

INGENIERITZA MEKANIKOKO GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***ARTZINIEGAKO KIROL INSTALAZIOEN  
BIRMOLDAKETA***

***3. DOKUMENTUA - ERANSKINAK***

**Ikaslea:** Lopez Arbeloa, Martin

**Zuzendaria:** Laraudogoitia Alzaga, Juan Esteban

**Ikasturtea:** 2020-2021

**Data:** Bilbo, 2021eko maiatzaren 11a

## 3. DOKUMENTUA - AURKIBIDEA

3.1	SARRERA.....	11
3.2	KARGEN ANALISIA .....	11
3.2.1	KARGA IRAUNKORRAK .....	11
3.2.1.1	BEREZKO PISUA .....	11
3.2.1.2	ESTALKIAREN KARGA.....	12
3.2.2	KARGA ALDAKORRAK .....	15
3.2.2.1	ERABILERAREN GAINKARGA.....	15
3.2.2.2	HAIZEA .....	16
3.2.2.3	ELURRA .....	29
3.2.2.4	SEISMOEN AKZIOA.....	32
3.2.2.5	SUTEEN AKZIOA .....	33
3.2.2.6	KARGEN LABURPENA.....	34
3.2.3	INDARREN ARTEKO KONBINAKETAK .....	37
3.2.3.1	AZKEN MUGA EGOERA.....	37
3.2.3.2	ZERBITZU MUGA EGOERA .....	41
3.3	PADEL ESTALKIAREN KALKULUA.....	43
3.3.1	ESTALKIA.....	43
3.3.1.1	INDARRAK.....	46
3.3.1.2	INDARREN KONBINAKETAK .....	49
3.3.1.3	EMAITZA .....	50
3.3.2	PETRALAK .....	51
3.3.2.1	KALKULU PROGRAMA: GENERADOR DE PÓRTICOS .....	51
3.3.2.2	PETRALEN KALKULUA .....	54
3.3.3	PORTIKOA .....	59
3.3.3.1	KALKULU PROGRAMA: CYPE-3D.....	60
3.3.3.2	PORTIKOAREN EZAUGARRIAK .....	66
3.3.3.1	PORTIKOAREN KALKULUA .....	69
3.3.4	ZIMENDAPENA .....	157
3.3.4.1	HORMIGOI ZAPATA .....	157
3.3.4.2	FINKATZE PLAKA.....	165
3.3.4.3	HABE LOTZAILEA ETA HABE ZENTRATZAILEA .....	174
3.3.5	LOTURAK .....	180
3.3.5.1	ESTALKIAREN LOTURA.....	180



3.3.5.2	PETRALEN LOTURA .....	181
3.3.5.3	PORTIKOEN ARTEKO LOTURA.....	181
3.3.5.4	PORTIKO ETA ZUTABEEN ARTEKO LOTURA.....	196
3.3.5.5	MUNTANTE ETA HABE LOTZAILEEN LOTURA .....	219
3.3.6	ARRIOSTRAMENDUA .....	225
3.3.6.1	KABLEAREN DIMENTSIONAMEDUA .....	225
3.3.6.2	LUZEETARAKO ARRIOSTRAMENDUAK.....	229
3.3.6.1	ALBOETARAKO ARRIOSTRAMENDUAK .....	231
3.3.7	SANEAMENDUA.....	234
3.3.7.1	ERRETEEN DIMENTSIONAMENDUA.....	235
3.3.7.2	HUSTUBIDEEN DIMENTSIONAMENDUA .....	236
3.3.7.3	KOLEKTOREEN DIMENTSIONAMENDUA .....	237
3.3.8	ARGIZTAPENA.....	238
3.4	JOLASTOKIAREN ESTALKIAREN KALKULUA.....	239
3.4.1	ESTALKIA.....	239
3.4.1.1	INDARRAK.....	241
3.4.1.2	INDARREN KONBINAKETAK .....	244
3.4.1.3	EMAITZA .....	245
3.4.2	KALKULU PROGRAMA .....	246
3.4.2.1	ESTALKIAREN GEOMETRIA .....	246
3.4.2.2	BARREN SARRERA.....	246
3.4.2.3	KARGEN SARRERA .....	250
3.4.2.4	HIPOTESI KONBINAZIOEN SARRERA.....	253
3.4.2.5	KONPROBAZIOAK .....	254
3.4.3	TEILATUKO PETRALAK .....	262
3.4.4	PORTIKO HASTIALEKO PETRALAK.....	283
3.4.5	PORTIKOAK.....	307
3.4.6	PORTIKOA HASTIALEKO ZUTABEA.....	330
3.4.7	ZIMENDAPENA .....	354
3.4.7.1	HORMIGOI ZAPATA .....	354
3.4.7.2	FINKATZE PLAKA .....	362
3.4.7.3	HABE LOTZAILEA.....	367
3.4.8	LOTURAK .....	369
3.4.8.1	ESTALKIAREN LOTURA.....	369
3.4.8.2	TEILATUKO PETRALEN LOTURA .....	370

3.4.8.3	PORTIKO HASTIALEKO PETRALEN LOTURA .....	375
3.4.8.4	PORTIKOEN ARTEKO LOTURA.....	393
3.4.8.5	PORTIKO HASTIALAREN ZUTABEAREN LOTURA .....	399
3.4.8.6	PORTIKO ETA ZIMENDAPENAREN ARTEKO LOTURA .....	407
3.4.8.7	ZUTABE ETA ZIMENDAPENAREN ARTEKO LOTURA.....	414
3.4.9	ARRIOSTRAMENDUA .....	416
3.4.9.1	KABLEAREN DIMENTSIONAMENDUA .....	416
3.4.9.2	PLAKAREN DIMENTSIONAMENDUA.....	420
3.4.10	SANEAMENDUA.....	424
3.4.10.1	ERRETENEN DIMENTSIONAMENDUA.....	425
3.4.10.2	HUSTUBIDEEN DIMENTSIONAMENDUA .....	425
3.4.10.3	KOLEKTOREEN DIMENTSIONAMENDUA .....	426
3.4.11	ARGIZTAPENA.....	428

## IRUDIEN AURKIBIDEA

Irudia 3.1 - PalPlastiken proiektuak: a) Galdakao b) Leioa c) Torrelavega .....	12
Irudia 3.2 - Danpalon Softlite estalkia .....	13
Irudia 3.3 – “Danpalon” mota desberdinen ezaugarri orria .....	13
Irudia 3.4 - Haizearen abiaduraren oinarrizko balioa, <b>vb</b> .....	16
Irudia 3.5 - Padel estalkiaren kota orokorrak .....	18
Irudia 3.6 - Padel estalkiaren bataz-besteko malda .....	20
Irudia 3.7 - NIDE-k araututako padel kantxen dimentsioak .....	20
Irudia 3.8 - Jolastokiaren estalkiaren kota orokorrak .....	22
Irudia 3.9 - Jolastokiaren portiko hastialaren kota orokorrak .....	22
Irudia 3.10 - Zirkulu baten segmentuaren azaleraren kalkulua .....	23
Irudia 3.11 - Haizearen efektu erreala portiko hastialetan bi norabideetan. ....	27
Irudia 3.12 - Neguko zonalde klimatologikoak Espainian .....	30
Irudia 3.13 – EKT-ren forma koefizienteagatik agertzen diren akzioak .....	31
Irudia 3.14 - Elurraren akzioaren aplikazio grafikoa.....	31
Irudia 3.15 - NCSE-02 arau sismoerresistentearen mapa sismikoa .....	32
Irudia 3.16 - NCSE-ren arauaren aplikazio eremuak .....	32
Irudia 3.17 - Bi uretako markesina baten zonaldeak .....	34
Irudia 3.18 - Bi uretako markesina baten zonaldeak .....	34
Irudia 3.19 - Portiko hastialaren zonaldeak haizea 0° doanean.....	34
Irudia 3.20 - Deformazioen adierazpen grafikoa.....	42
Irudia 3.21 - Danpal enpresaren "FreeSpan" sistema .....	44
Irudia 3.22 - DPAB50 barraren sekzioa .....	45
Irudia 3.23 - Indarren bihurketa estalkiarekiko paralelo eta perpendikularki .....	46
Irudia 3.24 - Malda desberdinetako petralak jasaten duten indarra.....	46
Irudia 3.25 - CYPE-ren "Generador de Pórticos" modulua.....	51
Irudia 3.26 - Padel eraikuntzaren dimentsio orokorrak.....	52
Irudia 3.27 - Tenis eraikuntzaren datu orokorrak .....	52
Irudia 3.28 - Haizearen eragina "Generador de Pórticos" moduluan .....	53
Irudia 3.29 - Artziniegaren enplazamenduren definiketa .....	53
Irudia 3.30 - Elurraren eraginaren datu orokorrak.....	53
Irudia 3.31 - "Generador de Pórticos" dimentsionatutako UPE motako petralak .....	54
Irudia 3.32 - Teilatuko petralen datu orokorrak .....	55
Irudia 3.33 - Cyperen oharpena markesinetarako .....	58
Irudia 3.34 - Cype 3D-ren datu orokorren leihatea.....	60
Irudia 3.35 - Lursail motaren aukeraketa .....	61
Irudia 3.36 - Erabilpenaren motaren aukeraketa.....	61
Irudia 3.37 - EKT-ko markesinetan kontuan hartu beharreko oharpena .....	61
Irudia 3.38 - Haizearen hipotesi desberdinen izena eta konbinaketa .....	62
Irudia 3.39 - Elurraren hipotesi desberdinen izena eta konbinazioa .....	63
Irudia 3.40 - Portiko mota desberdinen kokalekua.....	64
Irudia 3.41 - Portiko hastialaren elementu nagusien disposizioa .....	64
Irudia 3.42 - Erdiko portikoaren elementu nagusien disposizioa .....	65
Irudia 3.43 - Bi portiko moten arteko lotura elementuen disposizioa.....	65
Irudia 3.44 - Portikoen gilbordura luzera plano barruan .....	66
Irudia 3.45 - Gilbordura luzera ertzaren loturaren menpe .....	67

Irudia 3.46 - Gezi maximoaren sarrera padel estalkian .....	68
Irudia 3.47 – Erdiko portikoaren aprobetxamendu maximoa .....	69
Irudia 3.48 – Erdiko portikoaren zutabearen aprobetxamendu maximoa .....	89
Irudia 3.49 - Aztertuko den kanpoko zutabearen kokalekua .....	89
Irudia 3.50 - Portiko hastialaren barneko zutabearen aprobetxamendu maximoa .....	108
Irudia 3.51 - Aztertuko den barneko zutabearen kokalekua .....	108
Irudia 3.52 - EKT-ak ezartzen duen lerdentasun muga .....	121
Irudia 3.53 - Muntanteen kalkuluak egitean egiaztapenak betetzen dituzten barrak .....	121
Irudia 3.54 - Muntanteen gehieneko karga eta aprobetxamendua .....	121
Irudia 3.55 – Habe lotzaileen kalkuluak egitean egiaztapenak betetzen dituzten barrak .....	140
Irudia 3.56 – Habe lotzaileen gehieneko karga eta aprobetxamendua .....	140
Irudia 3.57 - Cype 3D-ren zimendapen mota desberdinak .....	157
Irudia 3.58 - Zimendapenen lehenengo iterazioarekin ateratako dimentsionamendua .....	158
Irudia 3.59 - Habe zentratzaileekin ateratako zapaten dimentsionamendua .....	158
Irudia 3.60 - Zimendapen moten desberdinen kokalekua .....	159
Irudia 3.61 - Finkatze plakaren detailea .....	166
Irudia 3.62 - Kanpoaldeko finkatze plakaren diagrama (F1) .....	167
Irudia 3.63 - Barneko finkatze plakaren diagrama (F2) .....	171
Irudia 3.64 – Habe zentratzaile moten desberdinen kokalekua .....	174
Irudia 3.65 – C1 Habe lotzailearen diagrama .....	175
Irudia 3.66 - C2 Habe zentratzaile primarioaren diagrama .....	176
Irudia 3.67 - Habe zentratzaile sekundarioaren diagrama .....	178
Irudia 3.68 - Estalkiaren eta petralaren arteko pieza eta torlojuak .....	180
Irudia 3.69 - Danpalon panelen kokapena FreeSpan sistemarekin .....	180
Irudia 3.70 - Petralen lotura portikoetara .....	181
Irudia 3.71 - Bi portikoen arteko lotura .....	181
Irudia 3.72 - Barneko zutabearen eta portikoaren arteko lotura I .....	196
Irudia 3.73 - Barneko zutabearen eta portikoaren arteko lotura II .....	197
Irudia 3.74 - Kanpoko zutabe hastialaren eta portikoaren arteko lotura I .....	203
Irudia 3.75 - Kanpoko zutabe hastialaren eta portikoaren arteko lotura II .....	203
Irudia 3.76 - Kanpoko erdiko zutabearen eta portikoaren arteko lotura I .....	209
Irudia 3.77 - Kanpoko erdiko zutabearen eta portikoaren arteko lotura II .....	210
Irudia 3.78 - Zutabeen eta habe lotzaileen arteko lotura I .....	219
Irudia 3.79 - Zutabeen eta habe lotzaileen arteko lotura II .....	219
Irudia 3.80 - Arriostamenduaren kokapena padel egituran .....	225
Irudia 3.81 - Konbinazioekin ateratako karga axial maximoa arriostamenduetan .....	225
Irudia 3.82 - Cype 3D-ek proposaturiko kable diametroak arriostamenduarentzako .....	226
Irudia 3.83 - Luzeetarako (urdina) eta alboetako (horia) arriostamenduen kokapena .....	229
Irudia 3.84 - Luzeetarako arriostamenduaren terminalak .....	229
Irudia 3.85 - Arriostamendua lotzeko erabiliko den esparragoa .....	230
Irudia 3.86 - Padel estalkiaren luzeetarako arriostamenduaren enlazamendua .....	230
Irudia 3.87 – Luzeetarako arriostamenduaren loturaren dimentsio nagusiak .....	231
Irudia 3.88 - Alboetarako arriostamenduaren terminalak .....	232
Irudia 3.89 - Urkilaren eta tentsorearen dimentsio orokorrak .....	232
Irudia 3.90 - Finkatze puntuaren dimentsionaketaren lehenengo iterazioa .....	233
Irudia 3.91 – Alboetako arriostamenduaren finkapenaren diseinua .....	233
Irudia 3.92 - Isohietak eta zona plubiometrikoen mapa .....	234

Irudia 3.93 - Erreten batek hartuko duen euriaren azalera .....	235
Irudia 3.94 - Padel estalkiaren hustubideen kokapena .....	236
Irudia 3.95 - Kolektoreen eta erregistro kutxatilen kokapena .....	237
Irudia 3.96 - Padel pistaren diseinuan kokaturiko argiztapena .....	238
Irudia 3.97 - DaNpe enpresaren "SeamLess" sistema .....	240
Irudia 3.98 - DPAC50 barraren sekzioa .....	240
Irudia 3.99 - Indarren bihurketa estalkiarekiko paralelo eta perpendikularki .....	241
Irudia 3.100 - Malda desberdinetako petralak jasaten duten indarra .....	241
Irudia 3.101 - Eraikuntzetan erabiltzen diren zur mota desberdinak .....	246
Irudia 3.102 - Zur ijeztu kolatu homogeneoaren aukeraketa .....	246
Irudia 3.103 - Zerbitzu klase desberdinen deskripzioa .....	248
Irudia 3.104 - Tornapunten diagrama petral eta portikoen artean .....	249
Irudia 3.105 - Jolastokiaren hormatalen kokapena .....	250
Irudia 3.106 - Indarren transmisioa petraletara hormatalen norabidearen arabera .....	251
Irudia 3.107 - Elurraren hipotesi akzio desberdinen konbinazioa .....	251
Irudia 3.108 - Haizearen akzioaren hipotesi desberdinen sarrera .....	252
Irudia 3.109 - Tentsio ebakitzailak. a) ebakidura paraleloan. b) ijezketa .....	256
Irudia 3.110 - Hondar-sekzioa (2) eta sekzio eraginkorraren (3) definizio grafikoa .....	260
Irudia 3.111 - Petralen disposizioa portikoen artean .....	262
Irudia 3.112 - Petral kritikoaren gezi maximoa .....	263
Irudia 3.113 - Portiko hastialaren petralen kokapena .....	283
Irudia 3.114 - Portiko hastialaren petral kritikoaren gezi maximoa .....	284
Irudia 3.115 - Portikoak bi zatietan banatzean lortzen diren kota orokorrak .....	307
Irudia 3.116 - Portiko kritikoaren momentu eta aprobeztamendua .....	308
Irudia 3.117 - Portiko hastialaren zutabearen parte ezberdinen kotak .....	330
Irudia 3.118 - Zutabe hastialaren barra baliagarriak .....	331
Irudia 3.119 - Zutabearen aprobeztamendu eta momentu makurtzaile maximoak .....	332
Irudia 3.120 - Cype 3D-ren zimendapen mota desberdinak .....	354
Irudia 3.121 - Zimendapen mota desberdinen kokalekua .....	355
Irudia 3.122 - Cype 3D-k kalkulaturako portikoaren finkatze plaka .....	362
Irudia 3.123 - Portikoaren finkatze plakaren dimentsioak .....	363
Irudia 3.124 - Rothoblaas plakaren kota nagusiak .....	365
Irudia 3.125 - Bernoen konfigurazioa aldatu honek Rothoblaas plakarekin bat egin dezan ...	365
Irudia 3.126 - Cype 3D-k kalkulaturako zutabearen finkatze plaka .....	366
Irudia 3.127 - Habe lotzaileen kokapena .....	367
Irudia 3.128 - Jolastokiko habe lotzailearen diagrama .....	367
Irudia 3.129 - MyProject aplikazioaren modulu desberdinen erabilpena .....	369
Irudia 3.130 - SeamLess konexioen planoak .....	369
Irudia 3.131 - Rothoblaas Alumidi lotura .....	370
Irudia 3.132 - "Euskarri ezkutuko loturak ALUMINI - ALUMIDI - ALUMAXI" modulua .....	371
Irudia 3.133 - Bi norabideetako ebakidura indar maximoak .....	371
Irudia 3.134 - Petralen loturaren kalkulu leihoa .....	372
Irudia 3.135 - ALUMIDI-ren lotura ezaugarriak .....	372
Irudia 3.136 - Hari totaleko torlojuen arteko lotura .....	375
Irudia 3.137 - "Torlojuen bidezko loturak, todo rosca VGS y VGZ" modulua .....	375
Irudia 3.138 - Portiko hastialeko petralen lotura desberdinak .....	376
Irudia 3.139 - Portiko hastialetako indar ebakitzailen maximoak "Cype 3D"-tik aterata .....	376

Irudia 3.140 – Portiko hastialetako petralen loturaren kalkulu leihoa .....	377
Irudia 3.141 - Hari totaleko torlojuen aukeraketa petral zutabe lotura egiteko .....	377
Irudia 3.142 - Hari totaleko bi pare torlojuen posizionamendua.....	378
Irudia 3.143 – Beheko petralaren indar ebakitzaile maximoak .....	381
Irudia 3.144 - 2. Loturaren diagrama .....	381
Irudia 3.145 - 2. Loturaren kalkulu leihoa .....	382
Irudia 3.146 – Erdiko petralaren indar ebakitzaile maximoak .....	385
Irudia 3.147 - 3. Loturaren diagrama .....	385
Irudia 3.148 - 3. Loturaren kalkulu leihoa .....	386
Irudia 3.149 – Erdiko petralaren indar ebakitzaile maximoak .....	389
Irudia 3.150 - 3. Loturaren diagrama .....	389
Irudia 3.151 - 3. Loturaren kalkulu leihoa .....	390
Irudia 3.152 - Portikoaren zatitzearen dimentsioak .....	393
Irudia 3.153 - Bi portikoen arteko loturaren diagrama.....	393
Irudia 3.154 - “Unión de momento con pasadores autoperforantes WS” modulua .....	394
Irudia 3.155 - Esfortzu maximoak portikoaren aldakan.....	394
Irudia 3.156 - Portikoen arteko loturaren kalkulu leihoa.....	395
Irudia 3.157 - Datuen eta diseinuaren sarrera MyProject softwarea.....	395
Irudia 3.158 - Portikoen arteko loturaren kalkuluaren osteko diseinua .....	396
Irudia 3.159 - Milano buztan biribilduaren lotura.....	399
Irudia 3.160 - Zutabe eta portikoaren arteko milano buztanaren loturaren goiko bista .....	400
Irudia 3.161 - Milano buztanaren kota nagusiak (Werner 2002).....	400
Irudia 3.162 - Zutabearen gaineko trakzio eta ebakidura indarrak .....	402
Irudia 3.163 - Zutabe eta portikoaren arteko lotura metalikoaren goiko bista .....	403
Irudia 3.164 - “Uniones a cortante con tornillos HBS – HBS+evo - TBS” moduluaren kalkulu leihoa .....	403
Irudia 3.165 - Lotura metalikoaren goitiko bista.....	404
Irudia 3.166 - Lotura metalikoaren aurretiko bista.....	404
Irudia 3.167 – Portikoen euskarri artikulatuaren diseinua .....	407
Irudia 3.168 - Euskarri artikulatuaren zatitzea .....	407
Irudia 3.169 - Artikulazioaren eta portikoaren arteko loturaren kalkulu leihoa.....	408
Irudia 3.170 – Portikoaren artikulazioaren loturaren diagrama .....	409
Irudia 3.171 - Artikulazioaren loturan erabiliko den torlojuen dimentsioak .....	412
Irudia 3.172 - Portikoaren karga axial maximoa .....	413
Irudia 3.173 - Zutabe eta zimendapenaren arteko lotura.....	414
Irudia 3.174 - XS10160 S2 - STA-ren dimentsio orokorrak.....	414
Irudia 3.175 - Cype3D-k ateratako karga maximoa portiko hastialaren zutabearen .....	415
Irudia 3.176 - Arriostramenduaren kokapena jolastokiaren egituran .....	416
Irudia 3.177 - Konbinazioekin ateratako karga axial maximoa arriostramenduetan.....	416
Irudia 3.178 - Cype 3D-ek proposaturiko kable diametroak arriostramenduarentzako.....	417
Irudia 3.179 - Arriostramenduaren parte desberdinen aukeraketa .....	419
Irudia 3.180 - Urkilaren eta tentsorearen dimentsio orokorrak .....	420
Irudia 3.181 - Arriostramenduaren plaka diseinatzeako kontuan hartu behar diren angeluak .	420
Irudia 3.182 - Finkatze puntuaren dimentsionaketaren lehenengo iterazioa. ....	421
Irudia 3.183 - Arriostramenduaren finkapenaren diseinua .....	423
Irudia 3.184 - Isoieta eta zona plubiometrikoen mapa.....	424
Irudia 3.185 - Erreten batek hartuko duen euriaren azalera .....	425

Irudia 3.186 - Kolektoreen eta erregistro kutxatilen kokapena .....	426
Irudia 3.187 - Cooper Lighting "SSLED-LD5-30-W-UNV-L850-CD2-U" modelo .....	428
Irudia 3.188 - Lanparen ezaugarri orokorrak .....	428
Irudia 3.189 - Argiztapenerako lanparen kokalekua jolastokiaren barruan .....	429
Irudia 3.190 - Argiztapenaren luxen diagrama.....	430

