cal que el material de la coberta sigui categoria M1. El panell escollit és panell prefabricat Termochip TKH (veure figura 34):

THERMOCHIP
TKH



COMPONENTES

PANEL TIPO	40	50	60	80	100
TKH/15-40-19	N				
TKH/15-50-19		N			
TKH/15-60-19			N		
TKH/15-80-19				N	
TKH/15-100-19					N

N = núcleo

PRODUCTO: THERMOCHIP® TKH

Interior: 15 mm panel virutas de madera con magnesita, con valor de absorción acústica α_w de hasta 0,90

Núcleo: Poliestireno Extruido

Exterior: 19 mm. Aglomerado Hidrófugo

Dimensiones panel: 2440 x 600 mm.

PANEL TIPO	Transmitancia U (W/m ² K)	Resistencia al vapor de agua MNs/g L	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				CUADRO DE CARGAS					EUROCLASE		
			Dimensiones			Peso Kg/m ²	Carga máxima sobre 3 apoyos (daN/m ²)	DISTANCIA ENTRE EJES (mm)						
			Largo	Ancho	Grosor			3 apoyos	4 apoyos	5 apoyos	3 apoyos		4 apoyos	5 apoyos
TKH/15-40-19	0,619	22	2440	600	74	21,4	680	310	485	640	1220	813	610	B s1 d0
TKH/15-50-19	0,526	27,5	2440	600	84	21,7	825	405	618	818	1220	813	610	
TKH/15-60-19	0,457	33	2440	600	94	22,1	975	493	740	960	1220	813	610	
TKH/15-80-19	0,362	44	2440	600	114	22,5	1275	652	905	1100	1220	813	610	
TKH/15-100-19	0,300	55	2440	600	134	23,2	1580	720	992	1200	1220	813	610	

fig. 34 Panell sandwich de coberta Thermochip TKH. Font

El escollit es el de 40 mm de gruix d'aïllament, ja que ens interessa un cert aïllament però no hem de complir cap requisit en aquest sentit, i per tant, escollim el de menor guix. Aquest panell presenta un pes unitari de 21,4 kg/m² i unes càrregues màximes admissibles de de 6,80 kN/m² per una llum de muntatge de 1,22 m, i una fletxa de l/200 per càrregues de 3,1 kN/m² per la mateixa llum.

Materials de acabat de coberta

El tipus de panell escollit no constitueix per si sol una coberta, sino que cal acabar amb teula o pissarra. Donada la ubicació de la nau, a tocar del parc de l'Alt Pirineu, i en zona rural, sembla que la opció més raonable és la col·locació de pissarra (figura 35).

En tot cas, sempre caldrà un sistema de llistons i contra-llistons per tal d'assegurar mecànicament les peces i permetre una ventilació d'aquestes per evitar problemes d'humitats.

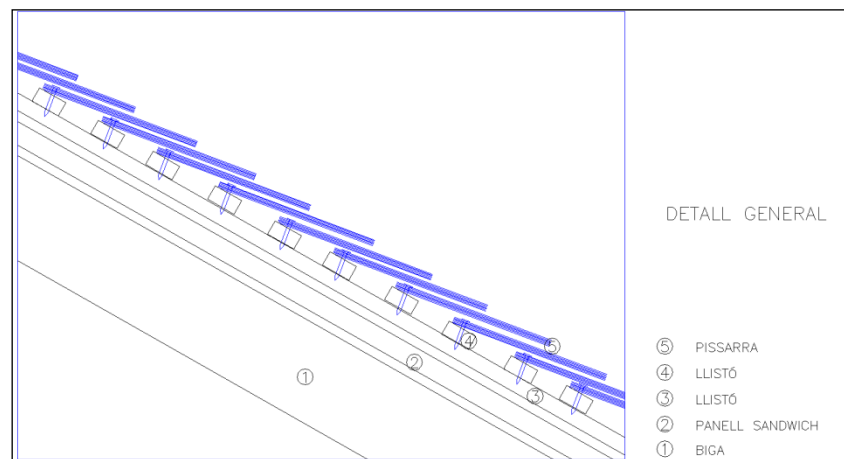


fig. 35 Detall coberta

Càlcul de les accions

En aquest apartat de càlcul s'ha emprat el Document Bàsic SE-AE Accions en l'edificació.

Acció de vent

El programa de anàlisi estructural ja incorpora un mòdul de càlcul de les accions de vent, malgrat això s'ha volgut avaluar si ho fa correctament, i per tant s'ha calculat de forma manual aquesta acció.

L'acció del vent resulta ser una pressió estàtica, s'ha calculat amb la següent expressió:

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

- q_b : pressió dinàmica del vent.
- c_e : coeficient d'exposició.
- c_p : coeficient eòlic o de pressió.

D'acord amb l'ANNEX D.1 del document bàsic la pressió dinàmica s'ha determinat de la següent forma:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

- δ : densitat de l'aire s'ha pres el valor $1,25 \text{ kg/m}^3$.
- v_b : valor característic de la velocitat del vent. Zona C, 29 m/s .

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 29 \text{ m/s} = 525,625 \text{ N/m}^2 = \mathbf{0,525 \text{ kN/m}^2}$$

El coeficient d'exposició té en compte els efectes de les turbulències originades pel relleu i la topografia del terreny. El seu valor es pot determinar amb la expressió:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k)$$
$$F = k \ln (\max (z, Z) / L)$$

on k , L , Z son paràmetres característics de cada tipus d'entorn, segons la taula D.2 del annex D del citat document bàsic.

Per zona forestal (zona IV) $K=0,22$; $L=0,3$ i $Z=5\text{m}$.

$$F=0,22 \times \ln(6)/0,3=0,66$$

$$c_e=0,69 \cdot (0,69+7 \cdot 0,22)=\mathbf{1,45}$$

Per al càlcul de C_p , s'utilitzaran els valors de coeficients de pressió per a la forma de la construcció, obtinguts com el pèssim d'entre els de el ventall de direccions de vent definides en cada cas. Pel nostre cas de coberta múltiple, aplica la taula D.9 del annex, que al mateix temps remet a les taules D.5 i D.6 corresponents a cobertes a una aigua i a dues aigües respectivament, modificant C_p , en les situacions a sotavent, tal com es mostra a la figura següent:

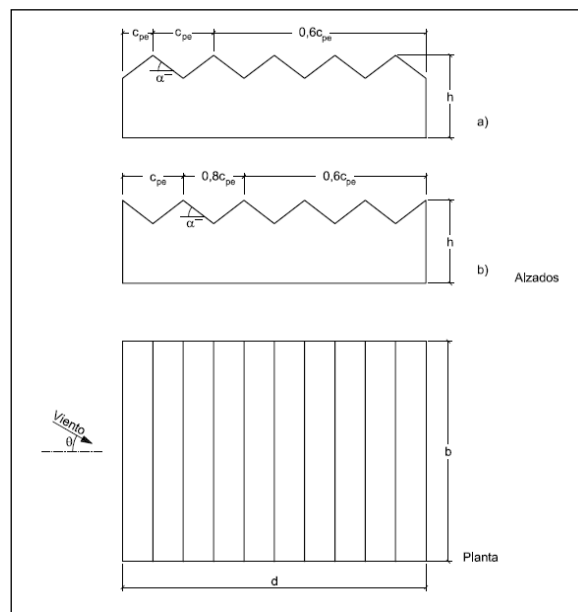


fig. 36 Modificació dels valors de C_p a sotavent

Pel cas de paraments verticals, aplica la taula D.3, segons figura 37:

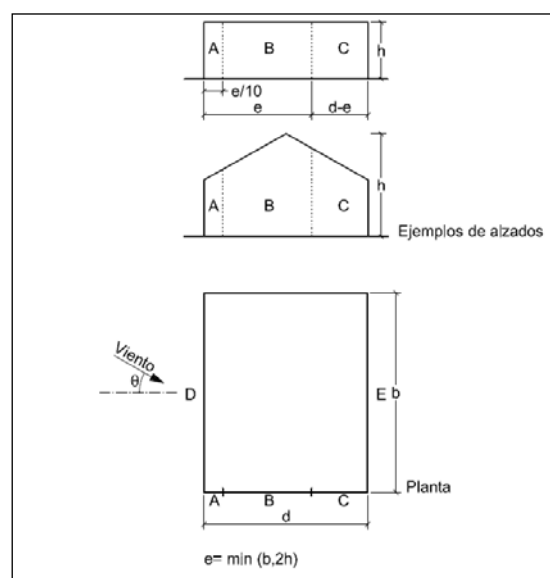


fig. 37 Coeficient de pressió per als paraments verticals

Vent. Paraments verticals

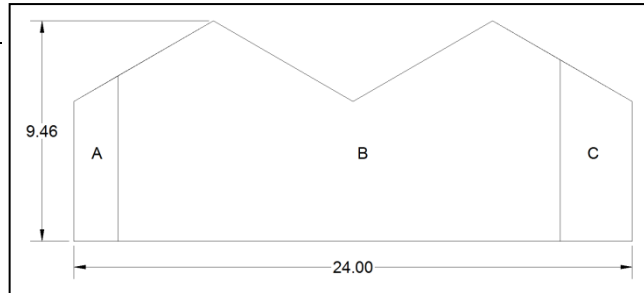
D'acord a D.3 els valors de c_p son:

C_p segons D.3

Vent transversal

dades geomètriques

d (m)=	24,00
b (m)=	30,00
h(m)=	9,50



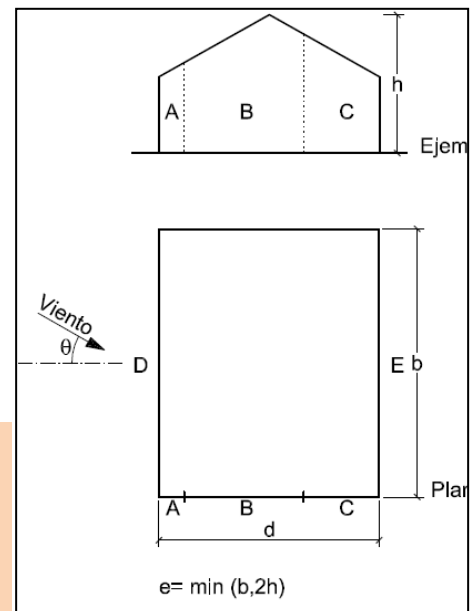
$e = \min(b; 2 \cdot h) =$	19,00	$h/d =$	0,396
----------------------------	-------	---------	-------

longituds de:	longituds	àrees
Zona A ($e/10$)	1,90	12,40 m ²
Zona B (e)	19,00	151,75 m ²
Zona C ($d-e$)	5,00	21,37 m ²
Zona D	30,00	180,00 m ²
Zona E	30,00	180,00 m ²

C_p de cada zona, segons taula D.3 i formula D.4

C_p	Valors de q_e vent transversal
Zona A	-1,20
Zona B	-0,80
Zona C	-0,50
Zona D	0,72
Zona E	-0,34

façanes	Valors de q_e vent transversal
Zona A	-1,42 kN/m ²
Zona B	-0,95 kN/m ²
Zona C	-0,59 kN/m ²
Zona D	0,85 kN/m ²
Zona E	-0,40 kN/m ²



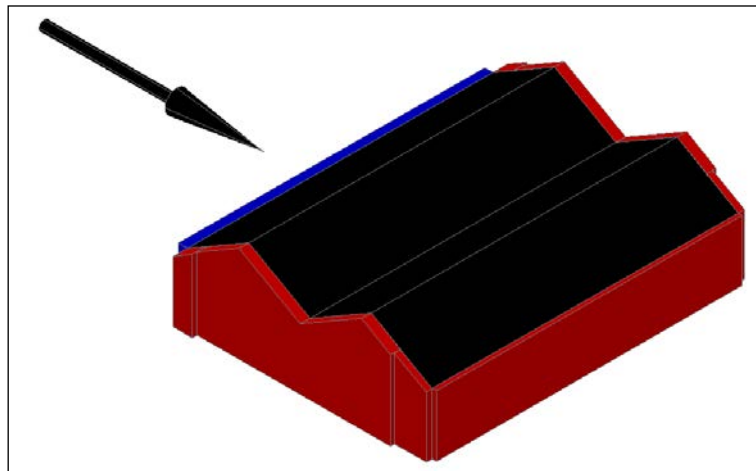
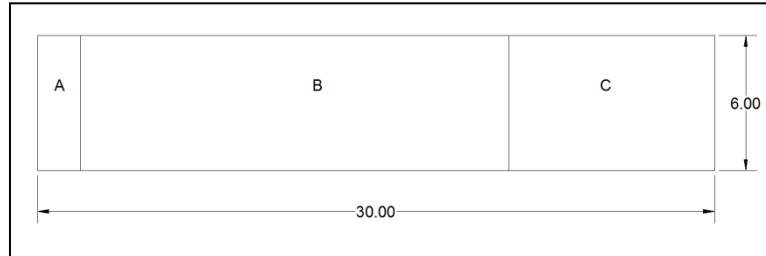


fig. 38 Vent transversal façana. Blau pressió, vermell succió.

Vent longitudinal

dades geomètriques

d (m)= 30,00
b (m)= 24,00
h(m)= 9,50



$e = \min(b; 2 \cdot h) =$	19,00	$h/d =$	0,317
----------------------------	-------	---------	-------

longituds de:	longituds	àrees
Zona A (e/10)	1,90	11,40 m ²
Zona B (e)	19,00	114,00 m ²
Zona C (d-e)	11,00	66,00 m ²
Zona D	24,00	204,00 m ²
Zona E	24,00	204,00 m ²

C_p de cada zona, segons taula D.3 i formula D.4

C _p	Valors de q _e vent longitudinal façanes
Zona A -1,20	Zona A -1,42 kN/m ²
Zona B -0,80	Zona B -0,95 kN/m ²
Zona C -0,50	Zona C -0,59 kN/m ²
Zona D 0,71	Zona D 0,84 kN/m ²
Zona E -0,32	Zona E -0,38 kN/m ²

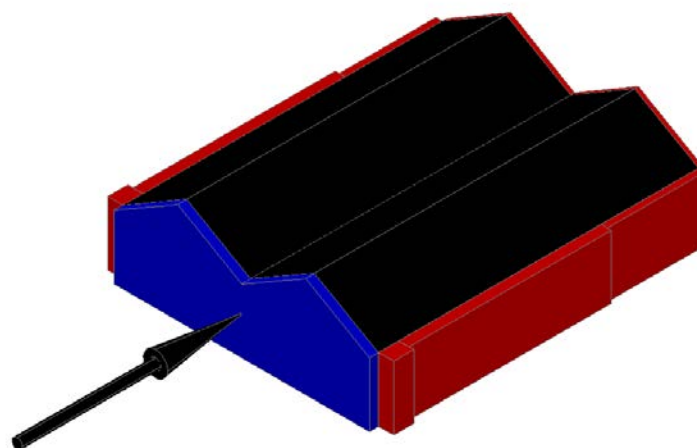
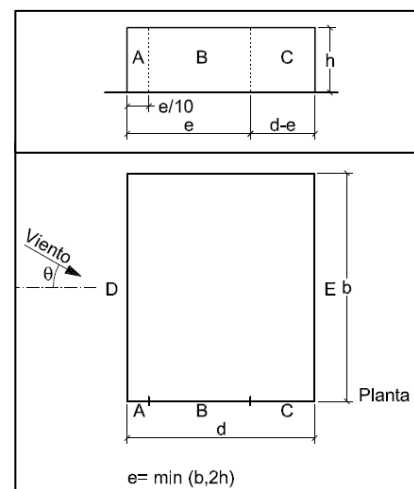


fig. 39 Vent longitudinal façana. Blau pressió, vermell succió

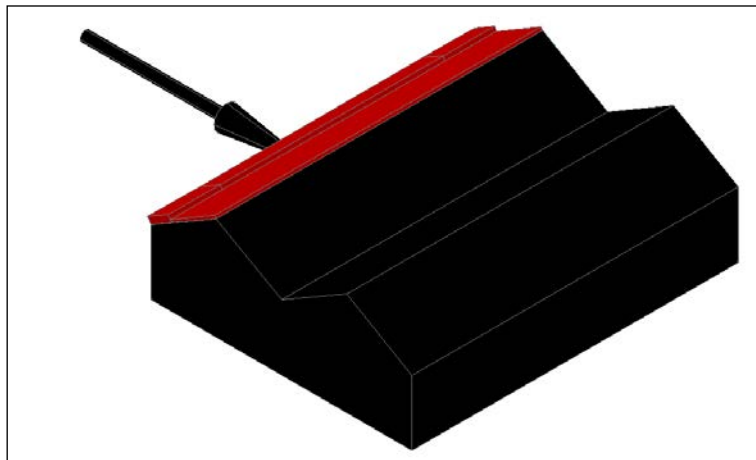


fig. 40 Vent transversal 1 vessants extrems coberta, hip 1. Blau pressió, vermell succió

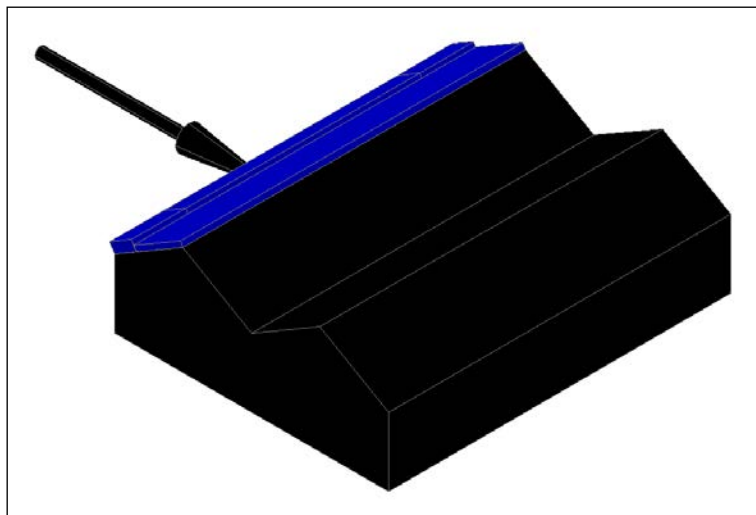


fig. 41 Vent transversal 1 vessants extrems coberta, hip 2. Blau pressió, vermell succió

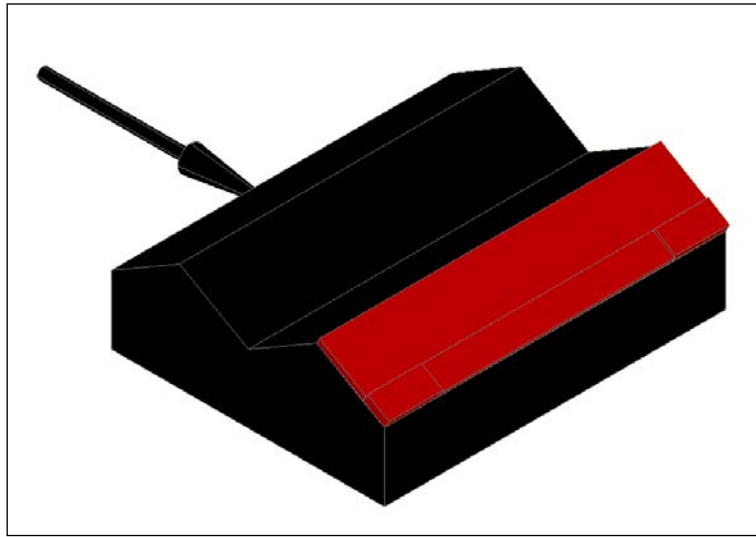


fig. 42 Vent transversal 2 vessants extrems coberta. Blau pressió, vermell succió

Vent longitudinal

dades geomètriques

d (m)=	30,00
b (m)=	6,00
h(m)=	9,50
angle α =	30,00

$$e = \min(b; 2 \cdot h) = 6,00$$

longituds de: llarg ample àrees

	$e/4/\cos(\alpha)$	$e/10$		
Zona F	1,73	0,6	1,04	m ² interpolar àrees
	$(b-2e/4)/\cos(\alpha)$	$e/10$		
Zona G	3,46	0,6	2,08	m ² interpolar àrees
	$b/\cos(\alpha)$	$e/2$		
Zona H	6,93	3	20,78	m ²
		$d-e/10-$		
	$b/\cos(\alpha)$	$e/2$		
Zona I	6,93	26,4	182,90	m ²

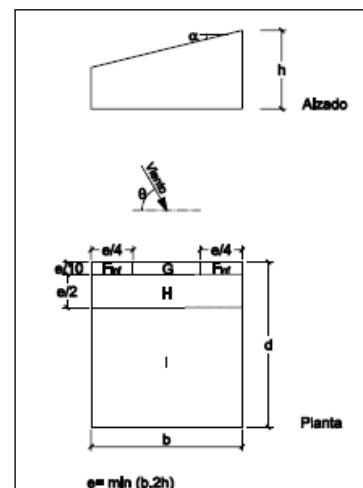
Interpolar Àrees (en cas que $1 < A < 10$)

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

	Zona F inf	Zona F sup	Zona G
$C_{pe,10}$	-1,30	-2,10	-1,50
$C_{pe,1}$	-2,00	-2,90	-2,00
àrea de la zona	1,04	1,04	2,08
$C_{pe, zona}$	-1,99	-2,89	-1,84

Vent longitudinal coberta

	Àrea	C_p	q_e (kN/m ²)
Zona F inf	1,04	-1,99	-2,35
Zona F sup	1,04	-2,89	-3,42
Zona G	1,52	-1,84	-2,18
Zona H	20,78	-1,00	-1,18
Zona I	182,90	-0,8	-0,95



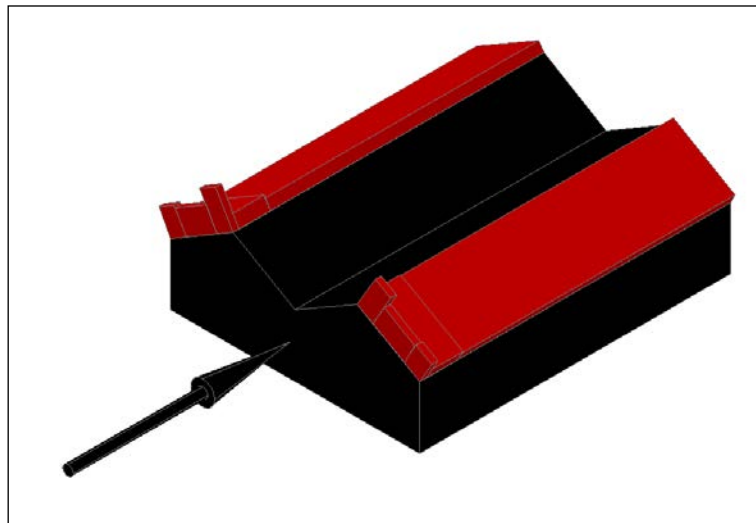


fig. 43 Vent longitudinal vessants extrems coberta. Blau pressió, vermell succió

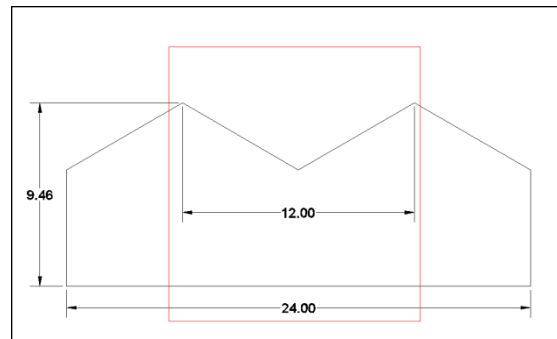
Vent. Part central coberta

Segons D.9, cal avaluar aquesta part segons D.6 del document bàsic d'accions a la edificació del CTE.

Vent transversal

dades geomètriques

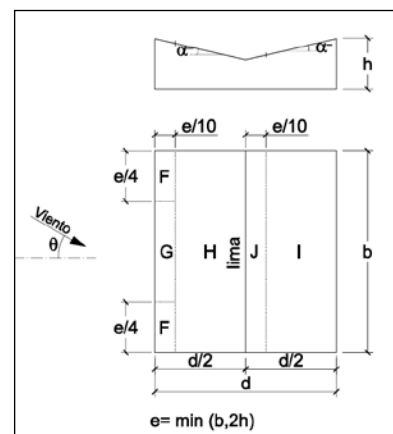
- d (m)= 12,00
- b (m)= 30,00
- h(m)= 9,50
- angle $\alpha = -30,00^\circ$



$e = \min(b; 2 \cdot h) = 19,00$

longituds de: llarg ample àrees

	$e/4$	$e/10/\cos(\alpha)$		
Zona F	4,75	2,19	10,42	m^2
Zona G	$b-2e/4$	$e/10/\cos(\alpha)$	2,19	44,98 m^2
Zona H	30,00	$(d/2-e/10)/\cos(\alpha)$	4,73	142,03 m^2
Zona I	30,00	$(d/2-e/10)/\cos(\alpha)$	4,73	142,03 m^2
Zona J	30,00	$e/10/\cos(\alpha)$	2,19	65,82 m^2



	Àrea	C _p	q _e (kN/m ²)
Zona F	10,42	-1,10	-1,30
Zona G	44,98	-0,80	-0,95
Zona H	142,03	-0,80	-0,95
Zona I	142,03	-0,60	-0,71
Zona J	65,82	-0,80	-0,95

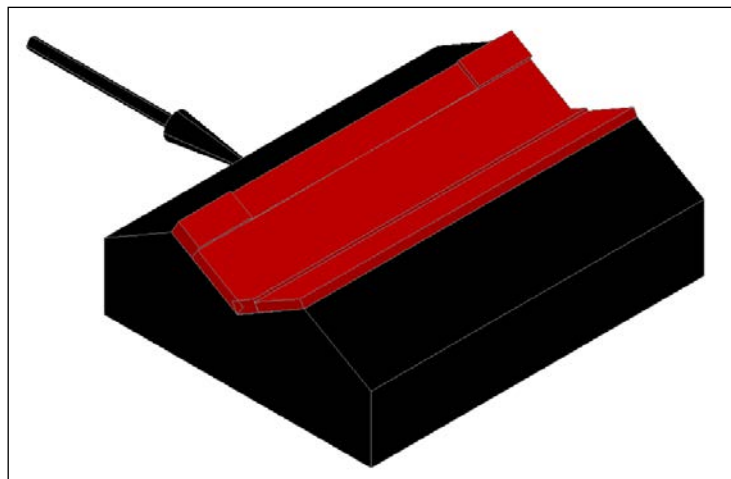


fig. 44 Vent transversal vessants centrals coberta. Blau pressió, vermell succió

Vent longitudinal

dades geomètriques

d (m)= 30,00
b (m)= 12,00
h(m)= 9,50
angle α= -30,00

e=min(b;2*h)= 12,00

longituds de: llarg ample àrees
e/4/cos(α) e/10

Zona F	3,46	1,20	4,16 m ²	interpolar àrees
--------	------	------	---------------------	------------------

Zona G	3,46	1,20	4,16 m ²	interpolar àrees
--------	------	------	---------------------	------------------



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



	$b/\cos(\alpha)$	$e/2$		
Zona H	13,86	6,00	83,14	m ²
	$b/\cos(\alpha)$	$b-e/10-e/2$		
Zona I	13,86	22,80	315,93	m ²

Interpolar Àrees (en cas que $1 < A < 10$)

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

	F	G
$C_{pe,10}$	-1,50	-1,20
$C_{pe,1}$	-2,10	-2,00
àrea de la zona	4,16	4,16
$C_{pe, zona}$	-1,73	-1,50

Vent longitudinal coberta

	Àrea	C_p	q_e (kN/m ²)
Zona F	4,16	-1,73	-2,05
Zona G	4,16	-1,5	-1,78
Zona H	83,14	-1	-1,18
Zona I	315,93	-0,9	-1,07

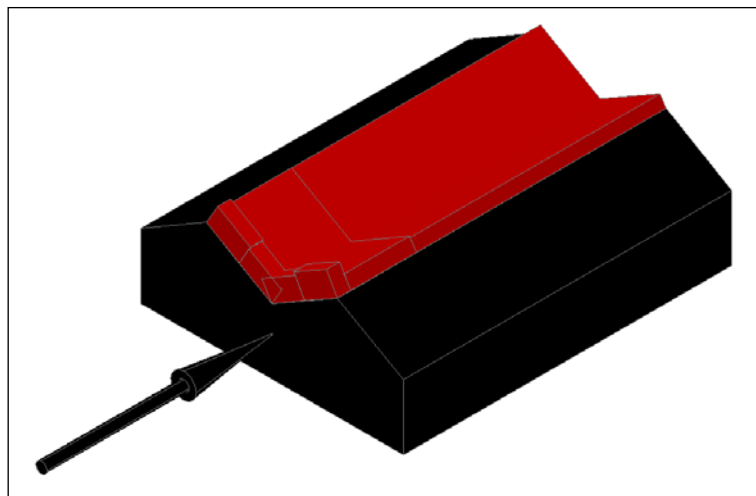
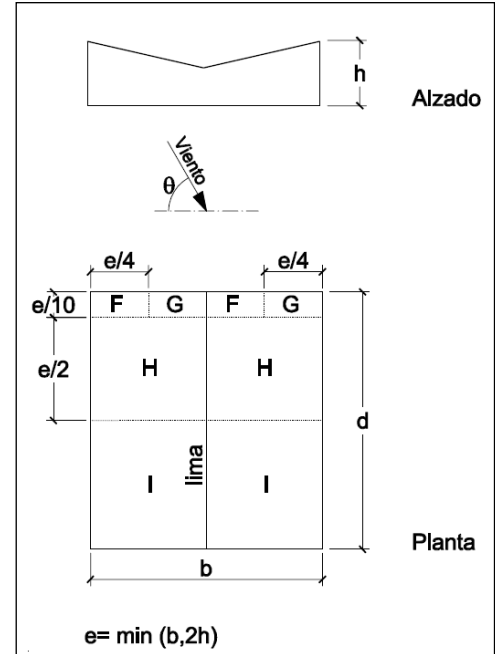


fig. 45 Vent longitudinal vessants centrals coberta. Blau pressió, vermell succió

Vent. Coeficient de pressió interior.

No es considera pressió interior, donat que la nau disposarà de portes, preveient que quan no estigui ocupada, aquestes romandran tancades i quan ho estigui, es tancarà en cas de vents forts.

Vent longitudinal

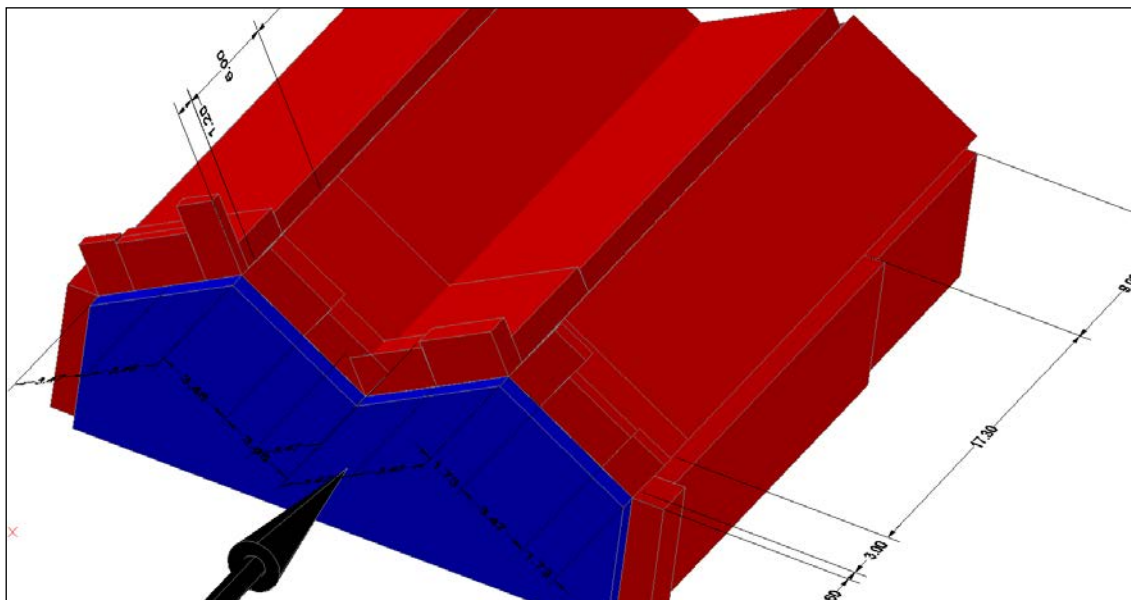


fig. 48. Geometria accions vent longitudinal

Les accions de vent que calcula el programa son similars a les trobades aquí, però no es generen les càrregues de vent degudes a les pressions en façana, i que s'han d'afegir de forma manual.

Les pressions afegides han estat les següents:

Taula 19 Accions de vent afegides de forma manual

Hipòtesi	Acció façana 1	Acció façana 2
Vent transversal	0,85 kN/m ² - pressió	0,40 kN/m ² - succió
Vent longitudinal	0,84 kN/m ² - pressió	0,38 kN/m ² - succió

Acció de neu

La distribució i la intensitat de la càrrega de neu sobre un edifici, o en particular sobre una coberta, depèn del clima del lloc, del tipus de precipitació, del relleu de l'entorn, de la forma de l'edifici o de la coberta, dels efectes del vent, i dels intercanvis tèrmics en els paraments exteriors. També han de tenir-se en compte les condicions constructives particulars que facilitin l'acumulació de neu.. Com a valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal, q_n , pot prendre's:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

- μ coeficient de forma de la coberta segons 3.5.3 de CTE-DB SE-AE
- s_k el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal segons 3.5.2

Pel cas que ens ocupa:

	μ	s_k	q_n (kN/m ²)
1 metre a cada costat del aiguafons	2	1,2	2,40
Resta de coberta	1	1,2	1,20

Sisme

Les accions sísmiques estan regulades en la NCSE-02, Norma de construcció sismo-resistent: part general i edificació, la qual és obligatòria en totes les construccions excepte:

- En les construccions d'importància moderada
- En les edificacions d'importància normal o especial quan l'acceleració sísmica bàsica a_b sigui inferior a 0.04g
- En les construccions d'importància normal amb pòrtics ben travats entre si en totes les direccions quan la a_b sigui inferior a 0.08g.

Independentment del tipus d'obra que es tracti, les construccions es poden classificar segons els danys que pot ocasionar la seva destrucció en:

- D'importància moderada: Aquelles amb probabilitat menyspreable que la seva destrucció per un terratrèmol pugui ocasionar víctimes, interrompre un servei primari o produir danys econòmics significatius a tercers.
- D'importància normal: Aquelles la destrucció de les quals per un terratrèmol pugui ocasionar víctimes, interrompre un servei per a la col·lectivitat o produir importants pèrdues econòmiques, sense que en cap cas es tracti d'un servei imprescindible ni pugui donar lloc a efectes catastròfics.

- D'importància especial: Aquelles la destrucció de les quals pel terratrèmol, pugui interrompre un servei imprescindible o donar lloc a efectes catastròfics. En aquest grup s'inclouen les construccions que així es considerin en el planejament urbanístic i documents públics anàlegs així com en reglamentacions més específiques.

Tenint en compte que realitzem una estructura per a una nau industrial, sent més que probable el moviment de persones en ella, considerarem de normal la importància de l'obra, ja que en cas de terratrèmol poden produir-se víctimes.

La nostra nau industrial està considerada d'importància normal i situada en una parcel·la amb una $0.04 < a_b < 0.08$, per la qual cosa en el nostre cas en que la nau es troba travada en totes direccions (es disposa de creus de sant Andreu en les dues direccions principals) la normativa no serà d'obligat compliment.

Sobrecàrrega d'ús

En general, els efectes de la sobrecàrrega d'ús poden simular-se per l'aplicació d'una càrrega distribuïda uniformement. D'acord amb l'ús que sigui fonamental a cada zona del mateix, com a valors característics s'adoptaran els de la Taula 1.4.2. del document bàsic de Seguretat Estructural del Codi Tècnic de la Edificació.

Per la zona administrativa, zona B, la sobrecàrrega d'ús adquireix un valor de $2,00 \text{ kN/m}^2$, mentre que per la coberta tipus G1, no transitable, lleugera, accessible únicament per conservació, el valor de sobrecàrrega d'ús resulta de $0,40 \text{ kN/m}^2$ uniforme i una càrrega concentrada de $1,00 \text{ kN}$.

Càrregues permanents en coberta

Les càrregues permanents en coberta son les originades per el panell sandwich, el rastrellat i contrarastrellat i la pissarra. D'acord a la taula C.2 de l'annex C del citat document bàsic, aquestes càrregues son de $0,05 \text{ kN/m}^2$ per l'enllistonat i de $0,30 \text{ kN/m}^2$ per la pissarra amb doble solapament. El pes del panell ens el dona el propi fabricant, i resulta de $21,4 \text{ kg/m}^2$, es a dir $0,21 \text{ kN/m}^2$.

El total de càrregues permanents en coberta es de $0,56 \text{ kN/m}^2$

Càrregues permanents en forjat

El forjat de fusta de la zona d'oficines, estarà format per (de dalt a baix):

- 50 mm de solera de ciment o de anhidrita
- Capa separadora de plàstic
- 30 mm de aïllament termo-acústic
- Capa separadora de plàstic
- 160 mm de fusta massissa, panell contralaminat



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Aquesta solució constructiva té un pes propi de $2,66 \text{ kN/m}^2$, segons Proholz²².

²² <http://www.dataholz.com/cgi-bin/WebObjects/dataholz.woa/wa/bauteil?language=es&nr=0&kz=tdmxa01a>

Separació de les corretges

Per la definició de la separació de les corretges de coberta i de tancament lateral, cal avaluar la màxima càrrega a la que estaran sotmesos els panells sandwich, i escollir la llum que el fabricant garanteix que les plaques de tancament poden assolir.

Per el cas de coberta, la pitjor sol·licitació es dona per la combinació de vent longitudinal, a la primera vessant de coberta, a la zona F superior, amb un valor de 3,42 kN/m² de succió. Cap altra sol·licitació resulta tant gran com aquesta en coberta. Malgrat això, dimensionar totes les corretges per aquesta sol·licitació resulta excessiu, i es pren com a valor de dimensionat el pitjor valor per una zona H, i s'augmentaran les corretges en el perímetre de la coberta, per cobrir la major pressió/succió de vent que es dona en aquestes localitzacions.

El valor de vent adoptat per al disseny de les corretges és doncs de 1.18 kN/m², també de succió, corresponent a la pitjor zona H.

En el cas de façana, la sol·licitació màxima a la que es sotmetran el panells sandwich resulta de 1,42 kN/m², per qualsevol de les dues hipòtesis de vent en façana.

Veient la fitxa tècnica del panell escollit (figura 49), la llum admissible per aquest es de 1222 mm per 3,03 kN/m² de càrrega i una fletxa de l/200.

PANEL TIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							CUADRO DE CARGAS					EUROCLASE	
	Transmitancia U (W/m ² K)	Resistencia al vapor de agua MNs/g L	Dimensiones			Peso Kg/m ²	Carga máxima sobre 3 apoyos (daN/m ²)	Carga máxima (kg/m ²) para flecha= L/200						
			Largo	Ancho	Grosor			DISTANCIA ENTRE EJES (mm)						
								3 apoyos	4 apoyos	5 apoyos	3 apoyos	4 apoyos	5 apoyos	
TKH/15-40-19	0,619	22	2440	600	74	21,4	680	310	485	640	1220	813	610	
TKH/15-50-19	0,526	27,5	2440	600	84	21,7	825	405	618	818	1220	813	610	
TKH/15-60-19	0,457	33	2440	600	94	22,1	975	493	740	960	1220	813	610	B s1 d0
TKH/15-80-19	0,362	44	2440	600	114	22,5	1275	652	905	1100	1220	813	610	
TKH/15-100-19	0,300	55	2440	600	134	23,2	1580	720	992	1200	1220	813	610	

fig. 49. Fitxa tècnica del panell sandwich

Per al panell de façana, amb llums de 1.220 mm, complim sobradament la càrrega sol·licitada.