## TAULEN AURKIBIDEA

Taula 3.1 - "Danpalon 16mm" -tako ezaugarri orokorrak.....	14
Taula 3.2 – Erabileraren gainkargaren balio karakteristikoak.....	15
Taula 3.3 - Esposizio koefizienteen balioa, $ce$ .....	17
Taula 3.4 - Estalkien esposizio koefizienteak .....	17
Taula 3.5 - Bi uretako markesinen esposizio koefizienteen balioa .....	19
Taula 3.6 - Padel estalkiaren kanpoko presio koefizienteen balioak .....	21
Taula 3.7 - Padel estalkiaren zonaldeen esposizio koefizienteak .....	21
Taula 3.8 - Jolastokiaren estalkiaren kanpoko presio koefizienteen balioak.....	24
Taula 3.9 - Jolastokiaren estalkiaren zonaldeen esposizio koefizienteak .....	24
Taula 3.10 – EKT-ren paramentu bertikalen balioak.....	25
Taula 3.11 - 0°-tan jolastokiaren estalkiaren hormetan kanpoko presio koefizienteak .....	26
Taula 3.12 - 90°-tan jolastokiaren estalkiaren hormetan kanpoko presio koefizienteak .....	26
Taula 3.13 – Jolastokiaren portiko hastialeko hormetako kanpoko presio koefizienteak.....	27
Taula 3.14 - Jolastokiaren portiko hastialeko hormetako kanpoko presio koefiziente errealak	27
Taula 3.15 - Elur-gainkarga lurzoru horizontalean ( $kN/m^2$ ) .....	30
Taula 3.16 – Padel Estalkiaren Haizearen Indarra.....	34
Taula 3.17 - Jolastokiaren Estalkiaren Haizearen Indarra .....	34
Taula 3.18 - Jolastokiaren Estalkiaren Portiko Hastialaren Indarrak.....	34
Taula 3.19 - Jolastokiaren Estalkiaren Portiko Hastialaren Barne Presioaren Indarra.....	35
Taula 3.20 - Erabileraren Gainkargaren Indarra.....	35
Taula 3.21 - Elurraren Indarra .....	35
Taula 3.22 - Estalkiaren Indarra .....	35
Taula 3.23 - Indar Guztien Laburpen Osoa.....	36
Taula 3.24 - Ekintzetarako segurtasun-koefiziente partzialak ( $\gamma$ ).....	38
Taula 3.25 – Aldiberekotasun Koefizienteak ( $\Psi$ ) .....	39
Taula 3.26 - Azken Muga Egoeran aztertuko diren hipotesi konbinazioak.....	40
Taula 3.27 - Danpalon 16-900 estalkiaren ezaugarri orokorrak.....	43
Taula 3.28 - Danpalon 16-900 estalkiaren petralen arteko distantzia FreeSpan sistemarekin ..	44
Taula 3.29 - Tennis estalkiaren gaineko haizearen indarrak .....	48
Taula 3.30 - Kargen kalkulu desberdinen konparazioa .....	59
Taula 3.31 - Padel estalkiaren barren gilbordura luzera .....	67
Taula 3.32 – Padel estalkiaren albo gilbordura luzera .....	68
Taula 3.33 - Zimendapen desberdinen datu orokorrak .....	159
Taula 3.34 - Habe desberdinen datu orokorrak .....	174
Taula 3.35 - Padelaren arriostamenduaren kalkulua (R 16) .....	227
Taula 3.36 - "Cables Estructurales"-en haustura karga.....	228
Taula 3.37 - Hustubide kopurura estalkiaren azaleraren arabera .....	234
Taula 3.38 - Intentsitate plubiometrika ( $mmh$ ) .....	234

Taula 3.39 - Erretenaren diametro minimoa 100 <b>mmh</b> erregimen plubiometrikoarekin .....	235
Taula 3.40 - Hustubideen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin .....	236
Taula 3.41 - Kolektoreen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin .....	237
Taula 3.42 - Danpalon 16-900 estalkiaren ezaugarri orokorrak.....	239
Taula 3.43 - Danpalon 16-900 estalkiaren petralen arteko distantzia SeamLess Sistemarekin ( <b>4 kNm<sup>2</sup></b> ).....	240
Taula 3.44 - Jolastokiaren estalkiaren gaineko haizearen indarrak .....	243
Taula 3.45 - Zur ijestu kolatu homogeneoko ezaugarriak, GL24h.....	247
Taula 3.46 - Zur ijestuaren laminetako klase erresistente minimoa.....	247
Taula 3.47 - Gilbordura luzeraren koefizientea, <b><math>\beta v</math></b> .....	248
Taula 3.48 - Elementu desberdinen gilbordura luzera .....	249
Taula 3.49 - Akzioen iraupen klasea .....	250
Taula 3.50 - Haizearen eraginaren konbinazioak.....	252
Taula 3.51 - Korrekzio faktorea hegalaren altueragatik, <b><math>kh</math></b> .....	255
Taula 3.52 - Segurtasun koefiziente partziala, <b><math>\gamma M</math></b> .....	255
Taula 3.53 - Modifikatzaile faktorea, <b><math>k_{mod}</math></b> .....	255
Taula 3.54 - Elementuaren zabalerarako korrekzio faktorea, <b><math>k_{cr}</math></b> .....	257
Taula 3.55 - Alboko gilborduraren aplikazioa lerdentasun erlatiboaren arabera.....	257
Taula 3.56 - Fluentzia faktorea, <b><math>k_{def}</math></b> .....	259
Taula 3.57 - Babestu gabeko zuretako ikazte abiadura izendatua, <b><math>\beta</math></b> .....	260
Taula 3.58 – Txikitutako azaleraren metodoarekin ateratutako ikaztutako sekzioa .....	261
Taula 3.59 - Petral kritikoaren gaineko sekzioaren konprobazioak .....	263
Taula 3.60 – Portiko hastialaren petral kritikoaren gaineko sekzioaren konprobazioak.....	284
Taula 3.61 - Jolastokiaren portikoen gilbordura luzera .....	308
Taula 3.62 - Jolastokiaren portikoen gilbordura luzera .....	331
Taula 3.63 - Zimendapenen zapaten mota desberdinen laburpena.....	355
Taula 3.64 - Petral-Portiko loturaren kalkulua .....	373
Taula 3.65 – Petral Zutabearen arteko loturaren kalkulua .....	378
Taula 3.66 - Petral eta portikoaren arteko 2. lotura .....	382
Taula 3.67 - Petral eta portikoaren arteko 2. lotura .....	386
Taula 3.68 - Petral eta portikoaren arteko 2. lotura .....	390
Taula 3.69 - Portikoen arteko loturaren kalkulua .....	396
Taula 3.70 - Milano buztanaren diseinu parametroak (Egoin).....	401
Taula 3.71 - XS10160 S2 - STA-ren indar maximoak .....	415
Taula 3.72 - Jolastokiaren arriostramenduaren kalkulua (R 16) .....	418
Taula 3.73 - "Cables Estructurales"-en haustura karga.....	419
Taula 3.74 - VGZ torlojuaren indar axial maximoa.....	422
Taula 3.75 - Hustubide kopurura estalkiaren azaleraren arabera .....	424
Taula 3.76 - Intentsitate plubiometrikoa ( <b><math>mmh</math></b> ) .....	424
Taula 3.77 - Erretenaren diametro minimoa 100 <b>mmh</b> erregimen plubiometrikoarekin .....	425
Taula 3.78 - Hustubideen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin .....	426
Taula 3.79 - Kolektoreen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin .....	426
Taula 3.80 – Kolektore orokorraren diametro minimoa.....	427
Taula 3.81 - UGR diagrama eta CDL polarra.....	429



## 3. DOKUMENTUA - ERANSKINAK

### 3.1 SARRERA

Dokumentu honetan estalki desberdinak egiteko erabili den prozedura eta kalkuluak azalduko dira. Behin “2. Dokumentua – Memoria” dokumentuan agertu diren parametro orokor guztiak zehaztuta, elementu bakoitzaren kalkulu eta espezifikazioa egingo da. Horretarako, Eraikigintzaren Kode Teknikoak (EKT) osatzen dituzten dokumentu desberdinak erabiliko dira.

Dokumentu hau bi azpiataletan banatuko da, alde batetik, EKT-re arabera kargen analisia egingo da, eta bestetik, estalki bakoitzean hartu diren erabaki eta espezifikazio guztiak azalduko dira.

### 3.2 KARGEN ANALISIA

Kargen analisia egiteko EKT-ko “Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua” eta “Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak” dokumentuak erabiliko dira.

Hiru azpimultzoetan banatuko dira kargak: karga iraunkorrak, karga aldakorak eta karga horien arteko konbinazio hipotesiak.

#### 3.2.1 KARGA IRAUNKORRAK

Karga iraunkorrek momentu orotan eragingo dute estalkiaren gainean. Horrela, eraikina osatzen dituzten osagai guztien berezko pisuaren kalkulua egingo da.

##### 3.2.1.1 BEREZKO PISUA

Elementu bakoitzaren berezko pisua erabiltzen den materialaren pisu espezifikoa eta haren dimentsio izendatuaren arabera defini daiteke.

$$BP = \gamma_p \cdot A \quad (1)$$

Non,

- BP → Berezko Pisuaren karga den.
- $\gamma_p$  → Materialaren pisu espezifikoa den.
- A → Elementuaren azalera (dimentsio nominala) den.

Berezko pisuaren kalkulua programa desberdinek kalkulatu dute, izan ere, barra bakoitzak dispozizio eta dimentsio desberdinak dituelako. Hortaz, ez dira profil guztien kalkuluak egingo.

### 3.2.1.2 ESTALKIAREN KARGA

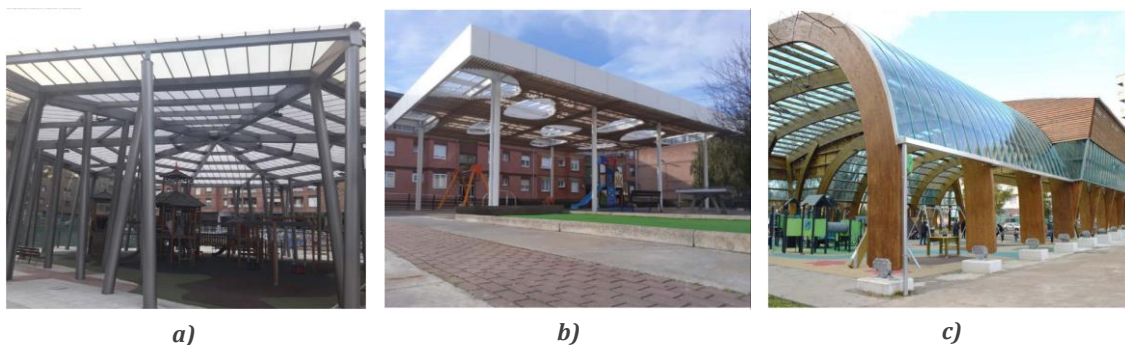
Estalkiaren karga jakiteko, lehenik eta behin, beharrezkoa da merkatu osoan zehar estalki bat aukeratzea, bilatu nahi diren helburuak betetzen dituen. Gainera, garrantzitsua da eraikinen estalkia ondo aukeratzea, izan ere, haren mende dago isolamendu termikoa eta eguzki argiaren kantitatea.

Eraikin hauen kasuan, ez da isolamendu termikorik bilatzen, hala ere, argi-zuloek eragiten duten argi izpiek bero gehigarria ez sortzen bilatzen da. Bestalde, argia egunean zehar eguzkitik guztiz ateratzea da helburu, hortaz argi-zuloen kokalekuari erreparatu beharko zaio.

Estalkiaren aukeraketa kilometro zero enpresetan bilatu izan da, izan ere, egungoko krisi egoerarekin beharrezkoa izango da gertuko enprekin kolaboratzea. Hortaz, padel eta jolastokia estaltzeko aukeratu den enpresa "PalPlastic" da, izan ere, Legution (Araba) egoitza duela. Hainbat proiektu egin ditu Euskal Herrian eta Kantabrian, Irudia 3.1-ak erakusten duen moduan.

#### **PALPLASTIC**

Enpresa honek eskaintzen dituen estalkiak polikarbonatozkoak dira, horrela, argiaren aprobetxamendu maximoa lortzen da. Gainera, inpaktuetatik beira baino erresistenteagoa da, hortaz, haien erabilera handitu egin da azken hamarkadan. Hauek dira "PalPlastic" enpresak aurrera eraman dituen proiektu batzuk:



Irudia 3.1 - PalPlastiken proiektuak: a) Galdakao b) Leioa c) Torrelavega

Argi dagoenez, PalPlastikek erabiltzen dituen estalkiak proposak direla Artziniegan kokatuko diren eraikinetarako. Konkreteki, enpresa honek "Danpal" enpresak ekoizten dituen estalkiak erabiltzen ditu. Estalki hauek kurbadura ahalbidetzen dute, beharrezkoa dena bai padel zelaiak estaltzeko bai jolastokia bera estaltzeko. Beste aldetik, Danpal estalkiek ez dute itsutzen barneko erabiltzaileei, alderdi oso aproposa kirola egiteko zonaldeetan.

PalPlastikeko proiektu zuzendariarekin hitz egitean, berak gomendaturiko estalkia hartuko da, non, berak esan zuen bezala: "Garrantzitsuena polikarbonatozko plakak ez itsutzea da, horretarako, Softlite akabera espezifiko bat aplikatuz."



**Irudia 3.2 - Danpalon Softlite estalkia**

Danpalon estalkiak hainbat mota desberdin ditu, haien lodieraz sailkatuz. Artziniegako eraikinetan, non bere aplikazioa kirol eta aisialdirako egokituta egon behar direnak, fabrikatzaileak “Danpalon 16mm” gomendatzen du, gelaxka-kontzentrazio handiagoak dituelako, erresistentzia eta zurruntasun handia lortuz eragindako inpaktuekiko eta kalteekiko zainduz.

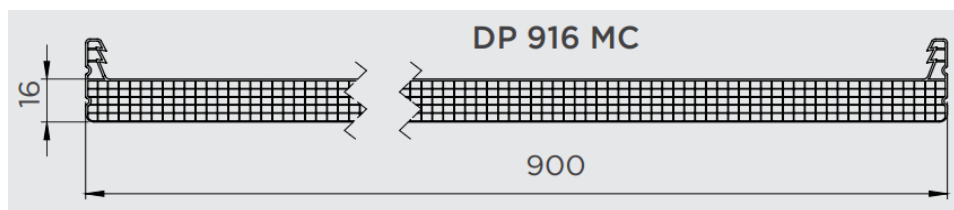
	DANPALON® 4mm	DANPALON® 8mm	DANPALON® 10mm	DANPALON® 12mm	DANPALON® 16mm	DANPALON® 22mm	DANPALON® 30mm	3DLITE
Número de paredes		4	4	4	6	6	6	4
Estructura	Compacto 4mm	Multicelda/ Panal	Multicelda/ Panal	Multicelda/ Panal	Multicelda	Multicelda	Panal	Multicelda
Anchura (mm)	600	600	600	600 900	600 900 1040	600 900	900	600
Ug (W/m².K) Valores calculados por CSTB	5,2	3	2,6	2,4	1,9	1,5	1,4	1,76
Reacción al fuego	B-s1,d0							B-s2,d0
Vano entre soportes		Hasta 1,60m	Hasta 2m	Hasta 2m	Hasta 2,5m	Hasta 2,8m	Hasta 3,2m	Hasta 2m
Pendiente mínima prueba específica		5° (or 9%)						5° (or 9%)
Radio mínimo de curvado en frío	3,2m	2,5m	2,7m	2,8	3,1m	3,5m	4m	5,0m
Fabricado según la certificación	ISO 9001 ISO 14001							
Garantía de 10 años	Sí							
Resistencia al impacto y al golpeo	ELEMENTO IMPACTANTE BLANDO Y DURO D1-10J - M50,300J - M50,400J							

**Irudia 3.3 – “Danpalon” mota desberdinen ezaugarri orria**

Behin estalki aproposena aukeratuta, fabrikatzaileari fitxa tekniko eskatu zitaion, estalki honen espezifikazio eta ezaugarri orokorrak jakiteko.

Taula 3.1 - "Danpalon 16mm" -tako ezaugarri orokorrak

DANPALON 16 mm	
Longitud / Length	MAX. 13500mm
Ancho / Wide	900 mm
Peso / Weight	2.83 kg/m <sup>2</sup>
Espesor / Thickness	16 mm
Estructura / Structure	Multicell 4 paredes / 4 walls
Radio mín. curvado frío / Mín. cold bending radius	3.100 mm
Colores standard/ Standard Colours	INCOLORO/ HIELO/OPAL * CLEAR / ICE / OPAL *
Transmisión luz / Light Transmission	71% / 60% / 35 %
Factor solar / Solar Factor	0,61 / 0,57 / 0,42
Protección U.V. / U.V. Protection	SI / Yes
Dilatación lineal / Linear expansion	0,065 mm/m°C
Aislamiento térmico / Thermal isolation (K)	2,10 W/m <sup>2</sup> °C
Aislamiento acústico / Acoustic isolation	24 dB
Clasificación reacción fuego / Fire Reaction Classification Standard EN 13501	BS1D0
Garantía / Warranty	10 años limitada / 10 years limited



Hala ere, estalki hauek eraikinerara finkatzeko lotura elementuak beharko dira, pisua ere handitzen duena. Horregatik, proiektu zuzendariak esan zuen bezala, kalkuluak egiterako orduan hau izan beharko da estalkiaren pisua:

$$q_{estalki, Danpalon} = 5 \text{ kg/m}^2 = 0'05 \text{ kN/m}^2$$

### 3.2.2 KARGA ALDAKORRAK

Karga aldakorrak momentu konkretu batzuetan eman daitezken kargei egiten zaie erreferentzia. Behin eraikina kokatuta dagoenean berezko pisuari gehitu ahal zaien karga mota desberdinak dira: erabileraren gainkarga, haizea, elurra...

#### 3.2.2.1 ERABILERAREN GAINKARGA

Langile kualifikatuek eraikina kontserbatzeko egin behar dituzten konponketek eta/edo mantentze-lanek duten pisua dela eta, erabileraren gainkarga bat sortuko da. Langileen pisua eta haiek erabiltzen dituzten erremienta edo makina desberdinen pisua kontuan harturik egingo da kalkulua.

Erabileragatik sortzen den gainkargaren balioa, "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak" dokumentutik aterako da, EKT-k agintzen duen arabera. SE-AE dokumentuan ("Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación"), Taula 3.2 aurkitu daiteke erabileraren gainkargaren balioak eraikinak bere bizitzean izango duen erabilera konkretuaren arabera.

Taula 3.2 – Erabileraren gainkargaren balio karakteristikokoak

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Proiektu honen kasuan, estalki guztiek baldintza berdinak izango dituzte erabileraren gainkarga dela eta, hortaz, estalki guztiek G erabilera maila izango dute. Maila honetan, estalkiak bakarrik mantentzerako egongo dira eskuragai, beraz, erabilera gainkarga ez da gainerako karga aldakorrekin parekatuko, G1 erabilera-mailak adierazten duen bezala.

Bestalde, proiektu honetako estalki guztiek petralak erabiltzen dituztenez estalkia jasateko, EKTren arabera hauek dira kontuan hartu beharreko indarrak:

$$\text{Karga Uniformea} \quad \rightarrow \quad q_{eg} = 0'4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Karga Puntuala} \quad \rightarrow \quad q_{eg} = 1 \text{ kN}$$

Proiektu honetan, ez da karga puntuala kontuan hartuko, indar sakabanatua eragin handiagoak izango dituelako estalkiaren gainean.

### 3.2.2.2 HAIZEA

Eraikin baten gainean haizeak eragiten duen karga kalkulatu beharko da EKT-k adierazten duen bezala. Haizearen kargaren kalkulua eraikinaren formaren eta dimentsioen arabera, haizearen norabidearen eta intentsitatearen arabera eta presioaren banaketa eta balioaren arabera kalkulatu dira.

Haizearen akzioaren karga edo presio estatikoa, zeinak gainazalarekiko indar perpendikularra izango den, formula honekin adierazi daiteke:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (2)$$

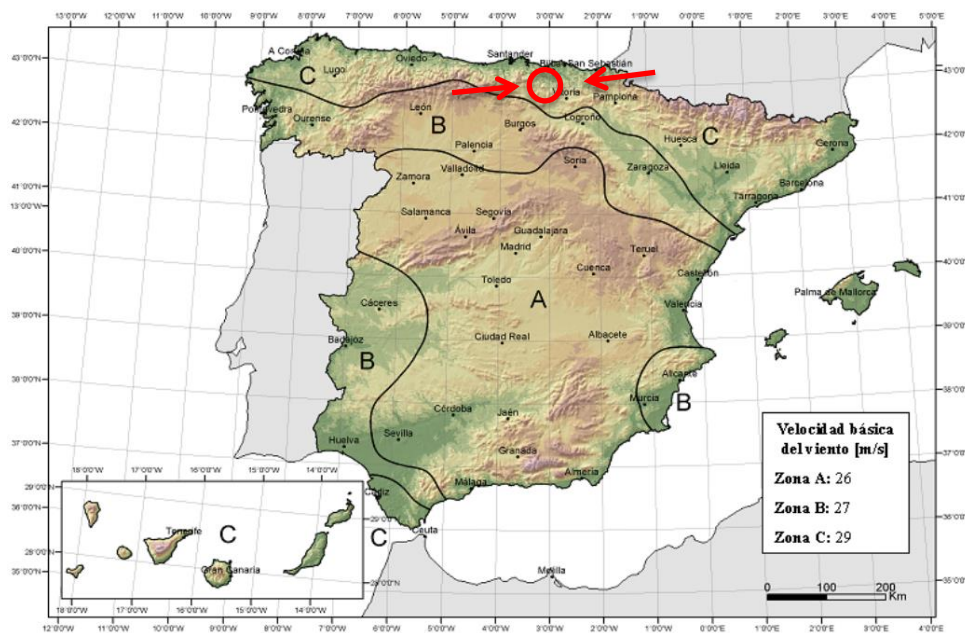
Non,

- $q_e$  → Haizeak eragiten duen presio estatikoa.
- $q_b$  → Haizeak eragiten duen presio dinamikoa.
- $c_e$  → Esposizio koefizientea.
- $c_p$  → Presio koefizientea edo koefiziente eolikoa.

#### Haizearen Presio Dinamikoa ( $q_b$ )

EKT-n arabera, haizearen presio dinamikoa, modu sinplifikatuan, estatuko lurraldearen edozein punturako  $0'5 \text{ kN/m}^2$  balioa har daiteke. Hala ere, Espainiako kokapen geografikoaren arabera, Kode Teknikoko eranskinetako mapari esker, balio zehatzagoak lortu daitezke.

Proiektu honetan landuko diren hiru estalkiak Artziniégan (Araba) kokatuta daudela kontuan harturik, hurrengo mapatik [“Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak” dokumentuaren D eranskina, D.1 irudia] gunearen araberrako presio dinamikoen balioak atera daitezke.



Irudia 3.4 - Haizearen abiaduraren oinarrizko balioa,  $v_b$

Horrela, EKT-ren arabera, haizearen presio dinamikoa C zonaldean  $0'52 \text{ kN/m}^2$  da.

### Esposizio Koefizientea ( $c_e$ )

Esposizio koefizientea, egituren altueraren eta egiturak kokatzen diren ingurunearen laztasun mailaren menpe dago. Egitura guztiak Artziniegako kirol-zonaldean kokaturik daude, baina altuera ezberdina dutenez koefizienteak ezberdinak izango dira.

Taula 3.3 - Esposizio koefizienteen balioa,  $c_e$ .

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Eraikin desberdinek altuera berdina ez dutenez, bakoitzaren esposizio koefizientea aterako da, altuera erreala datuekin interpolatuz.

Taula 3.4 - Estalkien esposizio koefizienteak

Eraikina	Altuera Maximoa (metrotan)	Esposizio Koefizientea $c_e$
Padel Estalkia	8'451 m	2,25
Jolastokiaren Estalkia	7	2,1

### Presio Koefizientea ( $c_p$ )

Presio koefizientea edo koefiziente eolikoa haizearen norabide erlatiboaren, eraikinaren formaren eta elementuen kokagunearen eta bere eraginpean dagoen azaleraren arabera izango da.

Proiektu honetan bi eraikin ezberdin daudenez, eta biek forma eta dimentsio desberdinak dituztenez, bakoitzak presio koefiziente ezberdinak izango dute. Beraz, egitura bakoitza bere aldetik aztertuko da, barruko presio koefizientea ( $c_{pb}$ ) eta kanpoko presio koefizientearen ( $c_{pk}$ ) balioen kalkulua eginez.

#### **KANPOKO PRESIO KOEFIZIENTEAK ( $c_{pk}$ )**

Kanpoko presioaren edo presio eolikoaren koefizienteak, haizearen norabide erlatiboaren, eraikinaren formaren, elementuaren posizioaren eta haren eragin-eremuaren arabera dira. Beraz, estalki bakoitza bere aldetik aztertzea egokiago dela erabaki da.

Bestalde, haizearen kanpoko presioa paramentu horizontaletan (teilatuan) eta paramentu bertikaletan (hormetan) du eragina, hortaz, biak aztertuko dira.



Azkenik, "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak" dokumentuan agertzen den bezala eraikin bakoitzaren hutsuneak kontuan hartu behar dira:

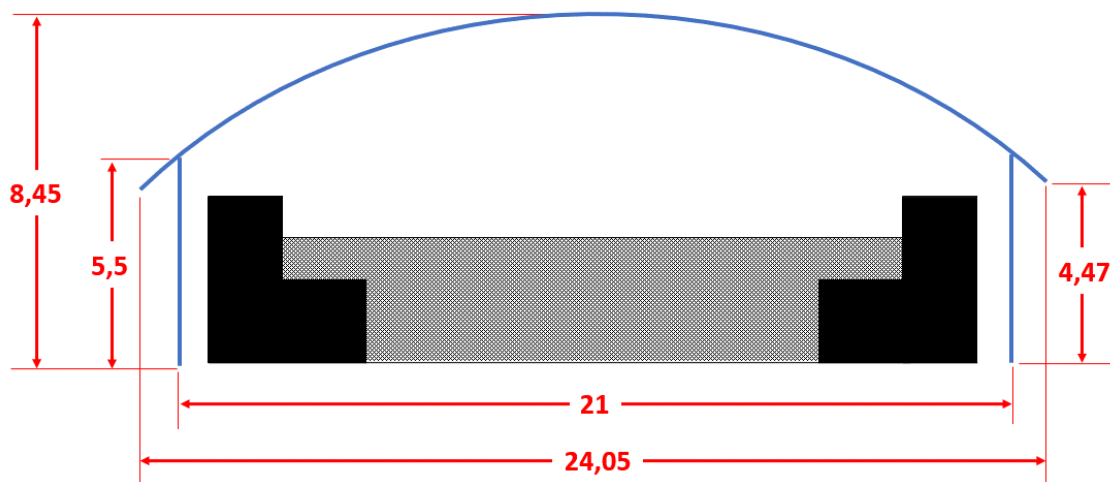
**Aipamena 1 - Nabe eta eraikuntza diafanoen koefiziente eolikoa**

*"Nabe eta eraikuntza gardenetan, fatxadak lotzen dituzten forjaturik gabe, eraikinaren bi aldetan gutxienez (fatxadak edo estalkiak), hutsuneen azalera osoa alde osoaren% 30 baino handiagoa bada haizearen ekitza zehazteko, egitura markesina bezala hartuko da."*

Hortaz, lehenengo eta behin eraikin guztiak markesina bat edo eraikin normal bat diren aztertuko da. Dokumentu honetan eraikuntza guztiak markesina baten moduan aztertuko diren arren, erabiliko diren kalkulu programetan bi ikuspuntuak hartuko dira kontuan.

- **PADEL ESTALKIA**

Paraleloan kokatzen diren bi padel kantxa estaltzeko egitura da padel estalkia. Bere forma zirkularra eta dimentsioak hurrengo marrazkian aurkezten dira.



**Irudia 3.5 - Padel estalkiaren kota orokorrak**

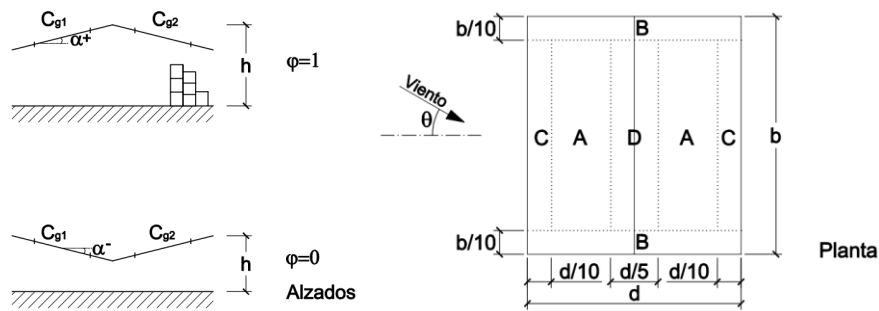
Padel egituran paramentu bertikalak ez daudenez, hormetan dauden hutsuneak azalera guztia hartzen dute, haizea pasatzen utziz, beraz, markesina baten moduan kalkulatu beharko da. Hala ere, "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak" dokumentuan markesinarako ur bateko eta birentzako kanpoko presio koefizienteak daude bakarrik.

Ikusi daitekenez, estalkiaren malda momentu oroetan aldatzen joaten da, presio koefizienteak berarekin aldatuz. Hau konpontzeko, estalki zirkularra, bi uretako portiko batera islatuko da, antzeko presio koefizienteak ateratzeko.

Beraz, "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak" dokumentuan agertzen den 1. Aipamenari erreparatuz, eta eraikuntzaren aldeetatik hutsuneen azalera oso handia denez, egitura markesina baten bezala kalkulatu da (kalkulu programetan markesina baten moduan eta ez balitz moduan kalkulatu den arren).



Taula 3.5 - Bi uretako markesinen esposizio koefizienteen balioa



		Coeficientes de presión				
		$C_{p,10}$				
Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\phi$	Zona (según figura)			
			A	B	C	D
5°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,6	1,8	1,3	0,4
	Arriba	0	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5
10°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,7	1,8	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8
15°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,9	1,9	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	Arriba	1	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
20°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	1,1	1,9	1,5	0,4
	Arriba	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1

Ikus daitekeenez, beharrezkoa da estalkiaren malda eta barneko obstrukzioaren balioa kalkulatzeko, esposizio koefizienteak lortzeko. Horretarako, kontuan hartuko dira kirol gunearen benetako neurriak eta egituraren dimentsio orokorrak.

Malda kalkulatzeko, "Irudia 3.5"-ko irudiari erreparatu beharko zaio, ezarritako dimentsioak landu beharko dira, landaren maldaren kalkuluarekin:

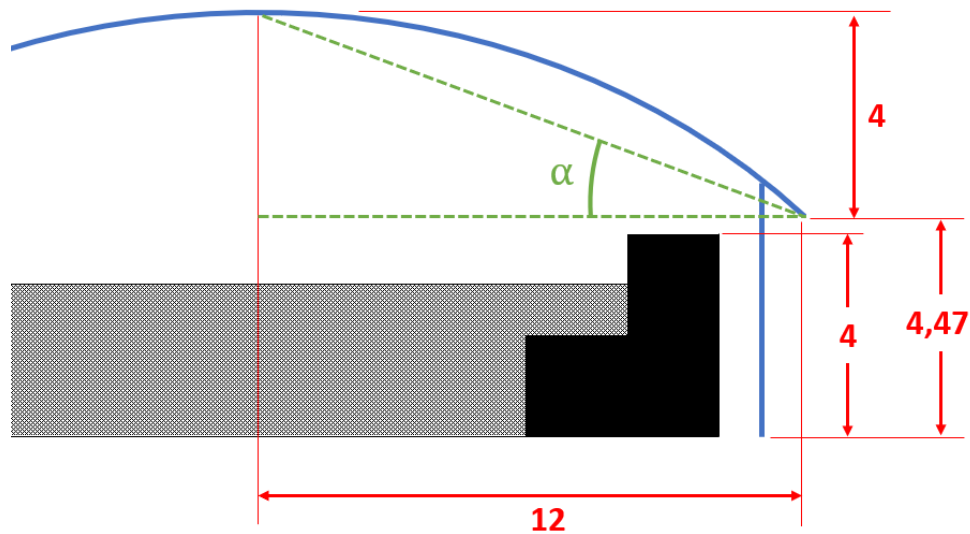
$$\alpha = \arctan \left( \frac{H - h}{L/2} \right) \tag{3}$$

Non,

- $\alpha$  → Estalkiaren malda.
- $H$  → Eraikinaren altuera maximoa.
- $h$  → Eraikinaren teilatuaren altuera minimoa.
- $L$  → Eraikinaren argia.

Non,

- $\alpha$  → Estalki baten batz besteko malda.



Irudia 3.6 - Padel estalkiaren bataz-besteko malda

3. ekuazioa erabiliz, eta padel estalkiaren dimentsioak jakinda:

$$\alpha = \text{Arc tan} \left( \frac{4}{12} \right) = 18'435^\circ$$

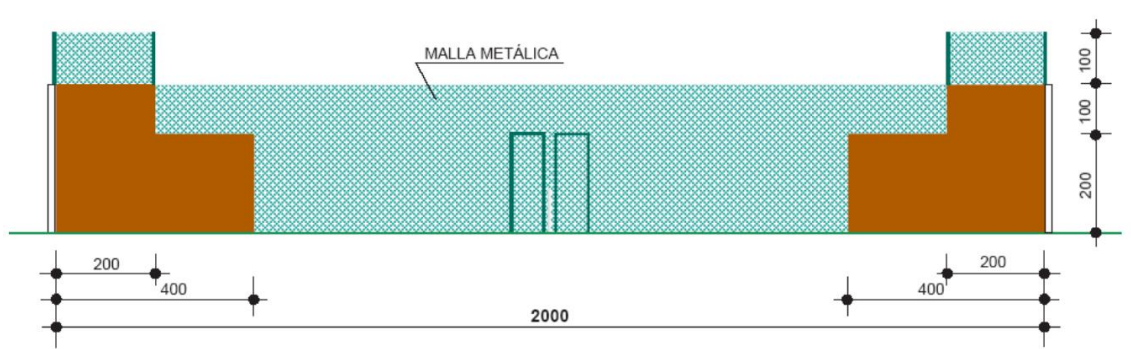
Beste aldetik, haizeak markesina baten azpian duen obstrukzio-maila ( $\varphi$ ) markesinaren azpiko ebakidura osoaren azaleraren eta ospatutako eremuaren arteko erlazio gisa definitzen da, bi eremuak haizearen norabidearekiko plano perpendikularrean daudelarik.

$$\varphi = \frac{\text{Ostupoaren altuera maximoa}}{\text{Haizeak pasa dezakeen altuera maximoa}} \tag{4}$$

Non,

- $\varphi \rightarrow$  markesinaren obstrukzio-mailaren faktorea den.

Padel estalkiko obstrukzio-mailaren koefizienteak ateratzek, estalkiaren barruan padel estalkiak daudela kontuan hartu beharko da. "Kirol Instalazioen Araudi Teknikoa - NIDE" argitaratzen dituen padel egituren dimentsioak ezagututa, obstrukzio maila kalkulatu daiteke, 4. ekuazioarekin:



Irudia 3.7 - NIDE-k araututako padel kantxen dimentsioak

$$\varphi = \frac{4 \text{ m}}{4'47\text{m}} = 0'895 \approx 0'9$$

Behin adierazle guztiak izanda, “**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**” erabili beharko da kanpoko presioaren balioak ateratzeko:

Taula 3.6 - Padel estalkiaren kanpoko presio koefizienteen balioak

Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\varphi$	Coeficientes de presión			
			$C_{p,10}$			
			Zona (según figura)			
			A	B	C	D
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,9	1,9	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	Arriba	1	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
18'435°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,04	1,9	1,4	0,4
	Arriba	0	-1,1	-1,77	-1,4	-1,94
	Arriba	0'9	-1,343	-2,157	-1,58	-2,09
	Arriba	1	-1,37	-2,2	-1,6	-2,1
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,1	1,9	1,5	0,4
	Arriba	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1

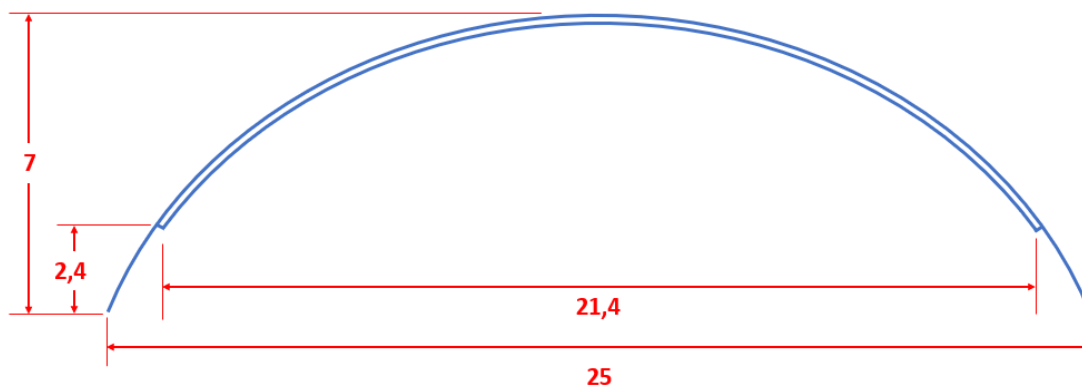
Taula 3.7 - Padel estalkiaren zonaldeen esposizio koefizienteak

ZONALDEA	KANPOKO ESPOSIZIO KOEFIZIENTEAK	
	BERANZKOA	GORANZKOA
A	1,04	-1,34
B	1,90	-2,16
C	1,40	-1,58
D	0,40	-2,09

Padel estalkiak hormarik ez duenez, ez da paramentu bertikaletan haizearen indarra aztertuko.

- **JOLASTOKIAREN ESTALKIA**

Jolastokiaren kanpoko koefizienteak eskuratzeko, berriro ere, beharrezkoa da bere itxura eta dimentsioak aztertzea. Jolastokia, padel estalkiaren moduan, estalki zirkular bat da, hala ere, bereizgarri moduan, jolastokiaren habeak zutabearen rola hartzen dute, hortaz, habeak lurrera zimendatzen dira, “Irudia 3.8 - Jolastokiaren estalkiaren kota orokorrak” erakusten duen bezala.



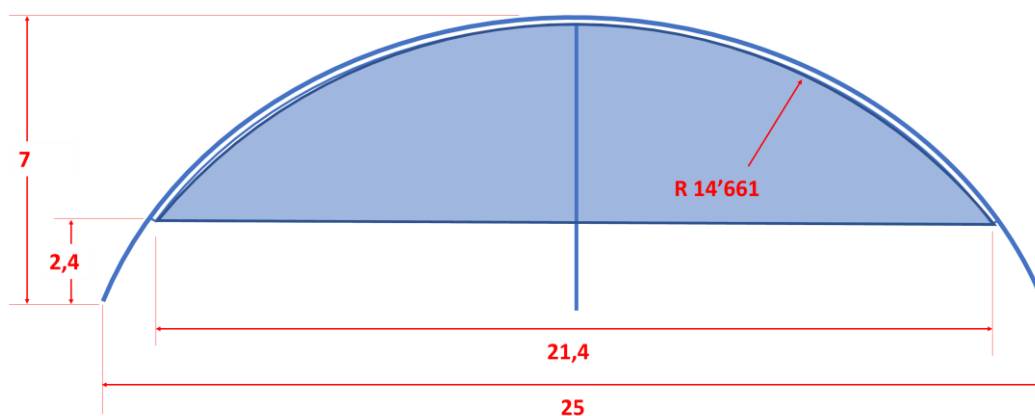
Irudia 3.8 - Jolastokiaren estalkiaren kota orokorrak

Hala ere, estalkiaren barrura sartzeko beharrezkoa izango da sarbideak ipintzea, horretarako, estalkiak ez du 25 metroko argia duen egitura osoa estaliko, baizik eta 2'4 metrotik gorako altueran jarriko da estalkia, pertsonen sarrera bermatzeko. Gauzak horrela, 21'4 metroko argia duen egitura utziko da estalpean.

Lehenengo eta behin, markesina baten aurrean bagauden jakin behar da, horretarako, egituraren hutsune kopura kalkulatu beharko da (EKT-ren 1. aipamena). Alboetatik haizea etorriko balitz hutsuneen portzentajea, azalera guztiarekin konparatuta altueren arteko zatiketa izango da:

$$A_{\% \text{ hutsune}} = \frac{\text{Zuloaren altuera}}{\text{Eraikinaren altuera}} = \frac{2'4}{7} = 0'343 = \%34'3 > \%30 \quad (5)$$

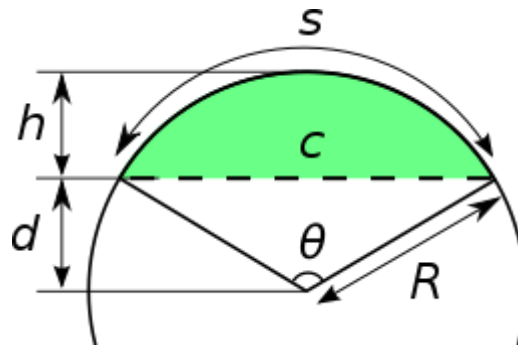
Ikusi daitekenez, jolastokiaren estalkiaren zuloak justu-justu %30 baldintza gainditzen dute, hortaz, nahikoa da markesina baten moduan definitzeko. Hala ere, haizea portiko hastialetik ere sartu daitekenez, portiko hastialaren forma (Irudia 3.9 - Jolastokiaren portiko hastialaren kota orokorrak) ere aztertu beharko da:



Irudia 3.9 - Jolastokiaren portiko hastialaren kota orokorrak

Portikoaren zuloaren kalkulua egiteko, alde batetik, zirkulu baten segmentu zirkularra kalkulatu da, eta bestetik, estalita dagoen azalera, beste segmentu zirkular bateri deritzona. Gero haien arteko kendura egingo da zuloaren azalera totala ateratzeko (6. ekuazioa):

$$A_{hastiala} = A_{segmentu} - A_{estalkia} \quad (6)$$



Irudia 3.10 - Zirkulu baten segmentuaren azaleraren kalkulua

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right) \quad (7)$$

$$A = \frac{R^2}{2}(\theta - \sin \theta) \quad (8)$$

Lehenik eta behin, zirkuluaren segmentuaren azalera kalkulatu da, hau da, fatxadaren azalera totala:

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right) = 2 \cdot \arccos\left(\frac{14'661-7}{14'661}\right) = 117^\circ = 2'042 \text{ rad}$$

$$A_{segmentu} = \frac{R^2}{2}(\theta - \sin \theta) = \frac{14'661^2}{2} \cdot (2'042 - \sin(117)) = 123'7 \text{ m}^2$$

Bestalde, portiko hastialean estalita dagoen azalera kalkulatu da. Berrero ere, 7. eta 8. ekuazioak aplikatu dira estalita dagoen estalkia kalkulatzeko:

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right) = 2 \cdot \arccos\left(\frac{14'661 - (7 - 2,4)}{14'661}\right) = 93'33^\circ = 1'629 \text{ rad}$$

$$A_{estalkia} = \frac{R^2}{2}(\theta - \sin \theta) = \frac{14'661^2}{2} \cdot (1'629 - \sin(93'33)) = 67'78 \text{ m}^2$$

Beraz, 6. ekuazioa erabiltzen bada portiko hastialaren hutsunea ateratzeko, horrela geratzen da:

$$A_{hastiala} = A_{segmentu} - A_{estalkia} = 123'7 - 67'78 = 55'92 \text{ m}^2$$

Datu guztiak izanda, 5. ekuazioa aplikatu daiteke:

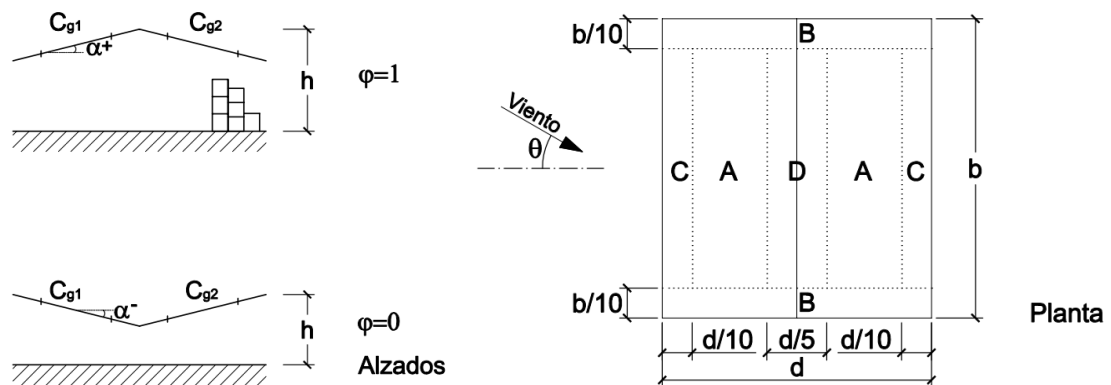
$$A_{\% \text{ hutsune}} = \frac{\text{Zuloaren Azalera}}{\text{Fatxadaren Azalera}} = \frac{A_{hastiala}}{A_{segmentua}} = \frac{55'92}{123'7} = 0'452 = \%45'2 > \%30$$

Argi ikusi daitekenez, portiko hastialetik ere, azalera %30 baino gehiago da, beraz, haizearen aplikazioa jolastokiaren gainean markesina baten moduan aztertuko da, padel egituraren antzera. Horretarako, 3. ekuazioa erabiliko da jolastokiaren estalkiaren batzaz-besteko malda eskuratzeko.

$$\alpha = \text{Arc tan} \left( \frac{7 - 2'4}{21'4/2} \right) = 23'26^\circ$$

Bestalde, jolastokiaren barnealdean kulunkak eta irristapenak jarriko dira, hala ere, haien azalera oso txikia izango da egiturak duen argia eta altuerarekin konparatuta, beraz, obstrukzio mailaren faktorea nulua izango balitz bezala hartuko da.

Taula 3.8 - Jolastokiaren estalkiaren kanpoko presio koefizienteen balioak.



Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\varphi$	Coeficientes de presión $C_{p,10}$			
			Zona (según figura)			
			A	B	C	D
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,1	1,9	1,5	0,4
	Arriba	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1
23'26°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,165	1,9	1,565	0,465
	Arriba	0	-1,365	-1,865	-1,4	-2
	Arriba	1	-1,4	-2,07	-1,535	2,035
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	1,9	1,6	0,5
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0

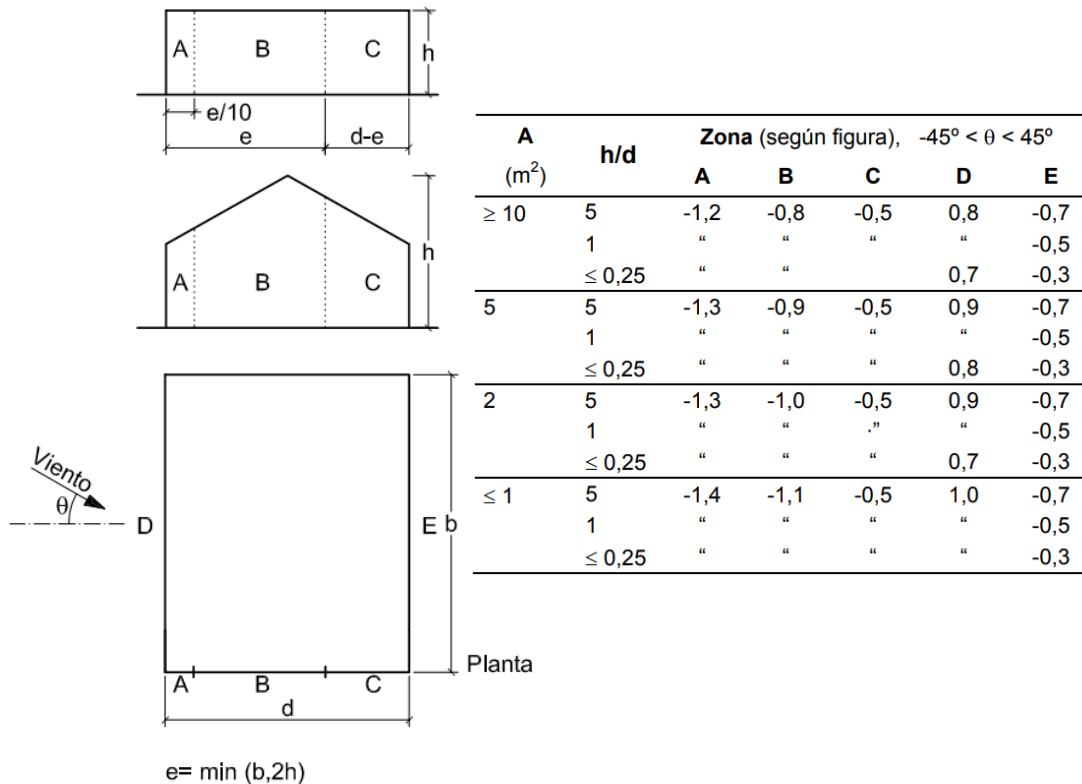
Taula 3.9 - Jolastokiaren estalkiaren zonaldeen esposizio koefizienteak

ZONALDEA	KANPOKO ESPOSIZIO KOEFIZIENTEAK	
	BERANZKOA	GORANZKOA
A	1'165	-1'365
B	1'9	-1'865
C	1'565	-1'4
D	0'465	-2'0

Beste aldetik, portiko hastiala estalita egongo denez paramentu bertikal batez, haizearen indarra horma horretan indar bat egingo du, “¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.” ikusi den bezala.