Donat que la modulació dels pòrtics escollida és de elements de 12 m a dues aigües i coberta de 30 °, la longitud dels cavalls resulta de $6/\cos(30^\circ) = 6,93$ m.

Per tal d'aconseguir la modulació de 1222 mm, caldrà col·locar les corretges amb aquesta separació, resultant per tant 5 corretges per lateral, a més de la biga carenera, i quedarà un vol de 38 cm, que ja ens va be, com a vol de la coberta.

Anàlisi de la estructura.

L'estructura de la nau s'ha calculat mitjançant una anàlisi conjunta de tota l'estructura en tres dimensions, utilitzant software Estrumad 2011, ver 3.11, un programa de càlcul matricial espacial creat per un equip d'arquitectes i enginyers, alguns professors d'Universitat, dirigits per l'Acadèmic de la Real Acadèmia d'Enginyeria i Catedràtic de Càlcul d'Estructures de la UPM, Ramón Argüelles Álvarez.

El programa dimensiona l'estructura de barres amb la pitjor de les hipòtesis que la afecten i en la pitjor secció de cada barra, tenint en compte les accions que afecten a l'estructura: càrregues permanents i variables, pesos propis dels elements estructurals, sobrecàrregues d'ús, vent i sisme. S'analitzen les següents hipòtesis de càrrega:

- Hipòtesis - 1 :Permanent
- Hipòtesis - 2 :Manteniment
- Hipòtesis - 3 :Neu
- Hipòtesis - 4 :Vent transversal A
- Hipòtesis - 5 :Vent transversal B
- Hipòtesis - 6 :Vent longitudinal
- Hipòtesis - 7 :Sobrecàrrega ús

Aquestes hipòtesis es combinen d'acord al següent quadre:

1	2	3	4	5	6	7	Combinació
1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
1.35	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2
1.35	0.00	1.50	0.00	0.90	0.00	0.00	3
1.35	0.00	0.75	1.50	0.00	0.00	0.00	4
1.35	0.00	0.75	0.00	1.50	0.00	0.00	5
1.35	0.00	0.75	0.00	0.00	1.50	0.00	6
0.80	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	7
0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	8
1.35	0.00	0.75	0.00	0.90	0.00	1.50	9

La memòria de càlcul del paquet informàtic de Estrumad® proporciona una multitud de dades de tot tipus, amb les combinacions de càlcul realitzades, amb les dades d'esforços interns i reaccions a tots els nusos, desplaçaments dels nusos per cada combinació, reaccions als recolzaments, envolupants de cada barra, la comprovació de cada secció a axial i flector combinats a tallant i a estabilitat de la barra. Aquesta memòria de càlcul ocupa un total de més de 1900 pàgines en paper. En aquest document no s'incorporarà tota aquesta informació.

Es comproven una a una les barres més sol·licitades de cada tipus, per tal de comprovar el correcte dimensionat de la estructura.

Les comprovacions que s'efectuen per a peces de secció constant, son:

- Flexo-compresió amb vinclament (pandeo) segons les expressions següents i per la pitjor secció amb la combinació més desfavorable, tenint en conte l'efecte de la durada de la càrrega:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

- Flexo-tracció segons les expressions següents i per la pitjor secció amb la combinació més desfavorable, tenint en conte l'efecte de la durada de la càrrega:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

- Bolcada lateral en flexió simple, segons:

$$\frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d} \cdot k_{crit}} \leq 1$$

- Bolcada lateral en flexo-compresió, segons:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d} \cdot k_{crit}} \right)^2 \leq 1$$

- Tallant, segons:

$$\frac{3}{2} \frac{V_{y,d}}{(b_{ef} xh) \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

- A més de totes les comprovacions simples implícites en les anteriors.
- Fletxa total de vano en combinació quasi permanent (per elements biga).
- Fletxa activa vano en combinació característica (per elements biga).
- La lectura dels índex de comprovació expressats a continuació respon a la estructura de la sortida tipo del programa de anàlisi. Cal llegir les expressions com:

$$\frac{N_d}{(b \cdot x \cdot h) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$127352/32400/(.828 \times 17.2) + 2478314/972000/19.0 + .7 \times 977084/972000/19 = .445/1$$

Equival a:

$$= \frac{127352}{32400 \times 0,828 \times 17,2} + \frac{2478314}{972000 \times 19,0} + 0,7 \frac{977084}{972000 \times 19} = 0,445/1$$

Per analogia la resta d'expressions s'han d'entendre de la mateixa forma.

Pòrtic de testera

Les tipologies de barra del pòrtic de testera son: pilar de cantonada, pilar de porta, llinda, i llinda de porta. S'analitzen aquí les barres més sol·licitades cada tipus.

Pilar de cantonada

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	en Z i en Y	0	0	3,66	GL24h	90

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 391. Les comprovacions efectuades son:

Barra 391	180 x 180 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbelteces : $l_z = 58$ $l_y = 58$		
$I = 127757/32400/17.2 + .7 \times 0/972000/19.0 = .275/1$		
Nu: 183 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 127352/32400/ (.828 \times 17.2) + 2478314/972000/19.0 + .7 \times 977084/972000/19 = .445/1$		
Nu: 187 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 127353/32400/ (.828 \times 17.3) + 2478315/972000/19.0 + 0.7 \times 977084/972000/19.0 = .445/1$		
Sc: 20/20; Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 127353/32400/ (.828 \times 17.3) + (2478315/972000/19.0/1)^2 = .292/1$		
Sc: 20/20; Cb: 5 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 5051/(32400 \times .67)/2.16 = .161/1$		
Sc: 20/20; Cb: 8 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compresió amb vinclament és la secció 20 de 20 (el programa divideix les barres en 20 trams i comprova cadascuna d'aquestes 20 seccions), que coincideix amb el nus núm. 187 i per la combinació d'accions número 5. El mateix passa amb la comprovació a bolcada amb compressió i la comprovació a tallant, per la combinació d'accions 8.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Pilar de porta

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	en Y	0	0	3,66	GL24h	90

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 396. Les comprovacions efectuades son:

Barra 396	200 x 320 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbelteces : $I_z = 32$ $I_y = 52$		
$I = 58049/64000/17.2 + 4.568278E+07/3413333/18.4 + .7 \times 1343049/2133334/19.0 = .804/1$		
Nu: 185 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 56834/64000/ (.971 \times 17.2) + 3.515898E+07/3413333/18.4 + .7 \times 4026282/2133334/19 = .682/1$		
Nu: 190 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 57564/64000/ (.882 \times 17.3) + 4.839876E+07/3413333/18.4 + 0.7 \times 804684/2133334/19.0 = .838/1$		
Sc: 8/20; Cb: 5 Flexocomp.		
$I = (4.309352E+07/3413333/18.4/1) = .686/1$		
Sc: 6/20; Cb: 8 Vuelco		
$I = 1.5 \times 13248 / (64000 \times .67) / 2.16 = .214/1$		
Sc: 20/20; Cb: 5 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compressió amb vinclament és la secció 8 de 20 per la combinació d'accions número 5.

El mateix passa amb la comprovació a tallant i a bolcada per la combinació d'accions 8.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Llinda

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
0	0	Biart. en Y	0	0	3,25	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 16. Les comprovacions efectuades son:

Barra 16	120 x 150 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
$I = 16302/18000/13.0 + 1391753/450000/19.0 = .232/1$		
Nu: 16 Cb: 5 Flexotrac.		
$I = 14230/18000/13.0 + 7329883/450000/19.0 + .7 \times 22970/360000/19 = .919/1$		
Nu: 25 Cb: 3 Flexotrac.		
$I = 14230/18000/13.0 + 7329884/450000/19.0 + .7 \times 22970/360000/19.0 = .919/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Flexotrac.		
$I = (7329884/450000/19.0/1) = .856/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Vuelco		
$I = 1.5 \times 12171 / ((18000 \times .67) / 2.16) = .7/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-tracció és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació a bolcada i tallant.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Llinda de porta

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
0	0	Biart. en Y	L/300	L/200	L. total	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 428. Les comprovacions efectuades son:

Barra 428	160 x 180 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
$I = 35207/28800/13.0 + 1646490/864000/19.0 = .193/1$		
Nu: 203 Cb: 3 Flexotrac.		
$I = 32625/28800/13.0 + .7 \times 1023119/864000/19.0 + 1.093189E+07/768000/19 = .879/1$		
Nu: 206 Cb: 5 Flexotrac.		
$I = 32626/28800/13.0 + 0.7 \times 1023119/864000/19.0 + 1.093189E+07/768000/19.0 = .879/1$		
Sc: 20/20; Cb: 5 Flexotrac.		
$I = (1646490/864000/19.0/1) = .1/1$		
Sc: 0/20; Cb: 3 Vuelco		
$I = 1.5 \times 3798/(28800 \times .67)/2.16 = .136/1$		
Sc: 0/20; Cb: 5 Cortante		
Flecha total vano en combinació casi permanente (1): .01 cm. adm.=l/200 = 1.5 cm.		
Flecha activa vano en combinació característica (3) : .01 cm. adm.=l/300 = 1 cm.		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-tracció és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 5.

El mateix passa amb la comprovació tallant.

La comprovació a bolcada s'efectua per la màxima sol·licitació que correspon a la combinació 3 En aquestes barres s'avalua també la fletxa.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Pòrtic tipus

Les tipologies de barra del pòrtic tipus: pilar, llinda, tornapuntes i tirant d'acer. S'analitzen aquí les barres més sol·licitades cada tipus.

Pilar

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	en Y	0	0	3,66	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 85. Les comprovacions efectuades son:

Barra 85	160 x 300 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbelteces : $l_z = 12$ $l_y = 22$		
$I = 93209/48000/17.2 + 2.500424E+07/2400000/18.5 + .7 \times 4107176/1280000/19.0 = .793/1$		
Nu: 57 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 64608/48000/(1 \times 17.2) + 1.150469E+07/2400000/18.5 + .7 \times 2664979/1280000/19 = .413/1$		
Nu: 60 Cb: 9 Flexocomp.		
$I = 93209/48000/(1 \times 17.3) + 2.500424E+07/2400000/18.5 + 0.7 \times 4107176/1280000/19.0 = .793/1$		
Sc: 0/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 93209/48000/(1 \times 17.3) + (2.500424E+07/2400000/18.5/1)^2 = .428/1$		
Sc: 0/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 16892/(48000 \times .67)/2.16 = .364/1$		
Sc: 0/20; Cb: 3 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compressió és la secció 0 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació tallant i a bolcada.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Llinda

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
0	0	Biart. en Y	0	0	3,25	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 90. Les comprovacions efectuades son:

Barra 90	120 x 240 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
$I = 25919/28800/17.2 + 5299863/1152000/18.9 + .7 \times 236422/576000/19.0 = .31/1$		
Nu: 67 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 26088/28800/17.2 + 1.451299E+07/1152000/18.9 + .7 \times 0/576000/19 = .717/1$		
Nu: 70 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 26088/28800/(1 \times 17.3) + 1.451299E+07/1152000/18.9 + 0.7 \times 0/576000/19.0 = .717/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 26088/28800/(1 \times 17.3) + (1.451299E+07/1152000/18.9/1)^2 = .494/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 15588/(28800 \times .67)/2.16 = .561/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compresió és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació tallant i bolcada.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Tornapuntes

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	Biart. en Y	0	0	L. total	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 96. Les comprovacions efectuades son:

Barra 96	115 x 225 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbeltetes : lz = 74 ly = 144		
$I = 56420/25875/17.2 + .7 \times 1356767/970313/19.0 + 274307/495938/19.0 = .776/1$		
Nu: 60 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 55918/25875/ (.181 \times 17.2) + .7 \times 2775455/970313/19.0 + 396263/495938/19.0 = .836/1$		
Nu: 66 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 55918/25875/ (.181 \times 17.3) + .7 \times 2775456/970313/19.0 + 396263/495938/19.0 = .836/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 55918/25875/ (.181 \times 17.3) + (2775456/970313/19.0/1)^2 = .712/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 1251/(25875 \times .67)/2.16 = .05/1$		
Sc: 20/20; Cb: 5 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compressió és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació de bolcada.

La comprovació a tallant s'efectua per la màxima sol·licitació que correspon a la combinació 5

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Tirant d'acer

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
0	0	Biart. en Y i en Z	0	0	0	Acer S-275	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 163. Les comprovacions efectuades son:

Barra= 163 \varnothing R.MACIZO "16"
Material:Acero S-275 $f_y= 275$ N/mm ²
Pandeo : $l_z = 0$;beta z = 0 $l_y = 0$; beta y = 0
$s = 1.05 \times (22246/200) = 116.8$ N/mm ²
Sección (20/20); Combinación : 3; Clases: Z=1 Y=1
$s = 1.05 \times (0/(1 \times 200)) + 0.6 \times 1 \times 0 / 700 + 1 \times 1 \times 0.6 \times 0 / 700 = 0$ N/mm ²
Combinación : 9; Clases: Z=1 Y=1
$s = 1.05 \times (0/(1 \times 200)) + 0.6 \times 0.6 \times 1 \times 0 / 700 + 1 \times 0.6 \times 0 / 700 = 0$ N/mm ²
Combinación : 9; Clases: Z=1 Y=1
Esfuerzo cortante maximo :0 kN
Aprovechamiento : 42%

Aquesta barra es comprova a tracció, ja que és un tirant.

Aquesta comprovació s'efectua per la màxima sol·licitació que correspon a la combinació 3.

Aquesta barra compleix la comprovació.

Altres barres

La disposició i distribució de la nau fan que hi hagi dues jàsseres, bigues al lateral de la nau per poder allotjar envidraments i bigues i tirants que conformen la biga contravent.

Jàssera en façana

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	Biart. en Y	0	0	L. total	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 9. Les comprovacions efectuades son:

Barra 9	100 x 200 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
$I = 20578/20000/17.2 + 4257256/666667/19.0 + .7 \times 1239144/333333/19.0 = .532/1$		
Nu: 8 Cb: 9 Flexocomp.		
$I = 20578/20000/17.2 + 9187649/666667/19.0 + .7 \times 1120091/333333/19 = .908/1$		
Nu: 9 Cb: 9 Flexocomp.		
$I = 20578/20000/(1 \times 17.3) + 9187649/666667/19.0 + 0.7 \times 1120091/333333/19.0 = .908/1$		
Sc: 20/20; Cb: 9 Flexocomp.		
$I = 20578/20000/(1 \times 17.3) + (9187649/666667/19.0/1)^2 = .585/1$		
Sc: 20/20; Cb: 9 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 16714/(20000 \times .67)/2.16 = .866/1$		
Sc: 20/20; Cb: 9 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compressió és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 9.

La comprovació a tallant i a bolcada s'efectua per la màxima sol·licitació que correspon també a la combinació 9

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Jàssera de interior

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	Biart. en Y	L/300	L/300	L. total	GL24h	0

Aquesta és la barra major de l'estructura. La més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 66. Les comprovacions efectuades son:

Barra 66	240 x 400 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
$I = 6787/96000/12.3 + 3.306796E+07/6400000/17.9 + .7 \times 2775602/3840000/18.9 = .319/1$		
Nu: 35 Cb: 9 Flexotrac.		
$I = 6787/96000/12.3 + 8.170559E+07/6400000/17.9 + .7 \times 1.185902E+07/3840000/18.9 = .829/1$		
Nu: 36 Cb: 9 Flexotrac.		
$I = 6788/96000/12.3 + 8.170559E+07/6400000/18.0 + .7 \times 1.185902E+07/3840000/18.9 = .829/1$		
Sc: 20/20; Cb: 9 Flexotrac.		
$I = (8.170559E+07/6400000/18.0/1) = .709/1$		
Sc: 20/20; Cb: 9 Vuelco		
$I = 1.5 \times 78569/(96000 \times .67)/2.16 = .848/1$		
Sc: 20/20; Cb: 9 Cortante		
Flecha total vano en combinació casi permanente (9): .68 cm. adm.=l/300 = 2 cm.		
Flecha activa vano en combinació característica (9) : .65 cm. adm.=l/300 = 2 cm.		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compressió és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 9.

El mateix passa amb la comprovació de bolcada i tallant.

Es comprova també la fletxa en aquesta barra.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Muntant de biga contravent

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	Biart. en Y	0	0	L. total	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 330. Les comprovacions efectuades son:

Barra 330	100 x 100 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbeltetes : $I_z = 104$ $I_y = 0$		
$I = 39643/10000/17.2 + 166255/166667/19.0 + .7 \times 196250/166667/19.0 = .771/1$		
Nu: 155 Cb: 8 Flexocomp.		
$I = 39643/10000/(.339 \times 17.2) + 183723/166667/19.0 + .7 \times 216007/166667/19 = .781/1$		
Nu: 173 Cb: 8 Flexocomp.		
$I = 39644/10000/(1 \times 17.3) + 183724/166667/19.0 + 0.7 \times 216007/166667/19.0 = .781/1$		
Sc: 20/20; Cb: 8 Flexocomp.		
$I = 39644/10000/(1 \times 17.3) + (183724/166667/19.0/1)^2 = .232/1$		
Sc: 20/20; Cb: 8 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 180/(10000 \times .67)/2.16 = .018/1$		
Sc: 0/20; Cb: 8 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compressió és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 8.

El mateix passa amb la comprovació de bolcada i tallant.

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Tirants de la biga contravent

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam. perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
0	0	Biart. en Y i en Z	0	0	0	Acer S-275	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 458. Les comprovacions efectuades son:

Barra= 458 \emptyset R.MACIZO "20"
Material:Acero S-275 $f_y= 275$ N/mm ²
Pandeo : $l_z = 0$;beta z = 0 $l_y = 0$; beta y = 0
$s = 1.05 \times (72988/310) = 247.2$ N/mm ²
Sección (20/20); Combinación : 8; Clases: Z=1 Y=1
$s = 1.05 \times (0/(1 \times 310)) + 0.6 \times 1 \times 0 / 1300 + 1 \times 1 \times 0.6 \times 0 / 1300 = 0$ N/mm ²
Combinación : 9; Clases: Z=1 Y=1
$s = 1.05 \times (0/(1 \times 310)) + 0.6 \times 0.6 \times 1 \times 0 / 1300 + 1 \times 0.6 \times 0 / 1300 = 0$ N/mm ²
Combinación : 9; Clases: Z=1 Y=1
Esfuerzo cortante maximo :0 kN
Aprovechamiento : 89%

Aquesta barra es comprova a tracció, ja que és un tirant.

Aquesta comprovació s'efectua per la màxima sol·licitació que correspon a la combinació 8.

Aquesta barra compleix la comprovació.

Corretges

Les corretges es dimensionen automàticament per el programa de càlcul. Les corretges proposades son de fusta classe C18 de 100*100 mm de secció.

CORREAS

CARGA PERMANENTE	0.56 kN/m ² /Cubierta. Duración permanente
CARGA MANTENIMIENTO	0.2 kN/m ² /Proy. horizontal. Duración corta
CARGA NIEVE	0.6 kN/m ² /Proy. horizontal. Duración corta
VIENTO PRESION MAYOR	0.1 kN/m ² /Cubierta. Duración corta
VIENTO SUCCION MAYOR	0.4 kN/m ² /Cubierta. Duración corta
CARGA CONCENTRADA MANTENIMIENTO	1 kN. Duración corta

MATERIAL CORREAS	C14
SECCION	Correa Madera 100x150
PENDIENTE FALDON	57.74 %
SEPARACION CORREAS	1.22 m.
POSICION CORREAS	Normal al faldón
NUMERO TIRANTILLAS POR VANO	SUJETA
LUZ DEL VANO	3 m.
NUMERO DE VANOS CONTINUOS	1
ALTITUD TOPOGRAFICA	860

$$\text{Indice } z(2) = 2020936.91 / (375000 \times 1 \times 10.77 \times 0.9) = 0.56$$

$$\text{Indice } y(2) = 0.7 \times 0 / (250000 \times 1.08 \times 10.77 \times 0.9) = 0$$

$$\text{Indice total}(2) = 0.56$$

(2) Corresponde a :Permanente + 'Nieve' + Viento

Donde 'Nieve' es la acción variable dominante

Este índice se corresponde con :Carga concentrada mantenimiento 1 kN

Valores mostrados : Khz = 1.00 Khy = 1.08 Kmod = 0.90
fmk/YM = 10.77

Flecha total vano en combinación casi permanente (1) = 6.17 mm.
Admisible = 10 mm.

(1) Corresponde a :Permanente + 'Mantenimiento puntual'

Donde 'Mantenimiento puntual' es la acción variable dominante

Flecha activa vano en combinación característica (2) = 6.07 mm.
Admisible = 10 mm.

(2) Corresponde a :Permanente + 'Nieve' + Viento

Donde 'Nieve' es la acción variable dominante

Desplaçament de nusos

Una altra comprovació que s'ha realitzat ha estat el descens vertical del nuc central del pòrtic tipus.

Aquesta comprovació s'efectua al pòrtic central, que és el que presenta major moviment, al nus 115, resultant aquest acceptable en tot moment.

COMB	NUDO	DESP.X (cm)	DESP.Y (cm)	DESP.Z (cm)	GIRO X (100 x rad)	GIRO Y (100 x rad)	GIRO Z (100 x rad)
1	115	0.1223	-0.2030	0.0280	-0.0032	-0.0163	-0.1744
2	115	0.1573	-0.2683	0.0325	-0.0036	-0.0186	-0.2301
3	115	2.2462	-0.6791	0.1189	-0.0019	0.0031	0.0153
4	115	2.0479	-0.4575	0.0471	0.0010	-0.0009	0.2580
5	115	3.3243	-0.5422	0.1448	0.0013	-0.0002	0.5073
6	115	0.3200	-0.5205	-1.8611	0.0052	0.0015	-0.2382
7	115	1.8053	-0.1884	0.0204	0.0007	0.0007	0.4916
8	115	0.1525	-0.2384	-1.8350	0.0057	0.0033	-0.0026
9	115	2.1315	-0.4861	0.1180	0.0009	-0.0020	0.1795

Es considera acceptable una fletxa de L/250, condició que es compleix per totes les combinacions de hipòtesis, $1200/250=4,8$ cm

Elements de forjat

El forjat d'aquesta nau s'ha volgut resoldre amb panells de fusta contralaminada (figura 50). També coneguda com a fusta estratificada en creu. Es compon de làmines de fusta de coníferes de 19 a 40 mm de gruix, estratificades en forma de creu, que són encolades i tractades sota alta pressió, fins a convertir-se en plaques de fusta massissa de gran format. Es poden unir 3, 5, 7 o més capes fins a un grossor màxim de 60 cm, una longitud màxima de 16,50 m, i un ample màxim de 2,95 m.



fig. 50 Fusta contralaminada

Els elements de fusta contralaminada estan subjectes a Aprovació Tècnica Europea, i per tant, és el fabricant qui determina la resistència del seu producte.

S'opta per elements de la marca KLH, que posa a disposició del projectista eines informàtiques per tal de dimensionar els elements de fusta contralaminada, d'acord a la normativa vigent i a la seva autorització de producte.

Les dades per introduir al software comercial són:

- Classe d'ús
- Estabilitat a foc
- Longituds dels vanos i càrregues superficials
- Tipus de element a comprovar

Els resultats inclouen la comprovació a estats límits últims i de servei, comprovació a foc i a vibracions.

El forjat estarà constituït per plaques de KLH 3S-90-DL, que vol dir, plaques marca KLH formades per tres estrats (3S) que conformen un gruix total de 90 mm i amb les làmines exteriors en la mateixa direcció que la longitud principal (DL).



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Els esgotaments de les seccions son de un 40% a esforços de flexió, un 24% a tallant de rodadura, un 45% a fletxa, tant en combinació característica com quasi-permanent i compliment de l'estat límit de vibracions.

A les pàgines següents s'adjunta la memòria de càlcul d'aquest element.

panel de madera contralaminada KLH para viga continua

versión completa

dimensionamiento según [ES] CTE DB-SE M:2006, ETA 06/0138:2017

WallnerMild

generalidades

categoría de uso **NKL** **2**
Members in open, roofed areas

k_{def} 0,80
 k_{sys} 1,00

utilidad Erscheinungsbild
 prevención de daños (charakteristischen Bemessungssituation)

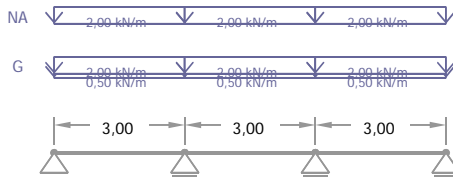
flecha, def. inic. zcha, def. fin. adm.
€ / 300 € / 250
€ / 300 € / 200

obs. la flexión de los pescantes en voladizo

ρ_m 550 kg/m³

Incendio **R 0**
1 unilateral

Brandnachweis: KLHdesigner (verkleidete und unverkleidete Elemente)
 d_0 (unverkleidete Elemente)
 s_0 (unverkleidete Elemente)



Sistema

vano	longitudes l_i [m]	g 1,k [kN/m ²]	Flächenlasten [kN/m ²] und Querlasten [kN/m]			Stelle x [m]
			g 2,k [kN/m ²] G	n k [kN/m ²] NA	s k [kN/m ²] S2	
Pescante en voladizo LI						
vano 1	3,00	0,50	2,00	2,00		↑↑
vano 2	3,00		2,00	2,00		↑↑
vano 3	3,00		2,00	2,00		↑↑
vano 4						↑↑
vano 5						↑↑
vano 6						↑↑
vano 7						↑↑
Pescante en voladizo Re						
cargas permanentes						
A: superficies de viviendas						
lugares a menos de 1000 m sobre el nivel del mar						
cargas del viento						

KLH-Element

Normales Deckenelement

tipo DL
elemento 3s 90 DL

capa superior perpendicular a la dirección de s



resultados del dimensionamiento

capa i	espesor d _i [mm]	orientación °	material
1	34	0	KLH (C24)
2	22	90	KLH (C24)
3	34	0	KLH (C24)
4			
5			
6			
7			
8			
9			
d	90	3 s	KLH (C24)

determinante	45 %
Momento	40 %
Fuerza transversal	24 %
Flecha	
aparición	45 %
prevención de daños	45 %
vibración	OK
Incendio	
Momento	!!!
Fuerza transversal	!!!

comprobantes de vibraciones

considerado ja
forjado pegado con solado flotante
característica de atenuación
D 2,50%
indicaciones en perpendicular a la dirección de sujeción
Anchura b 3,60 m
rigidez (EI)b 0,2710 MNm² / m



Normales Deckenelement
 Rippelement
 Kastelement

Angaben für den Brandnachweis mit KLHdesigner

Kombination: 1 · G₀ + 1 · G₁ + ψ₁ · Q₁ + Σ ψ₂ · Q_n

Einwirkung		Widerstand (KLHdesigner)		S5	Stelle x	Nachweis
min $M_{R,d}$		-324,11 kNcm	$M_{c,fi,Rd}$	Z1	Stab 2	3,00 !!!
$F_{fi,d}$	zugeh.	11,80 kN				!!!
max $M_{R,d}$		270,61 kNcm	$M_{t,fi,Rd}$	Z2	Stab 1	1,20
$F_{fi,d}$	zugeh.	0,00 kN	$\Delta M_{fi,Rd}$	Z3		kNcm/kN EL !!!
$V_{R,d}$	min	-6,32 kN			Stab 1	3,00 !!!
	max	6,32 kN	$V_{fi,Rd}$	Z4	Stab 3	0,00 !!!

panel de madera contralaminada KLH para viga continua

dimensionamiento según [ES] CTE DB-SE M:2006, ETA 06/0138:2017

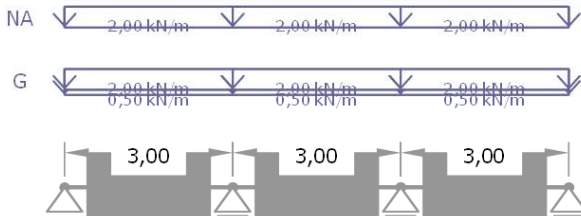
generalidades

categoría de uso 2
 Members in open, roofed areas
 Incendio R 0 unilateral
 γ M 1,25 [ES]

normas aplicadas

EN 1995-1-:2009
 [ES] CTE DB-SE M:2006
 ETA 06/0138:2017

Sistema



System: Durchlaufträger ohne Einzellasten

Lastbeiwerte

Lasteinflußbreite
 be 1,00 m

		seguridad γ	ración de carga		coeficientes de combinación		
			kled	kmod	ψ_0	ψ_1	ψ_2
g k	G	1,35	permanent	0,6	-	-	-
n k	NA	1,50	medium-term	0,8	0,70	0,50	0,30
s k	S2	1,50	short-term	0,9	0,50	0,20	-
w k	W	1,50	short-term	0,9	0,60	0,20	-

Sección

KLH 3s 90 DL Normales Deckenelement

capa i	espesor di [mm]	quemado di [mm]	orientación °	material
1	34	34,0	0	KLH (C24)
2	22	22,0	90	KLH (C24)
3	34	34,0	0	KLH (C24)
4				
5				
6				
7				
8				
9				
d	90		3	KLH (C24)

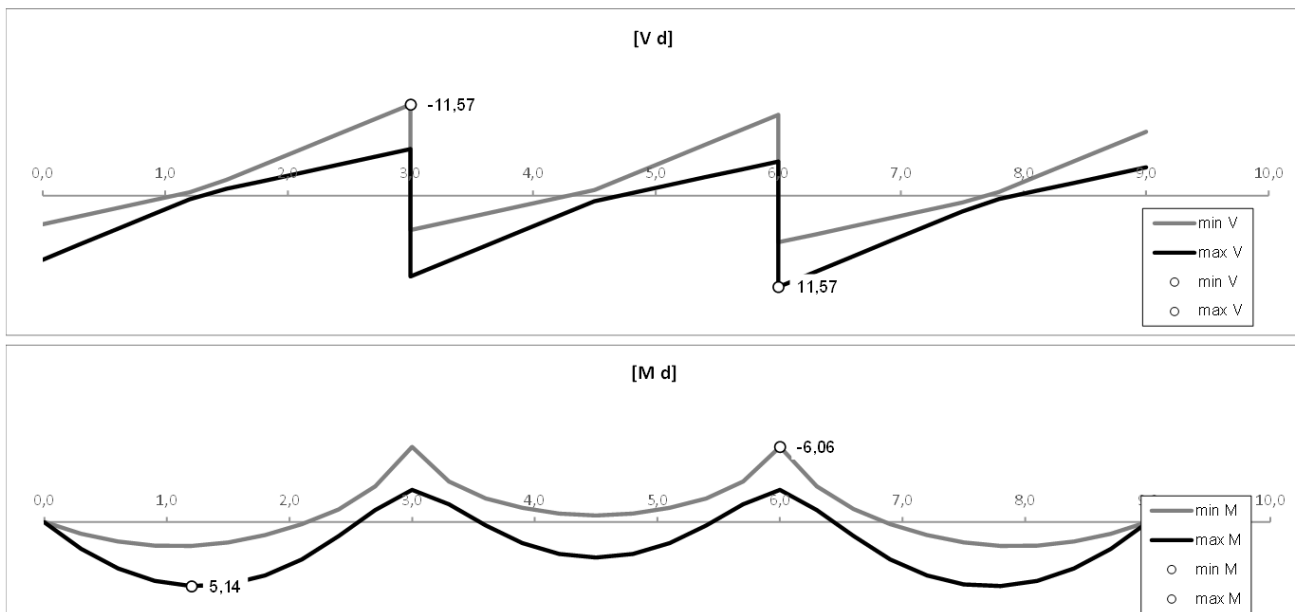
panel de madera contralaminada KLH para viga continua

dimensionamiento según [ES] CTE DB-SE M:2006, ETA 06/0138:2017

valores de sección transversal (be = 1,00 m)

Transversal schubnachgiebiger Balken		ULS	SLS
E_{ref}		12.000 N/mm ²	
I_{net}		5.986 cm ⁴	
W_{net}		1.330 cm ³	EI 718 kNm ²
$A_{tot,1m}$		900 cm ²	
Lage		1	
Z_W		4,50 cm	
$ES_{V,net}$		11.424 kNm	
Lage		1	
A_V		943 cm ²	
$ES_{VR,net}$		11.424 kNm ³	GA_s 8.169 kN
Lage		2	χ 0,170
$A_{V,R}$		943 cm ²	

comprobantes de la capacidad portante en estados límite (be = 1,00 m)



ULS		valor	k_{mod}	Stab	Stelle x
V_d	min	-11,57 kN	0,8	Stab 1	3,00 m
	valores máximo	11,57 kN	0,8	Stab 3	0,00 m
M_d	min	-6,06 kNm	0,8	Stab 2	3,00 m
	valores máximo	5,14 kNm	0,8	Stab 1	1,20 m
$F_{\Delta\sigma,d}$	min	21,83 kN			
	valores máximo	0,00 kN			

esfuerzo de flexión

M_d	-6,06 kNm	k_{mod}	0,80
W_{net}	1.330 cm ³	$f_{m,k}$	24,00 N/mm ²
		k_{sys}	1,00 coeficiente del sistema
F_d	21,83 kN	lokale Einwirkung (Einzelkraft bzw. Auflager)	
n_q	1	Anzahl der Querlagen	
t_{ra}	34 mm	Dicke der aussen liegenden Längslagen	
$G_{90,mean}$	50 N/mm ²		
$\Delta\sigma_{m,d\Delta}$	1,61 N/mm ²	Spannungserhöhung durch lokale Einwirkungen	
40% $\sigma_{m,d}$	6,16 N/mm ²	$f_{m,d}$	15,36 N/mm ²

Tensión de cizallamiento

V_d	11,57 kN	k_{mod}	0,80
-------	----------	-----------	------



panel de madera contralaminada KLH para viga continua

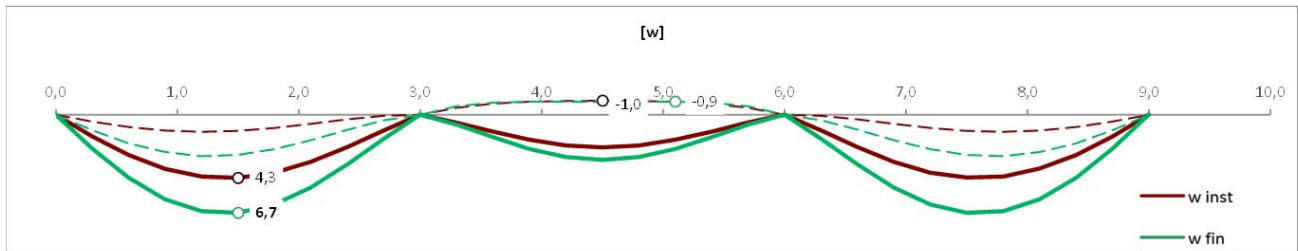
dimensionamiento según [ES] CTE DB-SE M:2006, ETA 06/0138:2017

Schub				
	$A_{V,d}$	943 cm ²	$f_{V,k}$	2,70 N/mm ²
11%	$T_{V,d}$	0,18 N/mm ²	$f_{V,d}$	1,73 N/mm ²
cizallamiento de rodadura				
	$A_{V,R,d}$	943 cm ²	$f_{R,k}$	1,20 N/mm ²
24%	$T_{R,d}$	0,18 N/mm ²	$f_{R,d}$	0,77 N/mm ²

panel de madera contralaminada KLH para viga continua

dimensionamiento según [ES] CTE DB-SE M:2006, ETA 06/0138:2017

comprobantes de la utilidad en estados límite



Felder	situación característica de dimensionamiento (evitar daños en componentes inferiores)				cuasi-permanente (garantizar la funcionalidad y la estética)			
	w inst		w fin		w fin,qp			
	min	max	min	max	min	max		
w_{g1}	0,11	0,45	0,07	0,45	0,00	0,45	mm	
w_{g2}	0,43	1,82	0,28	1,82	0,02	1,82	mm	
w_n	-1,39	2,51	-1,45	3,12	-0,27	1,36	mm	
w_s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	
w_w	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	mm	
w_{tot}	-0,97	4,33	-0,89	6,75	-0,23	5,44	mm	
Feld	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1		
x	1,50	1,50	2,10	1,50	2,70	1,50	m	
ℓ	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	m	
zul f	ℓ / 300		ℓ / 200		ℓ / 250			
wmax	10,00	10,00	15,00	15,00	12,00	12,00	mm	
	10%	43%	6%	45%	2%	45%		

45%

Kragarme	situación característica de dimensionamiento (evitar daños en componentes inferiores)				cuasi-permanente (garantizar la funcionalidad y la estética)			
	w inst		w fin		w fin,qp			
	min	max	min	max	min	max		
w_{g1}							mm	
w_{g2}							mm	
w_n							mm	
w_s							mm	
w_w							mm	
w_{tot}							mm	
Feld								
x							m	
ℓ							m	
zul f	ℓ / 150		ℓ / 100		ℓ / 125			
wmax							mm	
	-	-	-	-	-	-		

0%

panel de madera contralaminada KLH para viga continua

dimensionamiento según [ES] CTE DB-SE M:2006, ETA 06/0138:2017

comprobante de vibraciones en forjados de viviendas

OK	ejecución:	forjado pegado con solado flotante	
	D	2,50%	amortiguación
	$EI_{1,b}$	0,271 MNm ² / m	rigidez a lo ancho (en perpendicular a la dirección de sujeción)
	$EI_{KLH,b}$	0,011 MNm ² / m	rigidez del elemento en sentido perpendicular a la dirección de suje
	EI_b	0,282 MNm ² / m	rigidez transversal total
	EI_z	0,718 MNm ² / m	rigidez a lo largo (en la dirección de sujeción) für 1 m
	vano	1	
	l	3,00 m	vano
	b	3,60 m	ancho del forjado

1. evitar la resonancia por acciones recurrentes

1.1. requisito de frecuencia

	m_{perm}	310 kg/m ²	masa uniforme	= max (g + $\psi_2 \cdot n$; 100)
	w_{1kN}	0,65 mm	flecha debida a carga unitaria	
	c	1.541.744 N/m	rigidez en punto crítico	
	M^*	495 kg	masa generalizada	= $m_{perm} \cdot l \cdot 8/15$
	k_Q	1,09	influencia de la rigidez transversal	
	f_1	8,41 Hz	para vigas de un vano (según EN 1995-1-1:2004, Gl. 7.5)	
OK	f_{grenz}	8,00 Hz		

cumplida: apartado 1.2 no necesario

1.2. requisito de aceleración con baja frecuencia (f > 8 Hz - no necesario)

	$\alpha_2; \alpha_3$	0,06		
	$b_{m,stat}$	2,16 m	anchura concurrente	
	M_{gen}	1.002 kg	masa generalizada	
	f_F	6,90 Hz		
	f_{grenz}	4,50 Hz	frecuencia límite frente a resonancia (condición cumplida)	
OK	a	0,03 m/s ²	aceleración dada	
	a_{grenz}	0,10 m/s ²	condición cumplida	

2. evitar vibraciones por golpes de una duración de la acción prolongada (pasos)

· requisito de flecha (rigidez)

Las vibraciones en el vano contiguo con vigas continuas SON PERTURBADORAS

	b_f	2,16 m		
OK	w_{EF}	0,36 mm	flecha efectiva	
	w_{grenz}	1,50 mm	flecha límite	

3. evitar vibraciones por golpes de poca duración de la acción (golpe provocado por la caída de la posición de puntillas "heel drop")

· requisito de masa

estándar

	n_{40}	3	número de autovalores por debajo de 40 Hz
	v	2,48 mm/s	
	b	100 conforme a la fig. 7.2 EN 1995-1-1	
OK	v_{grenz}	26,33 mm/s	

informativo: criterio de flecha según DIN 1052:2004

	w_{perm}	4,58 mm	
(76%)	$w_{p,grenz}$	6,00 mm	(corr. 7,4 Hz)

panel de madera contralaminada KLH para viga continua

dimensionamiento según [ES] CTE DB-SE M:2006, ETA 06/0138:2017

fuerzas de apoyo para transmisión de carga (b = 1,00 m)

Bezogen auf 1 m Platte

Größte Auflagerdrücke

A	valor asignado [kN]	char.Wert [kN]	ódigo de carg	kmod
A g,k		3,00	G	
A n,k		2,70	NA	
A s,k		0,00	S2	
A w,k		0,00	W	
A d	8,11	-		0,8

B	valor asignado [kN]	char.Wert [kN]	ódigo de carg	kmod
B g,k		8,22	G	
B n,k		7,15	NA	
B s,k		0,00	S2	
B w,k		0,00	W	
B d	21,83	-		0,8

C	valor asignado [kN]	char.Wert [kN]	ódigo de carg	kmod
C g,k		8,22	G	
C n,k		7,15	NA	
C s,k		0,00	S2	
C w,k		0,00	W	
C d	21,83	-		0,8

D	valor asignado [kN]	char.Wert [kN]	ódigo de carg	kmod
D g,k		3,00	G	
D n,k		2,70	NA	
D s,k		0,00	S2	
D w,k		0,00	W	
D d	8,11	-		0,8

Mindestauflagerbreiten

(Aus konstruktiven Gründen werden mindestens 5 cm empfohlen)

a _{konstr}	5,00 cm
b	100 cm
	KLH (C24)
f _{c,90,k}	2,70 N/mm ²
f _{c,90,d}	1,73 N/mm ²
k _{c,90}	2,20
a _{min}	5 cm (4%)

a _{min}	5 cm (11%)
------------------	------------

a _{min}	5 cm (11%)
------------------	------------

a _{min}	5 cm (4%)
------------------	-----------

Berechnung der Querschnittswerte

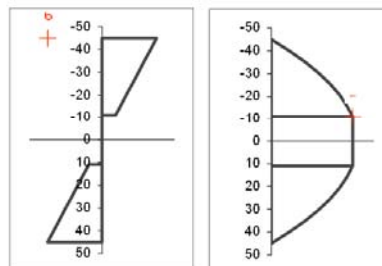
als transversal Schubnachgiebiger Balken (Schubkorrekturbeiwert nach Timoshenko)

estructura de paneles: 3s 90 DL

capa i	espesor d_i [mm]	Breite b_i [mm]	orientación [°]	material
1	34	1.000	0	KLH (C24)
2	22	1.000	90	KLH (C24)
3	34	1.000	0	KLH (C24)
4		1.000		
5		1.000		
6		1.000		
7		1.000		
8		1.000		
9		1.000		
d	90			

módulos E EI [N/mm ²]	G-Moduli G [N/mm ²]	Biegefestigkeit f _{m,k} [N/mm ²]	Schubfestigkeit f _{V(R),k} [N/mm ²]
12.000	690	24,00	2,70
	50		1,20
12.000	690	24,00	2,70
	50		
	50		
	50		
	50		
	50		
	50		

Biegesteifigkeit		
E·I	718 kNm ²	Biegesteifigkeit
E _{ref}	12.000 N/mm ²	Referenzmodul
I _{net}	5.986 cm ⁴	Trägheitsmoment (für Referenzmodul)
Schubsteifigkeit		
κ	0,170	Schubkorrekturbeiwert
G·A _S	8.169 kN	Schubsteifigkeit
Biegefestigkeit		
W _{mn,net}	-1.330 cm ³	Lage 1
h _{ref}	8,93 cm	Vergleichshöhe homogener Querschnitt
z _{top}	-4,50 cm	Randfaser oben
z _{bot}	4,50 cm	Randfaser unten
Schubfestigkeit		
E·S _V	11.424 kNm	Lage 1
A _V	943 cm ²	Äquivalente Schubfläche
h _{ref}	9,43 cm	Vergleichshöhe homogener Querschnitt
E·S_R		
A _R	943 cm ²	Äquivalente Fläche für Schubnachweis
h _{ref}	9,43 cm	Vergleichshöhe homogener Querschnitt



panel de madera contralaminada KLH para viga continua

versión completa

dimensionamiento según IESICTE DB-SE M:2006

WallnerMild

Position	Stab		x		min V		kmod		max V		min M		kmod		max M		kmod		min w		max w		min w		max w		min w		max w			
	Extremwert	Position	min V	kmod	min V	kmod	min M	kmod	max V	kmod	min M	kmod	max M	kmod	min w	max w	min w	max w	min w	max w	min w	max w	min w	max w	min w	max w	min w	max w	min w	max w		
1	0,000	3,61	-11,57	0,8	8,11	0,8	-6,06	0,8	5,14	0,8	4,3	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
1	0,300	2,60	6,20	0,8	6,20	0,8	0,93	0,8	2,14	0,8	1,5	0,5	1,1	0,8	1,5	0,5	1,1	0,8	2,3	0,0	2,3	0,0	2,3	0,0	2,3	0,0	2,3	0,0	2,3	0,0	2,3	0,0
1	0,600	1,59	4,29	0,8	3,71	0,8	1,56	0,8	3,71	0,8	0,8	0,8	3,71	0,8	0,8	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8
1	0,900	0,58	2,38	0,8	2,38	0,8	1,88	0,8	4,71	0,8	0,8	0,8	4,71	0,8	0,8	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8
1	1,200	-0,43	0,47	0,8	0,47	0,8	1,90	0,8	5,14	0,8	0,8	0,8	5,14	0,8	0,8	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8
1	1,500	-2,02	-0,86	0,8	-0,86	0,8	1,62	0,8	5,00	0,8	0,8	0,8	5,00	0,8	0,8	0,8	5,00	0,8	5,00	0,8	5,00	0,8	5,00	0,8	5,00	0,8	5,00	0,8	5,00	0,8	5,00	0,8
1	1,800	-3,93	-1,88	0,8	-1,88	0,8	1,04	0,8	4,28	0,8	0,8	0,8	4,28	0,8	0,8	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8
1	2,100	-5,84	-2,89	0,8	-2,89	0,8	0,15	0,8	2,99	0,8	0,8	0,8	2,99	0,8	0,8	0,8	2,99	0,8	2,99	0,8	2,99	0,8	2,99	0,8	2,99	0,8	2,99	0,8	2,99	0,8	2,99	0,8
1	2,400	-7,75	-3,90	0,8	-3,90	0,8	-1,04	0,8	1,12	0,8	0,8	0,8	1,12	0,8	0,8	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8
1	2,700	-9,66	-4,91	0,8	-4,91	0,8	-2,87	0,8	-0,98	0,8	0,8	0,8	-0,98	0,8	0,8	0,8	-0,98	0,8	-0,98	0,8	-0,98	0,8	-0,98	0,8	-0,98	0,8	-0,98	0,8	-0,98	0,8	-0,98	0,8
1	3,000	-11,57	-5,92	0,8	-5,92	0,8	-6,06	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8
2	3,000	4,34	10,26	0,8	10,26	0,8	-6,06	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8
2	3,300	3,33	8,35	0,8	8,35	0,8	-3,27	0,8	-1,45	0,8	0,8	0,8	-1,45	0,8	0,8	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8
2	3,600	2,32	6,44	0,8	6,44	0,8	-1,90	0,8	0,26	0,8	0,8	0,8	0,26	0,8	0,8	0,8	0,26	0,8	0,26	0,8	0,26	0,8	0,26	0,8	0,26	0,8	0,26	0,8	0,26	0,8	0,26	0,8
2	3,900	1,31	4,53	0,8	4,53	0,8	-1,15	0,8	1,69	0,8	0,8	0,8	1,69	0,8	0,8	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8
2	4,200	0,30	2,62	0,8	2,62	0,8	-0,69	0,8	2,55	0,8	0,8	0,8	2,55	0,8	0,8	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8
2	4,500	-0,71	0,71	0,8	0,71	0,8	-0,54	0,8	2,83	0,8	0,8	0,8	2,83	0,8	0,8	0,8	2,83	0,8	2,83	0,8	2,83	0,8	2,83	0,8	2,83	0,8	2,83	0,8	2,83	0,8	2,83	0,8
2	4,800	-2,62	-0,30	0,8	-0,30	0,8	-0,69	0,8	2,55	0,8	0,8	0,8	2,55	0,8	0,8	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8	2,55	0,8
2	5,100	-4,53	-1,31	0,8	-1,31	0,8	-1,15	0,8	1,69	0,8	0,8	0,8	1,69	0,8	0,8	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8	1,69	0,8
2	5,400	-6,44	-2,32	0,8	-2,32	0,8	-1,91	0,8	0,25	0,8	0,8	0,8	0,25	0,8	0,8	0,8	0,25	0,8	0,25	0,8	0,25	0,8	0,25	0,8	0,25	0,8	0,25	0,8	0,25	0,8	0,25	0,8
2	5,700	-8,35	-3,33	0,8	-3,33	0,8	-3,27	0,8	-1,45	0,8	0,8	0,8	-1,45	0,8	0,8	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8	-1,45	0,8
2	6,000	-10,26	-4,34	0,8	-4,34	0,8	-6,06	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8
3	6,000	5,92	11,57	0,8	11,57	0,8	-6,06	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	0,8	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8	-2,60	0,8
3	6,300	4,91	9,66	0,8	9,66	0,8	-2,88	0,8	0,98	0,8	0,8	0,8	0,98	0,8	0,8	0,8	0,98	0,8	0,98	0,8	0,98	0,8	0,98	0,8	0,98	0,8	0,98	0,8	0,98	0,8	0,98	0,8
3	6,600	3,90	7,75	0,8	7,75	0,8	-1,04	0,8	1,12	0,8	0,8	0,8	1,12	0,8	0,8	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8	1,12	0,8
3	6,900	2,89	5,84	0,8	5,84	0,8	0,15	0,8	2,98	0,8	0,8	0,8	2,98	0,8	0,8	0,8	2,98	0,8	2,98	0,8	2,98	0,8	2,98	0,8	2,98	0,8	2,98	0,8	2,98	0,8	2,98	0,8
3	7,200	1,88	3,93	0,8	3,93	0,8	1,04	0,8	4,28	0,8	0,8	0,8	4,28	0,8	0,8	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8	4,28	0,8
3	7,500	0,87	2,02	0,8	2,02	0,8	1,62	0,8	4,99	0,8	0,8	0,8	4,99	0,8	0,8	0,8	4,99	0,8	4,99	0,8	4,99	0,8	4,99	0,8	4,99	0,8	4,99	0,8	4,99	0,8	4,99	0,8
3	7,800	-0,47	0,43	0,8	0,43	0,8	1,90	0,8	5,14	0,8	0,8	0,8	5,14	0,8	0,8	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8	5,14	0,8
3	8,100	-2,38	-0,58	0,8	-0,58	0,8	1,88	0,8	4,71	0,8	0,8	0,8	4,71	0,8	0,8	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8	4,71	0,8
3	8,400	-4,29	-1,59	0,8	-1,59	0,8	1,55	0,8	3,71	0,8	0,8	0,8	3,71	0,8	0,8	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8	3,71	0,8
3	8,700	-6,20	-2,60	0,8	-2,60	0,8	0,93	0,8	2,14	0,8	0,8	0,8	2,14	0,8	0,8	0,8	2,14	0,8	2,14	0,8	2,14	0,8	2,14	0,8	2,14	0,8	2,14	0,8	2,14	0,8	2,14	0,8
3	9,000	-8,11	-3,61	0,8	-3,61	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8	0,8	0,8	-0,01	0,8	0,8	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8	-0,01	0,8



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ, PALLARS SOBIRA



Unions

Per tal d'efectuar les unions entre barres, s'opta per la utilització de ferramentat oculta. D'acord a la directiva de materials per la construcció, aquests elements estan subjectes a marcatge CE i per tant és el fabricant qui, a través de ETA (European Technical Approval), determina la resistència del seu producte.

Així doncs, la determinació dels elements de unió entre barres es realitzarà d'acord a aquest procediment.

S'opta per els elements de la casa Rothoblaas²³ que posa a disposició del projectista eines informàtiques per tal de dimensionar les unions, d'acord a la normativa vigent i a la seva autorització de producte.

Les dades per entrar al software comercial son:

- Classe d'us
- Secció de la barra principal
- Angle amb l'horitzontal de la barra principal
- Tipus de fusta de la barra principal
- Secció de la barra suportada
- Angle amb l'horitzontal de la barra suportada
- Tipus de fusta de la barra suportada
- Esforç de tall a la unió

A partir d'aquestes dades, es tria el tipus d'element desitjat i per tempteig es troben en nombre i tipus de cargols, perns o tirafons necessaris.

Mitjançant aquest procediment s'han dimensionat aquí les unions en que conflueixen les barres més carregades dels nusos principals, que es el de majors sol·licitacions (veure figura 51 i taula 20).

²³ www.Rothoblaas.com

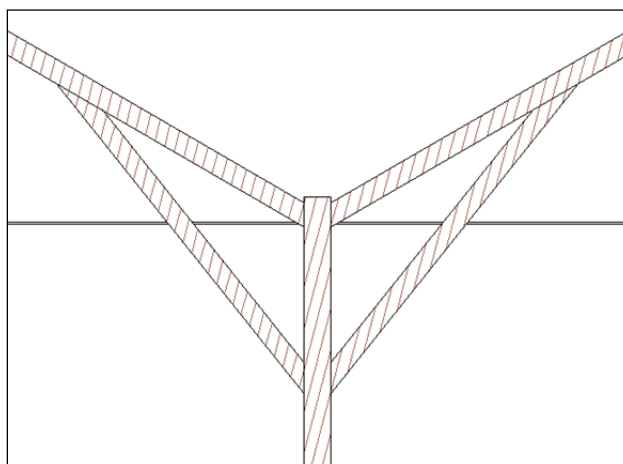


fig. 51 Nus central

Taula 20 Elements de unió nusos principals

	Nus 1	Nus 2	Nus 3
Secció de la barra principal	160 x 300	160 x 300	120 x 240
Angle amb l'horitzontal de la barra principal	90	90	30
Tipus de fusta de la barra principal	GL24h	GL24h	GL24h
Secció de la barra suportada	120 x 240	115 x 225	115 x 225
Angle amb l'horitzontal de la barra	30	51	51
Tipus de fusta de la barra suportada	GL24h	GL24h	GL24h
Axial al cap de la barra (KN)	45,01	56,42	55,92
Tallant al cap de la barra (KN)	1,85	0,66	1,06
Angle entre barres	30º	30º	21º
Esforç de tall a la unió (KN)	24,10	28,21	21,03
Element constitutiu	Suport ocult	Suport ocult	Cargols de tallant
Tipus	ALUMIDI 200	16 Cargols HBS 8x360	9 Cargols HBS 6x280

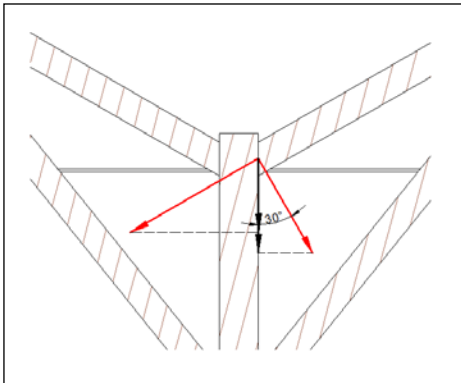


fig. 52 Nus 1. Unió oculta

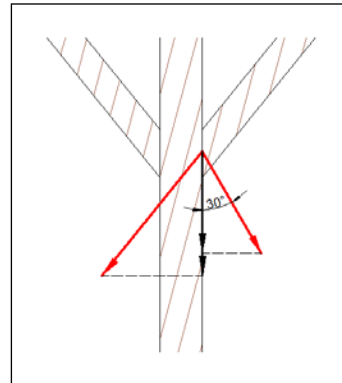


fig. 53 Nus 2. Unió per cargols

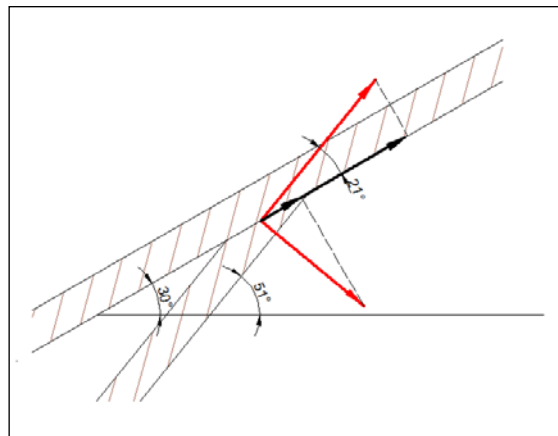


fig. 54 Nus 3. Unió per cargols

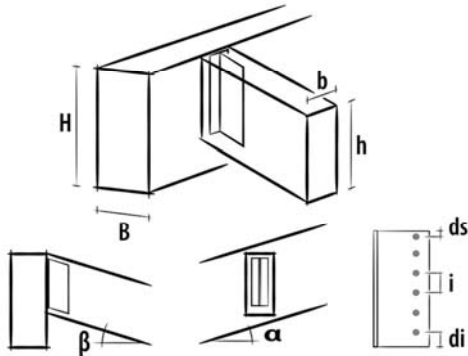
Aquests elements constitutius corresponen a les següents memòries de Rothoblaas.

INFORMACIÓN PROYECTO

Fecha : 16/07/2014
 Proyecto : UNIÓ PILAR - LLINDA
 Cliente :
 Dirección proyecto :
 Redactado por :
 Elemento calculado : UNIÓ PILAR - LLINDA
 Notas :

Norma de cálculo : EN1995:2009 (EU)

UNION SOPORTE OCULTO ALU



Soporte tipo ALU (cod. ALUMIDI200)

Fijación alas con 22 LBS - Tornillo para madera - 5x70 (cod. PF603570)
 Fijación alma con 5 Pasadores lisos 12x100 (S235JR) (cod. STA12100)



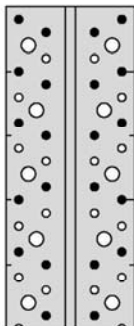
Marcado CE según ETA 09/0361

DATOS DE CÁLCULO

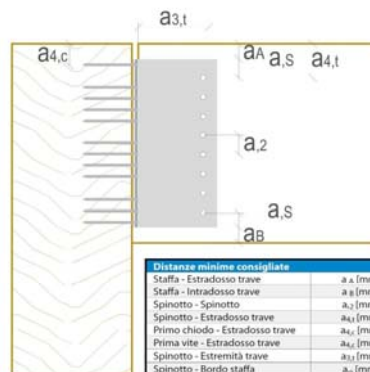
Cortante de diseño	Fv,d	=	24,10 KN
Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,90
Coefficiente de seguridad uniones	γM	=	1,30
Clase madera viga principal		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga principal	ρk	=	380 Kg/m ³
Ancho viga principal	B	=	160 mm
Altura viga principal	H	=	300 mm
Ángulo viga principal	α	=	90,00°
Clase madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga secundaria	ρk	=	380 Kg/m ³
Ancho viga secundaria	b	=	120 mm
Altura viga secundaria	h	=	240 mm
Ángulo viga secundaria	α	=	30,00°

INSTRUCCIONES GRÁFICAS DE INSTALACIÓN

Esquema clavazón: parcial



Colocación recomendada del soporte:



Distanze minime consigliate		Alu200	Alu100
Staffa - Estradossio trave	a ₄ (mm)	≥ 20	20
Staffa - Intradossio trave	a ₃ (mm)	≥ 20	20
Spinotto - Spinotto	a ₂ (mm)	≥ 3 d	15
Spinotto - Estradossio trave	a _{4,c} (mm)	≥ 4 d	30
Primo chiodo - Estradossio trave	a _{4,s} (mm)	≥ 5 d	20
Primo vite - Estradossio trave	a _{4,s} (mm)	≥ 5 d	25
Spinotto - Estremità trave	a _{3,t} (mm)	≥ 17 d; 80	80
Spinotto - Bordo staffa	a ₃ (mm)	≥ 1,2 d; 10	10

NOTAS

Antes de la ejecución, todos los cálculos deben ser comprobados y aprobados por el director de proyecto.
Para los valores de resistencia mecánica y para la geometría hay que referirse a los certificados de producto.
Las comprobaciones de resistencia de los elementos de madera deben ser realizadas por separado.

RESULTADOS DE CÁLCULO

DATOS DE ENTRADA:

Acción cortante	T	=	24,1 KN
Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,9
Coefficiente de seguridad uniones	γM	=	1,3
Tipo madera viga principal		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga principal	ρk	=	380 Kg/m ³
Ancho viga principal	B	=	160 mm
Altura viga principal	H	=	300 mm
Ángulo viga principal	α	=	90,00 °
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga secundaria	ρk	=	380 Kg/m ³
Ancho viga secundaria	b	=	120 mm
Altura viga secundaria	h	=	240 mm
Ángulo viga secundaria	β	=	30,00 °
Tipo soporte		=	ALU MIDI 200
(soporte obtenido de la barra)		=	
Tipo conectores alas		=	LBS
Tipo conectores alma		=	spinotto

Tornillos:

Tipo tornillo		=	LBS - Tornillo para madera - 5x70
Díametro rosca	d	=	5,0 mm
Longitud tornillo	lh	=	70 mm
Longitud rosca	lf	=	66 mm
Díametro cuello	dg	=	4,9 mm
Díametro núcleo	dn	=	3,0 mm
Díametro cabeza tornillo	dh	=	7,8 mm
Número total tornillos	nc	=	22
(asumida clavazón parcial por el ángulo entre viga principal y soporte oculto)		=	

Pasadores:

Resistencia última característica	fuk	=	360 N/mm ²
Díametro pasador	dp	=	12,0 mm
Longitud pasador	lp	=	100 mm
Número total pasadores	np	=	5
Espesor fresado cabeza	spf	=	8 mm
Distancia eficaz pasadores-testa	a3eff	=	78,0 mm
Distancia mínima de cabeza-pasador superior	a3s	=	84 mm
Distancia mínima de cabeza-pasador inferior	a3i	=	84 mm
Coef. Reducción segun EN1995:1995	k3	=	0,96
Distancia eficaz pasadores-borde superior	a4sup	=	18,0 mm
Distancia mínima del borde-pasador superior	a4s	=	48 mm
Distancia eficaz pasadores-borde inferior	a4inf	=	83,4 mm
Distancia mínima del borde-pasador inferior	a4i	=	36 mm
Coef. Reducción segun EN1995:1995	k4	=	0,61
Distancia mínima del borde-pasador superior	a4s	=	48 mm
Distancia mínima del borde-pasador inferior	a4i	=	36 mm
Distancia mínima de cabeza-pasador superior	a3s	=	84 mm
Distancia mínima de cabeza-pasador inferior	a3i	=	84 mm

RESULTADOS DE CÁLCULO CON MÉTODO ETA:

Momento sobre alas	Jp	=	290832 mm ²
Distancia LBS - Tornillo para madera mas lejos	dmax	=	182 mm
Resistencia característica LBS - Tornillo para madera a tracción	Rek,c	=	4,00 KN
Resistencia característica LBS - Tornillo para madera a cortante	Rvk,c	=	2,66 KN
Resistencia característica a cortante SOPORTE lado LBS - Tornillo para madera	RkALUF	=	41,34 KN
Resistencia característica Pasadores acero a cortante	Rvk,p	=	7,24 KN
Resistencia característica a cortante SOPORTE lado Pasadores acero	RkALUa	=	36,21 KN
Resistencia característica final a cortante SOPORTE	RkALU	=	36,21 KN
Resistencia de diseño final a cortante SOPORTE	RdALU	=	25,07 KN
Comprobación global soporte ALU		=	0,96 CUMPLE

Resistencia característica final a cortante SOPORTE

Resistencia de diseño final a cortante SOPORTE

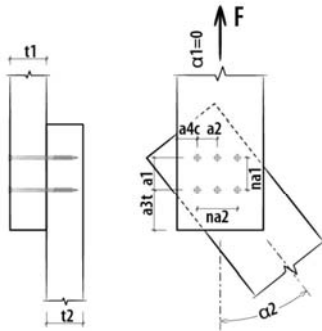
Comprobación global soporte ALU

RkALU	=	36,21 KN
RdALU	=	25,07 KN
	=	0,96 CUMPLE

INFORMACIÓN PROYECTO

Fecha : 14/07/2014
 Proyecto : unió pilar tornapunes
 Cliente :
 Dirección proyecto :
 Redactado por :
 Elemento calculado : unió pilar tornapunes
 Notas :
 Norma de cálculo : EN1995:2009 (EU)

UNIONE A CORTANTE CON TORNILLOS (Union madera-madera / Cortadura simple)



- Tornillo tipo HBS - Tornillos cabeza avellanada 8x360 mm - (cod. HBS8360)
 - Número tornillos: 4 x 4 = 16 pz.



Marcado CE según ETA 11/0030

DATOS DE CÁLCULO

Union madera-madera / Cortadura simple

Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,90
Coefficiente de seguridad uniones	gammaM	=	1,30
Diámetro nominal/rosca del tornillo	d1	=	8,0 mm
Diámetro cuello	ds	=	5,8 mm
Diámetro núcleo	d2	=	5,4 mm
Diámetro cabeza	dk	=	14,5 mm
Longitud tornillo	Lv	=	360 mm
Longitud rosca	Lf	=	100 mm
Espesor madera elemento 1	t1	=	320 mm
Ángulo elemento 1	alpha1	=	90,00°
Clase madera elemento 1		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Espesor madera elemento 2	t2	=	40 mm
Ángulo elemento 2	alpha2	=	51,00°
Clase madera elemento 2		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Número conectores paralelos a la fibra	nf	=	4
Distancia conectores paralelos a la fibra	a1	=	75 mm
Número conectores perpendiculares a la fibra	nc	=	4
Distancia conectores perpendiculares a la fibra	a2	=	40 mm
Acción cortante de diseño	Fvd	=	28,21 KN

NOTAS

Antes de la ejecución, todos los cálculos deben ser comprobados y aprobados por el director de proyecto.
Para los valores de resistencia mecánica y para la geometría hay que referirse a los certificados de producto.
Las comprobaciones de resistencia de los elementos de madera deben ser realizadas por separado.

RESULTADOS DE CÁLCULO

DATOS DE ENTRADA:

Clase de servicio:	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,90
Coefficiente de seguridad uniones	γ_M	=	1,3
Tipo de madera elemento t1		=	GI24h
Densidad madera	ρ_k	=	380 Kg/m ³
Tipo de madera elemento t2		=	GI24h
Densidad madera	ρ_k	=	380 Kg/m ³
Coefficiente seguridad acero	γ_{Ma}	=	1,25
Espesor elemento 1	t1	=	320 mm
Espesor elemento 2	t2	=	115 mm
Angulo elemento 1	α_1	=	90,00 °
Angulo elemento 2	α_2	=	51,00 °
Número de filas tornillos	na1	=	4
Distancia filas	a1	=	75 mm
Número de columnas tornillos	na2	=	4
Distancia columnas	a2	=	40 mm

DATOS TORNILLO:

HBS - Tornillos cabeza avellanada 8x360			
Diámetro cuello	dg	=	5,8 mm
Diámetro rosca	df	=	8,0 mm
Diámetro núcleo	dn	=	5,4 mm
Diámetro convencional tornillo EN1995:2009	def=df	=	8,0 mm
Longitud rosca	lf	=	100 mm
Longitud tornillo	lh	=	360 mm
Angulo de inserción (tornillo - fibra)	β	=	90,00 °
Sin agujero previo		=	
Sin desplazamiento transversalmente		=	
Diámetro cabeza tornillo	dh	=	14,5 mm

RESULTADOS:

Longitud penetración elemento 1	Lp1	=	320 mm
Longitud penetración elemento 2	Lp2	=	40 mm
Resistencia característica a tracción acero	ftens,k	=	20100 N
Longitud eficaz extracción rosca (lado punta)		=	40 mm
Resistencia extracción rosca (lado punta)	Fax,rk	=	3999 N
Longitud rosca (lado cabeza)		=	60 mm
Resistencia extracción rosca (lado cabeza)	Fax,rk	=	5998 N
Resistencia penetración cabeza	Fhead,rk	=	2358 N
Resistencia eficaz lado cabeza	max Fax,rk	=	5998 N
Resistencia característica al aplastamiento elemento 1	Fh,1,k	=	16,70 N/mm ²
Resistencia característica al aplastamiento elemento 2	Fh,2,k	=	16,70 N/mm ²
Momento plástico acero	Myk	=	20057 Nmm
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras elemento 1	nef	=	3,11
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras elemento 2	nef	=	3,11
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras	nef	=	3,11

DISTANCIAS MÍNIMAS elemento 1 (madera):

Paralelo a las fibras	a1	=	40 mm
Perpendicular a las fibras	a2	=	40 mm
De la testa no cargada (// fibras)	a3c	=	80 mm
De la testa cargada (// fibras)	a3t	=	80 mm
Del borde no cargado (perp. fibras)	a4c	=	40 mm
Del borde cargado (perp. fibras)	a4t	=	80 mm

DISTANCIAS MÍNIMAS elemento 2 (madera):

Paralelo a las fibras	a1	=	75 mm
Perpendicular a las fibras	a2	=	40 mm
De la testa no cargada (// fibras)	a3c	=	80 mm
De la testa cargada (// fibras)	a3t	=	105 mm
Del borde no cargado (perp. fibras)	a4c	=	40 mm
Del borde cargado (perp. fibras)	a4t	=	71 mm

VALORES DE RESISTENCIA:

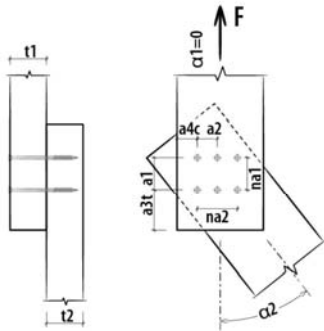
Número planos de corte	nT	=	1
Contribución a tracción pesado con Johansen	Fax,Rk/4	=	0,76 KN

Resistencia característica a cortante tipo a (elemento t1)	Fv,Rk	=	42,75 KN
Resistencia característica a cortante tipo b (elemento t2)	Fv,Rk	=	5,34 KN
Resistencia característica a cortante tipo c (elemento t2)	Fv,Rk	=	15,52 KN
Resistencia característica a cortante tipo d (elemento t1)	Fv,Rk	=	15,79 KN
Resistencia característica a cortante tipo e (elemento t2)	Fv,Rk	=	3,12 KN
Resistencia característica a cortante tipo f (elemento t2)	Fv,Rk	=	3,42 KN
Resistencia característica a cortante tornillos por plano de corte (elemento t2)	Fv,Rk	=	3,12 KN
Resistencia característica a cortante tornillos			3,12 KN
Resistencia de diseño a cortante tornillos por plano de corte	Fv,Rd	=	2,16 KN
Resistencia de diseño a cortante tornillos			2,16 KN
Resistencia de diseño a cortante del singulo tornillos con número eficaz y contribución a tracción			2,02 KN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union			32,27 KN
Número eficaz a extracción			12,13
Resistencia característica a extracción del singulo conector			4,00 KN
Resistencia característica a extracción de la entera union			48,49 KN
Resistencia de diseño a extracción de la entera union			33,57 KN
Deslizamiento conector para plano de corte			2,58 KN/mm
Comprobación a cortante de diseño		=	0,87 CUMPLE
Resistencia de diseño a cortante de la entera union	Fv,rd,tot	=	32,27 KN
Resistencia de diseño a extracción de la entera union	Faxdtot,ef	=	33,57 KN
Deslizamiento conector para plano de corte	Kser	=	2,58 KN/mm
Comprobación a cortante de diseño		=	0,87 CUMPLE

INFORMACIÓN PROYECTO

Fecha : 14/07/2014
 Proyecto : unió llinda tornapunes
 Cliente :
 Dirección proyecto :
 Redactado por :
 Elemento calculado : unió llinda tornapunes
 Notas :
 Norma de cálculo : EN1995:2009 (EU)

UNIONE A CORTANTE CON TORNILLOS (Union madera-madera / Cortadura simple)



- Tornillo tipo HBS - Tornillos cabeza avellanada 8x280 mm - (cod. HBS8280)
 - Número tornillos: 3 x 3 = 9 pz.



Marcado CE según ETA 11/0030

DATOS DE CÁLCULO

Union madera-madera / Cortadura simple

Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,90
Coefficiente de seguridad uniones	gammaM	=	1,30
Diámetro nominal/rosca del tornillo	d1	=	8,0 mm
Diámetro cuello	ds	=	5,8 mm
Diámetro núcleo	d2	=	5,4 mm
Diámetro cabeza	dk	=	14,5 mm
Longitud tornillo	Lv	=	280 mm
Longitud rosca	Lf	=	80 mm
Espesor madera elemento 1	t1	=	240 mm
Ángulo elemento 1	alpha1	=	30,00°
Clase madera elemento 1		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Espesor madera elemento 2	t2	=	40 mm
Ángulo elemento 2	alpha2	=	51,00°
Clase madera elemento 2		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Número conectores paralelos a la fibra	nf	=	3
Distancia conectores paralelos a la fibra	a1	=	39 mm
Número conectores perpendiculares a la fibra	nc	=	3
Distancia conectores perpendiculares a la fibra	a2	=	30 mm

Agujero previo ≤ Diámetro núcleo 5,4 mm

Desplazamiento transversal $1.0 \cdot d$ en la dirección de las fibras = 5,4 mm

Acción cortante de diseño Fvd = 21,03 KN

NOTAS

Antes de la ejecución, todos los cálculos deben ser comprobados y aprobados por el director de proyecto.
Para los valores de resistencia mecánica y para la geometría hay que referirse a los certificados de producto.
Las comprobaciones de resistencia de los elementos de madera deben ser realizadas por separado.

RESULTADOS DE CÁLCULO

DATOS DE ENTRADA:

Clase de servicio:	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,90
Coefficiente de seguridad uniones	γ_M	=	1,3
Tipo de madera elemento t1		=	GI24h
Densidad madera	ρ_k	=	380 Kg/m ³
Tipo de madera elemento t2		=	GI24h
Densidad madera	ρ_k	=	380 Kg/m ³
Coefficiente seguridad acero	γ_{Ma}	=	1,25
Espesor elemento 1	t1	=	240 mm
Espesor elemento 2	t2	=	225 mm
Angulo elemento 1	α_1	=	30,00 °
Angulo elemento 2	α_2	=	51,00 °
Número de filas tornillos	na1	=	3
Distancia filas	a1	=	39 mm
Número de columnas tornillos	na2	=	3
Distancia columnas	a2	=	30 mm

DATOS TORNILLO:

HBS - Tornillos cabeza avellanada 8x280			
Diámetro cuello	dg	=	5,8 mm
Diámetro rosca	df	=	8,0 mm
Diámetro núcleo	dn	=	5,4 mm
Diámetro convencional tornillo EN1995:2009	def=df	=	8,0 mm
Longitud rosca	lf	=	80 mm
Longitud tornillo	lh	=	280 mm
Angulo de inserción (tornillo - fibra)	β	=	90,00 °
Agujero previo \leq Diámetro cuello		=	
Desplazamiento transversal 1.0*d		=	
Diámetro cabeza tornillo	dh	=	14,5 mm

RESULTADOS:

Longitud penetración elemento 1	Lp1	=	240 mm
Longitud penetración elemento 2	Lp2	=	40 mm
Resistencia característica a tracción acero	ftens,k	=	20100 N
Longitud eficaz extracción rosca (lado punta)		=	40 mm
Resistencia extracción rosca (lado punta)	Fax,rk	=	3999 N
Longitud rosca (lado cabeza)		=	40 mm
Resistencia extracción rosca (lado cabeza)	Fax,rk	=	3999 N
Resistencia penetración cabeza	Fhead,rk	=	2358 N
Resistencia eficaz lado cabeza	max Fax,rk	=	3999 N
Resistencia característica al aplastamiento elemento 1	Fh,1,k	=	28,67 N/mm ²
Resistencia característica al aplastamiento elemento 2	Fh,2,k	=	28,67 N/mm ²
Momento plástico acero	Myk	=	20057 Nmm
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras elemento 1	nef	=	3,00
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras elemento 2	nef	=	3,00
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras	nef	=	3,00

DISTANCIAS MÍNIMAS elemento 1 (madera):

Paralelo a las fibras	a1	=	39 mm
Perpendicular a las fibras	a2	=	28 mm
De la testa no cargada (// fibras)	a3c	=	56 mm
De la testa cargada (// fibras)	a3t	=	91 mm
Del borde no cargado (perp. fibras)	a4c	=	24 mm
Del borde cargado (perp. fibras)	a4t	=	40 mm

DISTANCIAS MÍNIMAS elemento 2 (madera):

Paralelo a las fibras	a1	=	37 mm
Perpendicular a las fibras	a2	=	30 mm
De la testa no cargada (// fibras)	a3c	=	56 mm
De la testa cargada (// fibras)	a3t	=	81 mm
Del borde no cargado (perp. fibras)	a4c	=	24 mm
Del borde cargado (perp. fibras)	a4t	=	49 mm

VALORES DE RESISTENCIA:

Número planos de corte	nT	=	1
Contribución a tracción pesado con Johansen	Fax,Rk/4	=	0,80 KN

Resistencia característica a cortante tipo a (elemento t1)	Fv,Rk	=	55,04 KN
Resistencia característica a cortante tipo b (elemento t2)	Fv,Rk	=	9,17 KN
Resistencia característica a cortante tipo c (elemento t1)	Fv,Rk	=	19,56 KN
Resistencia característica a cortante tipo d (elemento t1)	Fv,Rk	=	20,15 KN
Resistencia característica a cortante tipo e (elemento t2)	Fv,Rk	=	4,52 KN
Resistencia característica a cortante tipo f (elemento t1)	Fv,Rk	=	4,29 KN
Resistencia característica a cortante tornillos por plano de corte (elemento t1)	Fv,Rk	=	4,29 KN
Resistencia característica a cortante tornillos			4,29 KN
Resistencia de diseño a cortante tornillos por plano de corte	Fv,Rd	=	2,97 KN
Resistencia de diseño a cortante tornillos			2,97 KN
Resistencia de diseño a cortante del singulo tornillos con número eficaz y contribución a tracción			2,97 KN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union			26,73 KN
Número eficaz a extracción			7,22
Resistencia característica a extracción del singulo conector			4,00 KN
Resistencia característica a extracción de la entera union			28,89 KN
Resistencia de diseño a extracción de la entera union			20,00 KN
Deslizamiento conector para plano de corte			2,58 KN/mm
Comprobación a cortante de diseño		=	0,79 CUMPLE
Resistencia de diseño a cortante de la entera union	Fv,rd,tot	=	26,73 KN
Resistencia de diseño a extracción de la entera union	Faxdtot,ef	=	20,00 KN
Deslizamiento conector para plano de corte	Kser	=	2,58 KN/mm
Comprobación a cortante de diseño		=	0,79 CUMPLE

Fonamentació

La fonamentació de la nau es resol per el mateix programa d'anàlisi estructural que s'ha utilitzat per la estructura de fusta. Tot aquest apartat es calcula en el sistema tècnic, es a dir kp i cm.