Portiko hastialaren gaineko horman haizeak duen eragina ezagutzeko, "Eraikin Segurtasuneko Oinarriko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak" dokumentuko D eranskinen dagoen D3 parametro bertikalak taulako balioak erabiliko dira.

Taula 3.10 – EKT-ren paramentu bertikalen balioak



Hasteko, haizea bi norabide desberdinetatik etorri daitekenez, biak aztertuko dira, bata 0° eta bestea 90°.

○ Haizea 0° - Alboetatik

Haizea 0° datorrenean, haizea jolastokiaren estalkiaren alboetatik dator, hortaz, portiko hastial biak xurgatzen egongo dira (A, B eta C zonaldeak), "¡Error! No se encuentra el origen de la referencia."-ko irudiek erakusten duten moduan. Gauzak horrela, Eraikigintzaren Kode Teknikoan agertzen diren parametroak atera beharko dira. Horretarako, azalera eta lerdentasuna atera beharko dira, beti portiko hastialaren dimentsioak (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) eta haizearen norabidea kontuan hartuz:

Estalita dagoen portiko hastialaren kalkulua egitea oso zaila den arren, posiblea da kalkulatzeko. Hala ere, bere azalera 10m<sup>2</sup> baino handiagoa izango denez, ez da kalkulatu behar. Lerdentasuna bakarrik kalkulatu da koefizienteak ateratzeko (6. ekuazioa).

$$h/d = 7/25 = 0,28$$

Taula 3.11 - 0°-tan jolastokiaren estalkiaren hormetan kanpoko presio koefizienteak

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Ikusi daitezenez haizeak duen norabidearekin (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), haizea 0°-tik datorrenean, ABC eremuak bakarrik aztertu beharko dira, horregatik koefiziente guztiak negatiboak dira, hormaren gainean haizeak xurgatzen duelako.

- Haizea 90° - Aurretik

Bestalde, haizea aurretik jotzen duenean, portiko hastial bateren gain jotzen du haizea eta beste portiko hastiala haizearen kontrako norabidean dago kokatuta. Norabidea aldatu denez, berriro kalkulatu beharko da eraikinaren lerdentasuna norabide berrian (6. ekuazioa):

$$h/d = 7 \text{ m} / 45 \text{ m} = 0'15$$

Kasu honetan, interesgarriak diren zonaldeak D eta E eremuak dira, "**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**" irudiak erakusten duen moduan, bi portiko hastialen eremuak direlako.

Taula 3.12 - 90°-tan jolastokiaren estalkiaren hormetan kanpoko presio koefizienteak

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

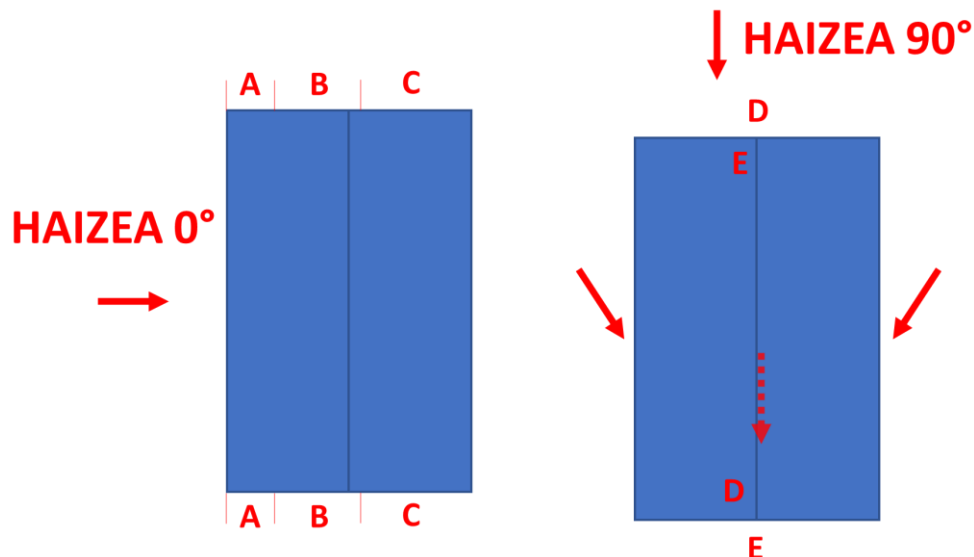


Behin hormetako kanpo koefiziente guztiak aterata, hurrengo taula honetan argitaratu daitezke, zonaldeen aplikazio puntuak “¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.” taulan ikusi daitekeelarik.

Taula 3.13 – Jolastokiaren portiko hastialeko hormetako kanpoko presio koefizienteak

ZONALDEA	KANPOKO ESPOSIZIO KOEFIZIENTEAK	
	HAIZEA 0°	HAIZEA 90°
A	-1'2	-
B	-0'8	-
C	-0'5	-
D	-	0'7
E	-	-0'3

Hala ere, jolastokia markesina bat denez eraikinaren alde guztietatik, D eta E zonaldeen kanpo koefizienteak gehituta agertuko dira, izan ere, bi portiko hastialetan haizea presionatzen (D zonaldea) eta xurgatzen (E zonaldea) egongo da haizea 90° datorrenean.



Irudia 3.11 - Haizearen efektu erreala portiko hastialetan bi norabideetan.

Hortaz, kanpoko presio koefizienteen indarrak bi zonaldeak gehituta honela geratuko lirartekeen:

Taula 3.14 - Jolastokiaren portiko hastialeko hormetako kanpoko presio koefiziente errealak

ZONALDEA	KANPOKO ESPOSIZIO KOEFIZIENTEAK	
	HAIZEA 0°	HAIZEA 90°
A	-1'2	-
B	-0'8	-
C	-0'5	-
D	-	1
E	-	-1

**BARNE PRESIOKO KOEFIZIENTEAK ( $c_{pb}$ )**

EKT-ren arabera, eraikinak hutsune handiak baditu, haizeak, kanpoko presioez gain, barreneko presioak ere sortzen ditu, eta horiek aurrekoei gehitzen zaizkie.

Diseinatzen ari diren eraikinak markesinak direla kontsideratu direnez, teilatuan barne-presioa ez dagoela kontsideratu daiteke, izan ere, markesinetako teilatuetan agertzen diren goranzko eta beranzko koefizienteak barne eta kanpo presioak gehituta egongo balira agertzen dira.

Diseinatu diren bi egiturak aztertzen badira, ez dago egiturarik paramentu bertikalik duenik, hala ere, jolastokiaren egituraren portiko hastialak paramentu bertikalez estalita daude, haizearen mugimendua mugatzeko, "Irudia 3.9 - Jolastokiaren portiko hastialaren kota orokorrak" irudiek erakusten duten bezala.

Hala ere, jolastokiaren portiko hastialetako hormetan agertzen den barne presioa mesprezatuko da, izan ere, agertzen diren zuloak oso handiak direlako. Gainera, aurreko atalean komentatu den bezala, haizearen eragina portiko hastialetan handitu egin da D eta E zonaldeetan, barne presioa ezabatuz.

### 3.2.2.3 ELURRA

Eraikin baten gainean agertzen den kargaren intentsitatea elurragatik lekuaren klimaren, ingurunearen erliebearen, eraikinaren formaren, haizearen efektuen eta beste zenbait kanpoko parametroen aldaketa termikoen menpe dago.

Eraikigintzaren Kode Teknikoaren arabera, elurraren karga azalera batean hurrengo ekuazioarekin kalkula daiteke:

$$q_n = \mu \cdot s_k \quad (9)$$

Non,

- $q_n$  → Elurraren karga azalera den
- $\mu$  → Estalkiaren forma koefizientea
- $s_k$  → Lursail horizontalean elurraren kargaren balio karakteristikoa den.

#### **Forma Koefizientea ( $\mu$ )**

Haizeak elurteak lagundu edo jarrai ditzake, eta horrek elurra modu irregularrean estalkien gainean metatzea eragiten du. Horregatik, elur-geruzaren lodiera desberdina izan daiteke isurialde bakoitzean. Horrek eragingo du estalkian zehar pilatu daitezkeen elur kopurua ezberdina izatea. Hala ere, Eraikigintzaren Kode Teknikoak esaten duen moduan (“Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak” dokumentuan):

*Irristatzeko eragozpenik ez duten isurkietan, forma-koefizienteak 1 balioa izango du 30º edo gutxiagoko inklinazioa duten estalkietarako eta balio nulua 60º edo gehiagoko inklinazioa duten estalkietarako (tarteko balioetarako, linealki interpolatuko da). Oztoporik badago,  $\mu=1$  hartuko da, inklinazioa edozein dela ere.*

Ikusi den bezala, bi estalkietan malda maximoa 30° baino gehiago hartzen du, forma koefizientea aldatuz. Alabaina, segurtasunaren aldetik erabaki da forma koefizientearen balioa unitate batera mantentzea, izan ere, malda ez delako beti konstantea eta elurraren pilaketa eman daitekeelako.

#### **Balio Karakteristikoa ( $s_k$ )**

Lursail horizontalean elurraren kargaren balio karakteristikoa, egituraren kokapen geografikoaren arabera da. Kasu honetan, Artziniegako udalerrian gaude kokatuta, Arabako probintzian. EKT-k probintzietako hiriburuei eta hiri autonomikoei dagozkien balioak biltzen dituen taulak argitaratzen ditu. Hala ere, Artziniega hiriburuetatik oso urrun dagoenez, bere altitudearen eta zonalde espezifikoaren menpe aterako dira elurraren balio karakteristikokoak.

Lurzoru horizontal bateko ( $s_k$ ) elur-kargaren balio gisa, EKT-ren E.2 taulatik har daiteke, kokalekuaren edo udalerraren altitudearen “Irudia 3.12 - Neguko zonalde klimatologikoak Espainian” mapako eremu klimatikoaren arabera.



Irudia 3.12 - Neguko zonalde klimatologikoak Espainian

Argi ikusi daitezenez, Artziniega lehenengo zonaldean dago kokatuta, eta “2. Dokumentua – Memoria” dokumentuan ikusi izan den bezala, Artziniega 210 m-ko altueran dago kokatuta. Beraz, elurraren balio karakteristikoa hurrengo taulan aurkitu daiteke:

Taula 3.15 - Elur-gainkarga lurzoru horizontalean (kN/m<sup>2</sup>)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Beraz, elurratik agertzen den indarra proiektzio horizontalean (lurzoruarekiko paraleloan) honakoa da:

$$q_{elurra} = 0'5 \text{ kN}/\text{m}^2$$

Elurraren aplikazioa, EKT-ak ulertzen duen bezala, 3 akzioetan ezberdindu beharko da, alde batetik, elurra bi uretan aplikatuta bere karga maximoarekin, eta beste aldetik, haizeak eragindako elurraren mugimenduagatik agertzen ur bakoitzean karga maximoa agertuko da eta bestean erdia (Irudia 3.13 – EKT-ren forma koefizienteagatik agertzen diren akzioak).

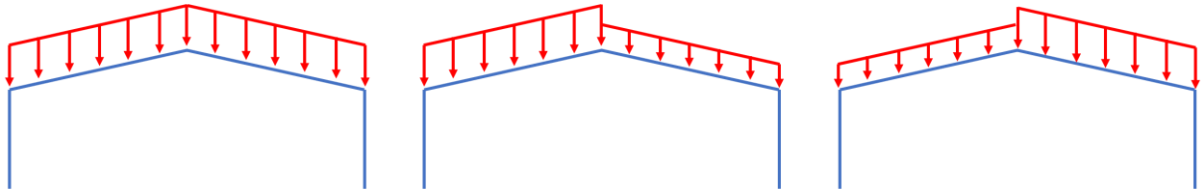
### 3.5.3 Coeficiente de forma

- 1 El viento puede acompañar o seguir a las nevadas, lo que origina un depósito irregular de la nieve sobre las cubiertas. Por ello, el espesor de la capa de nieve puede ser diferente en cada faldón. Para la determinación del coeficiente de forma de cada uno de ellos, se aplicarán sucesivamente las siguientes reglas

Se tendrán en cuenta las posibles distribuciones asimétricas de nieve, debidas al transporte de la misma por efecto del viento, reduciendo a la mitad el coeficiente de forma en las partes en que la acción sea favorable.

Irudia 3.13 – EKT-ren forma koefizienteagatik agertzen diren akzioak

Beraz, hauek dira haizeak eragindako mugimendugatik agertuko diren elurraren hiru akzioak:



Irudia 3.14 - Elurraren akzioaren aplikazio grafikoa



### 3.2.2.5 SUTEEN AKZIOA

Atal honetan elementuen kalkuluei dagozkien suaren eraginak soilik azalduko dira. Gainera, proiektuko eraikinek material desberdinez eginda daudenez, bakoitza bere aldetik aztertuko da.

#### **PADEL ESTALKIA**

Padeleko bi pistak estaliko dituen egitura sortzerako orduan, suaren akzioa 15 minuturako kalkulatu da. Izan ere, estalkiaren barruan sute bat sortuko balitz, estalkian daudenean denbora nahikoa izango lukete eraikina ebakutzeko eta beren burua babesteko.

Bestalde, padelaren egitura osatzen duten elementuek ez dute suaren aurkako estaldurarik izango, aurrekontua nabarmen handituko litzatekeelako. Gainera, ez da kalkulurik egingo estalki horrek suarekiko duen erresistentziari buruz, Cype 3D berak hau guztia kontuan hartuko baitu elementu guztien neurriak ezartzeko orduan.

Garrantzitsua da aipatzea, aukeratutako erresistentzia denboraren balioa ez dela Eraikigintzaren Kode Teknikoaren DB – SI-an aipatzen. Hala ere, bere erabilera baimenduta dago egituraren konprobaketa egiteko bestelako suarekiko erresistentzia denborako baloreekin, “Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales”-n aipatzen den bezala.

#### **JOLASTOKIAREN ESTALKIA**

Jakina denez, jolastokiaren egitura egurrezkoa da, eta hau oso material sukoia da. Gainera, haizearen eragina kontuan hartu beharrezkoa da ere. Hala ere, jolastokiaren eraikina ebakutzeko oso erraza da, alboetan itxiturarik ez duenez, ezinezkoa baita eraikinaren barruan harrapatuta geratzea.

Horregatik, dimentsionatuko diren elementuak egiteko, kontuan hartuko da egiturak 30 minutu irauten duela suaren azpian. Hori ez da ezinbestekoa; hala ere, beti hobesten da elementu guztiak segurtasunaren aldetik kalkulatzea.

“3.4.2.5 SUTEAREN AURKAKO ERRESISTENTZIA”-ren atalean, zurezko elementuak egiaztatuko dira; hau da, petralak eta portikoak. Gainera, lotura guztiak dimentsionatu egin dira, suaren aurrean erresistenteak izan daitezen. Horretarako, burdineria metalikoak (sute batean huts egiteko joera handiagoa dutelako) zurezko zirien bidez edo altzairuzko xaflak egurraren barruan sartuz ezkutatu dira.

### 3.2.2.6 KARGEN LABURPENEA

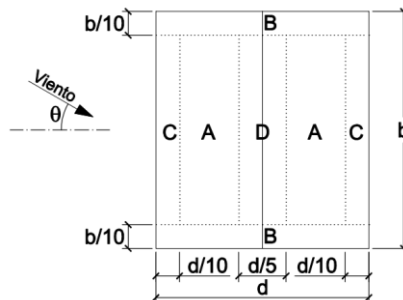
Hona hemen, ikusitako karga guztien bilduma, non haizearen, erabileraren, elurraren eta estalduraren karga guztiak dauden (seisinoa nulua izanik ez da gehitu):

#### HAIZEA TEILATUETAN

##### PADEL ESTALKIA

Taula 3.16 – Padel Estalkiaren Haizearen Indarra

ZONALDEA	PADEL ESTALKIAREN INDARRAK (kN/m <sup>2</sup> )	
	BEHERA	GORA
A	1,22	-1,57
B	2,22	-2,52
C	1,64	-1,85
D	0,47	-2,45

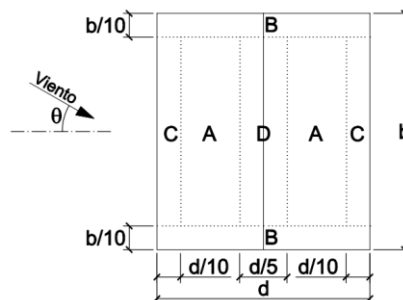


Irudia 3.17 - Bi uretako markesina baten zonaldeak

##### JOLASTOKIAREN ESTALKIA

Taula 3.17 - Jolastokiaren Estalkiaren Haizearen Indarra

ZONALDEA	JOLASTOKIAREN ESTALKIAREN INDARRAK (kN/m <sup>2</sup> )	
	BEHERA	GORA
A	1,27	-1,49
B	2,07	-0,20
C	1,71	-1,53
D	0,51	-2,18



Irudia 3.18 - Bi uretako markesina baten zonaldeak

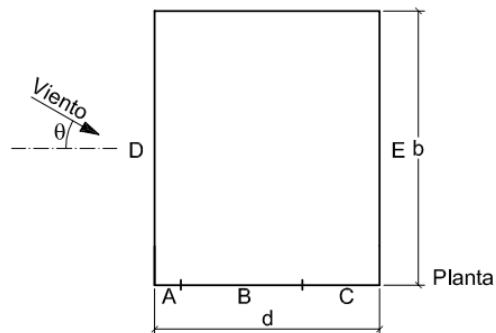
#### HAIZEA HORMETAN

Haizearen indarra jolastokiaren portiko hastialaren hormetan bakarrik azalduko da:

##### JOLASTOKIAREN ESTALKIA

Taula 3.18 - Jolastokiaren Estalkiaren Portiko Hastialaren Indarrak

ZONALDEA	JOLASTOKIAREN PORTIKO HASTIALAREN INDARRAK (kN/m <sup>2</sup> )	
	HAIZEA 0°	HAIZEA 90°
A	-1,31	-
B	-0,87	-
C	-0,55	-
D	-	1,09
E	-	-1,09



Irudia 3.19 - Portiko hastialaren zonaldeak haizea 0° doanean



Taula 3.19 - Jolastokiaren Estalkiaren Portiko Hastialaren Barne Presioaren Indarra

ZONALDEA	JOLASTOKIAREN PORTIKO HASTIALAREN BARNE PRESIOA (kN/m <sup>2</sup> )	
	HAIZEA 0°	HAIZEA 90°
HASTIAL	-0,36	-0,08

**ERABILERAREN GAINKARGA**

Taula 3.20 - Erabileraren Gainkargaren Indarra

ZONALDEA	ERABILERAREN GAINKARGA (kN/m <sup>2</sup> )
	BEHERA (proiek. horizontala)
GUZTIETAN	0,4

**ELURRA**

Taula 3.21 - Elurraren Indarra

ZONALDEA	ELURRA (kN/m <sup>2</sup> )
	BEHERA (proiek. horizontala)
GUZTIETAN	0,5

**ESTALKIA**

Taula 3.22 - Estalkiaren Indarra

ZONALDEA	ESTALKIAREN KARGA (kN/m <sup>2</sup> )
	BEHERA
GUZTIETAN	0,05

Taula 3.23 - Indar Guztien Laburpen Osoa

INDARRA	ZONALDEA	PADEL ESTALKIA		JOLASTOKIAREN ESTALKIA	
		BEHERA	GORA	BEHERA	GORA
HAIZEA TEILATUAN	A	1,217	-1,571	1,272	-1,491
	B	2,223	-2,524	2,075	-2,037
	C	1,638	-1,849	1,709	-1,529
	D	0,468	-2,445	0,508	-2,184
HAIZEA HORMETAN (Portiko Hastialean)				HAIZEA 0°	HAIZEA 90°
	A			-1,31	-
	B			-0,87	-
	C			-0,55	-
	D			-	1,09
	E			-	-1,09
ERABILERAREN GAINKARGA		BEHERA (proiek. horizontala)		BEHERA (proiek. horizontala)	
	GUZTIA	0,4		0,4	
ESTALKIA		BEHERA		BEHERA	
	GUZTIA	0,05		0,05	
ELURRA		BEHERA (proiek. horizontala)		BEHERA (proiek. horizontala)	
	GUZTIA	0,5		0,5	

### 3.2.3 INDARREN ARTEKO KONBINAKETAK

Indarren balio bakoitza kalkulatu eta gero, haien arteko konbinaketa desberdinak sortu behar dira. Horretarako, bi muga egoera limite aztertuko dira: Alde batetik, azken muga egoera aztertuko da, non, eraikina zerbitzuz kanpo uzten den, eta bestetik, zerbitzu muga egoera, non erabiltzaileen erosotasunari eta ongizateari eragiten diete.

Muga egoera hauek gainditzeak esan nahi du eraikinak ez duela egiturazko baldintzaren bat betetzen.

#### 3.2.3.1 AZKEN MUGA EGOERA

Azken muga egoerak gainditzeko baldin badira, eraikinen erabiltzaileak arriskuan jartzen dira, bai eraikina ezin delako erabili edo erabat edo partzialki kolapsatzen dutelako. Egoera hauek eraikinaren orekaren galerarekin erlazioatuta daude.

EKT-ko "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentuko" 4.2 sostengu-ahalmena atalaren arabera, 3 konbinaketa posible daude. Proiektu honetan, egoera iraunkor edo aldakor bati dagokion akzioen konbinaketa erabiliko da (pretentsaketaren gehiketa ez da azalduko):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (10)$$

Non,

- $\gamma_{G,j}$  → Akzio iraunkorren segurtasun koefiziente partziala den.
- $G_{k,j}$  → Indar iraunkorrek diren.
- $\gamma_{Q,1}$  → Akzio aldakor nagusiaren segurtasun koefiziente partziala den.
- $Q_{k,1}$  → Akzio aldakor nagusia den (lehenengo indar aldakorra).
- $\gamma_{Q,i}$  → Bigarren mailako akzio aldakorren segurtasun koefiziente partziala den.
- $\Psi_{0,i}$  → Aldiberekotasun koefizientea den.
- $Q_{k,i}$  → Bigarren mailako akzio aldakorrak diren.