Tots els pilars de la nau s'han dimensionat articulats a la base i, per tant, no transmeten moments a les sabates de cimentació. Aquesta articulació a la base es materialitza en un passador, unes cartelles i una placa metàl·lica, que són qui uneixen pilar i sabata de cimentació, segons la figura següent:

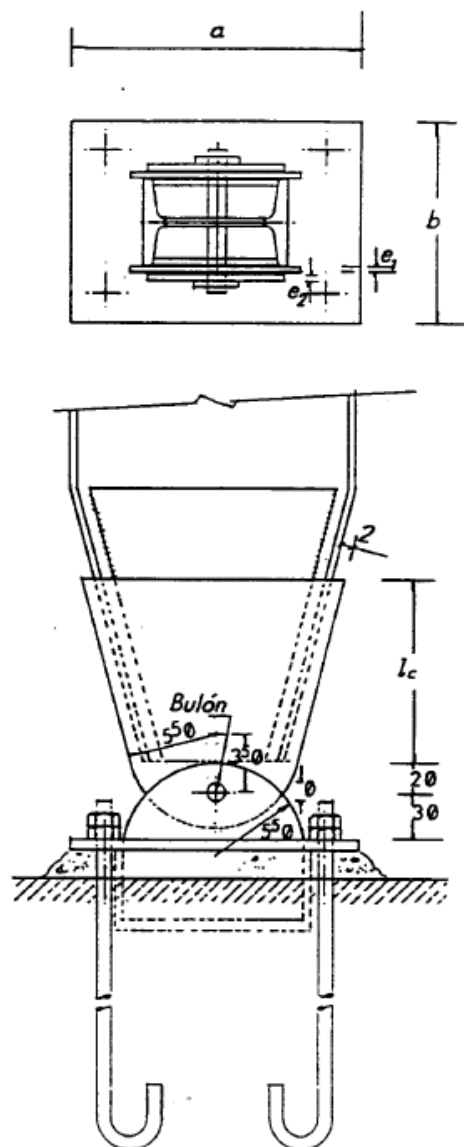


fig. 55. Placa de ancoratge entre pilar i sabata de cimentació

Placa d'ancoratge

El càlcul de la placa d'ancoratge s'efectua d'acord a:

- quan la carga axial es situa dins el nucli central

$$\sigma_{b,\max} = \frac{P^*}{a \cdot b} + \frac{6 \cdot M^*}{b \cdot a^2}$$

On P^* es l'Axial ponderat, M^* el flector ponderat i a i b llarg i ample de la placa respectivament.

- quan M^*/P^* se situa entre $a/6$ i $a/4$ i s'admet una llei de tensions triangular

$$\sigma_{b,\max} = \frac{2 \cdot P^*}{b \cdot x}, \quad \text{on} \quad x = 3 \left(\frac{a}{2} \right) - \frac{M^*}{P^*}$$

- Si M^*/P^* és menor que $a/4$, s'admet una llei de repartiment uniforme de tensions en una zona x propera a l'extrem comprimit, amb una longitud no superior a $1/4$ de la longitud de la placa:

$$\sigma_b^* = \frac{4[M^* + P^*(0,5a - g)]}{a \cdot b(0,875a - g)} \quad Z^* = -P^* + \frac{M^* + P^*(0,5a - g)}{0,875a - g}$$

On x , a , b i g tenen el significat representat a les figures següents (fig 56). Z^* representa l'esforç axial ponderat que han de suportar els ancoratges.

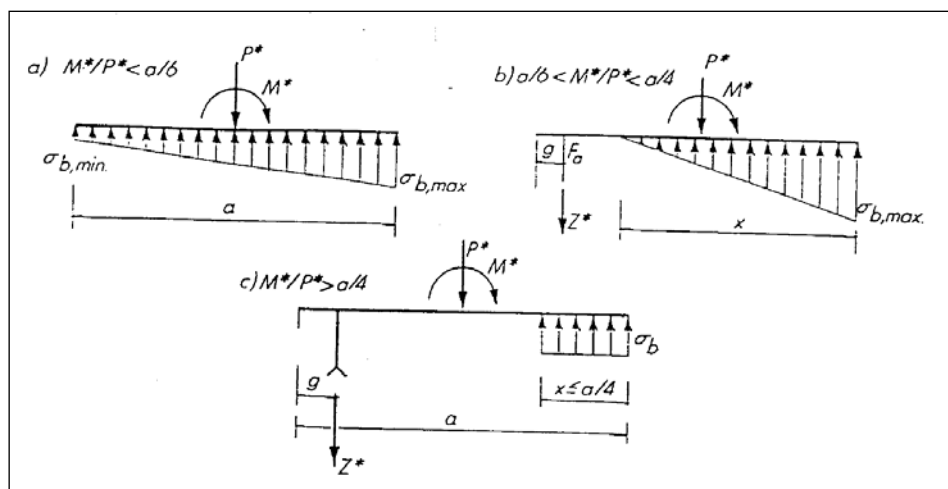


fig. 56 Càlcul de plaques d'ancoratge. Font manual del software Estrumad

La longitud dels ancoratges i la resistència portant del formigó es determinen en base a les recomanacions de CTE, àrea resistent d'ancoratge. La secció de l'ancoratge es determina d'acord a:

$$A_r = \frac{N_{sd}}{0,9 \cdot 4000} 1,25$$

On A_r és l'àrea resistent del cargol, N_{sd} l'esforç axial de tracció de càlcul a l'ancoratge, 4000 kp/cm^2 , la resistència a tracció del cargol i 1,25 és el coeficient parcial de la unió.

La comprovació del gruix de la placa, s'efectua considerant la resistència i superfície portant del formigó, comparant en moment d'esgotament per unitat de longitud de la placa, ($M_{c,Rd}$) amb el valor més desfavorable entre el moment degut a la resistència portant (M_{sd}) i el provocat per una estirada a l'ancoratge.

$$M_{c,Rd} = \frac{t^2 f_y}{6 \cdot 1,25} \qquad M_{sd} = \frac{c^2 f_y}{2}$$

Amb t gruix de la placa base, f_y límit elàstic de l'acer i c ample al costat de la cartel·la de la superfície portant.

Bolons i cartel·les

S'efectua comprovació de bolons i de cartel·les d'ancoratge a aplatament i a tallant i flexió combinades segons les expressions següents:

$$N_{sd} < \frac{3 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{2 \cdot 1,25} \text{ per aplatament, i } \left(\frac{M_{sd}}{M_{u,b}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{u,b}} \right)^2 < 1 \text{ per tallant i flexió combinades}$$

on:

- t és el espessor de la cartel·la ancorada al pilar o 2 vegades el gruix de la cartel·la soldada a la placa base.
- f_y límit elàstic de l'acer
- d diàmetre del boló
- V_{sd} Tallant de càlcul del boló
- $V_{u,b}$ Tallant d'esgotament del boló

f_y i $f_{u,b}$ corresponen a acer S275, i son 275 i 410 N/mm^2 respectivament.

Sabates

Les sabates es dimensionen d'acord a tensions sobre el terreny, seguretat a bolcada i lliscament i es comprova la resistència del formigó i l'armat de la sabata, tant superior com inferior, tant a flexió, com a tallant i punxonament.

Tensions sobre el terreny

La tensió del terreny es determina sobre la base dels criteris següents (veure fig. 57):

- Si la resultant passa pel nucli central:

$$\sigma_{\max} = \frac{RX_z}{a \cdot b} \pm \frac{6MZ_z}{a^2 \cdot b} \pm \frac{6MY_z}{a \cdot b^2} \quad \sigma_{\text{med}} = \frac{R_z}{a \cdot b}$$

- Si la resultant, RX_z , se situa fora del nucli central el programa determina mitjançant una taula les tensions en tres dels quatre vèrtexs: A, B, C, D i a partir d'aquestes tensions es calcula el plànol de tensions que permet estimar la tensió existent en qualsevol punt del terreny amb la qual cosa s'avaluen les sollicitacions de flexió, tallant i punxonament, en les seves respectives seccions crítiques. Si la tensió admissible del terreny és $\sigma_{t,adm}$, s'ha de complir:

$$\sigma_{\text{med}} \leq \frac{RX_z}{a \cdot b} \leq \sigma_{t,adm} \quad \sigma_{\max} \leq 1,25\sigma_{t,adm}$$

On a és la longitud de les sabates en direcció y de la placa i b es l'ample de la sabata, $\sigma_{t,adm}$ tensió admissible del terreny, σ_{med} , tensió mitjana en el terreny, σ_{\max} tensió màxima del terreny, RX_z pes total en servei, inclòs a més del pes propi de la sabata, terres, i altres possibles càrregues, com poden ser bigues de lligat, tancaments, etc, MY_z moment flector en servei rotant sobre l'eix Y de la sabata i MZ_z , el moment flector en servei rotant sobre l'eix Z de la sabata.

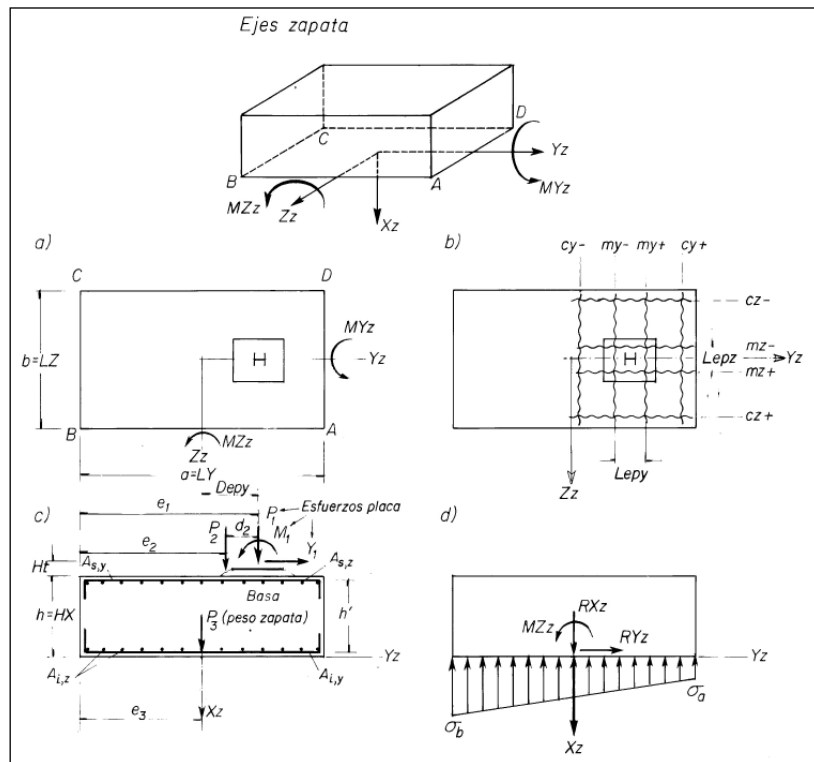


fig. 57 Eixos i situacions de càlcul de les sabates. Font manual del software Estrumad

Seguretat a la bolcada i al lliscament

Es requereix respecte a la línia de vora més desfavorable, línia BC de la figura anterior, el compliment de la condició:

$$\frac{M_{est}}{M_{desest}} > C.S.V \qquad M_{est} = \sum P_i(a - e_i) + M_1 \qquad M_{desest} = Y_1 \cdot h$$

On C.S.V. és el coeficient de seguretat a la bolcada, P_1 , Y_1 i M_1 són les accions a la placa sobre la sabata, P_2 representa el pes del tancament i de la biga de lligat i P_3 representa el pes de sabata i terres.

Referent al lliscament, cal complir la condició:

$$\frac{abs\left(\sum_{i=1}^3 P_i \cdot CR\right)}{abs(Y_1)} \geq C.S.D.$$

On P_i són les càrregues de rep la sabata, CR és el coeficient de fregament, i C.S.D. el coeficient de seguretat al lliscament.

Comprovació de la resistència del formigó i càlcul de la armadura

S'efectua comprovant sota les flexions MFy i MFz en les seccions de referència (línies my-, my+, mz-, mz+ de la figura 57.b, situades a meitat de la distància entre les cares del suport i les vores de la placa d'acer.

En quant al tallant, les seccions de referència són les línies corresponents a cy-, cy+, cz- i cz+ posicionades seguint les indicacions de la instrucció EHE-08, fig. 57,b. El programa realitza també, seguint les recomanacions de la EHE-08 la comprovació de la sabata a punxonament.

Sortides de resultats

Les sortides de resultats per a plaques i ancoratges son:

- Les dimensions de la placa cartel·les i ancoratges, responen al dibuix de la figura 55, essent la primera mesura l'ample b, la segona el llarg a i la tercera el gruix de la placa.
- Sh(c): que indica la tensió majorada màxima del formigó, segons la hipòtesis c, d'acord a una de les tres expressions anteriors per a la tensió del formigó
- Sp(c): indica la tensió màxima ponderada en la placa d'acer d'espessor ep que correspon a la combinació d'hipòtesi c, incloent-se a continuació una fórmula del tipus $6.M^* / (ep^2)$, sent M* el moment que sol·licita a la placa expressat en kp.cm/cm. i el seu espessor en centímetres.
- Índex de tracció a l'ancoratge, calculat d'acord a la expressió definida anteriorment
- Longitud d'ancoratge i tensió d'adherència d'acord a CTE
- APL1 Tensió màxima ponderada de aplatament que actua sobre les cartel·les superiors, incorporades al pilar, definida per una expressió del tipus R^* / A_{p1} .
- APL2 Tensió màxima ponderada d'aixafament que actua sobre les cartel·les inferiors, incorporades a la placa base, definida per una expressió del tipus $R^* / (2.A_{p2})$. Essent R* el valor màxim ponderat de la meitat de la resultant que actua sobre el boló, A_{p1} la superfície d'aixafament d'una de les dues cartel·les superiors i A_{p2} la superfície d'aixafament d'una de les quatre cartel·les inferiors.

En quant a les sortides per a sabates:

- LY Longitud de la sabata en el sentit longitudinal del pòrtic o gelosia. Dimensió a de la figura 57a
- LZ Ample de la sabata en direcció perpendicular al costat del pòrtic. Dimensió b de la figura 57a.
- HX Altura de la sabata. Dimensió h de la figura 57c.
- Lepy Llarg a de la placa d'ancoratge, figura 57.
- Lepz Ample b de la placa d'ancoratge, figura 57.
- DepY Desplaçament de l'eix de la placa respecte a l'eix de la sabata, figura 57c.
- Lepy Longitud eficaç de la placa en direcció Y a l'efecte de comprovació de la sabata a flexió.

- Lepz el mateix per a la direcció Z
- Fctd Tensió de càlcul a tracció del formigó.
- fcv tensió de càlcul a tallant del formigó.
- RXz representa en la combinació d'hipòtesi seleccionada, l'acció vertical de servei, en direcció de l'eix X de la sabata sobre el terreny (veure figura 57d).
- RYz representa en la combinació d'hipòtesi seleccionada, la força horitzontal de servei desenvolupada per la sabata sobre el terreny (veure figura 57d).
- MZz moment flector en servei de la sabata sobre el terreny amb gir en l'eix Z, en la combinació d'hipòtesi corresponent.
- MYz Ídem amb gir en l'eix Y, en la combinació d'hipòtesi corresponent.
- Fy- representa la tensió màxima de servei sobre el terreny en el costat Y= -a/2, figura 57a, si la resultant se situa fora del nucli central i MYz=0
- Fy+ Ídem, en el parament l=+a/2, figura 57a.
- Fmed tensió mitjana del terreny, tal com s'ha definit anteriorment(σ_{med})
- sa, sb, sc i sd representen, si la resultant se situa en el nucli central de la sabata tant virtual com a fictícia, les tensions en els seus quatre vèrtexs de la sabata: A,B,C,D, vegeu la figura 57a.
- CSV coeficient de seguretat a la bolcada
- CSD coeficient de seguretat al lliscament
- MFy - representa el moment flector majorat, en la línia my- my- (secció crítica a flexió) de la figura 57b.
- Fmax tensió màxima de tracció del formigó provocada de moment MFz-.
- MFy+ representa el moment flector majorat, en la línia equivalent a la my+ my+, però a l'altre costat de l'eix de la sabata, de la figura 57b.
- Fmax tensió de tracció en el formigó provocada de moment MFz+.
- Qy+,Qy- representen els valors de l'esforç tallant majorat en les seccions crítiques a tallant, línies cy+ i cy- de la figura 57.b, i les seves tensions tangencials corresponents.
- Mfz-, F, Mfz+ i F semblants a MFy- i MFy+ però aplicats a les seccions equivalents perpendiculars a l'eix Z-Z.
- Ai,y representa la secció total d'armadura en cm², disposada en el parament inferior paral·lela al plànol del pòrtic
- Ai,z representa la secció total d'armadura en cm², disposada en el parament inferior perpendicular al plànol del pòrtic
- Asy i Asz Armadura disposada en el parament superior de la sabata, amb anàleg criteri que Ai.

Definició de les sabates

El programa de càlcul dimensiona les sabates una per una, i les optimitza a cada nus, segons la combinació d'accions pitjor. De les sabates que es disposa a la sortida de dades, cal homogeneïtzar-les en poques tipologies, per facilitar a l'execució. D'aquesta manera, de les 37 plaques, ancoratges i sabates calculades, es discretitza en vuit tipologies, per tal de facilitar la

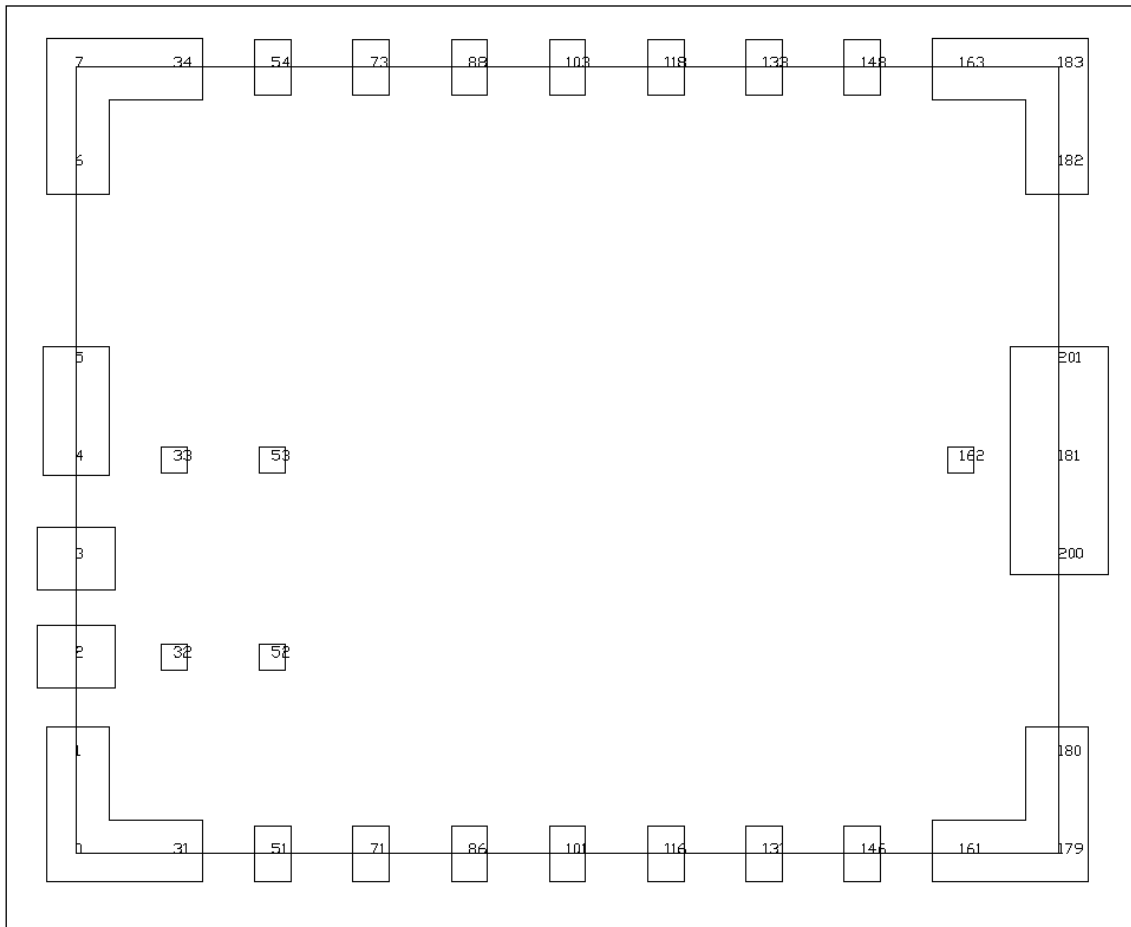


fig. 59 sabates combinades

La comprovació de les sabates combinades es realitzarà mitjançant software de càlcul d'estructures de formigó Cypecad.

Sabata de cantonada

La definició d'aquesta sabata és:

```

NUDO : 183
    DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)
Zapata de hormigón en masa
LY (m.)    LZ (m.)    HX (m.)    Lepy(m.)    Lepz(m.)    DepY(m.)    fctd(kp/cm2)    fcv(kp/cm2)
4.40      3.20      0.70      0.45      0.41      0.00      11.97      1.44
COMBINACION : 5
Arm. inferior + tension media terreno + tension max. terreno
RXz(t.)    RYz(t.)    RZz(t.)    MZz(tm.)    MYz(tm.)    s a      s b      s c      s d
36.40     -0.24     -0.09     -0.14     -0.05     0.26     0.26     0.26     0.26
CSV       CSD
  
```

100.00	85.65								
MFy-	MFy+	s (mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y (cm ²)	As,y (cm ²)	T.punz	
-8.38	-8.56	3.27	-5.68	-5.79	0.26	0.00	0.00	0.00	
MFz-	MFz+	s (mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z (cm ²)	As,z (cm ²)		
-5.85	-5.78	1.63	-4.62	-4.56	0.15	0.00	0.00		
COMBINACION : 6									
vuelco									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
15.39	5.29	-0.23	4.37	-0.19	0.07	0.15	0.15	0.06	
CSV	CSD								
7.75	1.74								
MFy-	MFy+	s (mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y (cm ²)	As,y (cm ²)	T.punz	
2.72	8.26	0.00	1.84	5.59	0.25	0.00	0.00	0.00	
MFz-	MFz+	s (mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z (cm ²)	As,z (cm ²)		
3.88	3.65	0.00	3.07	2.88	0.10	0.00	0.00		
COMBINACION : 8									
Arm. superior + cortante maximo + deslizamiento									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
13.62	5.39	-0.23	3.09	-0.13	0.07	0.13	0.12	0.07	
CSV	CSD								
9.69	1.52								

Aquesta sabata serà revisada, ja que solapa amb les adjacents, i serà substituïda per una sabata combinada.

La placa d'ancoratge associada és (nomenada com A1 en els plans):

NUDO : 183	
DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE ANCLAJES- COMPROBACION- :	
PLACA BASE	430 x 450 x 30 mm.
PASADOR	f de 36 mm. DE CALIDAD A 4t
CARTELAS INFERIORES(Art.)	4 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 396 mm. de diametro y 8 mm. de espesor
CARTELAS SUPERIORES(Art.)	2 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 396 mm. de diametro y 15 mm.,prolongadas 198 mm.
ANCLAJES PRINCIPALES	2 f 20 de 325 mm. en cada paramento.
TENSIONES PONDERADAS MAXIMAS DE CALCULO :	
sh(5)=	$12745/(45 \times 43) + 100000 \times 0.03 \times 6 / (43 \times 45^2) =$
7	kp/cm ² ;
sp(8)=	$6 \times 1092 / 3^2 =$
728	kp/cm ² ;
.43	Indice de agotamiento a la tracción de la rosca del anclaje (8) =
Long. anclaje EC-3	= 326 mm.
(Tens. Adherencia EC-3	= 12.02 kp/cm ²)
Aplastamiento cartelas-pilar	= $1.5 \times 1.5 \times 3.6 \times 1000 / 1.25 = 6480 \text{ kp. } \geq 6374 \text{ kp.} = 6374 \text{ kp.}$
Aplastamiento cartelas-placa	= $1.5 \times 2 \times .8 \times 3.6 \times 1000 / 1.25 = 6912 \text{ kp. } \geq 6374 \text{ kp.} = 6374 \text{ kp.}$

Sabata de frontal opac

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 4								
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)								
Zapata de hormigón en masa								
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm2)	fcv(kp/cm2)	
1.90	2.40	0.50	0.31	0.33	0.00	11.97	1.55	
COMBINACION : 3								
tension media terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
9.63	0.75	-0.07	0.31	-0.03	0.19	0.23	0.23	0.19
CSV	CSD							
29.15	7.63							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-1.21	-0.86	1.21	-1.48	-1.01	0.12	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-1.38	-1.41	1.78	-1.60	-1.64	0.17	0.00	0.00	
COMBINACION : 5								
Arm. inferior + cortante maximo + tension max. terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
8.92	1.26	-0.08	0.74	-0.05	0.15	0.25	0.24	0.14
CSV	CSD							
11.50	4.24							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-1.28	-0.44	1.28	-1.59	-0.47	0.13	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-1.13	-1.19	1.50	-1.31	-1.38	0.14	0.00	0.00	
COMBINACION : 8								
Arm. superior + vuelco + deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
1.60	0.51	-0.02	0.21	-0.01	0.02	0.05	0.05	0.02
CSV	CSD							
7.12	1.87							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
0.85	1.09	0.00	1.00	1.32	0.11	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
1.31	1.30	0.00	1.52	1.51	0.16	0.00	0.00	

Sabata de formigó en massa, de 1,90 x 2,40 x 0,50 m, sense armadura, que compleix a totes les comprovacions. Dues d'aquestes seran substituïdes per sabates combinades.

La placa d'ancoratge associada és la mateixa que la anterior (A1).

Sabata porta 1

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 6

NUDO : 6									
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)									
Zapata de hormigón en masa									
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm2)	fcv(kp/cm2)		
3.80	3.00	0.60	0.35	0.36	0.00	11.97	1.49		
COMBINACION : 2									
tension media terreno									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MÝz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.16	0.16	0.16	
CSV	CSD								
100.00	100.00								
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz	
-0.87	-0.87	0.48	-0.71	-0.71	0.04	0.00	0.00	0.00	
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)		
-0.65	-0.64	0.28	-0.58	-0.58	0.03	0.00	0.00		
COMBINACION : 5									
Arm. superior + cortante maximo + vuelco + deslizamiento + tension max. terreno									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MÝz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
11.41	2.50	-3.77	1.73	-2.62	0.12	0.17	0.08	0.03	
CSV	CSD								
12.50	1.52								
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz	
1.82	4.06	0.00	1.51	3.30	0.18	0.00	0.00	0.00	
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)		
3.79	0.57	0.00	3.46	0.44	0.15	0.00	0.00		
COMBINACION : 6									
Arm. inferior									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MÝz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
17.76	1.02	-0.25	0.51	-0.13	0.15	0.17	0.16	0.15	
CSV	CSD								
65.58	10.17								
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz	

-1.12	-0.46	0.62	-0.91	-0.38	0.05	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.51	-0.66	0.29	-0.45	-0.60	0.03	0.00	0.00	

Aquesta sabata serà revisada, ja que solapa amb les adjacents, i serà substituïda per una sabata combinada.

La placa d'ancoratge associada és la mateixa que les anteriors (A1).

Sabata porta 2

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 182								
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)								
Zapata de hormigón en masa								
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm2)	fcv(kp/cm2)	
3.60	3.30	0.60	0.35	0.36	0.00	11.97	1.49	
COMBINACION : 2								
tension media terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
18.44	0.00	-0.08	0.00	-0.06	0.16	0.16	0.15	0.15
CSV	CSD							
100.00	100.00							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-0.73	-0.73	0.37	-0.60	-0.60	0.03	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.62	-0.69	0.32	-0.53	-0.59	0.03	0.00	0.00	
COMBINACION : 5								
Arm. superior + cortante maximo + vuelco + deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
11.81	-2.48	-3.95	-1.72	-2.74	0.08	0.03	0.12	0.17
CSV	CSD							
12.33	1.52							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
4.02	1.81	0.00	3.29	1.48	0.17	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
0.88	4.32	0.00	0.72	3.73	0.17	0.00	0.00	
COMBINACION : 6								
Arm. inferior + tension max. terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
17.22	2.21	-0.72	1.53	-0.36	0.13	0.17	0.16	0.12
CSV	CSD							

20.22	4.45							
MFy-	MFy+	s (mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y (cm ²)	As,y (cm ²)	T.punz
-1.04	0.92	0.53	-0.85	0.75	0.04	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s (mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z (cm ²)	As,z (cm ²)	
0.17	-0.28	0.13	0.15	-0.25	0.01	0.00	0.00	

Aquesta sabata serà revisada, ja que solapa amb les adjacents, i serà substituïda per una sabata combinada. Es consideren vàlides totes les comprovacions tant de armat com de bolcada, tallants o lliscament. Es comprovaran les tensions en el terreny.

La placa d'ancoratge associada és la mateixa que les anteriors (A1).

Sabata pòrtic 2

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 34								
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)								
Zapata de hormigón en masa								
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm2)	fcv(kp/cm2)	
4.00	3.60	0.60	0.45	0.40	0.00	11.97	1.49	
COMBINACION : 3								
Arm. inferior + tension media terreno + tension max. terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
24.87	-0.71	0.01	-0.52	0.01	0.18	0.17	0.17	0.18
CSV	CSD							
96.24	20.96							
MFy-	MFy+	s (mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y (cm ²)	As,y (cm ²)	T.punz
-2.12	-2.76	1.28	-1.73	-2.24	0.10	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s (mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z (cm ²)	As,z (cm ²)	
-2.21	-2.21	0.92	-1.86	-1.86	0.08	0.00	0.00	
COMBINACION : 6								
vuelco								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
13.05	-0.58	-4.36	-0.27	-3.16	0.06	0.05	0.12	0.13
CSV	CSD							
95.58	1.78							
MFy-	MFy+	s (mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y (cm ²)	As,y (cm ²)	T.punz
4.71	4.37	0.00	3.82	3.56	0.18	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s (mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z (cm ²)	As,z (cm ²)	
2.13	6.09	0.00	1.80	5.12	0.21	0.00	0.00	
COMBINACION : 8								

Arm. superior + cortante maximo + deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
11.41	-0.33	-4.32	-0.24	-3.13	0.05	0.04	0.11	0.12
CSV	CSD							
96.70	1.58							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
5.66	5.36	0.00	4.59	4.36	0.21	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
3.02	6.95	0.00	2.55	5.84	0.24	0.00	0.00	

Aquesta sabata serà revisada, ja que solapa amb les adjacents, i serà substituïda per una sabata combinada. Es consideren vàlides totes les comprovacions tant de armat com de bolcada, tallants o lliscament. Es comprovaran les tensions en el terreny.

La placa d'ancoratge associada és la mateixa que les anteriors (A1).

Sabata interior

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 52								
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)								
Zap. rígida de horm. en masa								
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm2)	fcv(kp/cm2)	
0.80	0.80	0.40	0.51	0.44	0.00	11.97	1.65	
COMBINACION : 7								
vuelco + deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
5.27	-0.12	0.00	-0.03	0.00	0.86	0.79	0.79	0.86
CSV	CSD							
70.60	26.79							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-0.09	-0.10	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.15	-0.15	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
COMBINACION : 9								
Arm. inferior + cortante maximo + tension media terreno + tension max. terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
15.37	-0.06	0.00	-0.02	0.00	2.42	2.38	2.38	2.42
CSV	CSD							
100.00	100.00							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz

-0.29	-0.29	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s (mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z (cm ²)	As,z (cm ²)	
-0.46	-0.46	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Sabata de formigó en massa, de 0,80 x 0,80 x 0,40 m, sense armadura, que compleix a totes les comprovacions.

La placa d'ancoratge associada és (nomenada com A2 en els plànols):

NUDO : 32	
DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE ANCLAJES- COMPROBACION- :	
PLACA BASE	410 x 510 x 18 mm.
PASADOR	f de 42 mm. DE CALIDAD A 4t
CARTELAS INFERIORES(Art.)	4 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 462 mm. de diametro y 8 mm. de espesor
CARTELAS SUPERIORES(Art.)	2 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 462 mm. de diametro y 15 mm.,prolongadas 231 mm.
ANCLAJES PRINCIPALES	2 f 20 de 300 mm. en cada paramento.
ANCLAJES TRANSVERSALES	1 f 16 de 300 mm. en cada paramento.
TENSIONES PONDERADAS MAXIMAS DE CALCULO :	
sh(9)= 14768/(51x41) + 100000x0x6/(41x51 ²)	= 7
kp/cm ² ;	
sp(9)= 6x398/1.8 ²	= 737
kp/cm ² ;	
Indice de agotamiento a la tracción de la rosca del anclaje (8)	= 0
Long. anclaje EC-3 = 300 mm.	(Tens. Adherencia EC-3 = 12.02 kp/cm ²)
Aplastamiento cartelas-pilar =1.5 x 1.5 x 4.2 x 1000 / 1.25 =7560 kp.	>= 7384 kp.= 7384 kp.
Aplastamiento cartelas-placa =1.5 x 2 x .8 x 4.2 x 1000 / 1.25 =8064 kp.	>= 7384 kp.= 7384 kp.
kp.	

Sabata longitudinal

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 73								
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)								
Zap. rígida de horm. en masa								
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm ²)		
f _{cv} (kp/cm ²)								
1.70	1.10	0.40	0.31	0.33	0.00	11.97	1.65	
COMBINACION : 3								
Arm. inferior + cortante maximo + tension media terreno + tension max. terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s
d								
5.82	-0.78	0.02	-0.38	0.00	0.38	0.24	0.24	
0.38								
CSV	CSD							
13.07	4.46							
MFy-	MFy+	s (mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y (cm ²)	As,y (cm ²)	T.punz
-0.65	-1.06	3.63	-0.98	-1.67	0.38	0.00	0.00	0.00

MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ^y)	As,z(cm ^y)	
-0.41	-0.41	0.91	-0.36	-0.36	0.05	0.00	0.00	
COMBINACION : 8								
Arm. superior + vuelco + deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s
0.93	-0.36	0.00	-0.17	0.00	0.08	0.02	0.02	
0.08								
CSV	CSD							
4.59	1.57							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ^y)	As,y(cm ^y)	T.punz
0.28	0.09	0.00	0.44	0.13	0.10	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ^y)	As,z(cm ^y)	
0.09	0.09	0.00	0.08	0.08	0.01	0.00	0.00	

Sabata de formigó en massa, de 1,70 x 1,10 x 0,40 m, sense armadura, que compleix a totes les comprovacions..

La placa d'ancoratge associada és (nomenada com A3 en els plànols):

<p align="center">NUDO : 88</p> <p>DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE ANCLAJES- COMPROBACION- :</p> <p>PLACA BASE 390 x 310 x 15 mm.</p> <p>PASADOR f de 24 mm. DE CALIDAD A 4t</p> <p>CARTELAS INFERIORES(Art.) 4 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 264 mm. de diametro y 7 mm. de espesor</p> <p>CARTELAS SUPERIORES(Art.) 2 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 264 mm. de diametro y 8 mm.,prolongadas 132 mm.</p> <p>ANCLAJES PRINCIPALES 2 f 20 de 300 mm. en cada paramento.</p> <p>TENSIONES PONDERADAS MAXIMAS DE CALCULO :</p> <p>sh(3)= $4199/(31 \times 39) + 100000 \times 0.06 \times 6 / (39 \times 31^2) =$ 5 kp/cm²;</p> <p>sp(3)= $6 \times 244 / 1.5^2 =$ 653 kp/cm²;</p> <p>Indice de agotamiento a la tracción de la rosca del anclaje (8) = .03</p> <p>Long. anclaje EC-3 = 300 mm. (Tens.)</p> <p>Adherencia EC-3 = 12.02 kp/cm²)</p> <p>Aplastamiento cartelas-pilar = $1.5 \times .8 \times 2.4 \times 1000 / 1.25 = 2304$ kp. >= 2138 kp.= 2138 kp.</p> <p>Aplastamiento cartelas-placa = $1.5 \times 2 \times .7 \times 2.4 \times 1000 / 1.25 = 4032$ kp. >= 2138 kp.= 2138 kp.</p>
--

Sabates combinades

Es comproven les sabates combinades mitjançant un software de càlcul d'estructures diferent, en aquest cas CypeCAD, de Cype ingenieros, versió 2013.p After hours, per a ús no professional.

Per tal de comprovar aquestes sabates combinades s'introdueixen en cada recolzament els esforços corresponents, per cada hipòtesi bàsica, en valor característic, i es calcula la sabata com a sabata combinada quadrada o rectangular que contingui els pilars.

- La combinació d'hipòtesis utilitzada és:

- Noms de les hipòtesis**

PP Pes propi

Q 1 (hip 1) hip 1

Q 1 (hip 2) hip 1

Q 1 (hip 3) hip 1

Q 1 (hip 4) hip 1

Q 1 (hip 5) hip 1

Q 1 (hip 6) hip 1

Q 1 (hip 7) hip 1

Q 1 (hip 8) hip 1

Q 1 (hip 9) hip 1

- E.L.U. de ruptura. Formigó en fonamentacions**

CTE

Cota de neu: Altitud inferior o igual a 1000 m

Comb.	PP	Q 1 (hip 1)	Q 1 (hip 2)	Q 1 (hip 3)	Q 1 (hip 4)	Q 1 (hip 5)	Q 1 (hip 6)	Q 1 (hip 7)	Q 1 (hip 8)	Q 1 (hip 9)
4	1.600									
8	1.600	1.600								
12	1.600		1.600							
16	1.600			1.600						
20	1.600				1.600					
24	1.600					1.600				
28	1.600						1.600			
32	1.600							1.600		
36	1.600								1.600	
40	1.600									1.600

1. Coeficients per a situacions persistents o transitories

Comb.	PP	Q 1 (hip 1)	Q 1 (hip 2)	Q 1 (hip 3)	Q 1 (hip 4)	Q 1 (hip 5)	Q 1 (hip 6)	Q 1 (hip 7)	Q 1 (hip 8)	Q 1 (hip 9)
1	0.800									
4	1.350									
5	0.800	1.500								
8	1.350	1.500								
11	0.800		1.500							
12	1.350		1.500							
15	0.800			1.500						
16	1.350			1.500						
19	0.800				1.500					
20	1.350				1.500					
23	0.800					1.500				
24	1.350					1.500				
27	0.800						1.500			
28	1.350						1.500			

31	0.800							1.500		
32	1.350							1.500		
35	0.800								1.500	
36	1.350								1.500	
39	0.800									1.500
40	1.350									1.500

▪ **Tensions sobre el terreny**
Accions característiques

La comprovació de cadascuna d'elles és:

Sabata combinada de cantonada

Es la corresponent a la imatge següent, un cop agrupades les quatre cantonades.