Eraikigintzaren arloan erabiltzen diren konbinaketa posibleak hurrengokoak dira. Ikusi daitekenez, berezko pisuaren, erabileragatik gainkargaren, elurraren eta haizearen (presionatzen edo xurgatzen) artean gehitzen diren. Horrela egoera konbinaketa erreal ezberdinak sortuko dira:

1. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP}$	Berezko Pisu
2. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_{EG} \cdot Q_{EG}$	Berezko Pisu + Erabilera
3. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\downarrow}$	Berezko Pisu + Haizea Behera
4. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\uparrow}$	Berezko Pisu + Haizea Gora
5. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E$	Berezko Pisu + Elurra
6. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\downarrow} + \gamma_E \cdot \Psi_{0,E} \cdot Q_E$	Berezko Pisu + Haizea Behera + Elurra

7. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\uparrow} + \gamma_E \cdot \Psi_{0,E} \cdot Q_E$	Berezko Pisua + Haizea Gora + Elurra
8. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E + \gamma_H \cdot \Psi_{0,H} \cdot Q_{H\downarrow}$	Berezko Pisua + Elurra + Haizea Behera
9. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E + \gamma_H \cdot \Psi_{0,H} \cdot Q_{H\uparrow}$	Berezko Pisua + Elurra + Haizea Gora

Non,

- $\gamma_{BP}$  → Berezko pisuaren segurtasun koefiziente partziala den.
- $G_{BP}$  → Berezko pisuaren indarra den.
- $\gamma_{EG}$  → Erabilpenaren gainkargaren segurtasun koefiziente partziala den.
- $Q_{EG}$  → Erabilpenaren gainkargaren indarra den.
- $\gamma_H$  → Haizearen segurtasun koefiziente partziala den.
- $Q_{H\downarrow}$  → Haizea berantza doanean agertzen den (presionatzen) indarra.
- $Q_{H\uparrow}$  → Haizea gorantza doanean agertzen den (presionatzen) indarra.
- $\gamma_E$  → Elurraren gainkargaren segurtasun koefiziente partziala den.
- $Q_E$  → Elurraren indarra den.
- $\Psi_{0,E}$  → Elurraren aldiberekotasun koefizientea den.
- $\Psi_{0,H}$  → Haizearen aldiberekotasun koefizientea den.

Erabileraren gainkargaren indarra ez da konkomitantea, hau da, ez da beste akzio aldakorrek konbinatuko, eguraldi txarra dagoenean (elurra edo haize bolada handiak), ez delako inor teiltura igoko mantentze lanak egiteko. Hori dela eta, erabilpenaren gainkarga berezko pisuarekin soilik konbinatzen da (2. Konbinaketa).

Eraikigintzaren Kode Teknikoko “Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua”-ren arabera, akzioen balioa zehazteko segurtasun koefiziente partzial batekin biderkatu behar dira. Koefiziente hauek akzioaren arabera aldatzen dira, horregatik, Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentuko 4.2.4 ataleko 4.1 taulatik (Taula 3.24 - Ekintzetarako segurtasun-koefiziente partzialak ( $\gamma$ )) aterako dira.

Taula 3.24 - Ekintzetarako segurtasun-koefiziente partzialak ( $\gamma$ )

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Karga bat kaltegarri moduan hartuko da, karga hori nagusia denean eta bere noranzkoa eraikinaren ezegonkortasunera ahalbidetzen duenean edo bere eraginaren noranzkoa

gainerakoen berdina denean. Horrela, karga bat aldekoa izango da bere noranzkoa karga kaltegarriekiko ezberdina denean.

Bi karga aldakor baino gehiago konbinatzen direnean, bigarren mailako karga aldakorrari, segurtasun koefiziente partzialarekin batera, aldiberekotasun koefiziente bat aplikatzen zaio, izan ere, bi karga aldakorrak aldi berean gertatzeko probabilitatea murrizten delako. Akzio bakoitzaren aldiberekotasun koefizienteak EKT-ren Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentuko 4.2.4 ataleko 4.2 taulatik (Taula 3.25 – Aldiberekotasun Koefizienteak ( $\Psi$ )) atertzen dira.

Taula 3.25 – Aldiberekotasun Koefizienteak ( $\Psi$ )

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Behin beharko diren koefizienteak ezagututa, azaldutako bederatzki konbinazioetatik, hipotesi batzuk deuseztatu daiteke, argi dagoelako ez direla kaltegarrienak izango.

- |  |  |
|--|--|
| 1. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP}$  | Berezko Pisua                          |
| 2. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_{EG} \cdot Q_{EG}$   | Berezko Pisua + Erabilera              |
| 3. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\downarrow}$                                       | Berezko Pisua + Haizea Behera          |
| 4. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\uparrow}$   | Berezko Pisua + Haizea Gora            |
| 5. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E$   | Berezko Pisua + Elurra                 |
| 6. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\downarrow} + \gamma_E \cdot \Psi_{0,E} \cdot Q_E$ | Berezko Pisua + Haizea Behera + Elurra |
| 7. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\uparrow} + \gamma_E \cdot \Psi_{0,E} \cdot Q_E$   | Berezko Pisua + Haizea Gora + Elurra   |
| 8. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E + \gamma_H \cdot \Psi_{0,H} \cdot Q_{H\downarrow}$ | Berezko Pisua + Elurra + Haizea Behera |
| 9. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E + \gamma_H \cdot \Psi_{0,H} \cdot Q_{H\uparrow}$   | Berezko Pisua + Elurra + Haizea Gora   |

Adibidez, berezko pisua bakarrik dagoenean (1.), argi dago ez dela kaltegarriena izango, izan ere, karga aldakorrik ez duelako. Beste aldetik, haizea behera edo elurra bakarrik agertzen direnean (3. eta 5.) eragiten duten indarrak txikiagoak izango dira biak batera agertzen direnean baino (6. eta 8.). Azkenik, haizea gora doanean, hau da, eraikina hurrupatzen duenean, konbinaziorik murriztatzailena berezko pisuarekin agertzen denean da (4.), izan ere, bigarren akzio aldakor batekin elkartzean, elurrarekin adibidez (7. Eta 9.), eragindako indar totala txikiago izango delako.

Beraz, hauek izango dira aztertuko diren 4 hipotesi konbinazioak:

Taula 3.26 - Azken Muga Egoeran aztertuko diren hipotesi konbinazioak

1. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_{EG} \cdot Q_{EG}$	Berezko Pisua + Erabilera
2. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\uparrow}$	Berezko Pisua + Haizea Gora
3. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\downarrow} + \gamma_E \cdot \Psi_{0,E} \cdot Q_E$	Berezko Pisua + Haizea Behera + Elurra
4. $\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E + \gamma_H \cdot \Psi_{0,H} \cdot Q_{H\downarrow}$	Berezko Pisua + Elurra + Haizea Behera

### 3.2.3.2 ZERBITZU MUGA EGOERA

Zerbitzuaren muga-egoerak gaindituz gero, erabiltzaileen edo hirugarren pertsonen erosotasunari eta eraikinaren funtzionamendu egokiari edo itxurari eragiten diete. Egoera hauek eraikinaren deformazioekin eta bibrazioekin erlazionatuta daude.

Eraikigintzaren Kode Teknikoko "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua"-ko 4.3.2 atalaren arabera, iraupen luzeko akzioen eraginak, akzio ia iraunkorren konbinaketan adierazpenarekin bezala aztertzen da:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (11)$$

Non,

- $G_{k,j}$  → Indar iraunkorrak diren.
- $Q_{k,1}$  → Akzio aldakor nagusia den.
- $\Psi_{0,i}$  → Aldiberekotasun koefizientea den.
- $Q_{k,i}$  → Bigarren mailako akzio aldakorren indarrak diren.

Ikusi daitekenez, 10. ekuazioaren parekoa da, hala ere, segurtasun koefiziente partzialak desagertu dira.

Berriro ere, bigarren mailako karga aldakorrari aldiberekotasun koefizientea aplikatu behar zaio, EKT-ko "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua"-ko 4.2 taulatik (Taula 3.25 – Aldiberekotasun Koefizienteak ( $\Psi$ )) ateratzen da. Ikusi daitekenez, aldiberekotasun koefiziente guztiak Azken Muga Egoerako berdinak dira. Eraikigintzaren Kode Teknikoak esaten duen bezala, atzerazinak izan daitezkeen iraupen laburreko ekintzek eragindako efektuak ekintza-konbinazioen bidez zehazten dira.

Beste aldetik, EKT-ko "Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua" 4.3.3 atalean argitzen den bezala, elementuak nahiko zurrunka izan behar dira, eraikinaren kanpoko itxuran eragiten duela kontuan hartuz. Dokumentu honetan desplazamendu bertikalak (Geziak) eta deformazio horizontalak (Erortzea) aztertuko dira, bibrazioek sortzen duten deformazioak albo batera utziz.

Izan ere, egituraren elementu guztien gezia eta desplazamendua kalkulatzekoan, hauek zerbitzu muga egoeraren hiru aspektuak jaso behar dituzte: Elementuen osotasuna (integritatea), erabiltzaileen erosotasuna (konfort) eta obraren itxura. Hala ere, dokumentu honetan eraikuntza elementuen osotasuna bakarrik hartuko da kontuan, izan ere, seguritatearen aldetik aspekturik mugatzaileena delako.

Horrela, akzio karakteristikoaren konbinaketekin (11) gezi erlatiboa 1/300 baino txikiagoa izan behar da eta egituraren erortzearen kasuan 1/250 baino txikiagoa.

$$Gezia \rightarrow \delta_{max} < \frac{L}{300} \quad (12)$$

$$Erortzea \rightarrow \Delta_{max} < \frac{L}{250} \quad (13)$$





### 3.3 PADEL ESTALKIAREN KALKULUA

Atal honetan, padel estalkia osatzen duten elementu guztien dimentsionaketa eta kalkulua egingo da, hau da, eraikuntza guztian zehar agertuko diren elementu guztiak diseinatu eta karga erresistentea aztertuko da. Hala ere, ez dira konbinazio indar guztien kasuak agertuko, bakarrik 3.2.3.1 atalean konkretatutako karga kasuak.

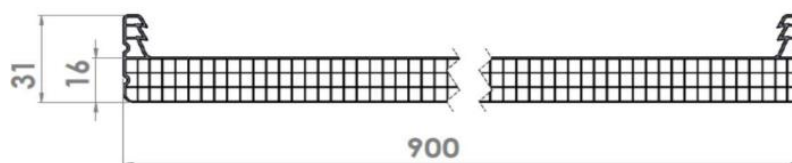
#### 3.3.1 ESTALKIA

Aipatu den moduan, padel eraikuntza estaltzeko erabiliko den estalkia “PalPlastic” enpresak ekoizten dituen “Danpalon 16/900” estalkia erabiliko da. Hain zuzen ere, “Danpalon 16/900 - 3 celdillas – Hileo Softlite” (Irudia 3.2).

#### DANPALON 16/900

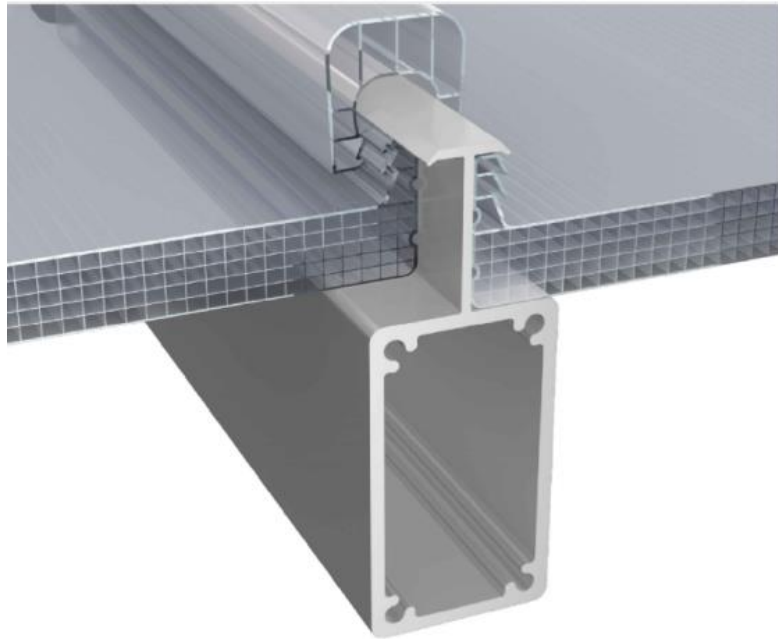
Taula 3.27 - Danpalon 16-900 estalkiaren ezaugarri orokorrak

DANPALON 16 mm	
Longitud / Length	MAX. 13500mm
Ancho / Wide	900 mm
Peso / Weight	2,83 kg/m <sup>2</sup>
Espesor / Thickness	16 mm
Estructura / Structure	Multicell 4 paredes / 4 walls
Radio mín. curvado frío / Min. cold bending radius	3.100 mm
Colores standard/ Standard Colours	INCOLORO/ HIELO/OPAL * CLEAR / ICE / OPAL *
Transmisión luz / Light Transmission	71% / 60% / 35 %
Factor solar / Solar Factor	0,61 / 0,57 / 0,42
Protección U.V. / U.V. Protection	Si / Yes
Dilatación lineal / Linear expansion	0,065 mm/°Cm
Aislamiento térmico / Thermal isolation (K)	2,10 W/m <sup>2</sup> °C
Aislamiento acústico / Acoustic isolation	24 dB
Clasificación reacción fuego / Fire Reaction Classification Standard EN 13501	BS1D0
Garantía / Warranty	10 años limitada / 10 years limited



DANPALON 16-900 mm

Bestalde, polikarbonatozko xaflak haien artean kokatzeko eta petraletara finkatzeko Danpaleko “FreeSpan” sistema aplikatuko da, non petralen arteko distantzia maximoa lortzeko sistemari dagokion:

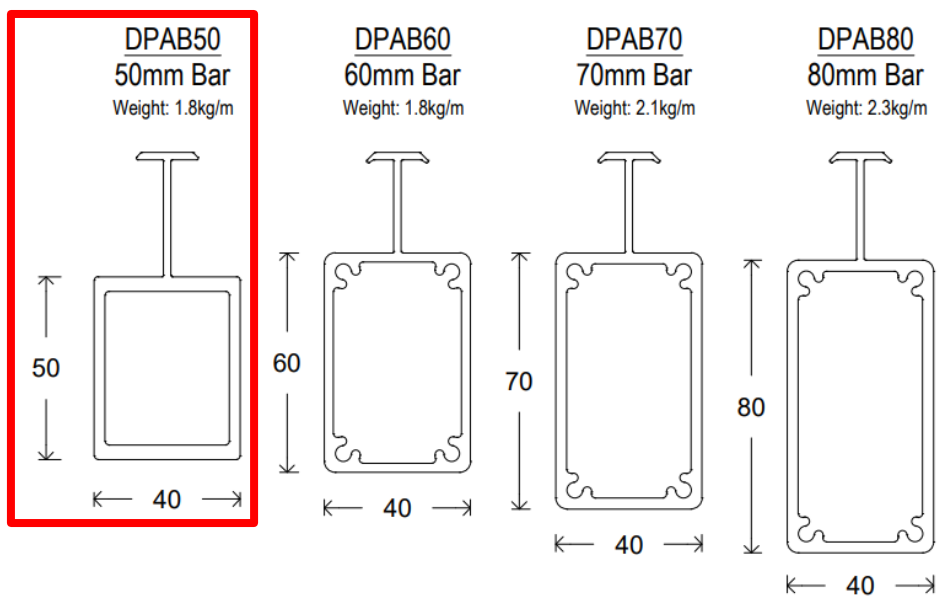


Irudia 3.21 - Danpal enpresaren "FreeSpan" sistema

Taula 3.28 - Danpalon 16-900 estalkiaren petralen arteko distantzia FreeSpan sistemarekin

SPAN TABLE				
Freespan Bar	Danpalon® Panel			
	8mm	10mm	12mm	16mm
50mm (DPAB50)	-	-	-	4000
60mm (DPAB60)	4800	4800	-	-
70mm (DPAB70)	5500	5500	-	-
80mm (DPAB80)	*6000	*6000	5300	-
100mm (DPAB100)	*7000	*7000	*6500	6000
150mm (DPAB150)	*9600	*9600	*8500	8000

Geroago ikusiko den moduan, polikarbonatozko xaflak haien artean elkartzeko 50 mm -tako barrak erabiliko dira (Irudia 3.22 - DPAB50 barraren sekzioa).



Irudia 3.22 - DPAB50 barraren sekzioa



**BEREZKO PISUA**

3.2.1.2 atalean ikusi den bezala, berezko pisuaren indarra fabrikatzaileak gomendatzen zuen arabera finkatu da:

$$q_{estalki, Danpalon} = 5 \text{ kg}/m^2 = 0'05 \text{ kN}/m^2$$

Berezko pisuaren karga, osagai paralelo eta perpendikularretan banatu beharko da, bai malda nulua denean, bai malda maximoa denean:

1	$q_{estalki,1}^{\perp} = 0'05 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\perp} = 0'05 \text{ kN}/m^2$ $q_{estalki,1}^{\parallel} = 0'05 \text{ kN}/m^2 \cdot \sin 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\parallel} = 0 \text{ kN}/m^2$
2	$q_{estalki,2}^{\perp} = 0'05 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 36'63^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\perp} = 0'04 \text{ kN}/m^2$ $q_{estalki,2}^{\parallel} = 0'05 \text{ kN}/m^2 \cdot \sin 36'63^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\parallel} = 0'03 \text{ kN}/m^2$

**ERABILERAREN GAIKARGA**

Erabilerearen gairik proiektzio horizontalean denez, lehenengoz estalkiren gainean proiektatu beharko da:

$$q_{erab, proiekt.horiz} = 0'4 \text{ kN}/m^2$$

Berrito ere, estalkiaren malda bi egoeratan aztertu behar denez, osagai perpendikularra eta paraleloa kalkulatu behar da:

1	$q_{estalki,1}^{\perp} = 0'4 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \cos 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\perp} = 0'4 \text{ kN}/m^2$ $q_{estalki,1}^{\parallel} = 0'4 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \sin 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\parallel} = 0 \text{ kN}/m^2$
2	$q_{estalki,2}^{\perp} = 0'4 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 36'63^{\circ} \cdot \cos 36'63^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\perp} = 0'258 \text{ kN}/m^2$ $q_{estalki,2}^{\parallel} = 0'4 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 36'63^{\circ} \cdot \sin 36'63^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\parallel} = 0'192 \text{ kN}/m^2$

**ELURRA**

Elurraren indarra proiektzio horizontalean denez, lehenengoz estalkiren gainean proiektatu beharko da:

$$q_{elur, proiekt.horiz} = 0'5 \text{ kN}/m^2$$

Berrito ere, estalkia 12'53° malda duenez, elurraren indarra bere osagai paralelo eta elkartuztean banatuko da:

1	$q_{estalki,1}^{\perp} = 0'5 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \cos 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\perp} = 0'5 \text{ kN}/m^2$ $q_{estalki,1}^{\parallel} = 0'5 \text{ kN}/m^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \sin 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\parallel} = 0 \text{ kN}/m^2$
---	---

$$2 \quad \left. \begin{aligned} q_{estalki,2}^{\perp} &= 0'5 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 36'63^{\circ} \cdot \cos 36'63^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\perp} = 0'322 \text{ kN/m}^2 \\ q_{estalki,2}^{\parallel} &= 0'5 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 36'63^{\circ} \cdot \sin 36'63^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\parallel} = 0'239 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \right\}$$

### HAIZEA

Haizeak gainazalarekiko elkartzut jotzen du beti, hortaz, haizearen kasuan bakarrik indar perpendikularra agertuko da eta paraleloa nulua izango da. Gainera, haizeak bi norabide izan dezake, izan ere, gora (xurruptatu) edo behera (presioa) izan daitekeelako.

Taula 3.29 - Tenis estalkiaren gaineko haizearen indarrak

ZONALDEA	NORABIDEA	KARGAREN BALIOA
A	BEHERA	$q_{H\downarrow}^A = 1'217 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^A = -1'571 \text{ kN/m}^2$
B	BEHERA	$q_{H\downarrow}^B = 2'223 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^B = -2'524 \text{ kN/m}^2$
C	BEHERA	$q_{H\downarrow}^C = 1'638 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^C = -1'849 \text{ kN/m}^2$
D	BEHERA	$q_{H\downarrow}^D = 0'468 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^D = -2'445 \text{ kN/m}^2$

Ikusi daitekenez, hauek izango dira haizeak eragingo dituen indar maximoak estalkiaren gainean:

$$q_{H\downarrow}^B = 2'223 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{H\uparrow}^B = -2'524 \text{ kN/m}^2$$

### 3.3.1.2 INDARREN KONBINAKETAK

Behin datu guztiak izanda, erabakitako estalkia baliagarria den jakiteko, azken muga egoerako hipotesi konbinazio kritikoenak aztertuko dira, "Taula 3.26 - Azken Muga Egoeran aztertuko diren hipotesi konbinazioak" taulan daudenak, bereziki.

Gainera, hipotesi konbinazio bakoitza puntu desberdinetan aztertu da: beheranzko indarrak kaltegarriak direnean (1. 3. eta 4. hipotesi konbinazioak), lehenengo puntuko kargak hartuko dira kontuan (malda horizontaleko indarrak), horrela agertzen den beheranzko indar perpendikularra maximoa izango da. Bestalde, goranzko indarrak kaltegarriak direnean (2. hipotesi konbinazioa) malda maximoko puntuko indarrak aplikatuko dira, izan ere, agertzen den goranzko indar perpendikularra maximoa izango delako.

<b>1. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_{EG} \cdot Q_{EG}</math></b>	<b>Berezko Pisua + Erabilera</b>
$\perp \rightarrow 1'35 \cdot 0'05 + 1'5 \cdot 0'4 = 0'668 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 1'35 \cdot 0'03 + 1'5 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$	
<b>2. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\uparrow}</math></b>	<b>Berezko Pisua + Haizea Gora</b>
$\perp \rightarrow 0'8 \cdot 0'04 + 1'5 \cdot (-2'524) = -3'754 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 0'8 \cdot 0'03 + 1'5 \cdot 0 = 0'024 \text{ kN/m}^2$	
<b>3. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\downarrow} + \gamma_E \cdot \psi_{0,E} \cdot Q_E</math></b>	<b>Berezko Pisua + Haizea Behera + Elurra</b>
$\perp \rightarrow 1'35 \cdot 0'05 + 1'5 \cdot 2'223 + 1'5 \cdot 0'5 \cdot 0'5 = 3'777 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 1'35 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0'5 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$	
<b>4. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E + \gamma_H \cdot \psi_{0,H} \cdot Q_{H\downarrow}</math></b>	<b>Berezko Pisua + Elurra + Haizea Behera</b>
$\perp \rightarrow 1'35 \cdot 0'05 + 1'5 \cdot 0'5 + 1'5 \cdot 0'6 \cdot 2'223 = 2'8182 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 1'35 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0'6 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$	

Hortaz, taula honetatik, estalkiaren gainean norabide perpendikularrean agertzen diren bi norabidetako (gora eta behera) indar maximoak atera ditzakegu:

$$q_{max}^{\downarrow} = 3'777 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{max}^{\uparrow} = -3'754 \text{ kN/m}^2$$

### 3.3.1.3 EMAITZA

Indarrak "PalPlastic"-ren estalkiarekin konparatzen baldin bada (Taula 3.28 - Danpalon 16-900 estalkiaren petralen arteko distantzia), argi ikusten da petralen arteko distantzia 4 metro arte jarri daitezkeela, hala ere, padel estalkirako petralen arteko distantzia 1'84 metrora txikitu egin da, estalkiaren formara hobeto atxikitzeko.



### 3.3.2 PETRALAK

Padel estalkiaren petralen eta kargen eskuratzea CYPE egitura-kalkuluko programaren bidez egin da.

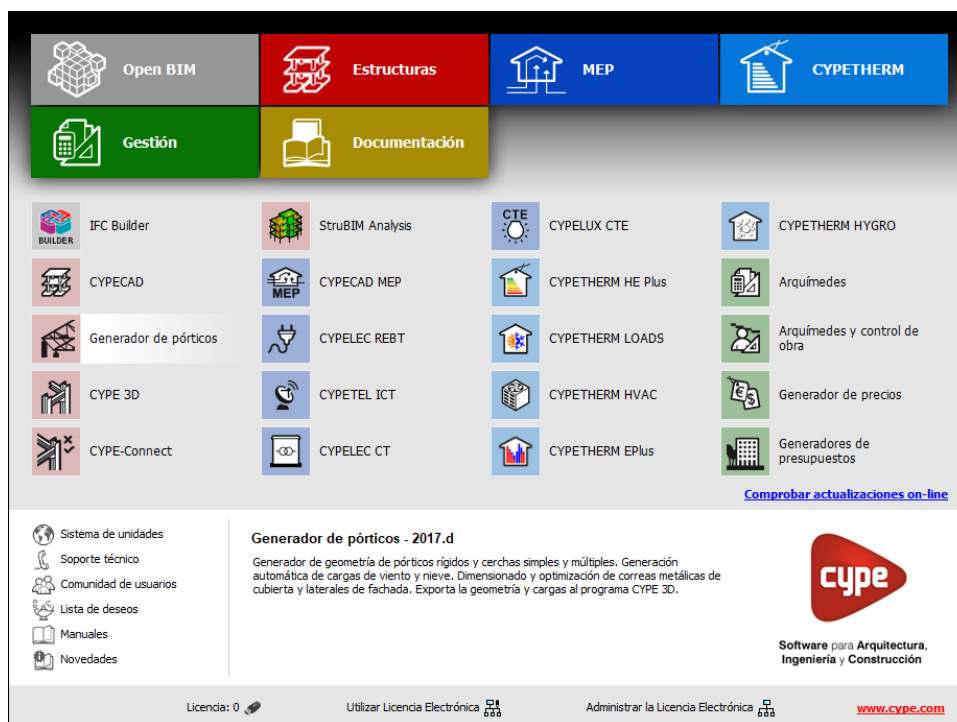
Horretarako, lehenik eta behin, obraren diseinu-parametroak eta datu orokorrak zehazten dira, "Generador de Pórticos" modulua erabiliz. Modulu horrek estalkiko eta fatxadako petralen neurriak ezartzeko aukera ematen du, non, profil onargarrien zerrenda ematen da, geroago haien egiaztapena egiteko.

Hori egin ondoren, lana "CYPE 3D" modulura esportatzen da, non, egitura behar den diseinura egokitzen da. Gainera, elementu bakoitzerako barne eta kanpo loturak, gilbordurako koefizienteak, gezia eta profil mota egokia zehazten dira, gero elementu guztiak dimentsionatzeko.

Hona hemen egitura dimentsionatzeko erabilitako egitura-kalkuluko programaren alderdi garrantzitsuenetako batzuk.

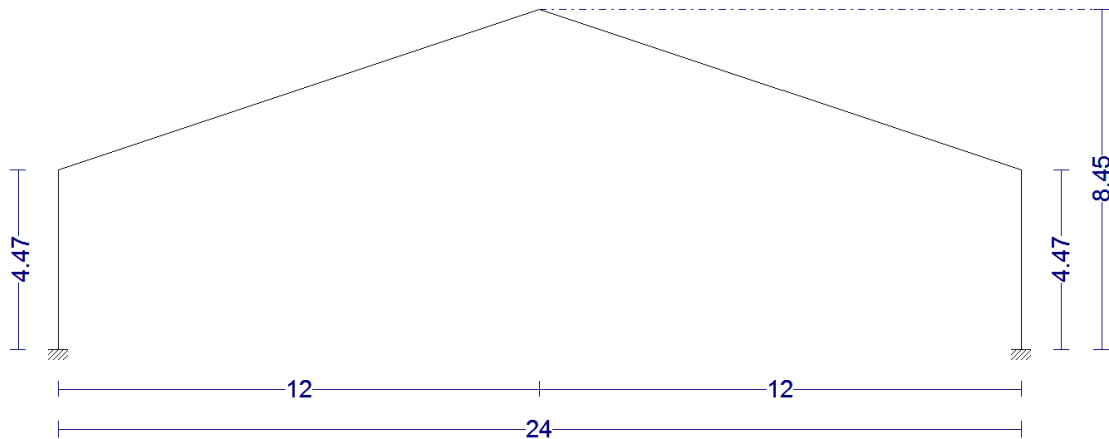
#### 3.3.2.1 KALKULU PROGRAMA: GENERADOR DE PÓRTICOS

Esan bezala, lehenengo urratsa da obraren parametro orokorrak zehaztea "Generador de Pórticos" modulan.



Irudia 3.25 - CYPE-ren "Generador de Pórticos" modulua

Lehen pausua programari datuak sartzea da eta horretarako portikoaren neurriak eta jasandako akzioa definituko dira. Padel estalkiak forma zirkularra duenez, modulu honetara antzerako dimentsioak sartu dira, ateratzen diren kargak eskuratzeko eta eskuz ateratakoarekin konparatzeko. Horretarako, lehenik, bi uretako portikoa erabiltzea erabaki da, eta antzerako dimentsioak sartu dira:



Irudia 3.26 - Padel eraikuntzaren dimentsio orokorrak

Geroago, programak akzioen kalkulurako beharrezko datuak eskatuko ditu CTE-SEAE-ren arabera gaitzeko kalkulatzeko. Hortaz, parametro hauek definitu dira “Datos Generales” koadroan, ondoren azaltzen den moduan:

Irudia 3.27 - Tenis eraikuntzaren datu orokorrak

Ikusi daitekenez, padel estalkia 5 portikoz (11 bao) daude kokatuta, haien arteko distantzia 5'5 metro direlarik. Gainera, teilatuko eta alboetako estalkiaren berezko pisua definitu da, bai eta, erabileraren gaitzeko sortzen den indarra ere (Taula 3.2).

Beste aldetik, haizeak eragiten duen karga sartu da programara “CTE DB SE-AE” ulertzen duen bezala. Artziniegako zona eolikoa, tokiko laztasun maila eta eraikuntzaren hutsuneak definitu dira. Gainera, hutsuneen dimentsio eta kokapena definitu da, bai eta obstrukzio mailaren koefizientea ere, geroago Cypek markesinari dagozkion kalkuluak egiteko.

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento

España  
 UE  
 Alemania  
 Bélgica  
 Bulgaria  
 Francia  
 Italia  
 Portugal  
 Argelia  
 Maruecos  
 Argentina  
 Brasil  
 Colombia  
 Cuba  
 México  
 Paraguay  
 Perú  
 Venezuela  
 Canadá  
 USA  
 India

CTE DB SE-AE  NTE  Eurocódigo 1

CTE DB SE-AE  
 Código Técnico de la Edificación.  
 Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación

**Zona eólica**  
 A. Velocidad básica: 26 m/s  
 B. Velocidad básica: 27 m/s  
 C. Velocidad básica: 29 m/s



**Grado de aspereza**  
 Única  Según dirección  
 I  II  III  IV  V


Zona rural accidentada o llana con obstáculos

Periodo de servicio (años)   
 Con huecos  
 Coeficiente de obstrucción para cubiertas aisladas

Irudia 3.28 - Haizearen eragina "Generador de Pórticos" moduluan

Azkenik, elurraren eragina programaren barruan definitu da, behin Artziniegaren herrialdea aukeratuta eta bere eskatzen dituen datuak sartuta.

Seleccione el emplazamiento de su obra.



A	B	C	E	I	K	L	M	N	O	P	R	S	U	V	Y	Z
Alegria-Dulantzi																
Amumo																
Añana																
Aramaio																
Amiñón																
Arria-Maestu																
Arzuza-Libamundia																
<b>Artziniega</b>																
Aspamena																
Ayala/Aiara																

Zona de clima invernal  
 1  2

Irudia 3.29 - Artziniegaren enplazamenduren definitiketa

Datos del emplazamiento

Zona  1  2  3  4  5  6  7

Altitud topográfica  m

Exposición al viento  
 Protegida  Normal  Fuertemente expuesta

Si la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve se incrementa en un 20%.  
 Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor de la carga de nieve se reduce en un 20%.

Descripción de la cubierta  
 Cubierta con resaltes

Irudia 3.30 - Elurraren eraginaren datu orokorrak

Behin datu guztiak sartuta dauden petralen dimentsionaketa kalkulatu daitezke.

### 3.3.2.2 PETRALEN KALKULUA

Estalkiari eta horren gainean agertuko diren indar guztiak eusteko erabiltzen diren habeak dira. Hauek portikoekiko norabide perpendikularrean jartzen dira, luzetarako norabidean. Haien helburu nagusia eraikinean agertzen diren akzioak portikoetara transmititzea da.















Petralak kalkulatzeko orduan, Cyperen "Generador de Pórticos" modulua erabiliko da, 3.3.2.1 atalean ikusi den bezala. Cypek berak erabiltzaileak sartutako karga indarrak kontuan izanik, petralak dimentsionatzen ditu, AMEko ekuazio karakteristikoko aplikatuz.

Petralak dimentsionatu baino lehen, kalkulu-datu osagarri batzuk zehaztu behar dira, estalkiko petralentzat komunak izango direnak:



- Petralei dagokien gezi erlatiboa elementuaren luzeraren 1/300 den CTE DB-SE dokumentuko 4.3.3.1 atalaren arabera ezartzen dena.
- Finkapen mota zurruna dela definitu da, izan ere, estalkia petraletara torlojuz lotuta doala suposatzen delako, biratzea eragotziz.
- Petralei jarraitutasuna emateak dakarren abantaila mekanikoa dela eta, bao kopurua hirutan ezartzen da, eta horrek eskatzen du uhalen muturrak elkarri lotzea, gutxienez hiru baoei dagokien 16'5 metroko luzera osatu arte. Alabaina, padel estalkian jarriko diren petralak 4 baoak estalkiko dituzte, horrela, petralak 22 metroko luzera izango dute.

Estalkiko petralen kalkulua egiteko, proiektugileak erabakiko du profil mota, bereizketa eta altzairu mota:

- Profil mota: Estalkiko petralak UPE forman konformatutako profilen bidez konpontzea aukeratzen da, %10etik gorako maldetan erantzun hobea dutelako.
- Bereizketa: 3.3.1.3 atalean argi geratu denez, petralen arteko distantzia 1'84 metrokoa izango da.
- Altzairu mota: UPE forman konformatutako petralak S275 altzairuz egin daitezkeen arren, S235 motako altzairua aukeratzen da, uhaletarako ohikoa delako eta merkeagoa delako.

Nombre	Peso (kN/m <sup>2</sup> )	Texto de comprobación
 UPE 80	0.04	Aprovechamiento: 648.79 %
 UPE 100	0.05	Aprovechamiento: 337.29 %
 UPE 120	0.06	Aprovechamiento: 192.77 %
 UPE 140	0.08	Aprovechamiento: 117.37 %
 UPE 160	0.09	Aprovechamiento: 77.59 %
 UPE 180	0.11	Aprovechamiento: 52.49 %
 UPE 200	0.12	Aprovechamiento: 37.40 %
 UPE 220	0.14	Aprovechamiento: 26.80 %
 UPE 240	0.16	Aprovechamiento: 20.10 %
 UPE 270	0.19	Aprovechamiento: 15.15 %
 UPE 300	0.24	Aprovechamiento: 11.33 %
 UPE 330	0.28	Aprovechamiento: 8.94 %
 UPE 360	0.33	Aprovechamiento: 7.60 %
 UPE 400	0.38	Aprovechamiento: 6.04 %

Significado de los iconos

-  Elemento que no cumple alguna comprobación.
-  Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Irudia 3.31 - "Generador de Pórticos" dimentsionatutako UPE motako petralak

Edición de correas de cubierta
✕

Datos de cálculo

Límite flecha:

Número de vanos:

Tipo de fijación:

Descripción de correas

Tipo de perfil:

Separación:  m

Tipo de Acero:

Irudia 3.32 - Teilatuko petralen datu orokorrak

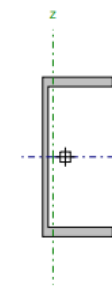
Beraz, aukeratu den barra petralentzako UPE 160 da, konprobaketa guztiak betetzen dituen:

**ERRESISTENTZIAREN KONPROBAZIOA**

**Comprobación de resistencia**

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.  
Aprovechamiento: 53.13 %

Barra pésima en cubierta

	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>0</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>0</sub> <sup>(3)</sup> (mm)
		12.898, 0.000, 8.161	12.898, 5.500, 8.161	5.500	21.70	911.10	106.80	5.20	-12.30
<p>Notas:</p> <p><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado</p> <p><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p><sup>(3)</sup> Coordenadas del centro de gravedad</p>									
	Pandeo			Pandeo lateral					
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.		
	β		0.00	1.00	0.00		0.00		
	L <sub>c</sub>		0.000	5.500	0.000		0.000		
	C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000		1.000		
	C <sub>1</sub>		-		1.000				
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>c</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p>									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	λ̄	λ <sub>cr</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>2</sub>	M <sub>2</sub> V <sub>t</sub>	NM <sub>2</sub>	NM <sub>t</sub> V <sub>2</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>2</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>2</sub>
Barra en cubierta	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.917 m λ <sub>cr</sub> = 53.1 Cumple	N <sub>t</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N <sub>c</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	M <sub>t</sub> = 0.00 x: 5.5 m η = 53.1	M <sub>2</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	V <sub>2</sub> = 0.00 x: 5.5 m η = 13.1	V <sub>t</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	M <sub>t</sub> V <sub>2</sub> = 0.00 x: 0.917 m η < 0.1	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	M <sub>t</sub> = 0.00 N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 53.1
<p>Notación:</p> <p>λ̄: Limitación de esbeltez</p> <p>λ<sub>cr</sub>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</p> <p>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</p> <p>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</p> <p>M<sub>t</sub>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M<sub>2</sub>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V<sub>t</sub>: Resistencia a corte Z</p> <p>V<sub>2</sub>: Resistencia a corte Y</p> <p>M<sub>t</sub>V<sub>2</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M<sub>2</sub>V<sub>t</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM<sub>2</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM<sub>t</sub>V<sub>2</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión</p> <p>M<sub>t</sub>V<sub>2</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M<sub>2</sub>V<sub>t</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p><sup>(10)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$25.64 \leq 247.39 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 141.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 5.50 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 7.76 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 6.65 cm<sup>2</sup>

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k** : 0.30

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub>** : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.531} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 12.898, 5.500, 8.161, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V H4.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 18.31 kN·m

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

**M<sub>c,Rd</sub>** : 34.47 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub>** : 131.60 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.131} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 12.898, 5.500, 8.161, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{19.88} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{152.16} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{10.06} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$25.64 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{25.64}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{\text{máx}} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{\text{ref}} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$8.24 \text{ kN} \leq 76.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.917 m del nudo 12.898, 0.000, 8.161, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.24} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{152.16} \text{ kN}$$

**GEZIAREN KONPROBAZIOA**

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 77.59 %

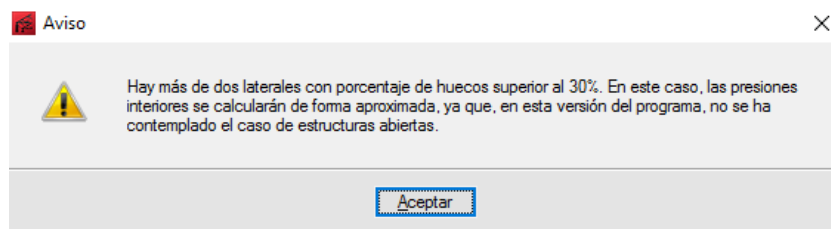
Coordenadas del nudo inicial: 23.177, 16.500, 4.759

Coordenadas del nudo final: 23.177, 22.000, 4.759

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(R) 1 + 1.00 \cdot V H1$  a una distancia 2.750 m del origen en el tercer vano de la correa.

( $I_y = 911 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 107 \text{ cm}^4$ )

Behin petralen dimentsionamendua eginda, CYPE 3D modulura esportatu da, portikoen gaineko indarrak ateratzeko. Cypek ohartarazten gaitu kalkulaturako indarrak hurbilduak direla, izan ere, markesinetarako kalkulu oso zehatza ez duelako.



Irudia 3.33 - Cyperen oharpena markesinetarako

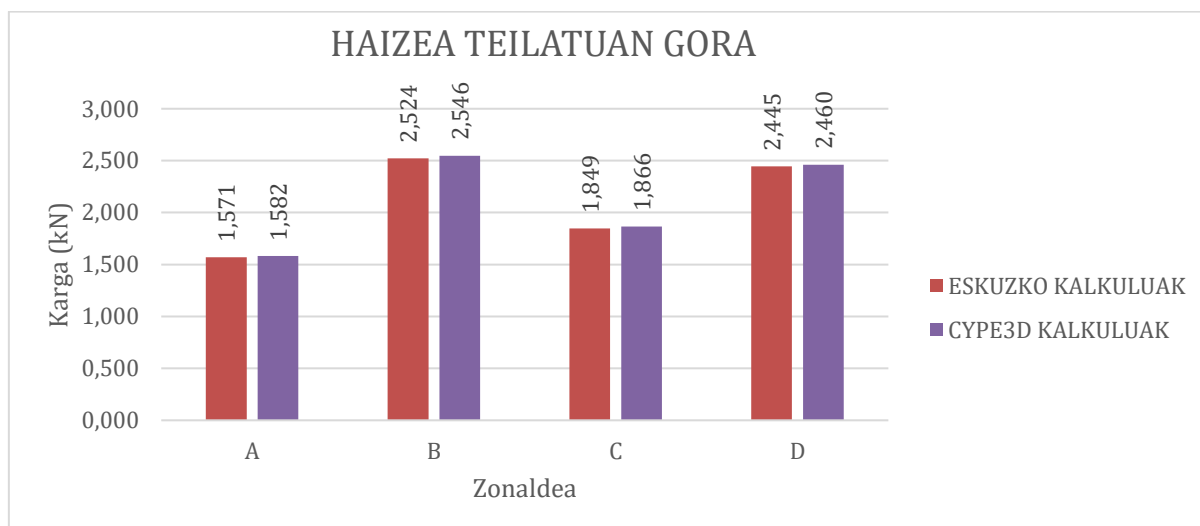
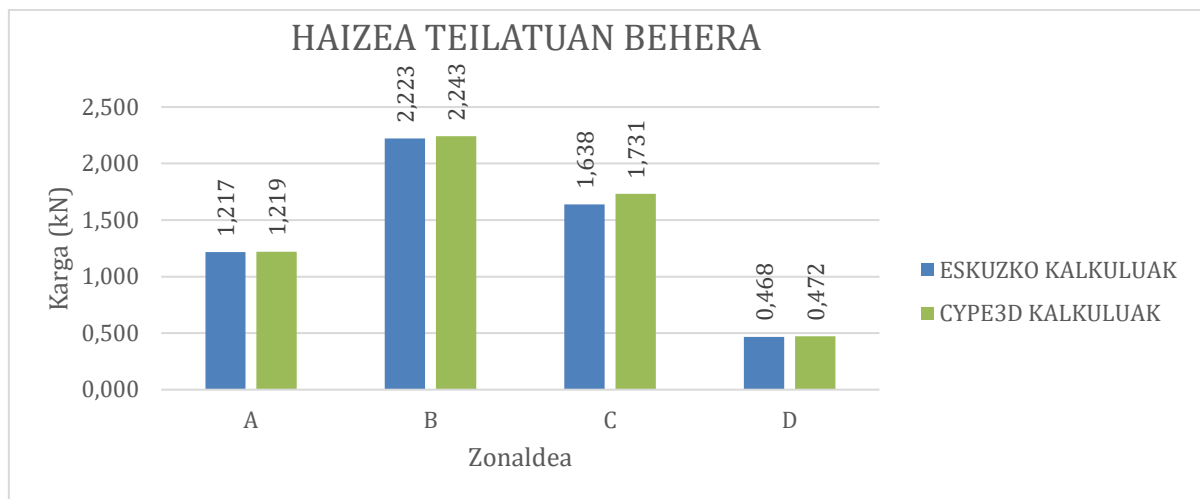


### 3.3.3 PORTIKOA

Portikoen kalkulurako, ateratako bi indarren konparaketa egingo da, alde batetik, 3.2 atalean atera diren indar guztiak kontuan harturik (Taula 3.23 - Indar Guztiaren Laburpen Osoa) eta bestetik Cype programaren “Generador de Pórticos” moduluak kalkulaturakoak.

Taula 3.30 - Kargen kalkulu desberdinen konparazioa

INDARRA	ZONALDEA	ESKUZKO KALKULUA		CYPE 3D KALKULUA	
		BEHERA	GORA	BEHERA	GORA
HAIZEA TEILATUAN	A	1,217	-1,571	1,219	-1,582
	B	2,223	-2,524	2,243	-2,546
	C	1,638	-1,849	1,731	-1,866
	D	0,468	-2,445	0,472	-2,460



Estalkien gaineko kargen kalkulu biak oso antzekoak dira; hala ere, karga hauek pixka bat handiagoak dira Cype sorgailua erabiltzen denean. Izan ere, horregatik Cypek egindako kargen kalkulua erabiliko dira estruktura guztiaren kalkulua egiteko, zeren hauek eskuz egindako “Eraikin Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua – Eraikinean eragiten dituzten akzioak”-rekin lortutako kalkulua baino murriztaileagoak dira.

### 3.3.3.1 KALKULU PROGRAMA: CYPE-3D

Cype 3D aplikazioa irekitzen den lehenengo aldian, obraren datu orokorrak ezarri behar dira; hau da, erabiliko diren altzairu eta hormigoi motak, eragingo diren akzio ezberdinak (seismoak, sua edota bestelako hipotesiak), zimentazio eta lotura ezberdinen ezaugarriak eta baita zimentazio lursaila.

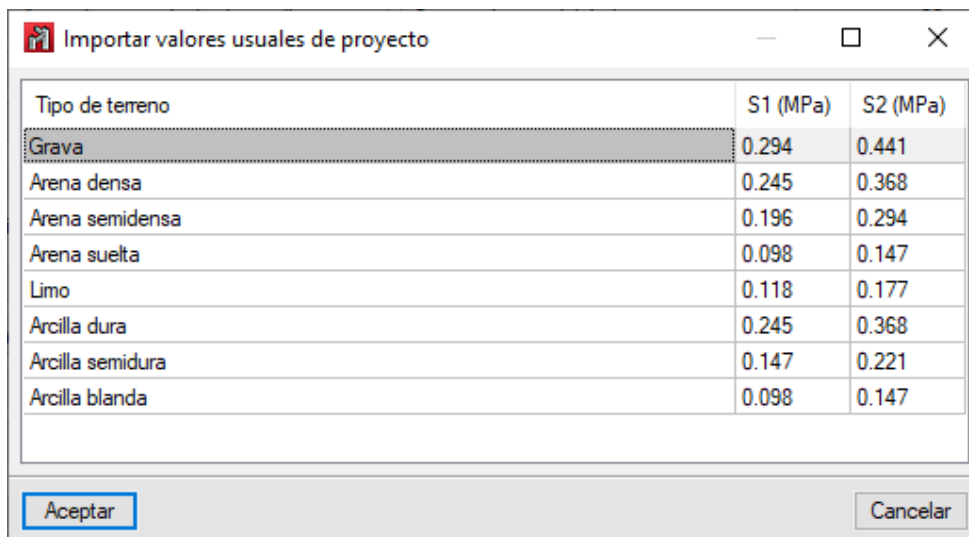
The screenshot shows the 'Datos generales' (General Data) window in the Cype 3D software. The window is titled 'Datos generales' and has a close button (X) in the top right corner. Below the title bar, there is a 'Normas' field set to 'Código Técnico de la Edificación - EHE-98'. The main area is divided into several sections:

- Perfiles:** A list of materials with dropdown menus: Acero laminado (S275), Acero conformado (S235), Madera (Aserrada, procedente de coníferas o ...), Aluminio (EN AW-5083 - F), and Hormigón (HA-25, Control Estadístico).
- Hormigón armado:** A section for reinforced concrete with dropdowns for 'Hormigón para elementos de cimentación' (HA-25, Control Estadístico) and 'Acero de barras' (B 400 S, Control Normal). It also has a text field for 'Características del árido' (30 mm) and buttons for 'Recubrimientos' and 'Membras de acero'.
- Acciones:** A section for actions with a checkbox 'Con sismo dinámico' (unchecked) and buttons for 'Resistencia al fuego', 'Estados límite (combinaciones)', 'Hipótesis adicionales', and 'Cimentación'.
- Terreno de cimentación:** A section for foundation ground with a checkbox 'Verificar deslizamiento de zapatas' (unchecked) and input fields for 'Adherencia (a)' (0.000 MPa), 'Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d°)' (25.00 grados), 'Situaciones persistentes' (0.294 MPa), and 'Situaciones sísmicas y accidentales' (0.441 MPa).
- Opciones:** A section for options with buttons for 'Cimentación' and 'Uniones'.
- Ambiente:** A section for environment with a button for 'Encepados' (Ilb).