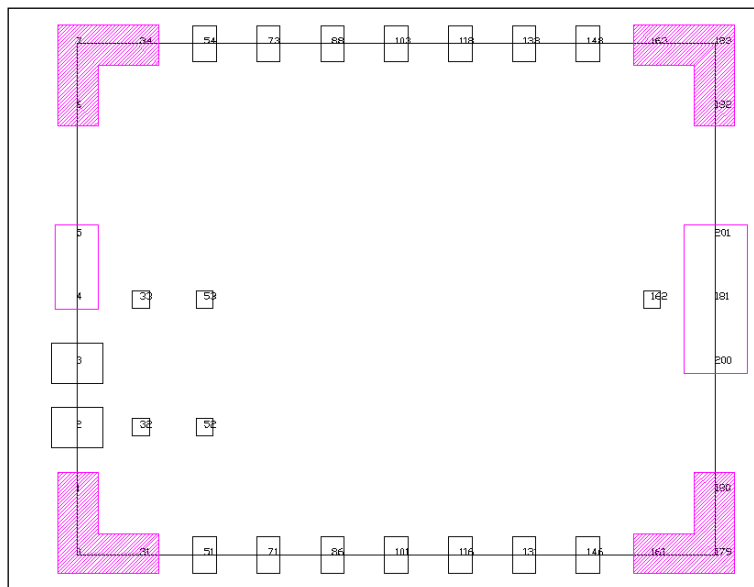


fig. 60 Sabata Combinada de cantonada

Les càrregues als recolzaments pitjors són (tones i tones · metre):

COMB.	APOYO						
	COMP. X	MOM. Y	MOM. Z	COMP. Y	COMP. Z	MOM. X	
	163						
1	-0,368	0,004	0,691	1,463	-0,017	-0,007	
2	-0,483	0,005	0,906	1,874	-0,018	-0,009	
3	-1,354	0,015	2,594	3,524	-0,346	-0,084	
4	-0,875	0,01	1,609	1,561	-0,404	-0,087	
5	-1,212	0,014	2,348	2,218	-0,527	-0,118	
6	-0,981	0,005	1,392	5,23	0,064	0,144	
7	-0,382	0,005	0,674	-0,129	-0,372	-0,075	
8	-0,489	0	0,465	3,602	0,067	0,148	
9	-1,011	0,012	1,948	2,2	-0,387	-0,082	
	APOYO						
	182						

COMB.	COMP. X	MOM. Y	MOM. Z	COMP. Y	COMP. Z	MOM. X
1	-0,071	-0,001	0,019	1,075	0,002	0,003
2	-0,095	-0,001	0,025	1,306	0,003	0,004
3	-1,997	-0,019	0,324	-0,799	-1,184	-1,858
4	-1,938	-0,03	0,306	-2,026	-1,981	-3,106
5	-3,131	-0,029	0,485	-3,702	-1,98	-3,109
6	-0,632	0,022	0,09	0,274	1,827	3,082
7	-1,82	-0,029	0,276	-3,127	-1,984	-3,11
8	-0,456	0,023	0,053	-0,704	1,824	3,078
9	-1,96	-0,018	0,311	-1,556	-1,187	-1,871

APOYO
183

COMB.	COMP. X	MOM. Y	MOM. Z	COMP. Y	COMP. Z	MOM. X
1	0,008	0,002	-0,004	0,993	-0,002	-0,004
2	0,01	0,002	-0,006	1,261	-0,002	-0,004
3	-0,083	0,003	0,112	7,063	-0,127	-0,087
4	-0,146	-0,002	0,147	5,888	-0,204	-0,123
5	-0,161	-0,001	0,2	9,049	-0,208	-0,136
6	-0,303	0,007	0,168	-2,745	2,376	0,231
7	-0,157	-0,005	0,152	4,51	-0,202	-0,118
8	-0,311	0,005	0,169	-4,342	2,473	0,233
9	-0,091	0,001	0,118	6,393	-0,127	-0,087

la definició d'aquesta sabata és:

Referència: (P1-P2-P3)		
Dimensions: 475 x 475 x 50 (Àrea neta: 14.33 m ²)		
Comprovació	Valors	Estat
Tensions sobre el terreny: <i>Crític de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensió mitja en situacions persistents:	Màxim: 2.54842 kp/cm ² Calculat: 0.115 kp/cm ²	Compleix
-Tensió màxima en situacions persistents:	Màxim: 3.185 kp/cm ² Calculat: 0.173 kp/cm ²	Compleix
Bolcada de la sabata: <i>Si el % de reserva de seguretat és major que zero, vol dir que els coeficients de seguretat a la bolcada són majors que els valors estrictes exigits per a totes les combinacions d'equilibri.</i>		
-En direcció X:	Reserva seguretat: 20.6 %	Compleix
-En direcció Y:	Reserva seguretat: 635.7 %	Compleix
Lliscament de la sabata: -Situacions persistents: <i>CTE DB-SE C (Cimientos): Tabla 2.1</i>		
	Mínim: 1.5 Calculat: 15.33	Compleix
Flexió en la sabata:		
-En direcció X:	Moment: 5.24 t·m	Compleix
-En direcció Y:	Moment: 3.89 t·m	Compleix

Tallant en la sabata: -En direcció X: -En direcció Y:	Tensió tangencial: 0.58 kp/cm ² Tensió tangencial: 0.42 kp/cm ²	Compleix Compleix
Compressió obliqua en la sabata: -Situacions persistents: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>	Màxim: 509.68 t/m ² Calculat: 6.54 t/m ²	Compleix
Cantell mínim: <i>Article 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínim: 35 cm Calculat: 50 cm	Compleix
Espai per ancorar arrencades en fonamentació: -P1: -P2: -P3:	Mínim: 16 cm Calculat: 45 cm Calculat: 45 cm Calculat: 45 cm	Compleix Compleix Compleix
Es compleixen totes les comprovacions		

Sabata combinada 2

Es la corresponent a la imatge següent,

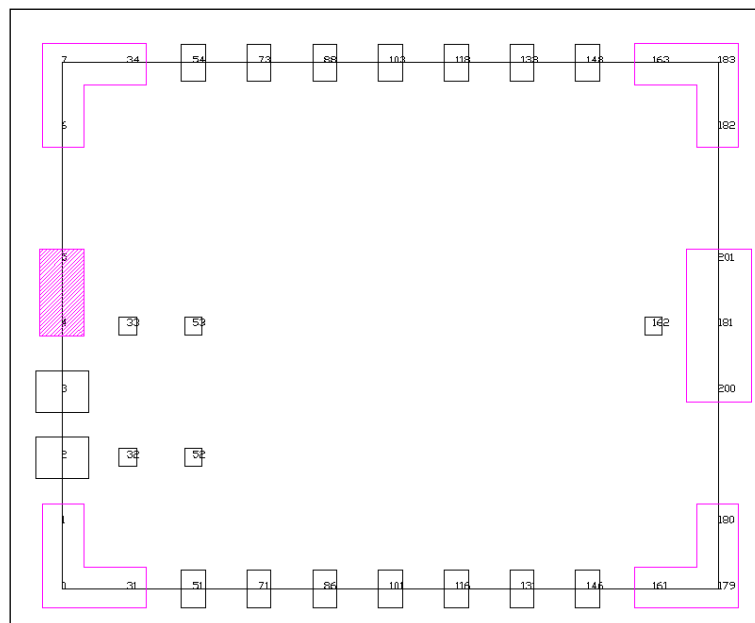


fig. 61 Sabata combinada 2

Les càrregues a cada base de pilar són:

COMB.	APOYO 4					
	COMP. X	MOM. Y	MOM. Z	COMP. Y	COMP. Z	MOM. X
1	-0,079	0,001	0,075	2,109	-0,004	-0,016
2	-0,077	0,001	0,073	2,426	-0,005	-0,021
3	-0,15	0,004	0,208	4,333	0,531	0,612
4	-0,152	0,002	0,21	2,743	0,889	1,024

5	-0,194	0,004	0,293	3,609	0,885	1,003
6	-0,053	0,004	0,034	0,095	0,462	1,002
7	-0,119	0,001	0,179	0,981	0,888	1,012
8	-0,025	0,002	0,009	-1,755	0,458	0,96
9	-0,221	0,003	0,28	4,14	0,532	0,608

APOYO 5

COMB.	COMP.X	MOM.Y	MOM.Z	COMP.Y	COMP.Z	MOM.X
1	0,018	0	-0,026	1,118	-0,004	-0,034
2	0,023	0	-0,032	1,366	-0,005	-0,04
3	-0,04	-0,022	0,163	3,022	1,151	1,749
4	-0,053	-0,038	0,176	1,603	1,996	3,135
5	-0,081	-0,036	0,287	2,561	1,919	2,915
6	0,077	-0,004	-0,116	0,859	0,91	1,838
7	-0,062	-0,038	0,186	0,407	1,996	3,133
8	0,062	-0,006	-0,093	-0,341	0,908	1,841
9	-0,047	-0,021	0,171	2,274	1,151	1,749

La definició d'aquesta sabata és:

Referència: (P1-P2)		
Dimensions: 395 x 265 x 55		
Comprovació	Valors	Estat
Tensions sobre el terreny: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensió mitja en situacions persistents:	Màxim: 2.54842 kp/cm ² Calculat: 0.126 kp/cm ²	Compleix
-Tensió màxima en situacions persistents:	Màxim: 3.185 kp/cm ² Calculat: 0.221 kp/cm ²	Compleix
Bolcada de la sabata: <i>Si el % de reserva de seguretat és major que zero, vol dir que els coeficients de seguretat a la bolcada són majors que els valors estrictes exigits per a totes les combinacions d'equilibri.</i>		
-En direcció X:	Reserva seguretat: 280.9 %	Compleix
-En direcció Y:	Reserva seguretat: 399.5 %	Compleix
Lliscament de la sabata: -Situacions persistents: <i>CTE DB-SE C (Cimientos): Tabla 2.1</i>		
	Mínim: 1.5 Calculat: 15.14	Compleix
Flexió en la sabata:		
-En direcció X:	Moment: 3.39 t·m	Compleix
-En direcció Y:	Moment: 1.51 t·m	Compleix
Tallant en la sabata:		
-En direcció X:	Tensió tangencial: 0.30 kp/cm ²	Compleix
-En direcció Y:	Tensió tangencial: 0.12 kp/cm ²	Compleix
Compressió obliqua en la sabata: -Situacions persistents: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>		
	Màxim: 509.68 t/m ² Calculat: 0.42 t/m ²	Compleix
Cantell mínim: <i>Article 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínim: 35 cm Calculat: 55 cm	Compleix
Espai per ancorar arrencades en fonamentació:		
-P1:	Calculat: 50 cm	Compleix
-P2:	Calculat: 50 cm	Compleix
Es compleixen totes les comprovacions		

Sabata combinada 3

Són les corresponents a la imatge següent,

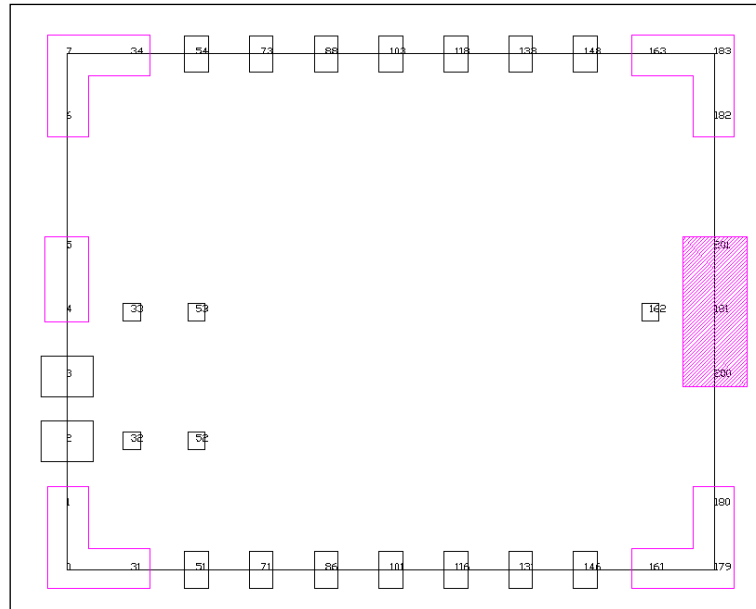


fig. 62 Sabata combinada 3

Les càrregues a cada base de pilar són:

APOYO 181							
COMB.	COMP. X	MOM. Y	MOM. Z	COMP. Y	COMP. Z	MOM. X	
1	-0,002	0	0,004	1,625	-0,002	-0,015	
2	-0,003	0	0,005	2,044	-0,003	-0,019	
3	-0,052	0	0,119	4,081	-0,619	-0,762	
4	-0,047	0	0,11	2,242	-1,032	-1,274	
5	-0,081	0	0,189	2,96	-1,035	-1,292	
6	-0,005	0	0,01	2,651	1,027	1,732	
7	-0,044	0	0,104	0,415	-1,035	-1,289	
8	-0,001	0	0,002	0,797	1,019	1,686	
9	-0,051	0	0,118	2,875	-0,619	-0,766	
APOYO 200							
COMB.	COMP. X	MOM. Y	MOM. Z	COMP. Y	COMP. Z	MOM. X	
1	-0,003	0,001	0,006	1,112	0	0,005	
2	-0,004	0,001	0,008	1,357	0	0,002	
3	-0,066	-0,017	0,206	2,535	-1,176	-1,825	
4	-0,061	-0,028	0,192	1,257	-1,964	-3,071	
5	-0,102	-0,028	0,328	1,77	-1,965	-3,077	
6	-0,009	0,01	0,018	0,784	1,855	3,324	
7	-0,056	-0,028	0,182	0,06	-1,968	-3,095	
8	-0,003	0,012	0,005	-0,404	1,846	3,275	

9 -0,064 -0,016 0,205 1,803 -1,177 -1,827

APOYO							
201							
COMB.	COMP.X	MOM.Y	MOM.Z	COMP.Y	COMP.Z	MOM.X	
1	-0,002	0	0,005	1,124	-0,005	-0,034	
2	-0,002	0	0,007	1,372	-0,005	-0,039	
3	-0,055	0,017	0,195	3,022	-1,18	-1,853	
4	-0,049	0,028	0,181	1,611	-1,964	-3,073	
5	-0,087	0,028	0,314	2,545	-1,968	-3,097	
6	-0,004	-0,008	0,014	0,819	1,847	3,265	
7	-0,046	0,028	0,173	0,407	-1,965	-3,078	
8	0	-0,011	0,002	-0,383	1,844	3,262	
9	-0,054	0,017	0,195	2,278	-1,181	-1,859	

La definició d'aquesta sabata és:

Referència: (P1-P2-P3)		
Dimensions: 695 x 465 x 105		
Comprovació	Valors	Estat
Tensions sobre el terreny: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensió mitja en situacions persistents:	Màxim: 2.54842 kp/cm ² Calculat: 0.241 kp/cm ²	Compleix
-Tensió màxima en situacions persistents:	Màxim: 3.185 kp/cm ² Calculat: 0.278 kp/cm ²	Compleix
Bolcada de la sabata: <i>Si el % de reserva de seguretat és major que zero, vol dir que els coeficients de seguretat a la bolcada són majors que els valors estrictes exigits per a totes les combinacions d'equilibri.</i>		
-En direcció X:	Reserva seguretat: 1563.6 %	Compleix
-En direcció Y:	Reserva seguretat: 2164.0 %	Compleix
Lliscament de la sabata: -Situacions persistents: <i>CTE DB-SE C (Cimientos): Tabla 2.1</i>		
	Mínim: 1.5 Calculat: 37.12	Compleix
Flexió en la sabata:		
-En direcció X:	Moment: 4.72 t·m	Compleix
-En direcció Y:	Moment: 3.61 t·m	Compleix
Tallant en la sabata:		
-En direcció X:	Tensió tangencial: 0.12 kp/cm ²	Compleix
-En direcció Y:	Tensió tangencial: 0.05 kp/cm ²	Compleix

Compressió obliqua en la sabata: -Situacions persistents: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>	Màxim: 509.68 t/m ² Calculat: 0.1 t/m ²	Compleix
Cantell mínim: <i>Article 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínim: 35 cm Calculat: 105 cm	Compleix
Espai per ancorar arrencades en fonamentació: -P1: -P2: -P3:	Mínim: 16 cm Calculat: 100 cm Calculat: 100 cm Calculat: 100 cm	Compleix Compleix Compleix
Es compleixen totes les comprovacions		

Cimentació sobre el mur de sitja-pulmó

Els pilars centrals cimenten sobre el mur de formigó armat que constitueix la sitja pulmó (fig. 63), ubicada a l'interior de la nau. Aquesta sitja, dota de una autonomia de mes de 12 hores al procés de producció, mitjançant l'emmagatzematge de estella, un cop condicionada amb caldera i trommel.

Donat que la ubicació d'aquesta sitja, resulta central en el procés, s'ha aprofitat la necessitat de disposar d'un mur de formigó per tal de recolzar els pilars centrals de la nau en ell.

D'aquesta manera, es definirà un mur capaç d'absorbir les tensions que origina el estoc de material, i les que produeix la estructura de fusta. Al mateix temps es defineix la placa, cartel·les i passador del peu de pilar.

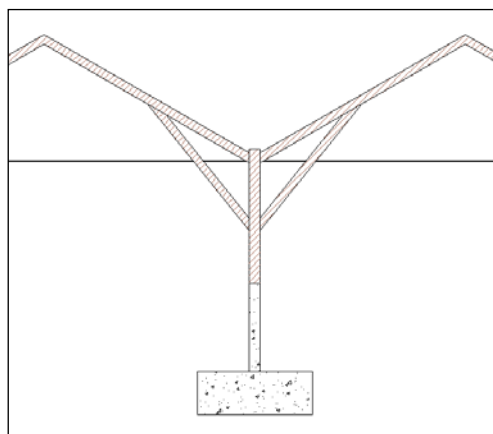


fig. 63 Detall del mur en el centre de la nau

Es plantegen quatre situacions de càlcul diferents, que contempen tant quan la sitja es troba buida com plena i les accions a la base del pilar son màximes o mínimes. D'aquesta manera es pretén garantir l'estabilitat i resistència del conjunt en totes les situacions possibles.

Per definir aquest mur s'utilitza l'eina de càlcul estructural, CypeCAD, ja esmentada anteriorment.

La definició de les situacions de càlcul són les següents:

Taula 21 condicions de disseny del mur-sitja

	Element	Ud.
estella	Densitat aparent estella	3 kN/m ³
	Angle repòs estella	45 °
	Altura d'apilament	2 m
màximes	Axial al cap del mur	-9,443 kN
	Tallant longitudinal al cap del mur	0 kN
	Tallant transversal al cap del mur	0,65 kN
	Moment flector longitudinal al cap del mur	0 kN*m
	Moment flector transversal al cap del mur	0 kN*m
mínimes	Axial longitudinal al cap del mur	1,34 kN
	Tallant longitudinal al cap del mur	0 kN
	Tallant transversal al cap del mur	0 kN
	Moment flector longitudinal al cap del mur	0 kN*m
	Moment flector transversal al cap del mur	0 kN*m

Placa d'ancoratge del peu del pilar

La placa d'ancoratge associada al peu del pilar és la anomenada com A2.

Càlcul del mur

De les situacions descrites, que sol·licita més el mur es la condició de sitja plena i accions màximes. El dimensionat del mur resulta el següent:

Geometria

MUR

Alçada: 2.50 m
Gruix superior: 25.0 cm
Gruix inferior: 25.0 cm

SABATA CORREGUDA

Amb puntera i taló
Cantell: 35 cm
Volades intradós / extradós: 50.0 / 50.0 cm
Formigó de neteja: 10 cm

Descripció de l'armat

CORONACIÓ				
Armadura superior: 2 Ø12				
Ancoratge intradós / extradós: 16 / 16 cm				
TRAMS				
Núm.	Intradós		Extradós	
	Vertical	Horitzontal	Vertical	Horitzontal
1	Ø10c/20 Encavallament: 0.35 m	Ø8c/20	Ø10c/20 Encavallament: 0.35 m	Ø8c/20
SABATA				
Armadura	Longitudinal	Transversal		
Superior	Ø12c/30	Ø12c/30 Longitud d'ancoratge en prolongació: 35 cm Patilla extradós: 11 cm		
Inferior	Ø12c/30	Ø12c/30 Patilla intradós / extradós: 11 / 11 cm		
Longitud de pota en arrencada: 30 cm				

Comprovació

Referència: Comprovacions geomètriques i de resistència (Mur): ple max		
Comprovació	Valors	Estat
Comprovació a rasant en arrencada mur: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>	Màxim: 270.5 kN/m Calculat: 6 kN/m	Compleix

Gruix mínim del tram: <i>Jiménez Salas, J.A.. Geotècnia i Fonaments II, (Cap. 12)</i>	Mínim: 20 cm Calculat: 25 cm	Compleix
Separació lliure mínima armadures horitzontals: <i>Norma EHE-08. Article 69.4.1</i> -Extradós: -Intradós:	Mínim: 3.7 cm Calculat: 19.2 cm Calculat: 19.2 cm	Compleix Compleix
Separació màxima armadures horitzontals: <i>Norma EHE-08. Article 42.3.1</i> -Extradós: -Intradós:	Màxim: 30 cm Calculat: 20 cm Calculat: 20 cm	Compleix Compleix
Quantia geomètrica mínima horitzontal per cara: <i>Norma EHE-08. Article 42.3.5</i> -Extradós (-2.00 m): -Intradós (-2.00 m):	Mínim: 0.001 Calculat: 0.001 Calculat: 0.001	Compleix Compleix
Quantia mínima mecànica horitzontal per cara: <i>Criteri J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Quantia horitzontal > 20% Quantia vertical)</i> -Extradós: -Intradós:	Calculat: 0.001 Mínim: 0.00031 Mínim: 0.0002	Compleix Compleix
Quantia mínima geomètrica vertical cara traccionada: -Extradós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Article 42.3.5</i>	Mínim: 0.0009 Calculat: 0.00157	Compleix
Quantia mínima mecànica vertical cara traccionada: -Extradós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Article 42.3.2</i>	Mínim: 0.00153 Calculat: 0.00157	Compleix
Quantia mínima geomètrica vertical cara comprimida: -Intradós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Article 42.3.5</i>	Mínim: 0.00027 Calculat: 0.00104	Compleix
Quantia mínima mecànica vertical cara comprimida: -Intradós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Article 42.3.3</i>	Mínim: 1e-005 Calculat: 0.00104	Compleix
Separació lliure mínima armadures verticals: <i>Norma EHE-08. Article 69.4.1</i> -Extradós: -Intradós:	Mínim: 3.7 cm Calculat: 18 cm Calculat: 28 cm	Compleix Compleix
Separació màxima entre barres: <i>Norma EHE-08. Article 42.3.1</i> -Armadura vertical Extradós: -Armadura vertical Intradós:	Màxim: 30 cm Calculat: 20 cm Calculat: 20 cm	Compleix Compleix
Comprovació a flexió composta: <i>Comprovació realitzada per unitat de longitud de mur</i>		Compleix
Comprovació a tallant: <i>Norma EHE-08. Article 44.2.3.2.1</i>	Màxim: 152 kN/m Calculat: 4.8 kN/m	Compleix

Comprovació de fissuració: <i>Norma EHE-08. Article 49.2.3</i>	Màxim: 0.3 mm Calculat: 0 mm	Compleix
Longitud de cavalcaments: <i>Norma EHE-08. Article 69.5.2</i>		
-Base extradós:	Mínim: 0.35 m Calculat: 0.35 m	Compleix
-Base intradós:	Mínim: 0.25 m Calculat: 0.25 m	Compleix
Comprovació de l'ancoratge de l'armat base en coronació: <i>Criteri J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i>		
-Extradós:	Calculat: 16 cm Mínim: 16 cm	Compleix
-Intradós:	Mínim: 0 cm	Compleix
Àrea mínima longitudinal cara superior biga de coronació: <i>Criteri J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i>	Mínim: 2.2 cm ² Calculat: 2.2 cm ²	Compleix
Es compleixen totes les comprovacions		
Informació addicional:		
<ul style="list-style-type: none"> - Cota de la secció amb la mínima relació 'quantia horitzontal / quantia vertical' Extradós: -2.00 m - Cota de la secció amb la mínima relació 'quantia horitzontal / quantia vertical' Intradós: -2.00 m - Secció crítica a flexió composta: Cota: -2.00 m, Md: 4.50 kN·m/m, Nd: 24.77 kN/m, Vd: 5.84 kN/m, Tensió màxima de l'acer: 26.280 MPa - Secció crítica a tallant: Cota: -1.79 m 		

Referència: Comprovacions geomètriques i de resistència (Sabata correguda): ple max		
Comprovació	Valors	Estat
Comprovació d'estabilitat: <i>Valor introduït per l'usuari.</i>		
-Coeficient de seguretat a la bolcada:	Mínim: 1.5 Calculat: 6.52	Compleix
-Coeficiente de seguretat al lliscament:	Calculat: 3.66	Compleix
Cantell mínim:		
-Sabata: <i>Norma EHE-08. Article 58.8.1.</i>	Mínim: 25 cm Calculat: 35 cm	Compleix
Tensions sobre el terreny: <i>Valor introduït per l'usuari.</i>		
-Tensió mitjana:	Màxim: 0.25 MPa Calculat: 0.04 MPa	Compleix
-Tensió màxima:	Màxim: 0.3125 MPa Calculat: 0.0404 MPa	Compleix
Flexió en sabata: <i>Comprovació basada en criteris resistents</i>		
-Armat superior extradós:	Calculat: 3.77 cm ² /m Mínim: 0.05 cm ² /m	Compleix
-Armat inferior extradós:	Mínim: 0.08 cm ² /m	Compleix
-Armat inferior intradós:	Mínim: 0.52 cm ² /m	Compleix
Esforz tallant: <i>Norma EHE-08. Article 44.2.3.2.1.</i>	Màxim: 183.6 kN/m	

-Extradós:	Calculat: 1.3 kN/m	Compleix
-Intradós:	Calculat: 8.7 kN/m	Compleix
Longitud d'ancoratge: <i>Norma EHE-08. Article 69.5.</i>		
-Arrencada extradós:	Mínim: 15 cm Calculat: 27.6 cm	Compleix
-Arrencada intradós:	Mínim: 17 cm Calculat: 27.6 cm	Compleix
-Armat inferior extradós (Patilla):	Mínim: 11 cm Calculat: 11 cm	Compleix
-Armat inferior intradós (Patilla):	Mínim: 11 cm Calculat: 11 cm	Compleix
-Armat superior extradós (Patilla):	Mínim: 11 cm Calculat: 11 cm	Compleix
-Armat superior intradós:	Mínim: 15 cm Calculat: 35 cm	Compleix
Recobriment:		
-Lateral: <i>Norma EHE-08. Article 37.2.4.1.</i>	Mínim: 7 cm Calculat: 7 cm	Compleix
Diàmetre mínim: <i>Norma EHE-08. Article 58.8.2.</i>		
-Armadura transversal inferior:	Mínim: Ø12 Calculat: Ø12	Compleix
-Armadura longitudinal inferior:	Calculat: Ø12	Compleix
-Armadura transversal superior:	Calculat: Ø12	Compleix
-Armadura longitudinal superior:	Calculat: Ø12	Compleix
Separació màxima entre barres: <i>Norma EHE-08. Article 42.3.1.</i>	Màxim: 30 cm	
-Armadura transversal inferior:	Calculat: 30 cm	Compleix
-Armadura transversal superior:	Calculat: 30 cm	Compleix
-Armadura longitudinal inferior:	Calculat: 30 cm	Compleix
-Armadura longitudinal superior:	Calculat: 30 cm	Compleix
Separació mínima entre barres: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartat 3.16 (pàg.129).</i>	Mínim: 10 cm	
-Armadura transversal inferior:	Calculat: 30 cm	Compleix
-Armadura transversal superior:	Calculat: 30 cm	Compleix
-Armadura longitudinal inferior:	Calculat: 30 cm	Compleix
-Armadura longitudinal superior:	Calculat: 30 cm	Compleix
Quantia geomètrica mínima: <i>Norma EHE-08. Article 42.3.5.</i>	Mínim: 0.0009	
-Armadura longitudinal inferior:	Calculat: 0.00107	Compleix
-Armadura longitudinal superior:	Calculat: 0.00107	Compleix
-Armadura transversal inferior:	Calculat: 0.00107	Compleix

-Armadura transversal superior:	Calculat: 0.00107	Compleix
Quantia mecànica mínima:	Calculat: 0.00107	
-Armadura longitudinal inferior: <i>Norma EHE-08. Article 55.</i>	Mínim: 0.00026	Compleix
-Armadura longitudinal superior: <i>Norma EHE-08. Article 55.</i>	Mínim: 0.00026	Compleix
-Armadura transversal inferior: <i>Norma EHE-08. Article 42.3.2.</i>	Mínim: 0.00021	Compleix
-Armadura transversal superior: <i>Norma EHE-08. Article 42.3.2.</i>	Mínim: 2e-005	Compleix
Es compleixen totes les comprovacions		
Informació addicional:		
- Moment flector pèssim en la secció de referència de l'extradós: 1.04 kN·m/m		
- Moment flector pèssim en la secció de referència de l'intradós: 6.35 kN·m/m		



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



Foc

Segons el punt 4.2.3 del annex II del *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales RD 2267/2004*, per a activitats classificades de risc intrínsec baix, amb entreplanta fins al 20 per cent de la superfície total, i els recorreguts d'evacuació fins a una sortida de l'edifici, de fins a 50 m, sempre que el nombre d'ocupants sigui inferior a 25 persones, a tipologies C i risc baix, com és el cas d'aquesta nau, **no es requereix estabilitat al foc** per l'estructura principal de coberta, ni per els suports de l'entreplanta.

Caldrà senyalitzar aquesta particularitat a l'accés principal de l'edifici perquè el personal dels serveis d'extinció en tingui coneixement.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 6

Annex 6 Estructura Nau Magatzem

Descripció de la nau

La nau que ha d'allotjar el magatzem de producte paletitzat està formada per un únic espai de 40,00 x 20,00 metres, amb una altura lliure mínima de 5,00 m, per tal de poder apilar a 4 metres d'altura còmodament.

La geometria d'aquesta nau respon a un plantejament de poder disposar del major front de porta (portes al llarg dels 40 metres) sense renunciar a disposar de suficient volum d'emmagatzematge, sense superar una evacuació hipotètica de 25 metres, donada la elevada càrrega de foc que hi haurà a la nau.

Continuant amb el plantejament fet per la nau de fabricació, s'opta per la fusta com a material constructiu, a més que en aquesta hi ha requisits de estabilitat al foc, i la fusta és un material altament competitiu en aquest aspecte.

Sistema estructural

El sistema estructural escollit respon a la idea de simplicitat, per el que la nau es resol amb una coberta a dues aigües. Per sustentar aquesta nau s'ha dissenyat un semi-pòrtic (figura 64) amb un nus semi-rígid en el que s'ha volgut reduir el nombre de unions i de elements barra, per tal de reduir la complexitat en la execució, i abaratir així la partida destinada a estructura, així com aprofitar al màxim la secció estructural al desplaçar el moment cap al nus exterior.

D'aquesta manera, el pòrtic consta de un element bàsic, el semi-pòrtic que es repeteix a banda i banda de l'eix de simetria longitudinal de la nau, que es trava amb una biga contravent.

La separació entre pòrtics es resol per tempteig de forma que es busca optimitzar aquesta separació degut a que el tipus d'unió marca un cantell de biga-pilar màxim, que després ha de ser aprofitat per assolir tota la amplada tributària que sigui raonable.

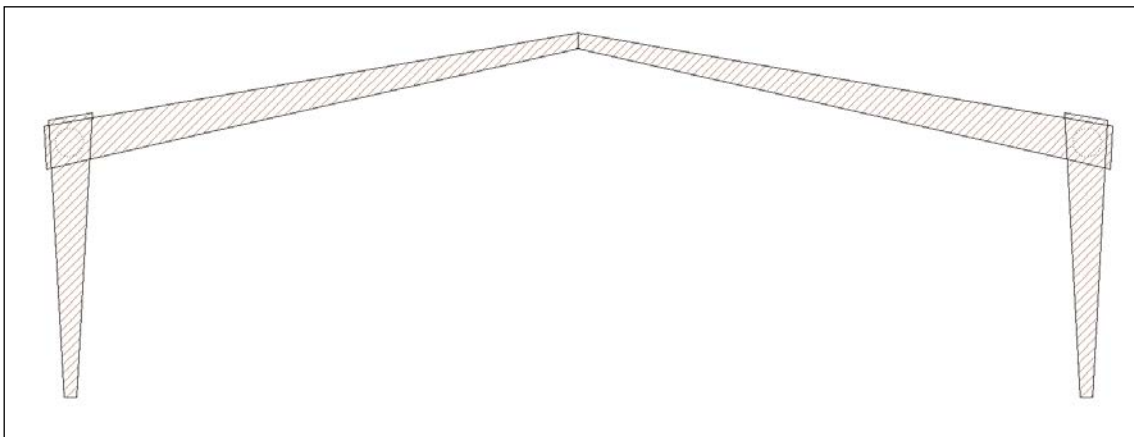


fig. 64 Pòrtic tipic

Les testeres es resolen amb entramat, tot conformant una paret opaca (figura 65).

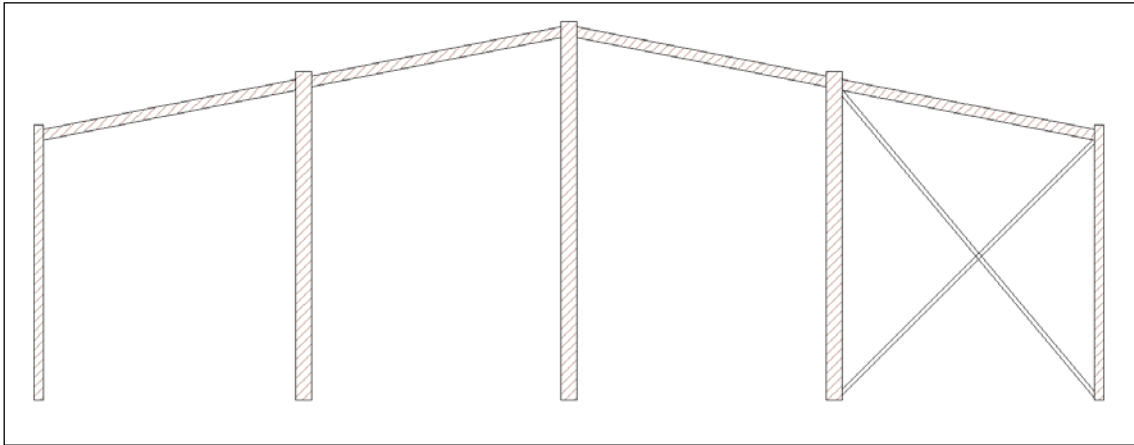


fig. 65 Testera

Tots els nusos de la base dels pilars i del centre de la llinda son nusos articulats, donada la extrema dificultat de realitzar nusos rígids en obra i la complexitat de transport de peces prefabricades de grans dimensions. Mentre que el nus entre pilar i biga és un nus semi-rígid, que serà objecte d'anàlisi específic (figura 66).

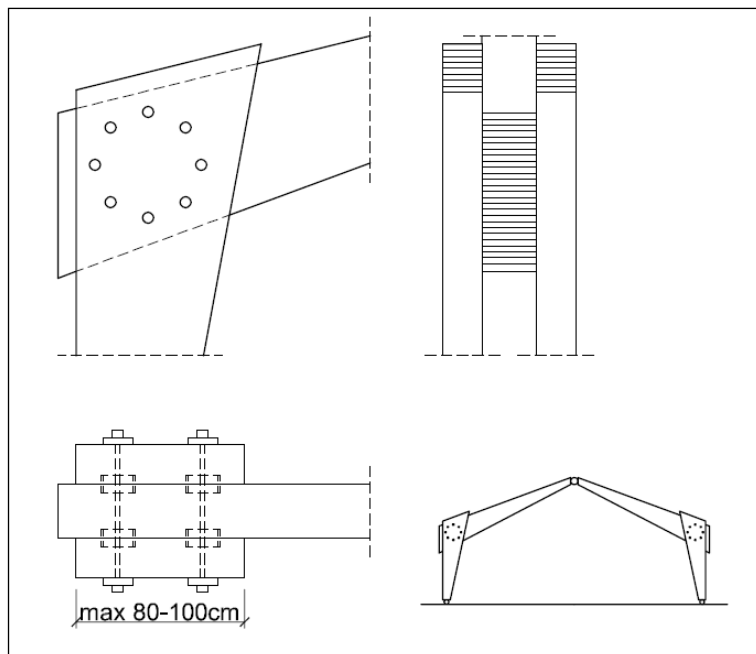


fig. 66 Nus semi-rígid

Caracterització dels materials de coberta

De la mateixa manera que a la nau de fabricació, i per els mateixos motius, es tria el sistema de coberta de pissarra sobre panell sandwich de 40 mm, ja que ens interessa un cert aïllament però no hem de complir cap requisit en aquest sentit, i per tant, escollim el de menor guix. Aquest panell presenta un pes unitari de $21,4 \text{ kg/m}^2$ i unes càrregues màximes admissibles de $6,80 \text{ kN/m}^2$ per una llum de muntatge de $1,22 \text{ m}$, i una fletxa de $l/200$ per càrregues de $3,1 \text{ kN/m}^2$ per la mateixa llum.

Materials de acabat de coberta

El tipus de panell escollit no constitueix per si sol una coberta, sino que cal acabar amb teula o pissarra. Donada la ubicació de la nau, a tocar del parc de l'Alt Pirineu, i en zona rural, sembla que la opció més raonable és la col·locació de pissarra (figura 67).

En tot cas, sempre caldrà un sistema de llistons i contra-llistons per tal d'assegurar mecànicament les peces i permetre una ventilació d'aquestes per evitar problemes d'humitats.

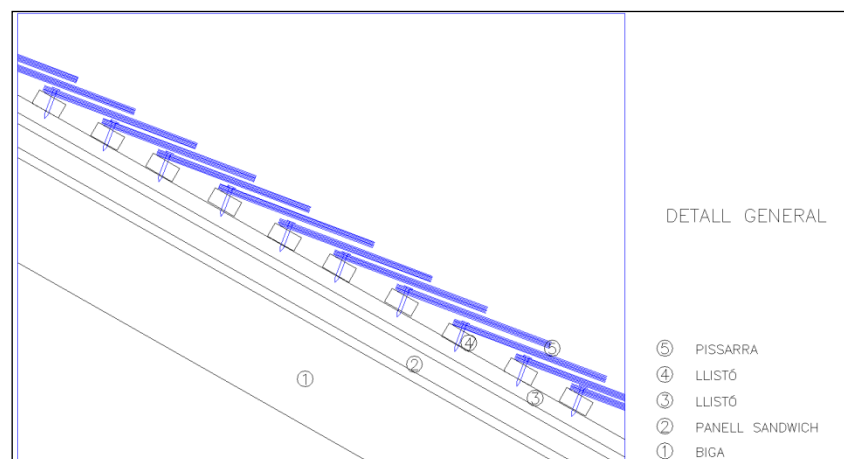


fig. 67 Detall coberta

Càlcul de les accions

En aquest apartat de càlcul s'ha emprat el Document Bàsic SE-AE Accions en l'edificació.

Acció de vent

El programa de anàlisi estructural ja incorpora un mòdul de càlcul de les accions de vent, ja revisat durant el dimensionat de la nau de fabricació, i acceptat, malgrat això, no introdueix les accions de vent en façana, que s'han d'afegir de forma manual.

L'acció del vent resulta ser una pressió estàtica, s'ha calculat amb la següent expressió:

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

- q_b : pressió dinàmica del vent.
- c_e : coeficient d'exposició.
- c_p : coeficient eòlic o de pressió.

D'acord amb l'ANNEX D.1 del document bàsic la pressió dinàmica s'ha determinat de la següent forma:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

- δ : densitat de l'aire s'ha pres el valor $1,25 \text{ kg/m}^3$.
- v_b : valor característic de la velocitat del vent. Zona C, 29 m/s .

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 29 \text{ m/s}^2 = 525,625 \text{ N/m}^2 = \mathbf{0,525 \text{ kN/m}^2}$$

El coeficient d'exposició té en compte els efectes de les turbulències originades pel relleu i la topografia del terreny. El seu valor es pot determinar amb la expressió:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k)$$
$$F = k \ln (\max (z, Z) / L)$$

on k , L , Z son paràmetres característics de cada tipus d'entorn, segons la taula D.2 del annex D del citat document bàsic.

Per zona forestal (zona IV) $K=0,22$; $L=0,3$ i $Z=5\text{m}$.

$$F=0,22 \times \ln(7)/0,3=0,69$$

$$c_e=0,69 \cdot (0,69+7 \cdot 0,22)=\mathbf{1,55}$$

Per al càlcul de C_p , s'utilitzaran els valors de coeficients de pressió pel cas de paraments verticals, aplica la taula D.3, segons figura 68:

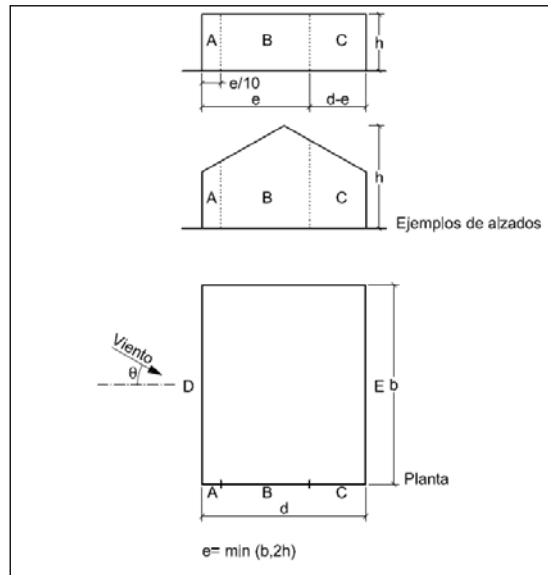


fig. 68 Coeficient de pressió per als paraments verticals

Vent. Paraments verticals

D'acord a D.3 els valors de c_p son:

C_p segons D.3

Vent transversal

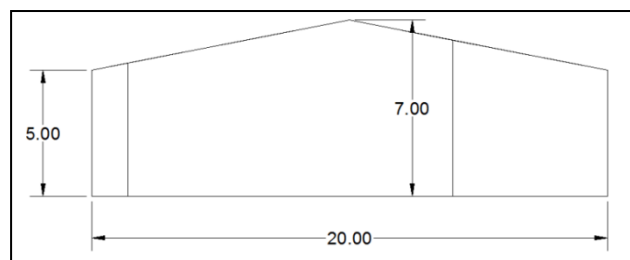
dades geomètriques

d (m)= 20,00

b (m)= 40,00

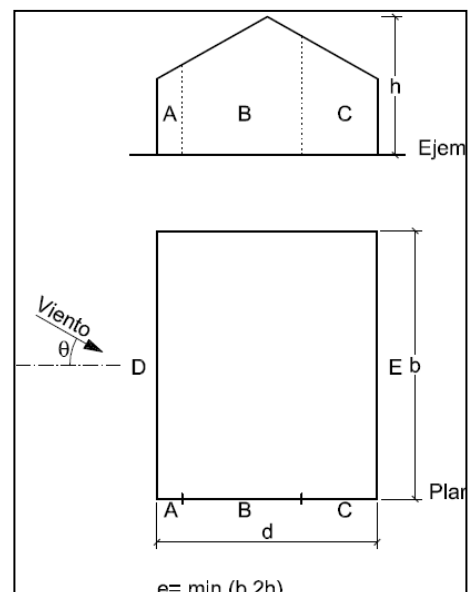
h (m)= 7,00

$e = \min(b; 2 \cdot h) = 14,00$ $h/d = 0,350$



longituds de:	longitud	s	àrees
Zona A (e/10)	1,40		7,20 m ²
Zona B (e)	14,00		79,20 m ²
Zona C (d-e)	6,00		33,60 m ²
Zona D	40,00		200,00 m ²
Zona E	40,00		200,00 m ²

C_p de cada zona, segons taula D.3 i formula D.4



	Cp	Valors de q _e vent transversal façanes	
Zona A	-1,23	Zona A	-0,85 kN/m ²
Zona B	-0,80	Zona B	-0,56 kN/m ²
Zona C	-0,50	Zona C	-0,35 kN/m ²
Zona D	0,71	Zona D	0,49 kN/m ²
Zona E	-0,33	Zona E	-0,23 kN/m ²

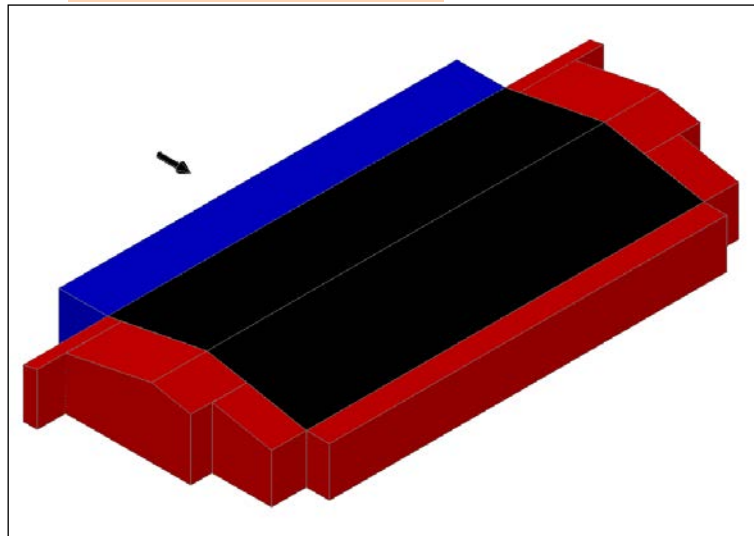
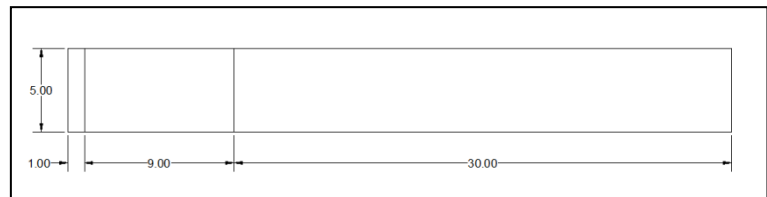


fig. 69 Vent transversal façana. Blau pressió, vermell succió.

Vent longitudinal

dades geomètriques

d (m)=	40,00
b (m)=	20,00
h(m)=	5,00

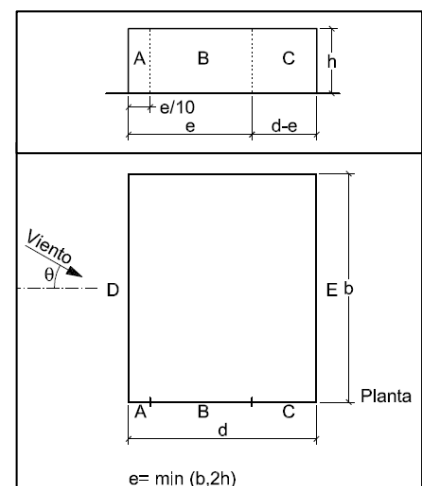


$e = \min(b; 2 \cdot h) =$	10,00	$h/d =$	0,125
----------------------------	-------	---------	-------

longituds de:	longituds	àrees
Zona A (e/10)	1,00	5,00 m ²
Zona B (e)	10,00	45,00 m ²
Zona C (d-e)	30,00	150,00 m ²
Zona D	20,00	170,00 m ²
Zona E	20,00	170,00 m ²

C_p de cada zona, segons taula D.3 i formula D.4

	C _p	Valors de q _e vent longitudinal façanes	
Zona A	-1,26		



Zona B	-0,80	Zona A	-0,88 kN/m ²
Zona C	-0,50	Zona B	-0,56 kN/m ²
Zona D	0,68	Zona C	-0,35 kN/m ²
Zona E	-0,27	Zona D	0,47 kN/m ²
		Zona E	-0,19 kN/m ²

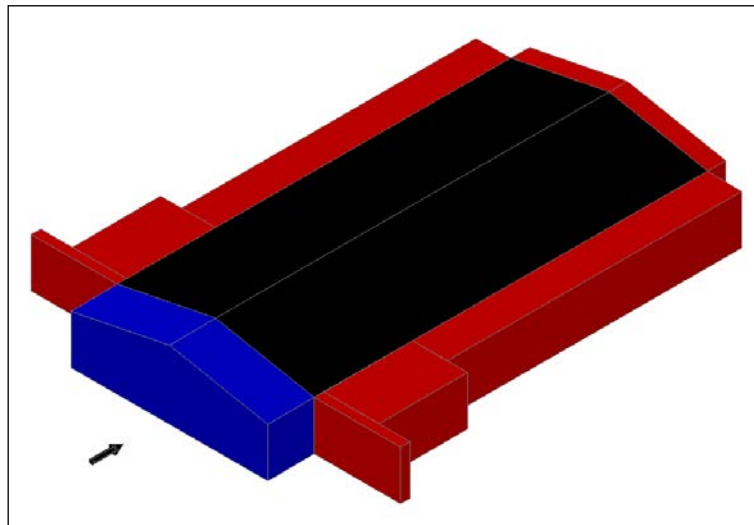


fig. 70 Vent longitudinal façana. Blau pressió, vermell succió

El programa d'anàlisi estructural no genera les càrregues de vent degudes a les pressions en façana longitudinal, i que s'han d'afegir de forma manual.

Les pressions afegides han estat les següents:

Taula 22 Accions de vent afegides de forma manual

Hipòtesi	Acció façana 1	Acció façana 2
Vent transversal	0,49 kN/m ² - pressió	0,23 kN/m ² - succió
Vent longitudinal	0,47 kN/m ² - pressió	0,19 kN/m ² - succió

Acció de neu

La distribució i la intensitat de la càrrega de neu sobre un edifici, o en particular sobre una coberta, depèn del clima del lloc, del tipus de precipitació, del relleu de l'entorn, de la forma de l'edifici o de la coberta, dels efectes del vent, i dels intercanvis tèrmics en els paraments exteriors. També han de tenir-se en compte les condicions constructives particulars que facilitin l'acumulació de neu.. Com a valor de càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal, q_n , pot prendre's:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

- μ coeficient de forma de la coberta segons 3.5.3 de CTE-DB SE-AE
- s_k el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal segons 3.5.2

Pel cas que ens ocupa:

	μ	s_k	q_n (kN/m ²)
Resta de coberta	1	1,20	1,20

Sisme

Les accions sísmiques estan regulades en la NCSE-02, Norma de construcció sismo-resistent: part general i edificació, la qual és obligatòria en totes les construccions excepte:

- En les construccions d'importància moderada
- En les edificacions d'importància normal o especial quan l'acceleració sísmica bàsica a_b sigui inferior a 0.04g
- En les construccions d'importància normal amb pòrtics ben travats entre si en totes les direccions quan la a_b sigui inferior a 0.08g.

Independentment del tipus d'obra que es tracti, les construccions es poden classificar segons els danys que pot ocasionar la seva destrucció en:

- D'importància moderada: Aquelles amb probabilitat menyspreable que la seva destrucció per un terratrèmol pugui ocasionar víctimes, interrompre un servei primari o produir danys econòmics significatius a tercers.
- D'importància normal: Aquelles la destrucció de les quals per un terratrèmol pugui ocasionar víctimes, interrompre un servei per a la col·lectivitat o produir importants pèrdues econòmiques, sense que en cap cas es tracti d'un servei imprescindible ni pugui donar lloc a efectes catastròfics.
- D'importància especial: Aquelles la destrucció de les quals pel terratrèmol, pugui interrompre un servei imprescindible o donar lloc a efectes catastròfics. En aquest

grup s'inclouen les construccions que així es considerin en el planejament urbanístic i documents públics anàlegs així com en reglamentacions més específiques. Alguns exemples són hospitals, casernes de bombers i policia, centrals nuclears i tèrmiques, pavellons...

Tenint en compte que realitzem una estructura per a una nau industrial, sent més que probable el moviment de persones en ella, considerarem de normal la importància de l'obra, ja que en cas de terratrèmol poden produir-se víctimes.

La nostra nau industrial està considerada d'importància normal i situada en una parcel·la amb una $0.04 < a_b < 0.08$, per la qual cosa en el nostre cas en que la nau es troba travada en totes direccions (es disposa de creus de sant Andreu en les dues direccions principals) la normativa no serà d'obligat compliment.

Sobrecàrrega d'ús. Manteniment.

En general, els efectes de la sobrecàrrega d'ús poden simular-se per l'aplicació d'una càrrega distribuïda uniformement. D'acord amb l'ús que sigui fonamental a cada zona del mateix, com a valors característics s'adoptaran els de la Taula 1.4.2. del document bàsic de Seguretat Estructural del Codi Tècnic de la Edificació.

Càrregues permanents en coberta

Les càrregues permanents en coberta son les originades per el panell sandwich, el rastrellat i contrarastrellat i la pissarra. D'acord a la taula C.2 de l'annex C del citat document bàsic, aquestes càrregues son de $0,05 \text{ kN/m}^2$ per l'enllistonat i de $0,20 \text{ kN/m}^2$ per la pissarra amb solapament simple. El pes del panell ens el dona el propi fabricant, i resulta de $21,4 \text{ kg/m}^2$, es a dir $0,21 \text{ kN/m}^2$.

El total de càrregues permanents en coberta es de $0,46 \text{ kN/m}^2$

Separació de les corretges

Per la definició de la separació de les corretges de coberta i de tancament lateral, cal avaluar la màxima càrrega a la que estaran sotmesos els panells sandwich, i escollir la llum que el fabricant garanteix que les plaques de tancament poden assolir.

Per el cas de coberta, la pitjor sol·licitació es dona per la combinació de vent longitudinal, a la primera vessant de coberta, a la zona F superior, amb un valor de 1.21 kN/m² de succió.

Cap altra sol·licitació resulta tant gran com aquesta en coberta.

En el cas de façana, la sol·licitació màxima a la que es sotmetran el panells sandwich resulta de 0,88 kN/m², per qualsevol de les dues hipòtesis de vent en façana.

Veient la fitxa tècnica del panell escollit (figura 71), la llum admissible per aquest es de 1220 mm per 3,03 kN/m² de càrrega i una fletxa de l/200.

PANEL TIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS						CUADRO DE CARGAS						EUROCLASE	
	Transmitancia U (W/m ² K)	Resistencia al vapor de agua MNs/g L	Dimensiones			Peso Kg/m ²	Carga máxima (kg/m ²) para flecha= L/200 sobre 3 apoyos (daN/m ²)	DISTANCIA ENTRE EJES (mm)						
			Largo	Ancho	Grosor			3 apoyos	4 apoyos	5 apoyos	3 apoyos	4 apoyos		5 apoyos
<u>TKH/15-40-19</u>	0,619	22	2440	600	74	21,4	680	<u>310</u>	485	640	<u>1220</u>	813	610	B s1 d0
TKH/15-50-19	0,526	27,5	2440	600	84	21,7	825	405	618	818	1220	813	610	
TKH/15-60-19	0,457	33	2440	600	94	22,1	975	493	740	960	1220	813	610	
TKH/15-80-19	0,362	44	2440	600	114	22,5	1275	652	905	1100	1220	813	610	
TKH/15-100-19	0,300	55	2440	600	134	23,2	1580	720	992	1200	1220	813	610	

fig. 71. Fitxa tècnica del panell sandwich

Per al panell de façana, amb llums de 1.220 mm, complim sobradament la càrrega sol·licitada.

Donat que la modulació dels pòrtics escollida és de elements de 10 m a dues aigües i coberta de 20 %, la longitud dels cavalls resulta de $10/\cos(11.3^\circ) = 10,19$ m.

Per tal d'aconseguir la modulació de 1220 mm, caldrà col·locar les corretges amb aquesta separació, resultant per tant 8 corretges per lateral, a més de la biga carenada, però quedarà un vol de les plaques excessiu i caldrà retallar el vol de la coberta.

Anàlisi de la estructura.

L'estructura de la nau s'ha calculat mitjançant una anàlisi conjunta de tota l'estructura en tres dimensions, utilitzant el software Estrumad 2011, ver 3.11, un programa de càlcul matricial espacial creat per un equip d'arquitectes i enginyers, alguns professors d'Universitat, dirigits per l'Acadèmic de la Real Acadèmia d'Enginyeria i Catedràtic de Càlcul d'Estructures de la UPM, Ramón Argüelles Álvarez.

El programa dimensiona l'estructura de barres amb la pitjor de les hipòtesis que la afecten i en la pitjor secció de cada barra, tenint en compte les accions que afecten a l'estructura: càrregues permanents i variables, pesos propis dels elements estructurals, sobrecàrregues d'ús, vent i sisme. S'analitzen les següents hipòtesis de càrrega:

- Hipòtesis - 1 :Permanent
- Hipòtesis - 2 :Manteniment
- Hipòtesis - 3 :Neu
- Hipòtesis - 4 :Vent transversal A
- Hipòtesis - 5 :Vent transversal B
- Hipòtesis - 6 :Vent longitudinal

Aquestes hipòtesis es combinen d'acord al següent quadre, per condicions normals i per condicions de foc:

Taula 23 Combinacions d'hipòtesis

1	2	3	4	5	6	Combinació
1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
1.35	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2
1.35	0.00	1.50	0.00	0.90	0.00	3
1.35	0.00	0.75	1.50	0.00	0.00	4
1.35	0.00	0.75	0.00	1.50	0.00	5
1.35	0.00	0.75	0.00	0.00	1.50	6
0.80	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	7
0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	8
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 foc
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2 foc
1.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	3 foc
1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	4 foc
1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	5 foc
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	6 foc
1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	7 foc
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	8 foc

La memòria de càlcul del paquet informàtic de Estrumad® proporciona una multitud de dades de tot tipus, amb les combinacions de càlcul realitzades, amb les dades d'esforços interns i reaccions a tots els nusos, desplaçaments dels nusos per cada combinació, reaccions als recolzaments, envelopants de cada barra, la comprovació de cada secció a axial i flector combinats a tallant i a estabilitat de la barra. Aquesta memòria de càlcul ocupa un total de més de 600 pàgines en paper. En aquest document no s'incorporarà tota aquesta informació.

Es comproven una a una les barres més sol·licitades de cada tipus, per tal de comprovar el correcte dimensionat de la estructura.

Les comprovacions que s'efectuen per a peces de secció constant, son:

- Flexo-compensió amb vinclament (pandeo) segons les expressions següents i per la pitjor secció amb la combinació més desfavorable, tenint en conte l'efecte de la durada de la càrrega:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cz} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

- Flexo-tracció segons les expressions següents i per la pitjor secció amb la combinació més desfavorable, tenint en conte l'efecte de la durada de la càrrega:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot f_{t,0,d}} + k_m \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

- Bolcada lateral en flexió simple, segons:

$$\frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d} \cdot k_{crit}} \leq 1$$

- Bolcada lateral en flexo-compensió, segons:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d} \cdot k_{crit}} \right)^2 \leq 1$$

- Tallant, segons:

$$\frac{3}{2} \frac{V_{y,d}}{(b_{ef} \cdot xh) \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

- A més de totes les comprovacions simples implícites en les anteriors.
- Fletxa total de vano en combinació quasi permanent (per elements biga).
- Fletxa activa vano en combinació característica (per elements biga).

A les peces de secció variable a més de les anteriors es comprova també l'índex de resistència a la flexió al costat paral·lel a la fibra i l'índex de resistència a la flexió al costat inclinat, segons les següents expressions:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{(1 + 4tg^2\alpha)M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

Per al costat paral·lel a la fibra

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{(1 - 4tg^2\alpha)M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,\alpha,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

Per al costat inclinat

La lectura dels índex de comprovació expressats a continuació respon a la estructura de la sortida tipic del programa de anàlisi. Cal llegir les expressions com:

$$\frac{N_d}{(bxh) \cdot \chi_{cy} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{M_{y,d}}{W_y \cdot f_{m,y,d}} + k_m \frac{M_{z,d}}{W_z \cdot f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$127352/32400/(.828 \times 17.2) + 2478314/972000/19.0 + .7 \times 977084/972000/19 = .445/1$$

Equival a:

$$\frac{127352}{32400 \times 0,828 \times 17,2} + \frac{2478314}{972000 \times 19,0} + 0,7 \frac{977084}{972000 \times 19} = 0,445/1$$

Per analogia la resta d'expressions s'han d'entendre de la mateixa forma.

Pòrtic de testera

Les tipologies de barra del pòrtic de testera son: pilar de cantonada, pilar central, i llinda. S'analitzen aquí les barres més sol·licitades cada tipus.

Pilar de cantonada

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	en Z i en Y	0	0	2.5	GL24h	90

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 64. Les comprovacions efectuades son:

Barra 64	180 x 180 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbeltetes : lz = 96 ly = 96		
$I = 46526/32400/17.2 = .212/1$		
Nu: 59 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 31813/32400/((.391 \times 17.2) + 8951478/972000/19.0 + .7 \times 1812879/972000/19.0) = .698/1$		
Nu: 64 Cb: 6 Flexocomp.		
$I = 46189/32400/((.392 \times 17.3) + 5862873/972000/19.0 + 0.7 \times 5401836/972000/19.0) = .732/1$		
Sc: 10/20; Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 31813/32400/((.392 \times 17.3) + (8951479/972000/19.0/1)^2) = .379/1$		
Sc: 20/20; Cb: 6 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 8317/(32400 \times .67)/2.16 = .266/1$		
Sc: 20/20; Cb: 6 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compressió amb vinclament és la secció 10 de 20 (el programa divideix les barres en 20 trams i comprova cadascuna d'aquestes 20 seccions), i per la combinació d'accions número 5.

El mateix passa amb la comprovació a bolcada amb compressió i la comprovació a tallant, per la mateixa combinació d'accions.

Així mateix s'efectua la comprovació a foc, de 15 min, preceptiva per RD 2267/2004 de prevenció d'incendis en establiments industrials.

Barra 64	180 x 180 mm (Fuego : 145.5 x 162.75)	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Fuego (N/mm ²) :		
E medio=11500.0 E Caract.=11017.0 f m,d=27.6 f c,0,d=27.6 f t,0,d=19.0 f v,d=3.5		
Esbeltetes : lz = 106 ly = 119		
$I = 11528/23680/27.6 = .067/1$		
Nu: 59 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 10214/23680/((.324 \times 27.6) + 3005339/642323/30.3 + .7 \times 587297/574243/30.3) = .225/1$		
Nu: 64 Cb: 6 Flexocomp.		
$I = 11225/23680/((.262 \times 27.6) + .7 \times 1968072/642323/30.4 + 1792753/574243/30.4) = .238/1$		
Sc: 9/20; Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 10214/23680/((.262 \times 27.6) + (3005340/642323/30.4/1)^2) = .083/1$		
Sc: 20/20; Cb: 6 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 2777/(23680 \times .67)/3.45 = .076/1$		



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Sc: 20/20; Cb: 8 Cortante

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Pilar central

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	en Y	0	0	2.5	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 85. Les comprovacions efectuades son:

Barra 85	150 x 300 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbelteces : lz = 81 ly = 162		
$I = 61591/45000/17.2 + 0/1125000/19.0 = .546/1$		
Nu: 61 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 59701/45000/((.144 \times 17.2) + .7 \times 1088274/2250000/18.5 + 522033/1125000/19) = .572/1$		
Nu: 68 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 56745/45000/((.144 \times 17.3) + .7 \times 2.147164 \times 10^7/2250000/18.5 + 2974/1125000/19.0) = .864/1$		
Sc: 10/20; Cb: 6 Flexocomp.		
$I = 47787/45000/((.145 \times 17.3) + (2.505529 \times 10^7/2250000/18.5/1)^2) = .785/1$		
Sc: 10/20; Cb: 4 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 15143/(45000 \times .67)/2.16 = .348/1$		
Sc: 20/20; Cb: 7 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compresió amb vinclament és la secció 10 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació a bolcada comb. 4, i a tallant per la combinació d'accions 7.

Comprovació a foc:

Barra 85	150 x 300 mm	(Fuego : 115.5 x 282.75)	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Fuego (N/mm ²) :			
E medio=11500.0 E Caract.=11017.0 f m,d=27.6 f c,0,d=27.6 f t,0,d=19.0 f v,d=3.5			
Esbelteces : lz = 86 ly = 210			
$I = 18166/32658/27.6 + 0/628659/30.3 = .232/1$			
Nu: 61 Cb: 3 Flexocomp.			
$I = 17221/32658/((.086 \times 27.6) + .7 \times 1577953/1538991/29.7 + 8729/628659/30.3) = .244/1$			
Nu: 68 Cb: 3 Flexocomp.			
$I = 17499/32658/((.086 \times 27.6) + .7 \times 7420562/1538991/29.8 + 2996/628659/30.4) = .337/1$			
Sc: 10/20; Cb: 6 Flexocomp.			
$I = 17499/32658/((.087 \times 27.6) + (7420562/1538991/29.8/1)^2) = .249/1$			
Sc: 10/20; Cb: 6 Vuelco/Compresión			
$I = 1.5 \times 4926/(32658 \times .67)/3.45 = .097/1$			
Sc: 20/20; Cb: 7 Cortante			

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Llinda

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
0	0	Biart. en Y	0	L/250	2.4	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 3. Les comprovacions efectuades son:

Barra 3	150 x 200 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
$I = 20150/30000/17.2 + 5415056/1000000/19.0 + .7 \times 604910/750000/19.0 = .353/1$		
Nu: 13 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 13132/30000/17.2 + 1.712239E+07/1000000/19.0 + .7 \times 354547/750000/19 = .943/1$		
Nu: 15 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 13133/30000/(1 \times 17.3) + 1.712239E+07/1000000/19.0 + 0.7 \times 354547/750000/19.0 = .943/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = (1.611283E+07/1000000/19.0/1) = .847/1$		
Sc: 20/20; Cb: 6 Vuelco		
$I = 1.5 \times 18918/(30000 \times .67)/2.16 = .653/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Cortante		
Flecha total vano en combinació casi permanente (1): .64 cm. adm.=l/250 = 2.03 cm.		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-tracció és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació a tallant i a bolcada per la combinació d'accions 7.

Es comprova també la fletxa en aquesta barra.

Comprovació a foc:

Barra 3	150 x 200 mm (Fuego : 115.5 x 182.75)	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Fuego (N/mm ²) :		
E medio=11500.0 E Caract.=11017.0 f _{m,d} =27.6 f _{c,0,d} =27.6 f _{t,0,d} =19.0 f _{v,d} =3.5		
$I = 1915/21108/27.6 + 1851992/642903/30.3 + .7 \times 209560/406322/30.3 = .11/1$		
Nu: 13 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 3479/21108/20.8 + 5369310/642903/30.3 + .7 \times 120929/406322/30.3 = .289/1$		
Nu: 15 Cb: 6 Flexotrac.		
$I = 3479/21108/20.8 + 5369311/642903/30.4 + .7 \times 120929/406322/30.4 = .289/1$		
Sc: 20/20; Cb: 6 Flexotrac.		



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



$$I = (5369311/642903/30.4/1) = .275/1$$

Sc: 20/20; Cb: 6 Vuelco

$$I = 1.5 \times 5833/(21108 \times .67)/3.45 = .179/1$$

Sc: 20/20; Cb: 6 Cortante

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Pòrtic tipus

Les tipologies de barra del pòrtic tipus: pilar i llinda. S'analitzen aquí les barres més sol·licitades cada tipus.

Llinda

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
0	0	a l'extrem	0	L/250	2.4	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 54. Les comprovacions efectuades son:

Barra 54	Variable : 200 x(540/300)	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
$I = 27504/108000/17.2 + 6203927/9720000/19.0 + .7 \times 184020/3600000/19.0 = .05/1$ Nu: 42 Cb: 5 Flexocomp.		
$I = 32789/60000/17.2 + 5.358685E+07/3000000/19.0 + .7 \times 0/2000000/19.0 = .971/1$ Nu: 44 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 32789/60000/(1 \times 17.3) + 5.358685E+07/3000000/19.0 + 0.7 \times 0/2000000/19.0 = .971/1$ Sc: 20/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 32789/60000/(1 \times 17.3) + (5.358685E+07/3000000/19.0/1)^2 = .914/1$ Sc: 20/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 27817/(108000 \times .67)/2.16 = .266/1$ Sc: 0/20; Cb: 3 Cortante		
Flecha total vano en combinació casi permanente (1): .46 cm. adm.=l/250 = 2.03 cm.		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compresió és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació tallant i bolcada.

Es comprova també la fletxa en aquesta barra.

Comprovació a foc:

Barra 54	Variable : 200 x(540/300) (Fuego : 165.5 x(522.75/ 282.75))	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Fuego (N/mm ²) :		
E medio=11500.0 E Caract.=11017.0 f m,d=27.6 f c,0,d=27.6 f t,0,d=19.0 f v,d=3.5		
$I = 11369/86515/27.6 + 1408038/7537630/30.3 + .7 \times 27357/2386376/30.3 = .011/1$ Nu: 42 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 9116/46795/27.6 + 2.004514E+07/2205220/30.3 + .7 \times 0/1290765/30.3 = .306/1$ Nu: 44 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 9117/46795/(1 \times 27.6) + 2.004514E+07/2205220/30.3 + 0.7 \times 0/1290765/30.3 = .306/1$ Sc: 20/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 9117/46795/(1 \times 27.6) + (2.004514E+07/2205220/30.4/1)^2 = .096/1$ Sc: 20/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



$$I = 1.5 \times 9840 / (86515 \times .67) / 3.45 = .073/1$$

Sc: 0/20; Cb: 3 Cortante

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Pilar

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	-	0	0	2.4	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 47. Les comprovacions efectuades son:

Barra 47	Variable : 100 x(250/800) (Pieza Doble)	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbeltetes : lz = 33 ly = 105		
$I = 74620/50000/17.2 + 0/5833333/19.0 = .258/1$		
Nu: 32 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 70570/160000/(.996 \times 17.2) + 1.617835E+08/2.133333E+07/19.0 + .7 \times 3826/1.866667E+07/19 = .424/1$		
Nu: 34 Cb: 3 Fle		
$I = 73000/94000/(.334 \times 17.3) + 6.618762E+07/7363333/19.0 + 0.7 \times 1531/1.096667E+07/19.0 = .518/1$		
Sc: 8/20; Cb: 3 Flexocomp		
$I = 73203/88500/(.334 \times 17.3) + (5.802166E+07/6526875/19.0/1)^2 = .362/1$		
Sc: 7/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 33585/(50000 \times .67)/2.16 = .696/1$		
Sc: 0/20; Cb: 3 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a tallant és la secció 0 de 20 per la combinació d'accions número 3, el mateix passa amb les comprovacions de flexo-compresió. La comprovació de bolcada s'efectua per la secció 7.

Comprovació a foc:

Barra 47	Variable : 100 x(250/800) (Pieza Doble)	(Fuego : 65.5 x(232.75/ 782.75))	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Fuego (N/mm ²) :			
E medio=11500.0 E Caract.=11017.0 f m,d=27.6 f c,0,d=27.6 f t,0,d=19.0 f v,d=3.5			
Esbeltetes : lz = 34 ly = 157			
$I = 21924/30490/27.6 + 0/3312491/30.3 = .22/1$			
Nu: 32 Cb: 1 Flexocomp.			
$I = 25981/102540/(.154 \times 27.6) + .7 \times 4.484954E+07/1.337723E+07/30.3 + 1852/1.114007E+07/30.3 = .136/1$			
Nu: 34 Cb: 3 FI			
$I = 27804/37695/(.154 \times 27.6) + .7 \times 4484953/1807801/30.3 + 185/4095249/30.3 = .23/1$			
Sc: 2/20; Cb: 3 Flexocomp.			
$I = 21924/30490/(.118 \times 27.6) + (0/1182768/30.4/1)^2 = .22/1$			
Sc: 0/20; Cb: 1 Vuelco/Compresión			
$I = 1.5 \times 8970/(30490 \times .67)/3.45 = .19/1$			
Sc: 0/20; Cb: 3 Cortante			



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Altres barres

Muntant de biga contravent

La definició d'aquesta barra es:

coef. vinclam. pla pòrtic	coef. vinclam perpend. pòrtic	Articulat	Fletxa activa	Fletxa total	long. eficaç bolcada	Material	β (angle secció vs pòrtic)
1	1	-	0	0	L. total	GL24h	0

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 73. Les comprovacions efectuades son:

Barra 73	150 x 150 mm	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Esbeltetes : lz = 115 ly = 115		
$I = 64952/22500/17.2 + 969287/562500/19.0 + .7 \times 194915/562500/19.0 = .704/1$		
Nu: 58 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 64952/22500/ (.277 \times 17.2) + 1462980/562500/19.0 + .7 \times 129691/562500/19 = .746/1$		
Nu: 68 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 64952/22500/ (.278 \times 17.3) + 1462981/562500/19.0 + 0.7 \times 129692/562500/19.0 = .746/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 64952/22500/ (.278 \times 17.3) + (1462981/562500/19.0/1)^2 = .619/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 713/(22500 \times .67)/1.44 = .049/1$		
Sc: 20/20; Cb: 1 Cortante		

La secció de la barra que rep la màxima sol·licitació a flexo-compresió és la secció 20 de 20 per la combinació d'accions número 3.

El mateix passa amb la comprovació de bolcada i tallant per la combinació 1.

Comprovació a foc:

Barra 73	150 x 150 mm (Fuego : 132.75 x 132.75)	Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)
Fuego (N/mm ²) :		
E medio=11500.0 E Caract.=11017.0 f m,d=27.6 f c,0,d=27.6 f t,0,d=19.0 f v,d=3.5		
Esbeltetes : lz = 130 ly = 130		
$I = 17079/17623/27.6 + 515758/389899/30.3 + .7 \times 52178/389899/30.3 = .206/1$		
Nu: 58 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 17079/17623/ (.219 \times 27.6) + 1600894/389899/30.3 + .7 \times 23741/389899/30.3 = .296/1$		
Nu: 68 Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 17080/17623/ (.22 \times 27.6) + 1600894/389899/30.4 + 0.7 \times 23741/389899/30.4 = .296/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Flexocomp.		
$I = 17080/17623/ (.22 \times 27.6) + (1600894/389899/30.4/1)^2 = .178/1$		
Sc: 20/20; Cb: 3 Vuelco/Compresión		
$I = 1.5 \times 761/(17623 \times .67)/3.45 = .028/1$		

Sc: 20/20; Cb: 3 Cortante

Aquesta barra compleix a totes les comprovacions.

Tirants de la biga contravent

La barra més sol·licitada d'aquest tipus es la núm. 92. Les comprovacions efectuades son:

<p>Barra 92 80 x 80 mm Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)</p> <p>Esbelteces : lz = 0 ly = 0</p> <p>$I = 60646/6400/13.0 = .725/1$</p> <p>Nu: 54 Cb: 3 Flexotrac.</p> <p>$I = 60646/6400/13.0 = .725/1$</p> <p>Nu: 66 Cb: 3 Flexotrac.</p> <p>$I = 60646/6400/13.0 + 0/85333/19.0 = .725/1$</p> <p>Sc: 0/20; Cb: 3 Flexotrac.</p> <p>$I = 1.5 \times 0/(6400 \times .67)/1.44 = 0/1$</p> <p>Sc: 0/20; Cb: 1 Cortante</p>
--

Aquesta barra es comprova a tracció, ja que és un tirant.

Aquesta comprovació s'efectua per la màxima sol·licitació que correspon a la combinació 3.

Comprovació a foc:

<p>Barra 92 80 x 80 mm (Fuego : 45.5 x 45.5) Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)</p> <p>Fuego (N/mm²) :</p> <p>E medio=11500.0 E Caract.=11017.0 f m,d=27.6 f c,0,d=27.6 f t,0,d=19.0 f v,d=3.5</p> <p>Esbelteces : lz = 0 ly = 0</p> <p>$I = 13675/2070/20.8 = .316/1$</p> <p>Nu: 54 Cb: 6 Flexotrac.</p> <p>$I = 13675/2070/20.8 = .316/1$</p> <p>Nu: 66 Cb: 6 Flexotrac.</p> <p>$I = 13675/2070/20.8 + 0/15699/30.4 = .316/1$</p> <p>Sc: 0/20; Cb: 6 Flexotrac.</p> <p>$I = 1.5 \times 0/(2070 \times .67)/3.45 = 0/1$</p> <p>Sc: 0/20; Cb: 1 Cortante</p>
--

Aquesta barra compleix la comprovació.

Corretges

Les corretges es dimensionen automàticament per el programa de càlcul. Les corretges proposades son de fusta classe C18 de 100*200 mm de secció.

CORREAS

CARGA PERMANENTE permanente	0.56 kN/m ² /Cubierta. Duración permanente
CARGA MANTENIMIENTO Duración corta	0.4 kN/m ² /Proy. horizontal.
CARGA NIEVE Duración corta	0.6 kN/m ² /Proy. horizontal.
VIENTO PRESION MAYOR	0.1 kN/m ² /Cubierta. Duración corta
VIENTO SUCCION MAYOR	0.4 kN/m ² /Cubierta. Duración corta
CARGA CONCENTRADA MANTENIMIENTO	1 kN. Duración corta
MATERIAL CORREAS	C24
SECCION	Correa Madera 100x200
PENDIENTE FALDON	20 %
SEPARACION CORREAS	1.22 m.
POSICION CORREAS	Normal al faldón
NUMERO TIRANTILLAS POR VANO	SUJETA
LUZ DEL VANO	5 m.
NUMERO DE VANOS CONTINUOS	1
ALTITUD TOPOGRAFICA	860

$$\text{Indice } z(1) = 7383430 / (666700.01 \times 1 \times 18.46 \times 0.9) = 0.67$$

$$\text{Indice } y(1) = 0.7 \times 0 / (333299.99 \times 1.08 \times 18.46 \times 0.9) = 0$$

$$\text{Indice total}(1) = 0.67$$

(1) Corresponde a :Permanente + 'Mantenimiento' + Nieve + Viento

Donde 'Mantenimiento' es la acción variable dominante

Este índice se corresponde con :Carga mantenimiento uniforme

Valores mostrados : Khz = 1.00 Khy = 1.08 Kmod = 0.90
fmk/YM = 18.46

Flecha total vano en combinación casi permanente (1) = 15.11 mm.
Admisible = 16.67 mm.

(1) Corresponde a :Permanente + 'Mantenimiento' + Nieve + Viento
Donde 'Mantenimiento' es la acción variable dominante

Flecha activa vano en combinación característica (1) = 16.64 mm.
Admisible = 16.67 mm.

(1) Corresponde a :Permanente + 'Mantenimiento' + Nieve + Viento
Donde 'Mantenimiento' es la acción variable dominante



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Desplaçament de nusos

Una altra comprovació que s'ha realitzat ha estat el desplom lateral del pòrtic tipus.

Aquesta comprovació s'efectua al pòrtic central, que és el que presenta major moviment, als dos nusos de cantonada, nusos 33 i 34, associats a les barres 113 i 114 respectivament, resultant aquest acceptable en tot moment.

Barra 113 150 x 150 mm Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)

Esbelteces : lz = 115 ly = 115

$$I = 3473/225/130 + 2574/563/190 + .7 \times 1030/563/190 = .148/1$$

Nu: 33 Cb: 3 Flexotràc.

$$I = 3226/225/130 + 4450/563/190 + .7 \times 1376/563/190 = .16/1$$

Nu: 40 Cb: 6 Flexotràc.

$$I = 3226/225/130 + 4450/563/190 + .7 \times 1377/563/190 = .16/1$$

Sc: 20/20; Cb: 6 Flexotràc.

$$I = (2967/563/127/1) = .041/1$$

Sc: 20/20; Cb: 1 Vuelco

$$I = 1.5 \times 34 / (225 \times .67) / 14.4 = .023/1$$

Sc: 20/20; Cb: 1 Cortante

COMPROBACION DE TENSIONES

Flecha total del nudo : 33 = 11 mm. Admis. = 25 mm. Comb. casi permanente : 2 (X)

Barra 114 150 x 150 mm Material: GL24h (PN UNE-EN-14080)

Esbelteces : lz = 115 ly = 115

$$I = 5184/225/130 + 2433/563/190 + .7 \times 190/563/190 = .2/1$$

Nu: 34 Cb: 3 Flexotràc.

$$I = 5184/225/130 + 3558/563/190 + .7 \times 373/563/190 = .212/1$$

Nu: 41 Cb: 3 Flexotràc.

$$I = 5184/225/130 + 3558/563/190 + .7 \times 373/563/190 = .212/1$$

Sc: 20/20; Cb: 3 Flexotràc.

$$I = (5551/563/190/1) = .051/1$$

Sc: 20/20; Cb: 6 Vuelco

$$I = 1.5 \times 34 / (225 \times .67) / 14.4 = .023/1$$

Sc: 20/20; Cb: 1 Cortante

Flecha total del nudo : 34 = 8 mm. Admis. = 25 mm. Comb. casi permanente : 2 (X)

No s'avalua el desplaçament vertical del nus central donat que visualment no resulta apreciable i no pot afectar a la integritat dels elements per la pròpia configuració estructural.

Unions

Mòdul de rigidesa

El càlcul de la capacitat portant de la unió entre les barres que configuren el semi pòrtic de la nau magatzem, es realitza d'acord a allò especificat a l'apartat 7.2 del CTE DB-SE-M, en quant a lliscament de les unions, i d'acord a Arguelles²⁴, 2000.