At the bottom of the window, there is an 'Aceptar' button.

Irudia 3.34 - Cype 3D-ren datu orokorren leihatea

Momentu honetan, beharrezkoa izango litzateke Artziniegako eremuaren ikasketa geoteknikoa egitea eta; konkretuki, kirol-gunearena. Honen helburua, lursailaren erresistentzia kalkulatzea izango litzateke, izan ere, eraikinak eraikitze honako hau ezinbestekoa da. Hala ere, proiektu honetan ez da ikasketa geoteknikorik egingo, beraz, ulertuko da bertako lursail mota “graba” (harri-txirri edo harri-hondar) izango da.

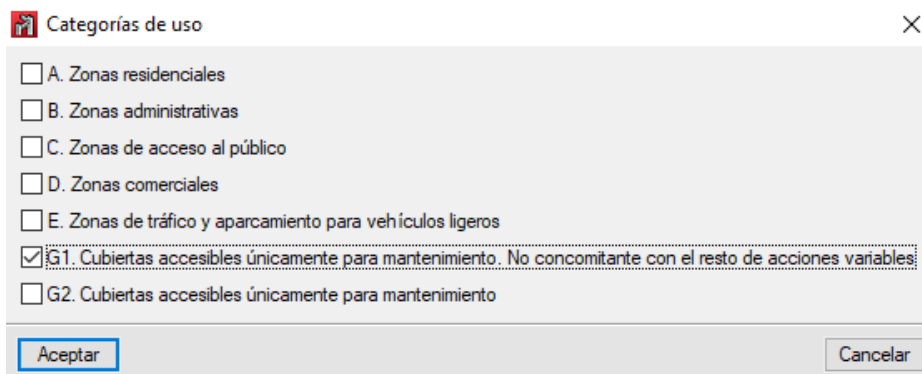


Tipo de terreno	S1 (MPa)	S2 (MPa)
Grava	0.294	0.441
Arena densa	0.245	0.368
Arena semidensa	0.196	0.294
Arena suelta	0.098	0.147
Limo	0.118	0.177
Arcilla dura	0.245	0.368
Arcilla semidura	0.147	0.221
Arcilla blanda	0.098	0.147

Buttons: Aceptar, Cancelar

Irudia 3.35 - Lursail motaren aukeraketa

Lursaila definituta dagoenean, estalkiari, hau erabiltzen den denboran, emango zaion erabilera kategoria ezarri beharko da. Aurrez aipatu den bezala, aukera G1a aukeratuko da; izan ere, estalki hauek soilik mantentzea egiteko helduko baitira, hau da, ez dira bestelako erabilerekin bateragarriak izango.



Categorías de uso

- A. Zonas residenciales
- B. Zonas administrativas
- C. Zonas de acceso al público
- D. Zonas comerciales
- E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros
- G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables
- G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento

Buttons: Aceptar, Cancelar

Irudia 3.36 - Erabilpenaren motaren aukeraketa

Horrez gain, eskuz sartu beharko dira Cype 3Dren “Generador de Porticos”-arekin lortutako karga guztiak baitan izateko beharrezko ekintzak. Alde batetik, haizearen inguruko sei hipotesi sartuko dira, izan ere, “Eraikigintzaren Kode Teknikoan” azaltzen den bezala, haizea bi magaletan eta, aldi berean, bi magal horietan banan-banan aplikatu beharko da. Horretaz aparte, haizea presioan (behera) eta xurgatzean (gora) izan daitekeela kontuan hartu behar da.

- A efectos del dimensionado de la estructura, la resultante de la acción del viento sobre cada uno de los faldones se admitirá actuando en su centro. Además, se considerará también la situación en la que el viento actúa únicamente sobre uno de los dos faldones.

Irudia 3.37 - EKT-ko markesinetan kontuan hartu beharreko oharpena

Viento

Nueva hipótesis adicional

Actúa	Hipótesis adicionales	Editar	Borrar
✓	V H1 (B)		
✓	V H2 (B)		
✓	V H3 (B)		
✓	V H4 (G)		
✓	V H5 (G)		
✓	V H6 (G)		

Combinatoria

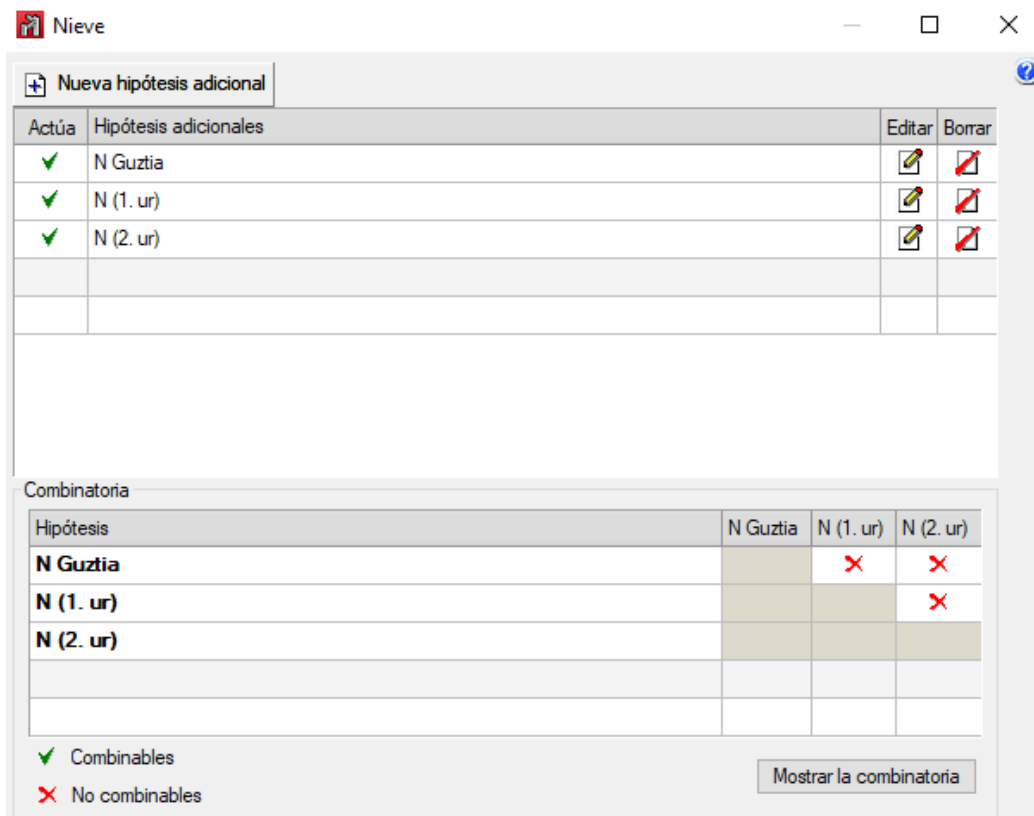
Hipótesis	V H1 (B)	V H2 (B)	V H3 (B)	V H4 (G)	V H5 (G)	V H6 (G)
<b>V H1 (B)</b>		✗	✗	✗	✗	✗
<b>V H2 (B)</b>			✗	✗	✗	✗
<b>V H3 (B)</b>				✗	✗	✗
<b>V H4 (G)</b>					✗	✗
<b>V H5 (G)</b>						✗

✓ Combinables  
 ✗ No combinables

Mostrar la combinatoria

Irudia 3.38 - Haizearen hipotesi desberdinen izena eta konbinaketa

Beste alde batetik, haizea bi malgetan aldi berean aplikatu behar da, eta baita ere malga bakoitzean bere kabuz, arauak ezartzen duen bezala (Irudia 3.13 – EKT-ren forma koefizienteagatik agertzen diren akzioak). Gainera, hipotesi hauek ezin izango dira aldi batera eman; hau da, ez dira konkomitanteak haien artean.



Irudia 3.39 - Elurraren hipotesi desberdinen izena eta konbinazioa

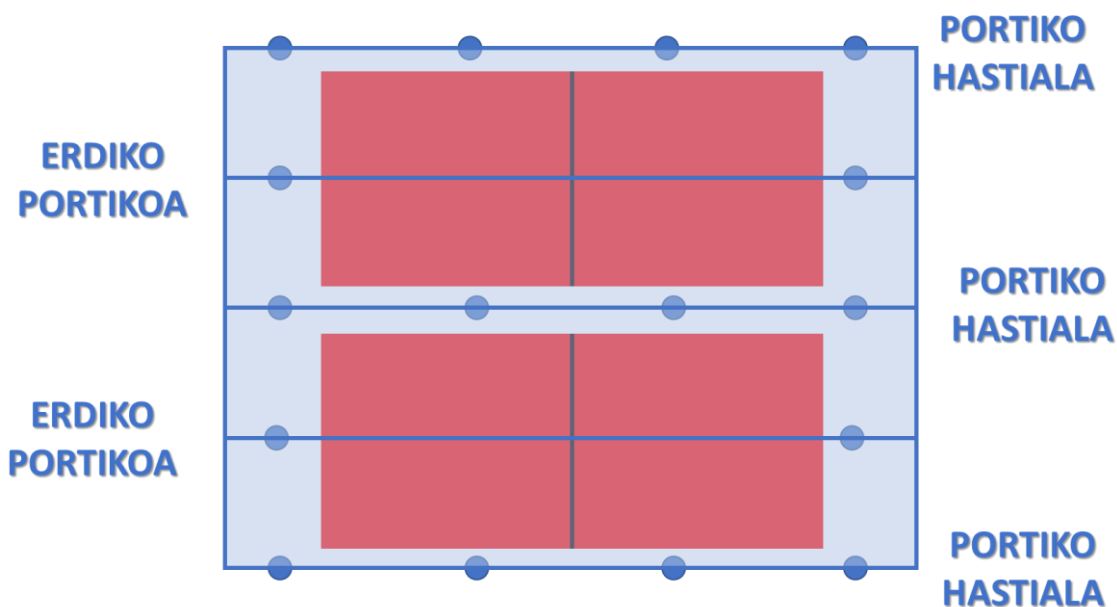
Beste alde batetik, atal 3.2.2.5ean azaldu den bezala, suaren aurkako estalgarririk ez duen altzairuz egindako elementu guztien hamabost minutuko suarekiko erresistentzia adieraziko da.

Behin gainerako hipotesi guztiak adierazi eta obraren datu orokorrak aldatu direnean, orduan eraikina egiteko beharrezko barrak sartu daitezke aplikazioan. Horrez gain, lehen aipatutako karga guztiak ere sartuko dira, hauek hormatal eta azaleko kargen forma dutelarik (honi buruzko informazio gehiago nahi izatekotan, ikusi 3.4.2.3 atala).

Aurretik azaldu den bezala, egitura hau bost portiko ezberdinez osatuta dago. Honetako bakoitzak 5,5 metro neurtzen du; hau da, egitura osoa 22 metro neurtuko du luzeran, zein aurreikusitako padeleko bi pistak barneratzeko oso aproposa den.

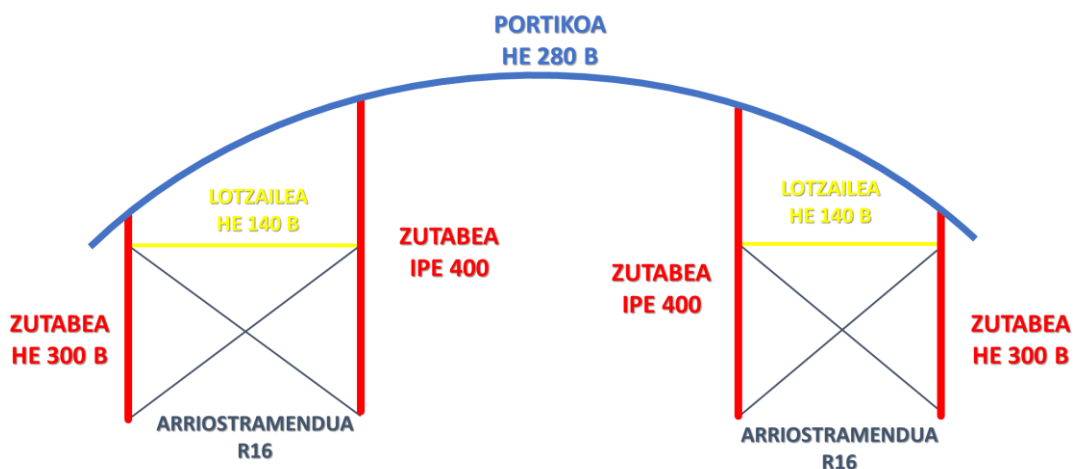
Hala ere, portiko bakoitza bi zatitan banatuko da, zeinek goihabeen lotuko dira lotura zorrotz eta zurrun batean, aurrerago ikusiko den bezala. Horrela, erosoago izango da hauek lantokira eramatea eta, gainera, errazagoa da luzera gutxieneko barra makurrak produktzea.

Bi mota ezberdineko portikoak diseinatuko dira: portiko hastialak, egitura egituratzen duten 5etako 3, eta erdiko portikoak, gainerako beste biak.



Irudia 3.40 - Portiko mota desberdinen kokalekua

Portiko hastialak portiko osoari eusten dioten 4 zutabe dituzte: kanpoaldeko 2 zutabe (HEB 300) eta barnealdeko beste bi zutabe (IPE 400). Horrez gain, barneko eta kanpoko zutabeen artean arriostramenduak (R16) kokatuko dira, zeinek San Andrés gurutzearen forma izango duten (ikusi 0 atala informazio gehiagorako). Baita, habe lotzaileak (HEB 140) jarriko dira arriostramendua betetzeko.



Irudia 3.41 - Portiko hastialaren elementu nagusien disposizioa

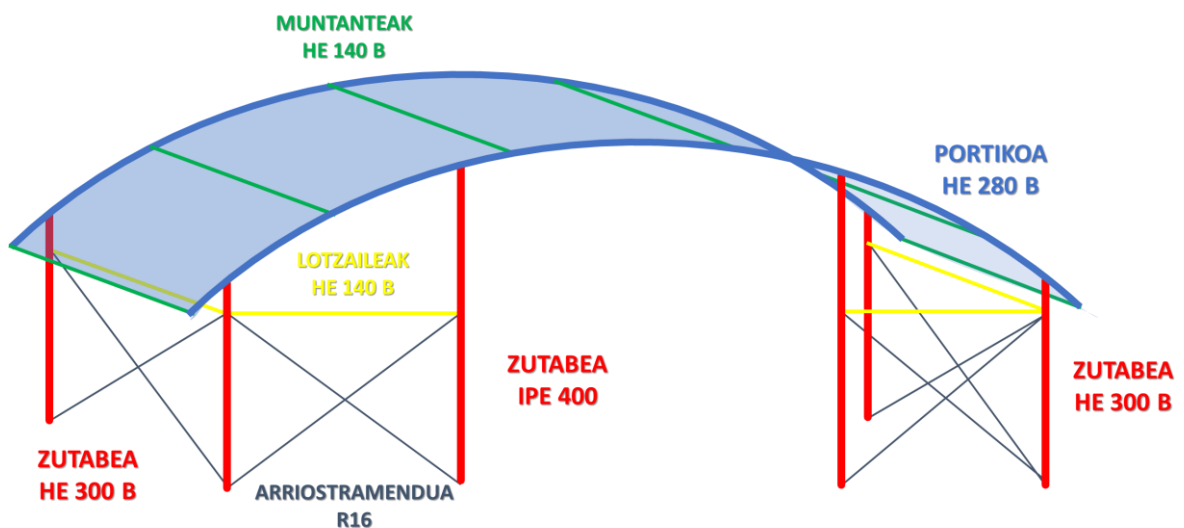
Beste alde batetik, erdiko portikoek soilik kanpoaldeko bi zutabe (HEB 300) dituzte; alegia, portiko hauen azpian, padel pistak kokatuko baitira. Portiko hauek ez dituzte arriostramendurik izango berezko planoetan, baina izango dituzte, bai, kanpoaldeko portiko hastialekin lotzeko, aurrerago ikusiko den bezala.

Garrantzitsua da azpimarratzea, portiko hauek biak karga gehienari eutsiko dioten portikoak direla, gehienbat portikoen oinarrien arteko luzeraren ondorioz, eta, askoz ere gehiago, barnealdeko zutaberik ez dagoelako. Hori dela eta, portikoak kanpoko zutabeekin lotzeko 1'5 metroko luzerako beheko kartela batzuk behar izango dituzte.



Irudia 3.42 - Erdiko portikoaren elementu nagusien disposizioa

Portiko ezberdinen arteko lotura estalkian muntanteak erabiliz eta zutabeen altueran habe lotzaileak jarriz egingo da. Hauek guztiak HEB 140 izango dira. Horrez gain, erdiko portikoen eta kanpoaldeko portiko hastialen artean arriostramenduak egongo dira.



Irudia 3.43 - Bi portiko moten arteko lotura elementuen disposizioa

### 3.3.3.2 PORTIKOAREN EZAUGARRIAK

Estalkian agertzen diren kargak 3.3.2 PETRALAK atalean egituratutako petraletara bidaltzen dira. Geroago, karga hauek aurrez aipatutako bost portikoetara bidaltzen dira, ondoren zutabeetara, eta, azkenik, zimentaziora.

Atal honetan, portikoak osatzen dituzten elementuen ezaugarri nagusiak definituko dira.

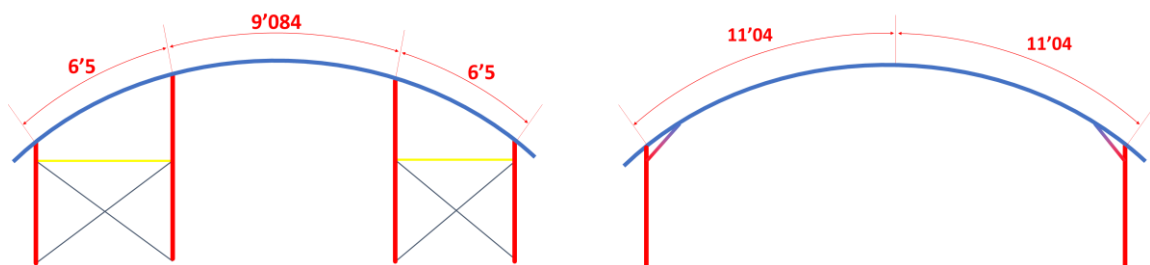
Hasteko, gilborduraren luzerak eta barra guztiak izan behar duten alboko gilborduraren neurriak hautatuko dira. Horrez gain, gezi limiteak definitu beharko dira, aurrerago elementu guztien arteko diseinu zuzenak egiteko.

#### GILBORDURA

Gilbordura konprimatutako elementu lerdenetan eman daitekeen fenomeno da, zein konpresioaren norabiderako zeharkako desplazamenduak agertzean nabaritzen da.

Fenomeno hau gehien sufritu ditzaketen barrak portikoak eta zutabeak dira, izan ere, hauek distantzia eta konpresio indar gehienak dituzten elementuak dira. Horregatik, muntanteak eta habe lotzaileak unitateko gilbordura koefizientea izango dute. Arriostramenduko tiranteak bere aldetik ezingo dute gilbordurarik izan, ez direlako inoiz konpresioan egongo.

Alde batetik, portiko barren luzera nominala estalki osoaren erdia izango da, komentatu denez, portikoak bi zatitan banatu direlako. Hala ere, kontuan hartu behar da portikoen arimetara muntanteak soldatuta joango direla, hortaz, gilbordura planotik kanpo 3'68 metrotako distantzia izango dute. Ardatz indartsuan, hau da, gilbordura plano barruan ematen denean, portikoak bitan banatu behar ditugu, izan ere, portiko hastialek, erdiko portikoak ez bezala, barneko zutabeak dituztelako.



Irudia 3.44 - Portikoen gilbordura luzera plano barruan

Beste aldetik, zutabeen gilbordura luzera aztertzeke arriostramenduen kokapenari erreparatu behar diogu, izan ere, arriostramenduek mugimenduak mugatzen dituzte, gilbordura luzera txikituz. Gainera, kanpoaldeko zutabeek lotura zurrunez atxikita daude zoruari, barnealdeko zutabeak ez bezala. Beraz, haien gilbordura koefizientea txikitzen da, lotura zurrunek 0'7-ko koefizientea dutelako:





**ALBO GILBORDURA**

Beste aldetik, albo gilbordura barren hegaletan konpresioa ematen denean sortzen da. Elementu guztiek unitateko albo gilbordura koefizientea dute, portikoak izan ezik. Portikoek goiko hegaletan petralak dituztenek, petralen arteko distantzia izango da goiko hegaleko albo gilbordura luzera. Beste aldetik, beheko hegala portiko guztiaren argia izango litzateke (erdiko portikoek ez dutelako barneko zutaberik), baina tornapuntak erabiliko dira tontorrean albo gilborduraren distantzia erdira murrizteko.