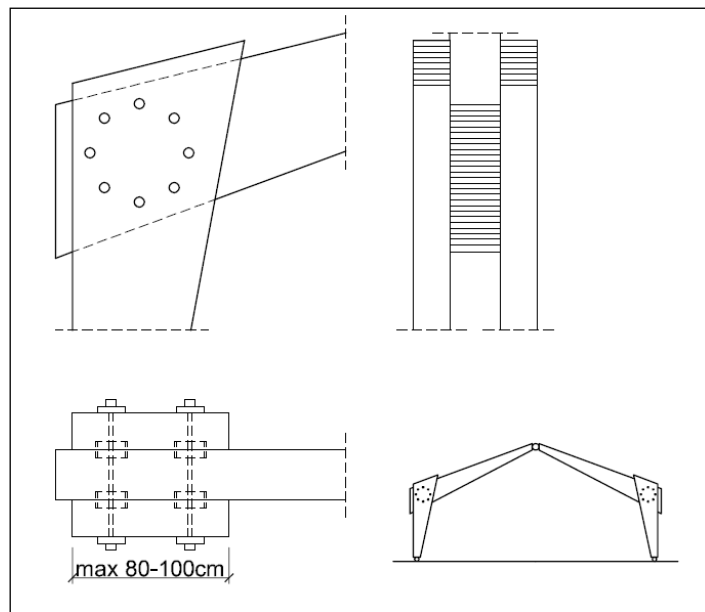


fig. 72. Esquema del nus tipus corona. Font CTE SE-M.

Aquest tipus d'unió, es pot considerar semi-rígid, en quant a transmissió de moments, degut a l' aixafament local de les fibres de fusta, originat per la transmissió de les forces existents a cada pern, segons la figura següent:

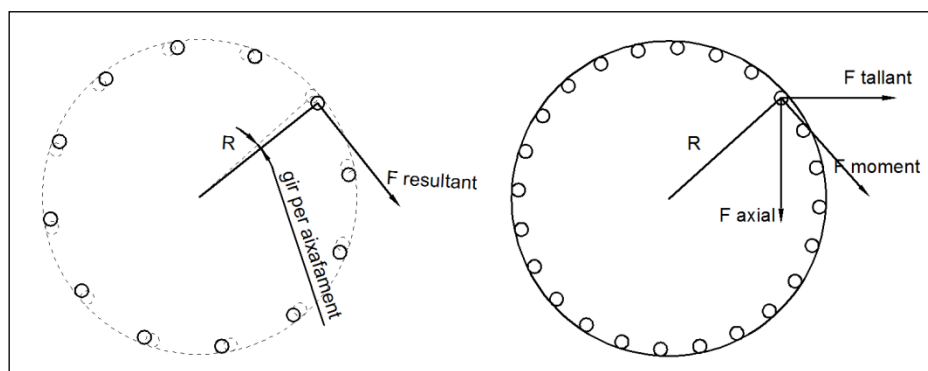


fig. 73. Moviment del nus i càrregues que l'originen

²⁴ Estructuras de Madera, Diseño y Calculo. Ramon Arguelles Alvarez; Francisco Arriaga Martitegui

Segons Eurocodi 5, taula 7.1, el mòdul de rigidesa per a perns en unions fusta-fusta resulta de

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot d/23$$

On ρ_m és la densitat de la fusta, en el nostre cas GL24h es de 380 kg/m^3 , i d es el diàmetre del pern. S'escull un pern de $\varnothing 24 \text{ mm}$, que és el més gran de la sèrie habitual en aquests tipus de peces.

Per tant la rigidesa de cada pern resulta de:

$$K_{ser} = 380^{1,5} \cdot \frac{24}{23} = 7.730 \text{ N/mm}$$

Per la geometria escollida i per l'estat de càrregues propi de les accions característiques de la nau i de la seva ubicació, en un primer predimensionament, les seccions necessàries per assolir els esforços existents al nus son de $200 \times 800 \text{ mm}$ a la biga i de $2 \times 100 \times 800$ al pilar, format per peça doble i amb un angle de 11.3° , corresponent a una pendent de 20%.

En aquesta configuració, i segons les distàncies màximes a testa i entre perns que marca la normativa (Taula 8.4 de CTE DB-SE-M), la distribució màxima de perns és la següent (fig 74):

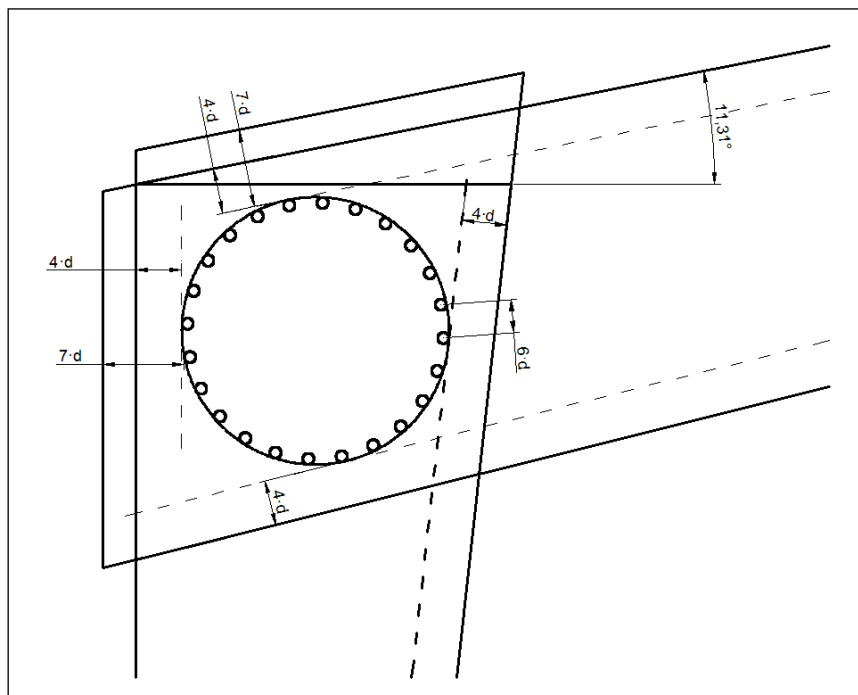


fig. 74. Distribució dels perns

La geometria resultant dona una unió formada per 24 perns $\varnothing 24 \text{ mm}$ muntats a un diàmetre de 570 mm i separats 144 mm entre ells.

El mòdul de rigidesa d'aquesta unió $K_{r,ser,d}$ es determina segons els mòduls individuals de cada pern, d'acord a la expressió²⁵

$$K_{r,ser,d} = K_{ser} \sum_{j=1}^n r_j^2$$

Que per el nostre cas pren un valor de

$$K_{r,ser,d} = K_{ser} \sum_{j=1}^n r_j^2 = 1,5069 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm} = 15.069 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Aquest valor constitueix el coeficient de molla respecte del gir segons l'eix general Z, es a dir el Moment que cal aplicar per produir un gir de un rad.

Aquest valor es col·loca directament al programa de càlcul d'estructures, per tal de dimensionar les barres que conflueixen a aquest nus.

La unió entre pilar i biga que configura el semipòrtic es comprova d'acord a l'esforç màxim per pern, tant degut a les tensions transmeses pel pilar com per la biga, com per la capacitat a tallant de la secció de fusta a la unió.

Comprovació de la unió

La unió entre pilar i biga que configura el semipòrtic es comprova d'acord a l'esforç màxim per pern, tant degut a les tensions transmeses pel pilar com per la biga, com per la capacitat a tallant de la secció de fusta a la unió.

²⁵ Estructuras de Madera, Diseño y Cálculo. Ramon Arguelles Alvarez; Francisco Arriaga Martitegui

Fonamentació

Tal com s'ha explicat a l'annex d'estructura de la nau de fabricació, la fonamentació de la nau es resol per el mateix programa d'anàlisi estructural que s'ha utilitzat per la estructura de fusta. Tot aquest apartat es calcula en el sistema tècnic, es a dir kp i cm.

Tots els pilars de la nau s'han dimensionat articulats a la base i, per tant, no transmeten moments a les sabates de cimentació. Aquesta articulació a la base es materialitza en un passador, unes cartelles i una placa metàl·lica, que són qui uneixen pilar i sabata de cimentació, segons la figura següent:

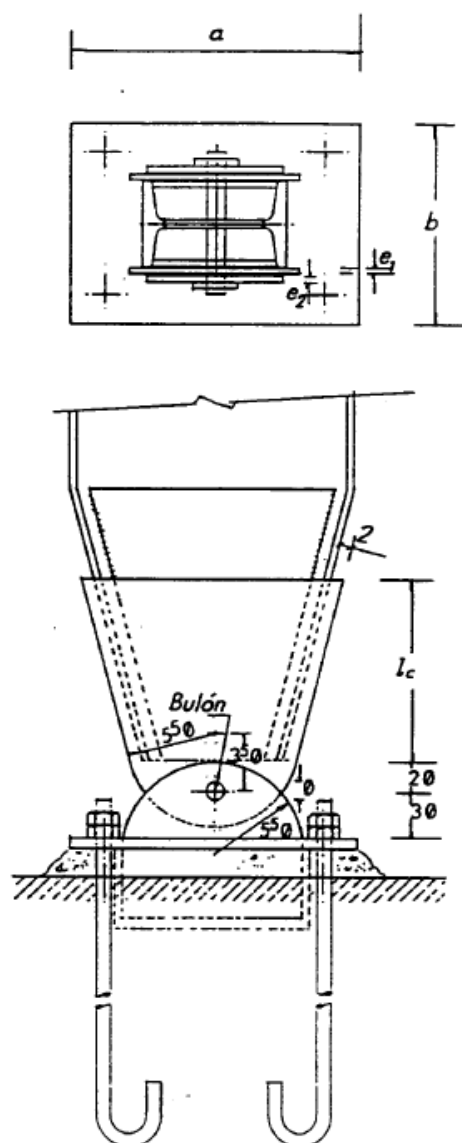


fig. 75. Placa de ancoratge entre pilar i sabata de cimentació

Placa d'ancoratge

El càlcul de la placa d'ancoratge s'efectua d'acord a:

- quan la carga axial es situa dins el nucli central

$$\sigma_{b,\max} = \frac{P^*}{a \cdot b} + \frac{6 \cdot M^*}{b \cdot a^2}$$

On P^* es l'Axial ponderat, M^* el flector ponderat i a i b llarg i ample de la placa respectivament.

- quan M^*/P^* se situa entre $a/6$ i $a/4$ i s'admet una llei de tensions triangular

$$\sigma_{b,\max} = \frac{2 \cdot P^*}{b \cdot x}, \quad \text{on} \quad x = 3 \left(\frac{a}{2} \right) - \frac{M^*}{P^*}$$

- Si M^*/P^* és menor que $a/4$, s'admet una llei de repartiment uniforme de tensions en una zona x propera a l'extrem comprimit, amb una longitud no superior a $1/4$ de la longitud de la placa:

$$\sigma_b^* = \frac{4[M^* + P^*(0,5a - g)]}{a \cdot b(0,875a - g)} \quad Z^* = -P^* + \frac{M^* + P^*(0,5a - g)}{0,875a - g}$$

On x , a , b i g tenen el significat representat a les figures següents (fig 76). Z^* representa l'esforç axial ponderat que han de suportar els ancoratges.

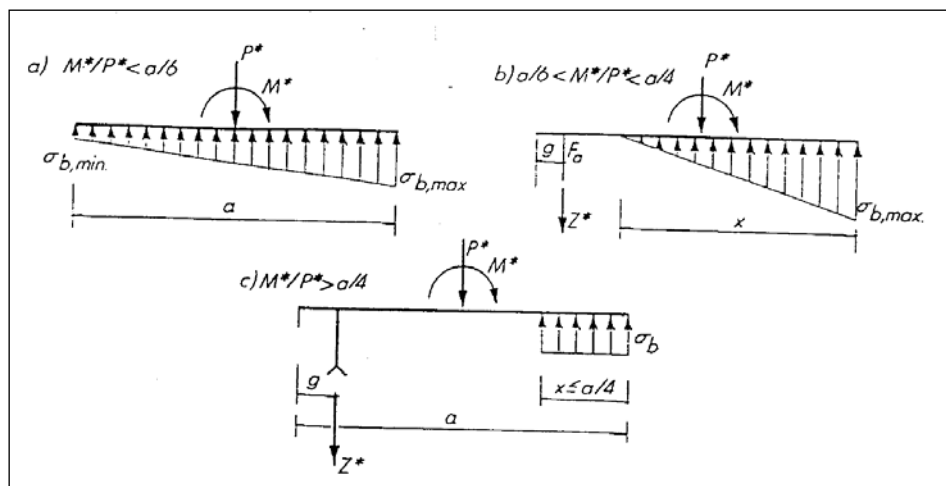


fig. 76 Càlcul de plaques d'ancoratge. Font manual del software Estrumad

La longitud dels ancoratges i la resistència portant del formigó es determinen en base a les recomanacions de CTE, àrea resistent d'ancoratge. La secció de l'ancoratge es determina d'acord a:

$$A_r = \frac{N_{sd}}{0,9 \cdot 4000} 1,25$$

On A_r és l'àrea resistent del cargol, N_{sd} l'esforç axial de tracció de càlcul a l'ancoratge, 4000 kp/cm², la resistència a tracció del cargol i 1,25 és el coeficient parcial de la unió.

La comprovació del gruix de la placa, s'efectua considerant la resistència i superfície portant del formigó, comparant en moment d'esgotament per unitat de longitud de la placa, ($M_{c,Rd}$) amb el valor més desfavorable entre el moment degut a la resistència portant (M_{sd}) i el provocat per una estirada a l'ancoratge.

$$M_{c,Rd} = \frac{t^2 f_y}{6 \cdot 1,25} \qquad M_{sd} = \frac{c^2 f_y}{2}$$

Amb t gruix de la placa base, f_y límit elàstic de l'acer i c ample al costat de la cartel·la de la superfície portant.

Bolons i cartel·les

S'efectua comprovació de bolons i de cartel·les d'ancoratge a aplatament i a tallant i flexió combinades segons les expressions següents:

$$N_{sd} < \frac{3 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{2 \cdot 1,25} \text{ per aplatament, i } \left(\frac{M_{sd}}{M_{u,b}} \right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{u,b}} \right)^2 < 1 \text{ per tallant i flexió combinades}$$

on:

- t és el espessor de la cartel·la ancorada al pilar o 2 vegades el gruix de la cartel·la soldada a la placa base.
- f_y límit elàstic de l'acer
- d diàmetre del boló
- V_{sd} Tallant de càlcul del boló
- $V_{u,b}$ Tallant d'esgotament del boló

f_y i $f_{u,b}$ corresponen a acer S275, i son 275 i 410 N/mm² respectivament.

Sabates

Les sabates es dimensionen d'acord a tensions sobre el terreny, seguretat a bolcada i lliscament i es comprova la resistència del formigó i l'armat de la sabata, tant superior com inferior, tant a flexió, com a tallant i punxonament.

Tensions sobre el terreny

La tensió del terreny es determina sobre la base dels criteris següents (veure fig. 77):

- Si la resultant passa pel nucli central:

$$\sigma_{\max} = \frac{RX_z}{a \cdot b} \pm \frac{6MZ_z}{a^2 \cdot b} \pm \frac{6MY_z}{a \cdot b^2} \quad \sigma_{\text{med}} = \frac{R_z}{a \cdot b}$$

- Si la resultant, RX_z , se situa fora del nucli central el programa determina mitjançant una taula les tensions en tres dels quatre vèrtexs: A, B, C, D i a partir d'aquestes tensions es calcula el plànol de tensions que permet estimar la tensió existent en qualsevol punt del terreny amb la qual cosa s'avaluen les sollicitacions de flexió, tallant i punxonament, en les seves respectives seccions crítiques. Si la tensió admissible del terreny és $\sigma_{t,adm}$, s'ha de complir:

$$\sigma_{\text{med}} = \frac{RX_z}{a \cdot b} \quad \sigma_{\max} \leq 1,25\sigma_{t,adm}$$

On a és la longitud de les sabates en direcció y de la placa i b es l'ample de la sabata, $\sigma_{t,adm}$ tensió admissible del terreny, σ_{med} , tensió mitjana en el terreny, σ_{\max} tensió màxima del terreny, RX_z pes total en servei, inclòs a més del pes propi de la sabata, terres, i altres possibles càrregues, com poden ser bigues de lligat, tancaments, etc, MY_z moment flector en servei rotant sobre l'eix Y de la sabata i MZ_z , el moment flector en servei rotant sobre l'eix Z de la sabata.

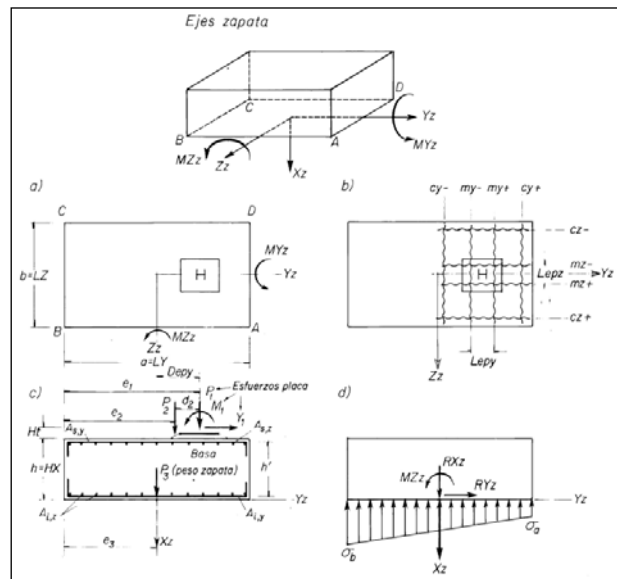


fig. 77 Eixos i situacions de càlcul de les sabates. Font manual del software Estrumad

Seguretat a la bolcada i al lliscament

Es requereix respecte a la línia de vora més desfavorable, línia AD de la figura anterior, el compliment de la condició:

$$\frac{M_{est}}{M_{desest}} > C.S.V \qquad M_{est} = \sum P_i(a - e_i) + M_1 \qquad M_{desest} = Y_1 \cdot h$$

On C.S.V. és el coeficient de seguretat a la bolcada, P_1 , Y_1 i M_1 son les accions a la placa sobre la sabata, P_2 representa el pes del tancament i de la biga de lligat i P_3 representa el pes de sabata i terres.

Referent al lliscament, cal complir la condició:

$$\frac{abs\left(\sum_{i=1}^3 P_i \cdot CR\right)}{abs(y)} \geq C.S.D.$$

On P_i son les càrregues de rep la sabata, CR és el coeficient de fregament, i C.S.D. el coeficient de seguretat al lliscament.

Comprovació de la resistència del formigó i càlcul de la armadura

S'efectua comprovant sota les flexions MF_y i MF_z en les seccions de referència (línies $my-$, $my+$, $mz-$, $mz+$ de la figura 77.b, situades a meitat de la distància entre les cares del suport i les vores de la placa d'acer.

En quant al tallant, les seccions de referència són les línies corresponents a $cy-$, $cy+$, $cz-$ i $cz+$ posicionades seguint les indicacions de la instrucció EHE-99, (que coincideix amb la vigent EHE-08 en allò referent a sabates de formigó en massa), fig. 77,b. El programa realitza també, seguint les recomanacions de la EHE-99 la comprovació de la sabata a punxonament.

Sortides de resultats

Les sortides de resultats per a plaques i ancoratges son:

- Les dimensions de la placa cartel·les i ancoratges, responen al dibuix de la figura 75, essent la primera mesura l'ample b , la segona el llarg a i la tercera el gruix de la placa.
- $Sh(c)$: que indica la tensió majorada màxima del formigó, segons la hipòtesis c , d'acord a una de les tres expressions anteriors per a la tensió del formigó
- $Sh(p)$: indica la tensió màxima ponderada en la placa d'acer d'espessor ep que correspon a la combinació d'hipòtesi c , incloent-se a continuació una fórmula del tipus $6.M^*/(ep^2)$, sent M^* el moment que sol·licita a la placa expressat en $kp.cm/cm$. i el seu espessor en centímetres.
- Índex de tracció a l'ancoratge, calculat d'acord a la expressió definida anteriorment
- Longitud d'ancoratge i tensió d'adherència d'acord a CTE
- APL1 Tensió màxima ponderada de aplatament que actua sobre les cartel·les superiors, incorporades al pilar, definida per una expressió del tipus R^*/A_{p1} .
- APL2 Tensió màxima ponderada d'aixafament que actua sobre les cartel·les inferiors, incorporades a la placa base, definida per una expressió del tipus $R^*/(2.A_{p2})$. Essent R^* el valor màxim ponderat de la meitat de la resultant que actua sobre el boló, A_{p1} la superfície d'aixafament d'una de les dues cartel·les superiors i A_{p2} la superfície d'aixafament d'una de les quatre cartel·les inferiors.

En quant a les sortides per a sabates:

- LY Longitud de la sabata en el sentit longitudinal del pòrtic o gelosia. Dimensió a de la figura 77a
- LZ Ample de la sabata en direcció perpendicular al costat del pòrtic. Dimensió b de la figura 77a.
- HX Altura de la sabata. Dimensió h de la figura 77c.
- Lepy Llarg a de la placa d'ancoratge, figura 75.
- Lepz Ample b de la placa d'ancoratge, figura 75.
- DepY Desplaçament de l'eix de la placa respecte a l'eix de la sabata, figura 77c.
- Lepy Longitud eficaç de la placa en direcció Y a l'efecte de comprovació de la sabata a flexió.
- Lepz el mateix per a la direcció Z
- Fctd Tensió de càlcul a tracció del formigó.
- fcv tensió de càlcul a tallant del formigó.

- R_{Xz} representa en la combinació d'hipòtesi seleccionada, l'acció vertical de servei, en direcció de l'eix X de la sabata sobre el terreny (veure figura 77d).
- R_{Yz} representa en la combinació d'hipòtesi seleccionada, la força horitzontal de servei desenvolupada per la sabata sobre el terreny (veure figura 77d).
- M_{Zz} moment flector en servei de la sabata sobre el terreny amb gir en l'eix Z, en la combinació d'hipòtesi corresponent.
- M_{Yz} Ídem amb gir en l'eix Y, en la combinació d'hipòtesi corresponent.
- F_{y-} representa la tensió màxima de servei sobre el terreny en el costat $Y = -a/2$, figura 77a, si la resultant se situa fora del nucli central i $M_{Yz} = 0$
- F_{y+} Ídem, en el parament $Y = +a/2$, figura 77a.
- F_{med} tensió mitjana del terreny, tal com s'ha definit anteriorment (σ_{med})
- F_a, F_b, F_c i F_d representen, si la resultant se situa en el nucli central de la sabata tant virtual com a fictícia, les tensions en els seus quatre vèrtexs de la sabata: A,B,C,D, vegeu la figura 77a.
- CSV coeficient de seguretat a la bolcada
- CSD coeficient de seguretat al lliscament
- M_{Fy-} - representa el moment *flector majorat, en la línia m_{y-} - m_{y-} (secció crítica a flexió) de la figura 77b.
- F_{max} tensió màxima de tracció del formigó provocada de moment M_{Fz-} .
- M_{Fy+} representa el moment flector majorat, en la línia equivalent a la m_{y+} m_{y+} , però a l'altre costat de l'eix de la sabata, de la figura 77b.
- F_{max} tensió de tracció en el formigó provocada de moment M_{Fz+} .
- Q_{y+}, Q_{y-} representen els valors de l'esforç tallant majorat en les seccions crítiques a tallant, línies c_{y+} i c_{y-} de la figura 77.b, i les seves tensions tangencials corresponents.
- M_{fz-}, F, M_{fz+} i F semblants a M_{Fy-} i M_{Fy+} però aplicats a les seccions equivalents perpendiculars a l'eix Z-Z.
- $A_{i,y}$ representa la secció total d'armadura en cm^2 , disposada en el parament inferior paral·lela al plànol del pòrtic
- $A_{i,z}$ representa la secció total d'armadura en cm^2 , disposada en el parament inferior perpendicular al plànol del pòrtic
- $A_{s,y}$ i $A_{s,z}$ Armadura disposada en el parament superior de la sabata, amb anàleg criteri que A_i .

Definició de les sabates

El programa de càlcul dimensiona les sabates una per una, i les optimitza a cada base de pilar, segons la combinació d'accions pitjor. De les sabates que es disposa a la sortida de dades, cal homogeneïtzar-les en poques tipologies, per facilitar a l'execució. D'aquesta manera, de les 24 plaques, ancoratges i sabates calculades, es discretitza en quatre tipologies, per tal de facilitar la execució i la fabricació del material que hi ha d'anar. Aquestes tipologies son: sabata de cantonada (color vermell), sabata frontal 1 (blau), sabata frontal 2 (blanc) i sabata longitudinal (verd), d'acord a la següent figura 78:

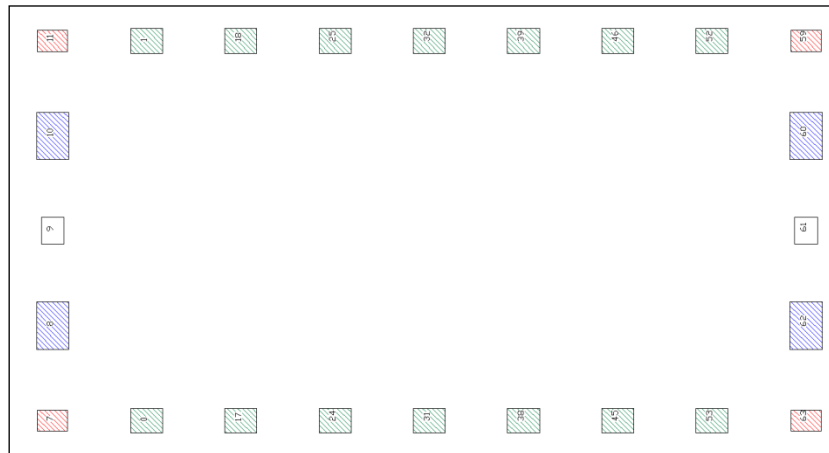


fig. 78 Agrupació de sabates de cimentació per tipologies

Sabata de cantonada

La definició d'aquesta sabata és:

```

NUDO : 11
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)
Zap. rígida de horm. en masa
LY (m.)    LZ (m.)    HX (m.)    Lepy(m.)    Lepz(m.)    DepY(m.)    fctd(kp/cm2)    fcv(kp/cm2)
1.10      1.60      0.40      0.31      0.34      0.00      11.97      1.65

ZAPATAS
COMBINACION : 5
Arm. inferior + cortante maximo + tension media terreno + tension max. terreno
RXz(t.)    RYz(t.)    RZz(t.)    MZz(tm.)    MYz(tm.)    s a      s b      s c      s d
6.45      -0.27     -0.53     -0.08     -0.17     0.36     0.30     0.38     0.43
CSV        CSD
42.14     6.57
MFy-      MFy+      s(mbx)    Qy-      Qy+      g      Ai,y(cm2)    As,y(cm2)    T.punz
-0.47     -0.54     1.27     -0.39     -0.47     0.07     0.00     0.00     0.00
MFz-      MFz+      s(mbx)    Qz-      Qz+      g      Ai,z(cm2)    As,z(cm2)
-0.98     -0.81     3.33     -1.58     -1.28     0.36     0.00     0.00

COMBINACION : 6
vuelco
RXz(t.)    RYz(t.)    RZz(t.)    MZz(tm.)    MYz(tm.)    s a      s b      s c      s d
2.87      -0.53     -0.18     -0.17     -0.06     0.20     0.10     0.12     0.23
CSV        CSD
9.40      3.07
MFy-      MFy+      s(mbx)    Qy-      Qy+      g      Ai,y(cm2)    As,y(cm2)    T.punz
-0.05     -0.20     0.47     -0.03     -0.18     0.03     0.00     0.00     0.00

```

MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.25	-0.19	0.85	-0.40	-0.30	0.09	0.00	0.00	
COMBINACION : 8								
Arm. superior + deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
1.05	-0.04	0.40	-0.01	0.13	0.09	0.08	0.03	0.04
CSV	CSD							
50.70	1.58							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
0.07	0.06	0.00	0.06	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
0.18	0.05	0.00	0.30	0.08	0.07	0.00	0.00	

Sabata de formigó en massa, de 1,10 x 1,60 x 0,40 m, sense armadura, que compleix a totes les comprovacions.

La placa d'ancoratge associada és (nomenada als plànols com A4):

NUDO : 59	
DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE ANCLAJES- COMPROBACION- :	
PLACA BASE	410 x 310 x 15 mm.
PASADOR	f de 24 mm. DE CALIDAD A 4t
CARTELAS INFERIORES(Art.)	4 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 264 mm. de diametro y 7 mm. de espesor
CARTELAS SUPERIORES(Art.)	2 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 264 mm. de diametro y 10 mm.,prolongadas 132 mm.
ANCLAJES PRINCIPALES	2 f 20 de 300 mm. en cada paramento.
TENSIONES PONDERADAS MAXIMAS DE CALCULO :	
sh(5)=	$4656/(31 \times 41) + 100000 \times 0.08 \times 6 / (41 \times 31^2)$ = 5 kp/cm ² ;
sp(5)=	$6 \times 252 / 1.5^2$ = 673 kp/cm ² ;
Indice de agotamiento a la tracción de la rosca del anclaje (5) =	0
Long. anclaje EC-3 = 300 mm.	(Tens. Adherencia EC-3 = 12.02 kp/cm ²)
Aplastamiento cartelas-pilar =	$1.5 \times 1 \times 2.4 \times 1000 / 1.25 = 2880$ kp. >= 2340 kp. = 2340 kp.
Aplastamiento cartelas-placa =	$1.5 \times 2 \times .7 \times 2.4 \times 1000 / 1.25 = 4032$ kp. >= 2340 kp. = 2340 kp.

Sabata frontal 1

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 60							
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)							
Zap. rígida de horm. en masa							
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm ²)	fcv(kp/cm ²)

2.50	1.70	0.80	0.31	0.32	0.00	11.97	1.40		
COMBINACION : 3									
tension max. terreno									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
9.94	-0.77	-1.83	-0.68	-1.62	0.14	0.06	0.33	0.41	
CSV	CSD								
18.18	3.01								
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz	
-0.22	-1.06	0.58	-0.08	-0.67	0.05	0.00	0.00	0.00	
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)		
-1.25	0.50	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
COMBINACION : 5									
Arm. superior + vuelco + deslizamiento									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
7.86	-1.24	-2.58	-0.89	-1.85	0.08	0.00	0.29	0.40	
CSV	CSD								
11.02	1.65								
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz	
0.71	-0.48	0.26	0.49	-0.35	0.04	0.00	0.00	0.00	
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)		
-0.95	1.08	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
COMBINACION : 6									
Arm. inferior + cortante maximo + tension media terreno									
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d	
11.53	-1.07	-0.03	-0.94	-0.03	0.32	0.22	0.22	0.33	
CSV	CSD								
15.30	6.49								
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz	
-0.64	-1.79	0.99	-0.30	-1.12	0.08	0.00	0.00	0.00	
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)		
-0.72	-0.69	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Sabata de formigó en massa, de 2,50 x 1,70 x 0,80 m, sense armadura. Compleix a totes les comprovacions.

La placa d'ancoratge associada és la mateixa que la anterior (A4).

Sabata frontal 2

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 61								
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)								
Zap. rígida de horm. en masa								
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm2)	fcv(kp/cm2)	
1.40	1.20	0.40	0.35	0.34	0.00	11.97	1.65	
COMBINACION : 3								
tension media terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
7.77	-0.90	-0.01	-0.27	0.00	0.53	0.39	0.39	0.53
CSV	CSD							
19.84	5.19							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-0.78	-1.04	3.25	-1.08	-1.51	0.31	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.72	-0.72	1.93	-0.93	-0.92	0.17	0.00	0.00	
COMBINACION : 4								
Arm. inferior + cortante maximo + tension max. terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
6.49	-1.45	0.00	-0.72	0.00	0.57	0.20	0.20	0.57
CSV	CSD							
6.33	2.68							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-0.38	-1.06	3.31	-0.47	-1.58	0.33	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.57	-0.57	1.53	-0.73	-0.73	0.13	0.00	0.00	
COMBINACION : 7								
Arm. superior + vuelco + deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
3.57	-1.43	0.00	-0.71	0.00	0.39	0.03	0.03	0.39
CSV	CSD							
3.54	1.50							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
0.05	-0.62	1.95	0.13	-0.96	0.20	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.23	-0.23	0.61	-0.29	-0.29	0.05	0.00	0.00	

Sabata de formigó en massa, de 1,40 x 1,20 x 0,40 m, sense armadura que compleix a totes les comprovacions.

La placa d'ancoratge associada és (nomenada als plànols com A5):

NUDO : 61

DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE ANCLAJES- COMPROBACION- :

PLACA BASE 380 x 350 x 15 mm.
 PASADOR f de 27 mm. DE CALIDAD A 4t
 CARTELAS INFERIORES(Art.) 4 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 297 mm. de diametro y 7 mm. de espesor
 CARTELAS SUPERIORES(Art.) 2 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 297 mm. de diametro y 10 mm.,prolongadas 149 mm.
 ANCLAJES PRINCIPALES 2 f 20 de 300 mm. en cada paramento.

TENSIONES PONDERADAS MAXIMAS DE CALCULO :

$sh(6) = 5772 / (35 \times 38) + 100000 \times 11 \times 6 / (38 \times 35^2) = 6 \text{ kp/cm}^2$;
 $sp(6) = 6 \times 300 / 1.5^2 = 802 \text{ kp/cm}^2$;
 Indice de agotamiento a la tracción de la rosca del anclaje (1) = 0
 Long. anclaje EC-3 = 300 mm. (Tens. Adherencia EC-3 = 12.02 kp/cm²)
 Aplastamiento cartelas-pilar = $1.5 \times 1 \times 2.7 \times 1000 / 1.25 = 3240 \text{ kp.} \geq 3111 \text{ kp.} = 3111 \text{ kp.}$
 Aplastamiento cartelas-placa = $1.5 \times 2 \times .7 \times 2.7 \times 1000 / 1.25 = 4536 \text{ kp.} \geq 3111 \text{ kp.} = 3111 \text{ kp.}$

Sabata longitudinal

La definició d'aquesta sabata és:

NUDO : 52								
DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)								
Zap. rígida de horm. en masa								
LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)	fctd(kp/cm2)	fcv(kp/cm2)	
1.30	1.70	0.40	0.35	0.49	0.00	11.97	1.65	
COMBINACION : 3								
Arm. inferior + cortante maximo + vuelco + tension media terreno + tension max. terreno								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
7.37	-2.51	1.00	-1.24	0.50	0.67	0.16	0.00	0.51
CSV	CSD							
3.86	1.64							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-0.12	-1.25	2.75	-0.04	-1.85	0.27	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.63	-1.07	3.08	-0.90	-1.62	0.31	0.00	0.00	
COMBINACION : 5								
deslizamiento								
RXz(t.)	RYz(t.)	RZz(t.)	MZz(tm.)	MYz(tm.)	s a	s b	s c	s d
5.68	-2.10	0.85	-0.64	0.26	0.43	0.16	0.08	0.35
CSV	CSD							
5.75	1.50							
MFy-	MFy+	s(mbx)	Qy-	Qy+	g	Ai,y(cm ²)	As,y(cm ²)	T.punz
-0.17	-0.75	1.66	-0.17	-1.11	0.16	0.00	0.00	0.00
MFz-	MFz+	s(mbx)	Qz-	Qz+	g	Ai,z(cm ²)	As,z(cm ²)	
-0.46	-0.69	1.98	-0.67	-1.04	0.20	0.00	0.00	

Sabata de formigó en massa, de 1,30 x 1,60 x 0,40 m, sense armadura, que compleix a totes les comprovacions.

La placa d'ancoratge associada és (nomenada als plànols com A6):

NUDO : 46	
DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DE ANCLAJES- COMPROBACION- :	
PLACA BASE	660 x 380 x 22 mm.
PASADOR	f de 30 mm. DE CALIDAD A 4t
CARTELAS INFERIORES(Art.)	4 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 330 mm. de diametro y 7 mm. de espesor
CARTELAS SUPERIORES(Art.)	2 CARTELAS SEMICIRCULARES DE 330 mm. de diametro y 12 mm.,prolongadas 165 mm.
ANCLAJES PRINCIPALES	2 f 20 de 300 mm. en cada paramento.
TENSIONES PONDERADAS MAXIMAS DE CALCULO :	
$sh(3) = 7344 / (38 \times 66) + 100000 \times .33 \times 6 / (66 \times 38^2) =$	5 kp/cm ² ;
$sp(3) = 6 \times 674 / 2.2^2 =$	836 kp/cm ² ;
Indice de agotamiento a la tracción de la rosca del anclaje (8) =	.01
Long. anclaje EC-3 = 300 mm.	(Tens. Adherencia EC-3 = 12.02 kp/cm ²)
Aplastamiento cartelas-pilar = $1.5 \times 1.2 \times 3 \times 1000 / 1.25 = 4320$ kp.	>= 4005 kp. = 4005 kp.
Aplastamiento cartelas-placa = $1.5 \times 2 \times .7 \times 3 \times 1000 / 1.25 = 5040$ kp.	>= 4005 kp. = 4005 kp.

Foc

segons el punt 4.2.3 del annex II del *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales*, per a activitats classificades de risc intrínsec alt i tipologies C, en planta baixa quan la superfície total del sector d'incendis estigui protegida per una instal·lació de ruixadors automàtics d'aigua i un sistema d'evacuació de fums, com és el cas d'aquesta nau, es demana un **R-15** per l'estructura.

El compliment d'aquest per cada una de les barres ja s'ha justificat en la comprovació d'aquestes, amb el que ara es justifica el compliment d'aquest R-15 de les unions.

Nus corona

Segons la taula E.5. present al CTE DB-SI, la resistència al foc d'unions no protegides amb peces laterals de fusta, realitzades mitjançant perns, serà R-15, si $t_1 \geq 45$ mm, on t_1 és el gruix de la peça lateral.

Per tant aquesta unió compleix R-15.

Nus de la clau i unió de les corretges

Aquesta unió, es realitzarà mitjançant ferramenta oculta tipus CBH de Strong-Tie (veure figura 79). Aquesta unió es podrà considerar R-30, (i per tant complir a R-15) sempre que les plaques

tinguin un espessor no superior a 3 mm i quan la reculada d_g sigui major que 20 mm, segons la figura 79:

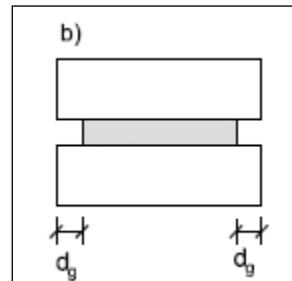


fig. 79 Reculada de les plaques de connexió tipus ocult

D'acord al document bàsic de seguretat contra incendis del Codi Tècnic de la Edificació.

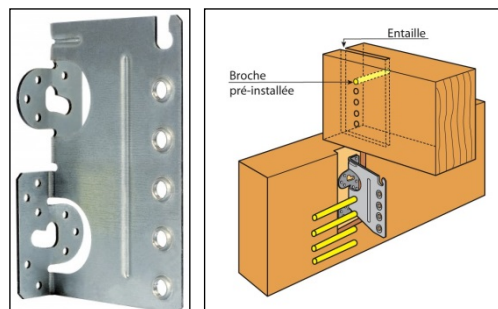


fig. 80 Unió tipus oculta

per tant, realitzant aquestes unions amb aquesta ferramenta complim R-15., per la unió.

Unió de la base del pilar amb la fonamentació.

Aquesta unió és de tipus boló vist, amb plaques d'ancoratge també vistes, segons la figura 75 anterior. La consecució de R-15 en aquest cas s'aconseguirà mitjançant la impregnació amb pintura intumescent, tipus MONTOFOC ESMALTE o similar²⁶.

²⁶ <http://www.montopinturas.com/Monto/Productos/Cat%E1logo/TiendaModule/displayProducto/756>



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 7

Annex 7 Instal·lació de tremuges per material a granel

Tal com s'ha definit a l'apartat de dimensionat del procés productiu, es requereix d'una instal·lació de tremuges per allotjar 8400 m³ de pellet. El model escollit en l'apartat corresponent ja ens cobreix les necessitat, i per tant s'accepta, malgrat això, caldrà dimensionar la llosa de cimentació d'aquestes, ja que han d'allotjar gran quantitat de material, alhora que hauran de suportar les accions de vent quan estiguin buides.

Donat que aquestes sitges es compren prefabricades, no s'entra al dimensionat d'aquestes, limitant la feina a realitzar aquí a dimensionar i comprova la cimentació que les haurà de suportar.

Accions considerades

Les accions sobre la cimentació son el pes buit de la sitja, el pes d'aquesta al 100% de capacitat i l'acció del vent.

Pes en buit

El pes del element ens ve donat per les dades del fabricant, essent un valor de 119.80 Tones, es a dir 1.200 kN.

Pes ple

El pes del material allotjat a cada sitja resulta de 1050 m³ de capacitat, a un pes específic aparent de 6,00 kN/m³, resulta un pes aplicat al centre de gravetat de la tremuja de 6.300 kN.

Acció de vent

L'acció del vent s'ha avaluat seguint les directrius de CTE DB-SE-A, del costat de la seguretat, com el vent que afectaria a un edifici de planta quadrada, de costat 10 m (el diàmetre de la tremuja) i altura 19 (la altura total d'aquesta) veure figura 81, i repartit la càrrega per la amplada tributària de cada pilar que el conforma.

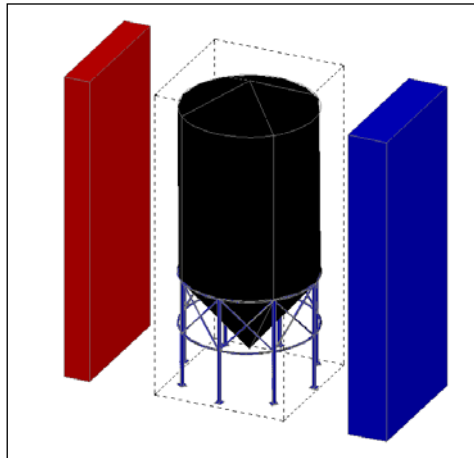


fig. 81 Acció de vent. Blau pressió, vermell succió

L'acció del vent resulta ser una pressió estàtica, s'ha calculat amb la següent expressió:

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

- q_b : pressió dinàmica del vent.
- c_e : coeficient d'exposició.
- c_p : coeficient eòlic o de pressió.

D'acord amb l'ANNEX D.1 del document bàsic la pressió dinàmica s'ha determinat de la següent forma:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

- δ : densitat de l'aire s'ha pres el valor $1,25 \text{ kg/m}^3$.
- v_b : valor característic de la velocitat del vent. Zona C, 29 m/s .

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \text{ kg/m}^3 \cdot 29 \text{ m/s} = 525,625 \text{ N/m}^2 = \mathbf{0,525 \text{ kN/m}^2}$$

El coeficient d'exposició té en compte els efectes de les turbulències originades pel relleu i la topografia del terreny. El seu valor es pot determinar amb la expressió:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k)$$

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L)$$



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



on k, L, Z son paràmetres característics de cada tipus d'entorn, segons la taula D.2 del annex D del citat document bàsic.

Per zona forestal (zona IV) $K=0,22$; $L=0,3$ i $Z=5m$.

$$F=0,22 \times \ln(19)/0,3=0,91$$

$$ce=0,69 \cdot (0,69+7 \cdot 0,22)=\mathbf{2,24}$$

Per al càlcul de C_p , s'utilitzaran els valors de coeficients de pressió pel cas de paraments verticals, aplica la taula D.3, segons figura 82:

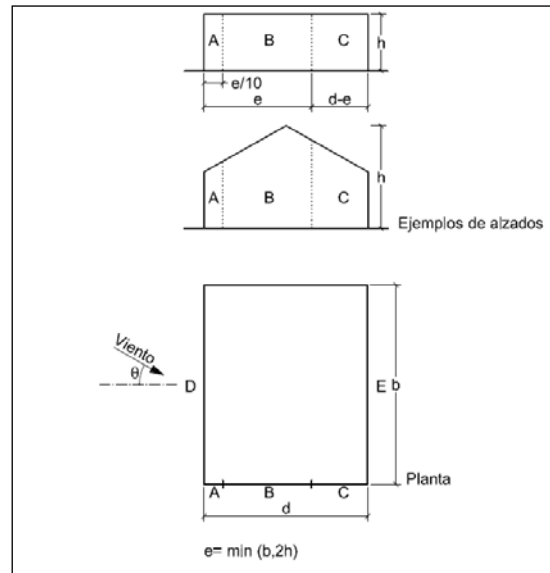


fig. 82 Coeficient de pressió per als paraments verticals

Vent. Paraments verticals

D'acord a D.3 els valors de C_p son:

C_p segons D.3

Vent transversal

dades geomètriques

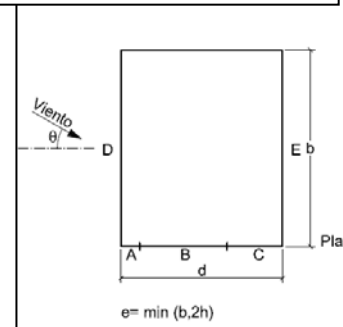
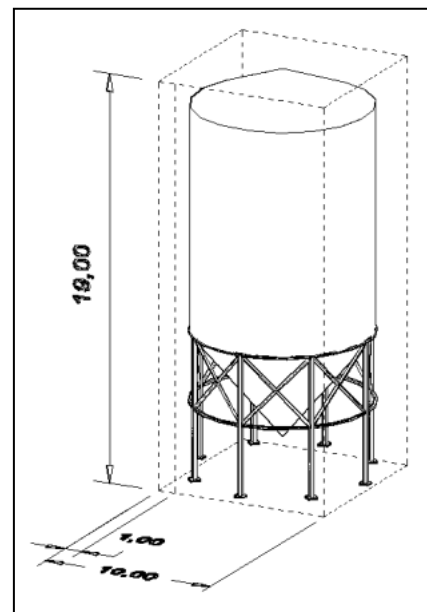
- d (m)= 10,00
- b (m)= 10,00
- h(m)= 19,00

$e = \min(b; 2 \cdot h) =$	10,00	$h/d =$	1,900
----------------------------	-------	---------	-------

longituds de:	longituds	àrees
Zona A (e/10)	1,00	19,00 m ²
Zona B (e)	10,00	171,00 m ²
Zona C (d-e)	0,00	33,60 m ²
Zona D	10,00	190,00 m ²
Zona E	10,00	190,00 m ²

C_p de cada zona, segons taula D.3 i formula D.4

C_p	Valors de q_e vent transversal
Zona A -1,20	façanes
Zona B -0,80	Zona A -1,40 kN/m ²
Zona C -	Zona B -0,95 kN/m ²



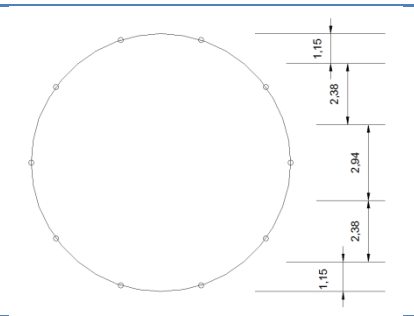
Zona D	0,80	Zona C	- kN/m ²
Zona E	-0,52	Zona D	0,95 kN/m ²
		Zona E	-0,61 kN/m ²

Les zones de disseny son les zones D i E, representant la pressió i succió frontal. Veure figura 82 anterior.

El repartiment per àrees tributàries es realitza d'acord a l'àrea efectiva exposada a vent, per cada un dels pilars que suporten la sitja. D'aquesta manera, el programa de càlcul d'estructures ens permetrà conèixer les reaccions a la base per les combinacions de d'hipòtesis.

Taula 24 Accions de vent en pilars

	Pressió	Succió
	q_e (kN/m ²)	q_e (kN/m ²)
	0,95	0,61
Àrea tributària	Forces en pilar	
(m)	kN/m	kN/m
1,15	1,09	0,67
2,38	2,26	1,38
2,94	2,79	1,70
2,38	2,26	1,38
1,15	1,09	0,67



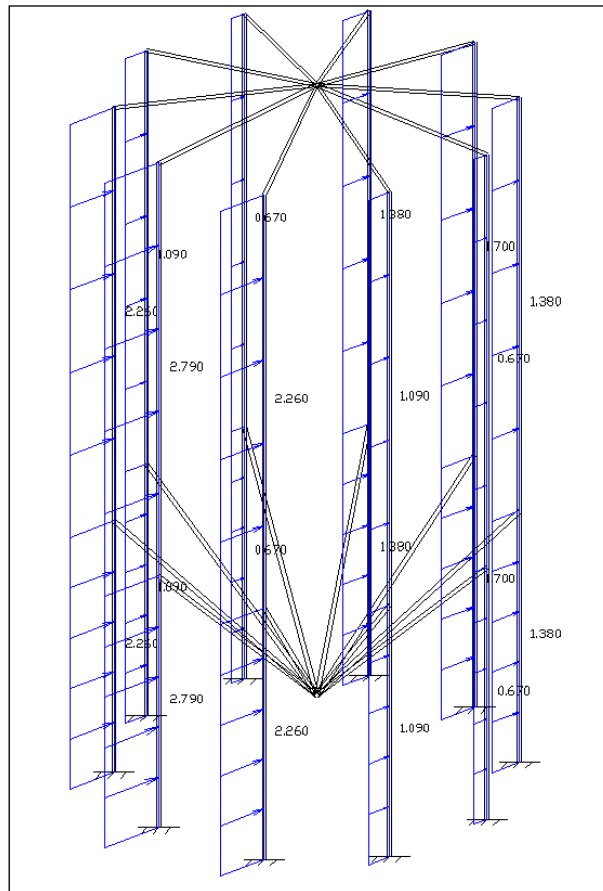


fig. 83 Accions en pilars

Resultants de les accions a la base dels pilars

Mitjançant el software de càlcul d'estructures Estrumad 2011, ver 3.11, es simula la sitja i les accions descrites, a més de fer la combinació d'hipòtesis adequada, per tal d'obtenir les resultants a la base dels pilars per cada acció simple, dades que ens serviran després per dimensionar i comprovar la llosa de cimentació.

La combinació d'hipòtesis utilitzada ha estat:

1	2	3	Comb.
1.00	0.00	0.00	1
0.00	1.00	0.00	2
0.00	0.00	1.00	3

De manera que s'ha considerat el pes buit sol, el pes de la càrrega sola, i el vent sol, per aquest ordre.

Les accions a la base de cada pilar han estat:

BARRA : 0							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	0	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0	+60.729	-36.696	0.000	+0.000	0.000	+171.982
BARRA : 4							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	5	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	5	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	5	+25.764	-41.906	+1.035	+0.158	-1.162	+231.009
BARRA : 8							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	8	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	8	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	8	+4.300	-21.332	+0.733	+0.095	+1.974	+131.248
BARRA : 12							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	11	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	11	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	11	-5.607	-14.544	-0.814	+0.075	-2.325	+93.023
BARRA : 16							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	14	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	14	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	14	-24.807	-29.431	-1.723	+0.109	-3.090	+165.383
BARRA : 20							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	17	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	17	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	17	-60.031	-31.743	0.000	0.000	0.000	+159.663

BARRA : 24							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	20	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	20	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	20	-24.806	-29.431	+1.723	-0.109	+3.090	+165.383
BARRA : 28							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	23	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	23	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	23	-5.607	-14.544	+0.814	-0.075	+2.325	+93.023
BARRA : 32							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	26	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	26	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	26	+4.301	-21.332	-0.733	-0.095	-1.974	+131.248
BARRA : 36							
COMB.	NUDO	AXIL	CORT.y	CORT.z	TORSOR	FLEC.y	FLEC.z
1	29	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	29	-600.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	29	+25.764	-41.906	-1.035	-0.158	+1.162	+231.009

Sabata de cimentació

La llosa de cimentació es dimensiona a partir de les resultants definides per a cada base de pilar, mitjançant el programa de càlcul estructural CypeCad de Cype Ingenieros, versió 2013.p After hours per a ús no professional.

Per tal de comprovar aquesta sabata s'introdueixen en cada base de pilar els esforços corresponents, per cada hipòtesi bàsica, en valor característic, i es calcula aquesta com a sabata combinada quadrada o rectangular que contingui els pilars.

- La combinació d'hipòtesis utilitzada és:
- **Noms de les hipòtesis**
PP Pes propi
CM Càrregues mortes
V 1 vent
- **E.L.U. de ruptura. Formigó en fonamentacions**
CTE
Cota de neu: Altitud inferior o igual a 1000 m

Comb.	PP	CM	V 1
1	1.000	1.000	
2	1.600	1.600	
3	1.000	1.000	1.600
4	1.600	1.600	1.600
5	1.000	1.000	0.960
6	1.600	1.600	0.960

1. Coeficients per a situacions persistents o transitòries

Comb.	PP	CM	V 1
1	0.800	0.800	
2	1.350	1.350	
3	0.800	0.800	1.500
4	1.350	1.350	1.500

- **Tensions sobre el terreny**
Accions característiques

La comprovació de aquesta llosa és:

1.- DESCRIPCIÓ

Referències	Geometria	Armat
(P1-P2-P3-P4-P5-P8-P9-P10-P11-P12)	Sabata quadrada Ample: 1550.0 cm Cantell: 130.0 cm	Sup X: 64Ø20c/24 Sup Y: 64Ø20c/24 Inf X: 64Ø20c/24 Inf Y: 64Ø20c/24

2.- AMIDAMENT

Referència: (P1-P2-P3-P4-P5-P8-P9-P10-P11-P12)		B 400 S, Ys=1.15						Total
Nom d'armat		Ø6	Ø8	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	
Graella inferior - Armat X	Longitud (m)					64x15.72		1006.08
	Pes (kg)					64x38.77		2481.15
Graella inferior - Armat Y	Longitud (m)					64x15.72		1006.08
	Pes (kg)					64x38.77		2481.15
Graella superior - Armat X	Longitud (m)					64x15.76		1008.64
	Pes (kg)					64x38.87		2487.46
Graella superior - Armat Y	Longitud (m)					64x15.76		1008.64
	Pes (kg)					64x38.87		2487.46
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)				24x1.82			43.68
	Pes (kg)				24x2.87			68.94
Arrencada - Estreps	Longitud (m)	3x3.06						9.18
	Pes (kg)	3x0.68						2.04
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)				28x1.82			50.96
	Pes (kg)				28x2.87			80.43
Arrencada - Estreps	Longitud (m)	3x3.06						9.18
	Pes (kg)	3x0.68						2.04
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)				12x1.82			21.84
	Pes (kg)				12x2.87			34.47
Arrencada - Estreps	Longitud (m)		3x3.09					9.27
	Pes (kg)		3x1.22					3.66
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)			24x1.74				41.76
	Pes (kg)			24x1.54				37.08
Arrencada - Estreps	Longitud (m)	3x3.06						9.18
	Pes (kg)	3x0.68						2.04
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)			44x1.74				76.56
	Pes (kg)			44x1.54				67.97
Arrencada - Estreps	Longitud (m)	3x3.06						9.18
	Pes (kg)	3x0.68						2.04
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)			44x1.74				76.56
	Pes (kg)			44x1.54				67.97
Arrencada - Estreps	Longitud (m)	3x3.06						9.18
	Pes (kg)	3x0.68						2.04
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)			24x1.74				41.76
	Pes (kg)			24x1.54				37.08
Arrencada - Estreps	Longitud (m)	3x3.06						9.18
	Pes (kg)	3x0.68						2.04
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)				12x1.82			21.84
	Pes (kg)				12x2.87			34.47
Arrencada - Estreps	Longitud (m)		3x3.09					9.27
	Pes (kg)		3x1.22					3.66
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)				28x1.82			50.96
	Pes (kg)				28x2.87			80.43
Arrencada - Estreps	Longitud (m)	3x3.06						9.18
	Pes (kg)	3x0.68						2.04
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)						4x2.25	9.00
	Pes (kg)						4x8.67	34.68
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)					4x1.98		7.92
	Pes (kg)					4x4.88		19.53
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)					4x1.98		7.92
	Pes (kg)					4x4.88		19.53
Arrencada - Armat longitudinal	Longitud (m)						4x2.25	9.00
	Pes (kg)						4x8.67	34.68
Totals	Longitud (m)	73.44	18.54	313.20	189.28	4045.28	18.00	
	Pes (kg)	16.32	7.32	278.07	298.74	9976.28	69.36	10646.09
Total amb minves (10.00%)	Longitud (m)	80.78	20.39	344.52	208.21	4449.81	19.80	
	Pes (kg)	17.95	8.05	305.88	328.62	10973.90	76.30	11710.70

Resum d'amidament (s'inclouen minves d'acer)

Element	B 400 S, Ys=1.15 (kg)							Formigó (m³)		Encofrat (m²)
	Ø6	Ø8	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Total	HA-25, Yc=1.5	Neteja	
Referència: (P1-P2-P3-P4-P5-P8-P9-P10-P11-P12)	17.95	8.06	305.87	328.61	10973.91	76.30	11710.70	312.32	24.02	80.60
Totals	17.95	8.06	305.87	328.61	10973.91	76.30	11710.70	312.32	24.02	80.60

3.- COMPROVACIÓ

Referència: (P1-P2-P3-P4-P5-P8-P9-P10-P11-P12)		
Dimensions: 1550 x 1550 x 130		
Armats: Xi:Ø20c/24 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø20c/24		
Comprovació	Valors	Estat
Tensions sobre el terreny: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensió mitja en situacions persistents:	Màxim: 0.25 MPa Calculat: 0.0028449 MPa	Compleix
-Tensió màxima en situacions persistents sense vent:	Màxim: 0.312449 MPa Calculat: 0.0018639 MPa	Compleix
-Tensió màxima en situacions persistents amb vent:	Màxim: 0.312449 MPa Calculat: 0.0084366 MPa	Compleix
Bolcada de la sabata: <i>Si el % de reserva de seguretat és major que zero, vol dir que els coeficients de seguretat a la bolcada són majors que els valors estrictes exigits per a totes les combinacions d'equilibri.</i>		
-En direcció X:	Reserva seguretat: 57.8 %	Compleix
-En direcció Y:	Reserva seguretat: 41.6 %	Compleix
Lliscament de la sabata: -Situacions persistents: <i>CTE DB-SE C (Cimientos): Tabla 2.1</i>		
	Mínim: 1.5 Calculat: 555.27	Compleix
Flexió en la sabata:		
-En direcció X:	Moment: -4313.42 kN·m	Compleix
-En direcció Y:	Moment: -4418.78 kN·m	Compleix
Tallant en la sabata:		
-En direcció X:	Tallant: 879.56 kN	Compleix
-En direcció Y:	Tallant: 1075.67 kN	Compleix
Compressió obliqua en la sabata: -Situacions persistents: <i>Criteri de CYPE Ingenieros</i>		
	Màxim: 5000 kN/m² Calculat: 364.6 kN/m²	Compleix
Cantell mínim: <i>Article 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínim: 25 cm Calculat: 130 cm	Compleix
Espai per ancorar arrencades en fonamentació:		
-P1:	Calculat: 121 cm Mínim: 32 cm	Compleix
-P2:	Mínim: 32 cm	Compleix

-P3:	Mínim: 75 cm	Compleix
-P4:	Mínim: 48 cm	Compleix
-P5:	Mínim: 24 cm	Compleix
-P8:	Mínim: 24 cm	Compleix
-P9:	Mínim: 24 cm	Compleix
-P10:	Mínim: 48 cm	Compleix
-P11:	Mínim: 75 cm	Compleix
-P12:	Mínim: 32 cm	Compleix
Quantia geomètrica mínima: <i>Article 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínim: 0.001	
-Armat inferior direcció X:	Calculat: 0.0011	Compleix
-Armat superior direcció X:	Calculat: 0.0011	Compleix
-Armat inferior direcció Y:	Calculat: 0.0011	Compleix
-Armat superior direcció Y:	Calculat: 0.0011	Compleix
Diàmetre mínim de les barres: <i>Recomanació de l'Article 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínim: 12 mm	
-Graella inferior:	Calculat: 20 mm	Compleix
-Graella superior:	Calculat: 20 mm	Compleix
Separació màxima entre barres: <i>Article 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Màxim: 30 cm	
-Armat inferior direcció X:	Calculat: 24 cm	Compleix
-Armat inferior direcció Y:	Calculat: 24 cm	Compleix
-Armat superior direcció X:	Calculat: 24 cm	Compleix
-Armat superior direcció Y:	Calculat: 24 cm	Compleix
Separació mínima entre barres: <i>Recomanació del llibre "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínim: 10 cm	
-Armat inferior direcció X:	Calculat: 24 cm	Compleix
-Armat inferior direcció Y:	Calculat: 24 cm	Compleix
-Armat superior direcció X:	Calculat: 24 cm	Compleix
-Armat superior direcció Y:	Calculat: 24 cm	Compleix
Longitud d'ancoratge: <i>Crítari del llibre "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armat inf. direcció X cap a dret:	Mínim: 20 cm Calculat: 145 cm	Compleix
-Armat inf. direcció X cap a esq:	Mínim: 20 cm Calculat: 145 cm	Compleix
-Armat inf. direcció Y cap amunt:	Mínim: 20 cm Calculat: 178 cm	Compleix
-Armat inf. direcció Y cap avall:	Mínim: 20 cm Calculat: 178 cm	Compleix

-Armat sup. direcció X cap a dret:	Mínim: 37 cm Calculat: 501 cm	Compleix
-Armat sup. direcció X cap a esq:	Mínim: 37 cm Calculat: 557 cm	Compleix
-Armat sup. direcció Y cap amunt:	Mínim: 38 cm Calculat: 417 cm	Compleix
-Armat sup. direcció Y cap avall:	Mínim: 38 cm Calculat: 655 cm	Compleix
Longitud mínima de les patilles:	Mínim: 20 cm	
-Armat inf. direcció X cap a dret:	Calculat: 20 cm	Compleix
-Armat inf. direcció X cap a esq:	Calculat: 20 cm	Compleix
-Armat inf. direcció Y cap amunt:	Calculat: 20 cm	Compleix
-Armat inf. direcció Y cap avall:	Calculat: 20 cm	Compleix
-Armat sup. direcció X cap a dret:	Calculat: 22 cm	Compleix
-Armat sup. direcció X cap a esq:	Calculat: 22 cm	Compleix
-Armat sup. direcció Y cap amunt:	Calculat: 22 cm	Compleix
-Armat sup. direcció Y cap avall:	Calculat: 22 cm	Compleix
Quantia mínima necessària per flexió: <i>Article 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Mínim: 0.0008	
-Armat superior direcció X:	Calculat: 0.0011	Compleix
-Armat superior direcció Y:	Calculat: 0.0011	Compleix
Es compleixen totes les comprovacions		

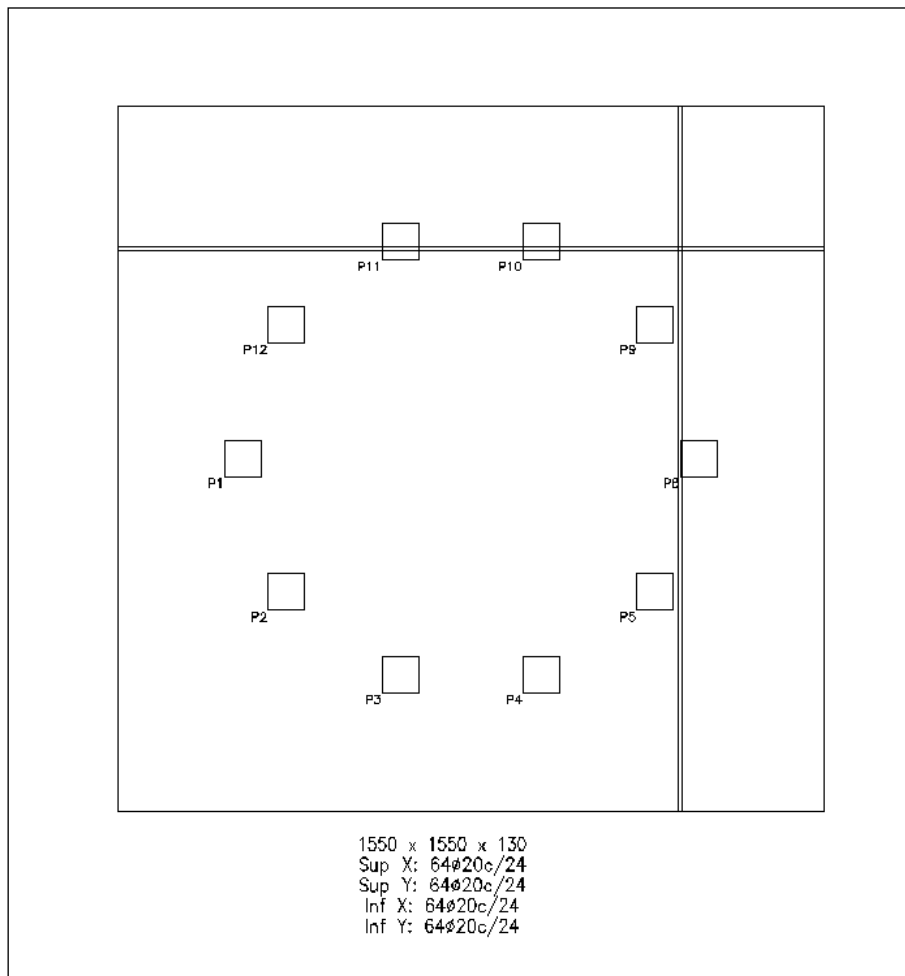


fig. 84 Planta de cimentació de la tremuja



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 8

Annex 8 Paviments

A la instal·lació industrial projectada es requereixen diversos paviments, per cobrir diverses necessitats, així, caldrà disposar de paviments al parc de fusta en roll i al parc d'estella, paviments a l'interior de les dues naus i paviments a la urbanització de l'entorn d'aquestes.

Per tal de donar resposta a aquesta necessitat, s'opta per un únic tipus de paviment, que resoldrà les diverses localitzacions d'aquests, mitjançant paviment de formigó, i resultat d'acord al "manual de pavimentos de hormigón, para vías de baja intensidad de tráfico" de IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones.)

Dades per al càlcul

Els paràmetres a observar son tres:

- Qualitat de la explanada de recolzament
- El trànsit que hi circularà.
- Característiques del formigó que s'utilitzarà
- A partir d'aquests, es possible obtenir les característiques del paviment, gruix i dimensions de les pastilles, i la necessitat o no de disposar d'una sub-base.

Qualitat de la explanada

D'acord al manual, les qualitats d'explanada se classifiquen en tres categories, de S0 a S2 d'acord a resultats d'un assaig de determinació del mòdul de balast, a un assaig CBR o de inspecció visual.

En el nostre cas ens trobem en un terreny de mala qualitat, i per tant S0, en tots els casos.

Nivell de trànsit esperat

Cal avaluar d'una banda el pes dels vehicles que hi circularan i d'altra la freqüència de pas d'aquests.

Aquí cal diferenciar entre localitzacions, ja que no hi haurà el mateix nivell de transit a la zona de càrrega i descàrrega de camions que al parc d'estella o a l'interior de les naus.

Des del punt de vista del dimensionat del ferm, només té interès el nombre vehicles pesants, que son aquells de 5 o més tones de pes, aquests seran camions o tractors amb remolc.

Els nivells de trànsit es classifiquen en quatre categories de la C1 a la C4 de major a menor volum de transit pesant, essent C1 quan circulen de 25 a 50 vehicles diaris, C2 de 15 a 24, C3 de 5 a 14 i C4 de 0 a 4.

En els nostres casos serà:

- parc de fusta en roll i parc d'estella, C4

- paviments a l'interior de les naus, C4
- paviments a la urbanització de l'entorn de les naus. C3

Tipus de formigó

Per als anteriors nivells de intensitat de trànsit, i per un mateix tipus de explanada, es defineixen dues possibilitats de formigó a aplicar, que son HM-30 i HM-25, de manera que per explanada S0 i Transit C4 la secció recomanada és de 16 cm. de HM-30 (interiors de naus i parcs d'estella i fusta en roll), mentre que per S0 i C3 (zona de càrrega i descàrrega i accessos) hi ha la possibilitat de 20 cm. HM-25+15 cm. de sub-base granular o 18 cm. de HM-30 amb la mateixa sub-base.

Tot el paviment a l'exterior haurà de ser resistent les gelades. Al mateix temps, posarem una malla d'acer per reduir la fissuració per retracció, a 5 cm de la superfície a tots els paviments interiors.

Així les especificacions del formigó a demanar seran:

HM-30/B/40 IIa+H, HM-25/B/40/IIa+H, o HM-25/B/40/IIa

S'opta per:

- parc de fusta en roll i parc d'estella, 16 c. HM-25/B/40/IIa+H
- paviments a l'interior de les naus, 16 cm. HM-25/B/40/IIa
- paviments entorn de les naus, 20 cm. HM-30/B/40 IIa+H + 15 cm. grava

A banda d'això, a l'interior de les naus, i per tal d'evitar l'aparició d'humitats per capil·laritat, es col·locarà també la sub-base de grava i una làmina impermeable entre grava i formigó.

Disposició de les juntes

Degut a factors com la retracció del formigó, gradients tèrmics dia-nit, etc, fan necessària la disposició de junts en el formigó, que de no realitzar-se, es produirà la fissuració d'aquest de manera irregular i descontrolada. Així podem dir que els junts busquen controlar la fissuració que es produirà, i dur els trencaments per allà on volem nosaltres.

La separació entre talls és funció del gruix del paviment, essent de 3,75 m per paviments de 16 cm. De gruix i de 4,25 m pel paviment de 20 cm.

Paviments a formar

A mode de resum:

Taula 25 Resum de paviments

Zones	Tipus d'explanada	Nivell de trànsit	Tipus Formigó	Gruix Formigó	Sub-base	Làmina
parc de fusta en roll i parc d'estella	S0	C4 (0-4)	HM-25/B/40/IIa+H	16 cm.	-	-
paviments a l'interior de les naus	S0	C4 (0-4)	HM-25/B/40/IIa	16 cm.	15 cm	si
paviments entorn de les naus	S0	C3 (5-15)	HM-30/B/40 IIa+H	20 cm.	15 cm	-



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



ANNEXE 9

Annex 9 Instal·lació Elèctrica Alta Tensió

La finalitat de la línia en projecte és el subministrament d'energia elèctrica a Indústria de producció de pellets

L'objecte del present projecte és el d'exposar davant els Organismes Competents que la xarxa elèctrica d'alta tensió que ens ocupa reuneix les condicions i garanties mínimes exigides per la reglamentació vigent, amb la finalitat d'obtenir l'Autorització Administrativa i la d'Execució de la instal·lació, així com servir de base a l'hora de procedir a l'execució d'aquesta xarxa elèctrica.

Reglamentacions i disposicions oficials i particulars.

El present projecte recull les característiques dels materials, els càlculs que justifiquen la seva ocupació i la forma d'execució de les obres a realitzar, donant amb això compliment a les següents disposicions:

- Reial decret 3275/1982 de 12 de Novembre, sobre Condicions Tècniques i Garanties de Seguretat en Centrals Elèctriques, Subestacions i Centres de Transformació, així com les Ordenis de 6 de juliol de 1984, de 18 d'octubre de 1984 i de 27 de novembre de 1987, per les quals s'aproven i actualitzen les Instruccions Tècniques Complementàries sobre aquest reglament.
- Ordre de 10 de Març de 2000, modificant ITC MIE RAT en Centrals Elèctriques, Subestacions i Centres de Transformació.
- Reial decret 3151/1968 de 28 de Novembre, pel qual s'aprova el Reglament Tècnic de Línies Elèctriques Aèries d'Alta Tensió.
- Reial decret 1955/2000 d'1 de Desembre, pel qual es regulen les Activitats de Transport, Distribució, Comercialització, Subministrament i Procediments d'Autorització d'Instal·lacions d'Energia Elèctrica.
- Normes particulars i de normalització de la Cia. Subministradora d'Energia Elèctrica.
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals.
- Reial decret 1627/1997 de 24 d'octubre d'1.997, sobre Disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres.
- Reial decret 485/1997 de 14 d'abril de 1997, sobre Disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball.
- Reial decret 1215/1997 de 18 de juliol de 1997, sobre Disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització dels treballadors dels equips de treball.
- Reial decret 773/1997 de 30 de maig de 1997, sobre Disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització dels treballadors d'equips de protecció individual.
- Condicions imposades pels Organismes Públics afectats i Ordenances Municipals.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Descripció de la instal·lació.

Traçat.

La línia en projecte entroncarà en Suport AT existent nombre 12547 ,propietat d'ENDESA i finalitzarà en CT propietat de la indústria de fabricació de pellets.

La longitud de la línia és de 22 m, i en el seu recorregut afecta tant a terrenys de domini públic com a terrenys privats, en zones perfectament delimitades, amb servitud garantida, tot dins del T.M. de Llavorsí.

Creuaments i paral·lelismes.

No existeixen

Classe d'energia.

Totes les característiques de l'energia a transportar figuren en l'annex de càlcul del projecte.

Materials.

Tots els materials seran dels tipus "acceptats" per la Cia.. Subministradora d'Electricitat.

L'aïllament dels materials de la instal·lació estarà dimensionament com a mínim per a la tensió més elevada de la xarxa (Aïllament ple).

Els materials siderúrgics seran com a mínim d'acer A-42b. Estaran galvanitzats per immersió en calenta amb recobriments de zinc de 0,61 kg/m² com a mínim, havent de ser capaces de suportar quatre immersions en una solució de SOTA4 Cu al 20 % d'una densitat d'1,18 a 18 °C sense que el ferro quedi al descobert o acolorit parcialment.

Conductors, entroncaments i aparells elèctrics.

Els conductors utilitzats a la xarxa elèctrica estaran dimensionats per suportar la tensió de servei i les amples terminals i entroncaments seran adequats per al tipus de conductor empleat i aptes igualment per a la tensió de servei.

Els entroncaments per a conductors amb aïllament sec podran estar constituïts per un maniguet metàl·lic que realitzi la unió a pressió de la part conductora, sense debilitament de secció ni producció de buits superficials. L'aïllament podrà ser construït a força de cinta semiconductora interior, cinta autovulcanizable, cinta semiconductora capa exterior, cinta metàl·lica de reconstitució de pantalla, cinta per compactar, trena de terra i nou encintat de compactació final, o utilitzant materials termorretràctils, o premoldeados o un altre sistema d'eficàcia equivalent. Els entroncaments per a conductors nus podran ser de plena tracció dels denominats estiratges, comprimits o de varetes preformadas.

L'aparell elèctric que intervé en el disseny de la xarxa elèctrica queda descrita perfectament en l'annex de càlcul del projecte.



**PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ**



Posada a terra.

En els extrems de les línies subterrànies es col·locarà un dispositiu que permeti posar a terra els cables en cas de treballs o reparació d'avaries, amb la finalitat d'evitar possibles accidents originats per existència de càrregues de capacitat. Les cobertes metàl·liques i les pantalles de les mateixes estaran també posades a terra.

En xarxes aèries, totes les parts metàl·liques dels suports i herrajes seran connectades a una presa de terra en cada suport.

ANEXO DE CALCULO

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$I = S \times 1000 / 1,732 \times U = \text{Amperios (A)}$$

$$e = 1.732 \times I [(L \times \text{Cos}\varphi / k \times s \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad. Cobre 56. Aluminio 35. Aluminio-Acero 28.

Cos φ = Coseno de fi. Factor de potencia.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

n = N° de conductores por fase.

Las características generales de la red son:

Tensión(V): 25000

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0.8

Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea Admisi.(A)/	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal / Xu(mΩ/m)	Canal.	Aislam.	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	D. tubo (mm)	I. Fci
1	3	1	22	Al/0.15	En.B.Tu.Et.-pr.(DHV)	18/30	Unip.	-2.89	3x95	175	192/0.8

Nudo C.d.t.(V) Tensión Nudo(V) C.d.t.(%) Carga Nudo

1	0	25000	0	2.89 A (125 kVA)
3	-0.04	24999.96	0*	-2.89 A (-125 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. 3RI ² (kW)	Pérdida Potencia Activa Total itinerario. 3RI ² (kW)
1	3	1	0	

Resultados obtenidos para las protecciones:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)	Fusibles;In (Amp)	I.Aut;In/Ireg (Amp)	I-Secc;In/Iter/IFus (Amp)
-------	------------	------------	---------	---------	---------	-------------------	---------------------	---------------------------

1 3 1 36 170 70 200/10/10

In(A). Intensidad nominal del elemento de protección o corte.

Ireg(A). Intensidad de regulación del relé térmico del interruptor automático.

Iter(A). Intensidad nominal del relé térmico asociado al elemento de corte (seccionador interruptor).

IFus(A). Intensidad nominal de los fusibles asociados al elemento de corte (seccionador interruptor).

Resultados obtenidos para las Autoválvulas-Pararrayos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	In (kA)	Un (kV)	U1 (kV)	U2 (kV)
1	3	1	5	36	170	70

In(kA). Intensidad nominal de la autoválvula-pararrayos.

Un(kV). Tensión más elevada de la red.

U1(kV). Tensión de ensayo al choque con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos. kV Cresta.

U2(kV). Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz, bajo lluvia durante un minuto. kV Eficaces.

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{pccM} = S_{cc} \times 1000 / 1.732 \times U$$

Siendo:

I_{pccM} : Intensidad permanente de c.c. máxima de la red en Amperios.

S_{cc} : Potencia de c.c. en MVA.

U: Tensión nominal en kV.

$$* I_{cccs} = K_c \times S / (t_{cc})^{1/2}$$

Siendo:

I_{cccs} : Intensidad de c.c. en Amperios soportada por un conductor de sección "S", en un tiempo determinado "tcc".

S: Sección de un conductor en mm².

tcc: Tiempo máximo de duración del c.c., en segundos.

K_c : Cte del conductor que depende de la naturaleza y del aislamiento.

* Papel impregnado PPV

Nivel de aislamiento $\leq 12/20$; $K_{cCu} = 113$; $K_{cAl} = 74$

Nivel de aislamiento de 15/25 a 18/30; $K_{cCu} = 101$; $K_{cAl} = 66$

Nivel de aislamiento = 26/45; $K_{cCu} = 109$; $K_{cAl} = 71$

Nivel de aislamiento = 36/66; $K_{cCu} = 112$; $K_{cAl} = 74$

* Etileno-propileno DHV o Polietileno reticulado RHV

$K_{cCu} = 142$; $K_{cAl} = 93$;

Para todas las tensiones de aislamiento

* Desnudos

$K_{cCu} = 164$

$K_{cAl} = 107$

$K_{cAl-Ac} = 135$

Según la configuración de la red, se obtienen los siguientes resultados del cálculo a cortocircuito:



PROJECTE D'IMPLANTACIÓ D'UNA PLANTA DE
PELLETS DE FUSTA AL T.M. DE LLAVORSÍ,
PALLARS SOBIRÀ



$S_{cc} = 250 \text{ MVA}$.
 $U = 25 \text{ kV}$.
 $t_{cc} = 0.5 \text{ s}$.
 $I_{pccM} = 5773.67 \text{ A}$.

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Sección (mm ²)	I _{ccs} (A)	Prot.térmica/In	PdeC (kA)
1	3	1	3x95	12494.58	200	16