Taula 3.32 – Padel estalkiaren albo gilbordura luzera

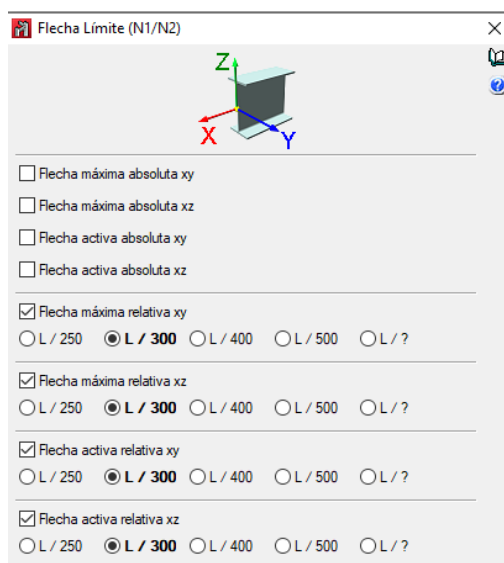
ELEMENTUA	BARRA MOTA	ALBO GILBORDURA KOEFIZIENTEA ( $C_m$ )	ALBO GILBORDURA LUZERA (m)	
			Goiko Hegala	Beheko Hegala
Portikoak	HEB 280	-	1'84	11'04
Kanpoaldeko Zutabeak	HEB 280	1	-	-
Barnealdeko Zutabeak	HEB 280	1	-	-
Muntanteak	HEB 140	1	-	-
Habe Lotzaileak	HEB 140	1	-	-

**GEZIA**

“3.2.3.2 ZERBITZU MUGA EGOERA” atalean komentatu zenez, barren luzeraren menpe barrak izan ahal duten deformazio maximoa definituko da. Hala ere, padel estalkian seguritatearen alde egotekotan gezia eta erortze guztiak koefiziente berdinerara orekatu dira:

$$Gezia \rightarrow \delta_{max} < \frac{L}{300}$$

$$Erortzea \rightarrow \Delta_{max} < \frac{L}{300}$$



Irudia 3.46 - Gezi maximoaren sarrera padel estalkian

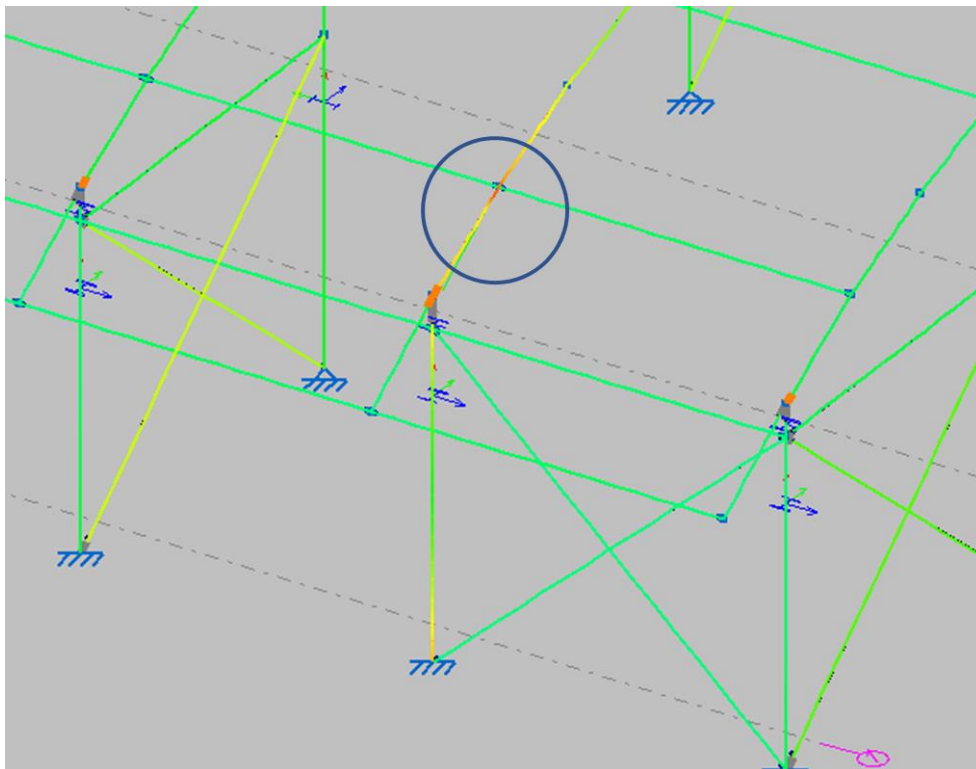
### 3.3.3.1 PORTIKOAREN KALKULUA

Egoera honetan, Cype 3D-ek ikusitako elementu guztien kalkulua egin dezake. Azken muga egoerako eta zerbitzu muga egoerako hipotesi konbinazioak kontuan harturik konprobaketa guztiak bete behar dira aukeraturako barra guztiak onartuak izateko.

Konprobaketen kalkulu guztiak barren puntu kaltegarrienean egingo dira, hori onartzen baldin bada beste puntu guztiek onartuko direlako.

#### PORTIKOA (HEB 280)

Kalkulua erdiko portiko batean egingo da, izan ere, indar gehienak hartzen dituztenak direlako, horregatik kartelak behar dituzte, eta. Beraz, hementxe aurkitu daitezke erdiko portikoaren kalkuluak portikoaren puntu desegokienean:



Irudia 3.47 – Erdiko portikoaren aprobeixamendu maximoa

Barra N28/N31

Perfil: HE 280 B, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.50 m.) Material: Acero (S275)										
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas <sup>(1)</sup>						
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(3)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(4)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(4)</sup> (mm)	
	N28	N31	1.840	204.76	73861.05	9889.91	206.57	0.00	118.32	
	Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N28) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme <sup>(4)</sup> Coordenadas del centro de gravedad									
			Pandeo			Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
	β	2.00		6.00	1.00	6.21				
	L <sub>e</sub>	3.680		11.042	1.840	11.420				
	C <sub>m</sub>	1.000		1.000	1.000	1.000				
	C <sub>1</sub>			-	1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>e</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico										
<b>Situación de incendio</b> Resistencia requerida: R 15 Factor de forma: 130.73 m-1 Temperatura máx. de la barra: 571.5 °C										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado
	λ	λ <sub>cr</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	
N31	x: 1.671 m λ < 2.0 Cumple	x: 0.172 m λ <sub>cr</sub> ≥ λ <sub>adm</sub> Cumple	x: 1.671 m η = 4.9	x: 1.671 m η = 8.7	x: 1.673 m η = 72.1	x: 0.172 m η < 0.1	x: 1.484 m η = 12.1	x: 1.671 m η < 0.1	x: 0.172 m η < 0.1	x: 1.673 m η = 85.6	η < 0.1	M <sub>tot</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE η = 85.6
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (i) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (ii) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado
N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>y</sub>			
N31	x: 1.671 m η = 1.8	x: 1.671 m η = 7.7	x: 1.673 m η = 73.6	x: 0.172 m η < 0.1	x: 1.484 m η = 7.8	x: 1.671 m η < 0.1	x: 0.172 m η < 0.1	x: 1.673 m η = 85.6	η < 0.1	M <sub>tot</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE η = 85.6		
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (i) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (ii) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															
Notación: N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>y</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>y</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  : 1.03 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 131.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 265.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 3275.71 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 3275.71 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 10093.42 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : 6825.55 kN

a de CYPE

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 19270.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 6595.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 143.70 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 1130000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 11.042 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 3.680 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 11.420 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 14.03 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 12.11 cm

**i<sub>z</sub>** : 7.08 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad 47.91 \leq 243.38 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ : <u>503.07</u> mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ : <u>10.50</u> mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ : <u>52.82</u> cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ : <u>50.40</u> cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ : <u>0.30</u>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : <u>210000</u> MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ : <u>265.00</u> MPa
Siendo:	
$f_{yf} = f_y$	

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.671 m del nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.  $N_{t,Ed} : \underline{163.63}$  kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$   $N_{t,Rd} : \underline{3316.29}$  kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \underline{131.40}$  cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{252.38}$  MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{265.00}$  MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.050} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.087} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.671 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{166.23}$  kN



La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{3316.29} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \qquad N_{b,Rd} : \underline{1915.04} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

**YBE**

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.58}$$

$$\chi_z : \underline{0.79}$$

$$\chi_T : \underline{0.72}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{1.17}$$

$$\phi_z : \underline{0.77}$$

$$\phi_T : \underline{0.88}$$

**$\alpha$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**$\bar{\lambda}$ :** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.03}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.59}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.71}$$

**$N_{cr}$ :** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3275.71} \text{ kN}$$

**$N_{cr,y}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{3275.71} \text{ kN}$$

**$N_{cr,z}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{10093.42} \text{ kN}$$

**$N_{cr,T}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{6825.55} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.482} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.721} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.673 m del nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{186.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.673 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{177.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

[YPE](#)  
 $M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$

$$M_{c,Rd} : \underline{387.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{380.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{245.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.98}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.64}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.54}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{1.13}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$



$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.27}$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.04}$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$M_{cr}^+ : \underline{5519.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{cr}^- : \underline{373.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$M_{LTV}^+ : \underline{2167.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTV}^- : \underline{349.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$M_{LTW}^+ : \underline{5075.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTW}^- : \underline{131.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y} : \underline{1376.43} \text{ cm}^3$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{6595.00} \text{ cm}^4$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{143.70} \text{ cm}^4$

E: Módulo de elasticidad.

$E : \underline{210000} \text{ MPa}$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{81000} \text{ MPa}$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$L_c^+ : \underline{1.840} \text{ m}$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$L_c^- : \underline{11.420} \text{ m}$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$C_1 : \underline{1.00}$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$i_{f,z}^+ : \underline{7.76} \text{ cm}$

$i_{f,z}^- : \underline{7.76} \text{ cm}$

va de CYPE

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.172 m del nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.172 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{267.44} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{1059.66} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.121} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.484 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1(B)+0.75·N(1.ur).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{60.57} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{502.61} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{34.49} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

Producido por una versión educati

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 18.67 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 18.67

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 65.92

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.671 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.03 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{1541.34} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : rea transversal a cortante.  $A_v$  : 105.78 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : rea de la sección bruta.  $A$  : 131.40 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 244.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 10.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 85.52 \text{ kN} \leq 412.38 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1(B)+0.75·N(1.ur).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 85.52 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 824.77 kN

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.03 \text{ kN} \leq 1137.87 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.172 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \frac{0.03}{\quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} : \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \frac{2275.73}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \frac{0.507}{\quad} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \frac{0.856}{\quad} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \frac{0.780}{\quad} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.673 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

Donde:

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \frac{163.11}{\quad} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : \text{Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{y,Ed} : \frac{177.34}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase} : \frac{1}{\quad}$$

$$N_{pl,Rd} : \text{Resistencia a compresión de la sección bruta.} \quad N_{pl,Rd} : \frac{3316.29}{\quad} \text{ kN}$$

va de CYPE

Producido por una versión educati

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : \underline{387.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{181.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$   
 $W_{pl,z} : \underline{717.60} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$

$k_y : \underline{1.07}$

$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$

$k_z : \underline{1.04}$

$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$

$k_{y,LT} : \underline{1.00}$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : \underline{1.00}$

$C_{m,z} : \underline{1.00}$

$C_{m,LT} : \underline{1.00}$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y : \underline{0.58}$

$\chi_z : \underline{0.79}$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT} : \underline{0.64}$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : \underline{1.03}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{0.59}$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y : \underline{0.60}$

$\alpha_z : \underline{0.60}$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1(B)+0.75·N(1.ur).

$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$

$85.52 \text{ kN} \leq 412.38 \text{ kN}$  ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z} : \underline{85.52} \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z} : \underline{824.77} \text{ kN}$



**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.671 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH6(G).

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{35.24} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1942.63} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.077} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.671 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{62.19} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1942.63} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

tiva de CYPE

Modificado por una versión educat

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,0} : \underline{147.84}$  MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{265.00}$  MPa

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,0} : \underline{0.56}$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{804.81} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : \underline{131.40}$  cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{147.84}$  MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,0} : \underline{147.84}$  MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{265.00}$  MPa

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,0} : \underline{0.56}$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \begin{array}{l} \chi_y : \underline{0.41} \\ \chi_z : \underline{0.72} \\ \chi_T : \underline{0.62} \end{array}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \begin{array}{l} \Phi_y : \underline{1.53} \\ \Phi_z : \underline{0.87} \\ \Phi_T : \underline{1.03} \end{array}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_y : \underline{0.49}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

$\alpha_T : \underline{0.49}$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,0} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \begin{array}{l} \bar{\lambda}_y : \underline{1.24} \\ \bar{\lambda}_z : \underline{0.71} \\ \bar{\lambda}_T : \underline{0.86} \end{array}$$

$k_{\lambda,0}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{\lambda,0} : \underline{1.20}$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:  $N_{cr} : \underline{3275.71}$  kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  $N_{cr,y} : \underline{3275.71}$  kN

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  $N_{cr,z} : \underline{10093.42}$  kN

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.  $N_{cr,T} : \underline{6825.55}$  kN

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo 0)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.300 ✓

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.736 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.673 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH6(G).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 36.59 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.673 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 68.02 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 226.79 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 1534.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 147.84 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,0}$  : 147.84 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 265.00 MPa

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,0}$  : 0.56

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,0}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$M_{b,Rd}^+$  : 212.13 kN·m

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$M_{b,Rd}^-$  : 92.42 kN·m

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 1534.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 147.84 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,0}$  : 147.84 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

de CYPE



Producido por una versión educativa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ : <u>265.00</u> MPa
$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,\theta}$ : <u>0.56</u>
$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,\theta}$ : <u>1.00</u>
$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.	
$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$	$\chi_{LT}^+$ : <u>0.94</u>
Siendo:	$\chi_{LT}^-$ : <u>0.41</u>
$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$	$\Phi_{LT}^+$ : <u>0.58</u>
$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.	$\Phi_{LT}^-$ : <u>1.55</u>
$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.	$\alpha_{LT}$ : <u>0.49</u>
$\bar{\lambda}_{LT}^+ = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_{LT}^+$ : <u>0.33</u>
$\bar{\lambda}_{LT}^- = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_{LT}^-$ : <u>1.26</u>
$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{\lambda,\theta}$ : <u>1.20</u>
$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.	$M_{cr}^+$ : <u>5519.35</u> kN·m
	$M_{cr}^-$ : <u>373.31</u> kN·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : \underline{2167.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{349.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{5075.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{131.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1376.43} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{6595.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{143.70} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.840} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{11.420} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{7.76} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{7.76} \text{ cm}$$

3 CYPE

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.172 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH6(G).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.172 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{156.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{1059.66} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.484 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH1(B).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.95} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{294.42} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{34.49} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

ra de CYPE

Producido por un sistema de gestión educati

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$18.67 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.67}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.671 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{902.90} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{105.78} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{244.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{147.84} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

ido por una versión educati  
a de CYPE

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$31.96 \text{ kN} \leq 241.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·VH1(B).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{31.96} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{483.14} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad 0.01 \text{ kN} \leq 666.54 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.172 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$   
 $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{1333.09} \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.331} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.856} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.777} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.673 m del nudo N28, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{60.99} \text{ kN}$   
 $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed} : \underline{68.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{1942.63} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{226.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{106.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.  $A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$   
 $W_{pl,z} : \underline{717.60} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{147.84} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,0} : \underline{147.84} \text{ MPa}$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,0} : \underline{0.56}$

Producción de la versión educativa de CYPE



$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$
$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y : \underline{1.06}$
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z : \underline{1.04}$
$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_{y,LT} : \underline{1.00}$
$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$ $C_{m,z} : \underline{1.00}$ $C_{m,LT} : \underline{1.00}$
$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.41}$ $\chi_z : \underline{0.72}$
$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$\chi_{LT} : \underline{0.41}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \underline{1.24}$ $\bar{\lambda}_z : \underline{0.71}$
$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : \underline{0.60}$ $\alpha_z : \underline{0.60}$

Producido por iCadeve S.L. (PE)

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

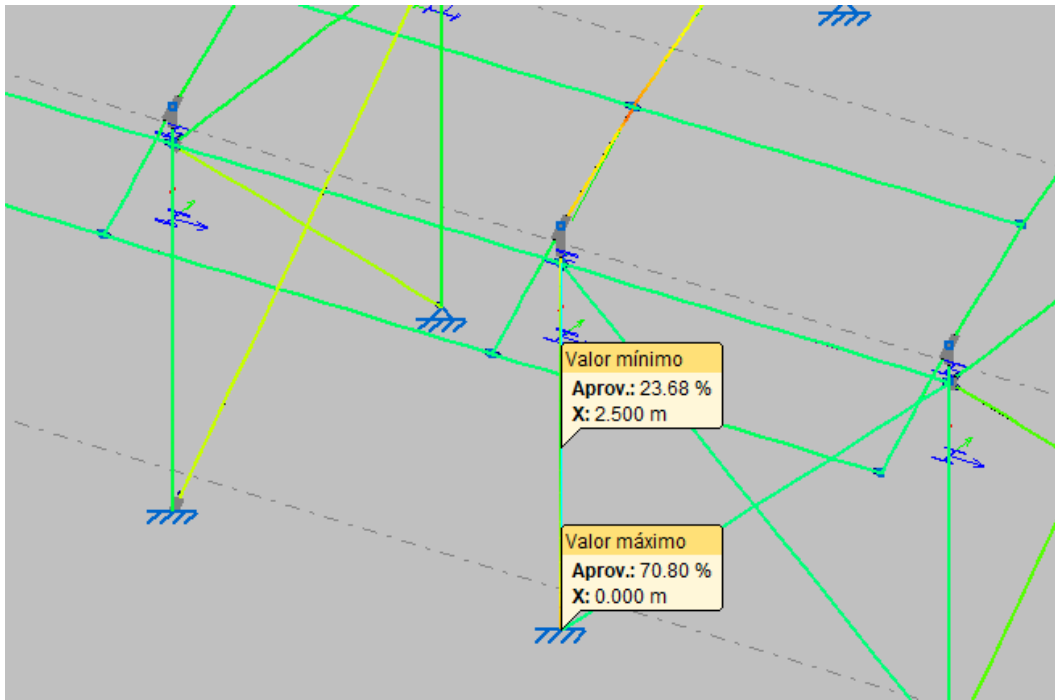
$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad 29.91 \text{ kN} \leq 241.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

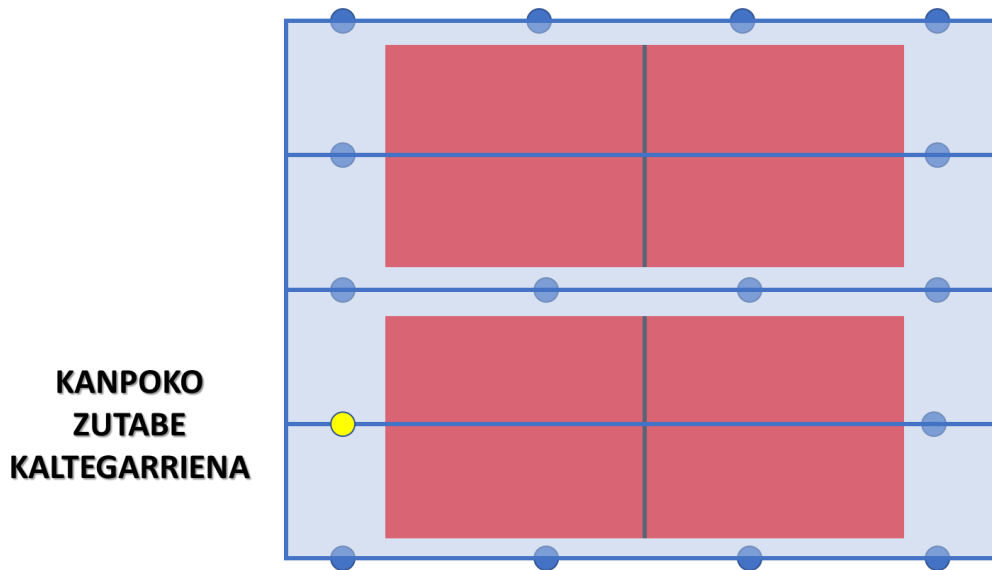
$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{29.91} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{483.14} \text{ kN}$

**KANPOALDEKO ZUTABEA (HEB 300)**

Kanpoaldeko zutabea ere erdiko portikoarena aztertuko da, momentu handienak dituen delako, eta hortaz, mugatzaileena delako.



Irudia 3.48 – Erdiko portikoaren zutabearen aprobetxamendu maximoa



Irudia 3.49 - Aztertuko den kanpoko zutabearen kokalekua

Barra N24/N25

<b>Perfil: HE 300 B</b>							
<b>Material: Acero (S275)</b>							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N24	N25	5.000	149.10	25170.00	8563.00	185.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
				Pandeo		Pandeo lateral	
				Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
	β			0.70	0.77	1.00	1.00
	L <sub>K</sub>			3.500	3.850	5.000	5.000
	C <sub>m</sub>			1.000	1.000	1.000	1.000
	C <sub>t</sub>			-		1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>t</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R 15							
Factor de forma: 124.49 m-1							
Temperatura máx. de la barra: 557.5 °C							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado			
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w,lim}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>t</sub>	NM <sub>z</sub>	NM <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>
N24/N25	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,lim}$ Cumple	x: 5 m η = 4.2	x: 0 m η = 6.6	x: 0 m η = 67.7	x: 5 m η < 0.1	η = 12.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 70.8	η < 0.1	M <sub>tes</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 70.8
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																	
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado			
	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>t</sub>	NM <sub>z</sub>	NM <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		
N24/N25	x: 5 m η = 1.2	x: 0 m η = 4.5	x: 0 m η = 49.3	x: 5 m η < 0.1	η = 7.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 51.8	η < 0.1	M <sub>tes</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 51.8			
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																	
Notación: N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>t</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>t</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																	



**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  : 0.56 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 149.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f<sub>y</sub> : 265.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

N<sub>cr</sub> : 12808.87 kN

El axil crítico de pandeo elástico N<sub>cr</sub> es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N<sub>cr,y</sub> : 35194.99 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N<sub>cr,z</sub> : 14488.02 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N<sub>cr,T</sub> : 12808.87 kN

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I<sub>y</sub> : 25170.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I<sub>z</sub> : 8563.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

I<sub>t</sub> : 185.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

I<sub>w</sub> : 1688000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L<sub>ky</sub> : 3.850 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L<sub>kz</sub> : 3.500 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L<sub>kt</sub> : 5.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i<sub>0</sub> : 15.04 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i<sub>y</sub> : 12.99 cm

i<sub>z</sub> : 7.58 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z,

y<sub>0</sub> : 0.00 mm

respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

z<sub>0</sub> : 0.00 mm

Producido por una versión educativa a de CYPE

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad 23.82 \leq 169.05 \quad \checkmark$$

Donde:

 $h_w$ : Altura del alma.

$h_w$  : 262.00 mm

 $t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 11.00 mm

 $A_w$ : Área del alma.

$A_w$  : 28.82 cm<sup>2</sup>

 $A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$  : 57.00 cm<sup>2</sup>

 $k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$k$  : 0.30

 $E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 210000 MPa

 $f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$f_{yf}$  : 265.00 MPa

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 156.95 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$

$N_{t,Rd}$  : 3763.00 kN

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 149.10 cm<sup>2</sup>

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 252.38 MPa

$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 265.00 MPa

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 201.38 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{3763.00} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{3053.65} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

$$\chi_z : \underline{0.83}$$

$$\chi_T : \underline{0.81}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_y : \underline{0.58}$$

$$\phi_z : \underline{0.72}$$

$$\phi_T : \underline{0.74}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.52}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.56}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{12808.87} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{35194.99} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{14488.02} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{12808.87} \text{ kN}$$

Producido por una versión educi-iva de CYPE

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.604} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.677} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH5(G).

M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{260.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH2(B)+0.75·NGuztia.

M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{285.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo M<sub>c,Rd</sub> viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

W<sub>pl,y</sub>: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f<sub>yd</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ<sub>M0</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo M<sub>b,Rd</sub> viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{421.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W<sub>pl,y</sub>: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

f<sub>yd</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ<sub>M1</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ<sub>LT</sub>: Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.89}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} : \underline{0.72}$$

α<sub>LT</sub>: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.59}$$



$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$M_{cr} : \underline{1410.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$M_{LTV} : \underline{1031.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{r,z}^2$$

$M_{LTW} : \underline{962.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{185.00} \text{ cm}^4$

E: Módulo de elasticidad.

$E : \underline{210000} \text{ MPa}$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{81000} \text{ MPa}$

$L_c^*$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$L_c^* : \underline{5.000} \text{ m}$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$L_c^- : \underline{5.000} \text{ m}$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$C_1 : \underline{1.00}$

$i_{r,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$i_{r,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$

$i_{r,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$

ativa de CYPE

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \underline{0.001} \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 265.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$  : 1.05**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

 $\eta$  : 0.129 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 89.32 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

 $V_{c,Rd}$  : 691.40 kN

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante. $A_v$  : 47.45 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 300.00 mm $t_w$ : Espesor del alma. $t_w$  : 11.00 mm $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$  : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 265.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$  : 1.05**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

18.91 < 65.92 ✓

Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma. $\lambda_w$  : 18.91

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

 $\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 65.92

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

 $\varepsilon$ : Factor de reducción. $\varepsilon$  : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

 $f_{ref}$ : Límite elástico de referencia. $f_{ref}$  : 235.00 MPa $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 265.00 MPa

**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

va de CYPE

Producción por la versión educacional

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$89.32 \text{ kN} \leq 345.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{89.32} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.01 \text{ kN} \leq 876.31 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{1752.63} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.631} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.708} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.708} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH2(B)+0.75·NGuztia.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{102.10} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{285.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{3763.00} \text{ kN}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{471.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{219.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$ $C_{m,z} : \underline{1.00}$ $C_{m,LT} : \underline{1.00}$
--	---

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.95}$ $\chi_z : \underline{0.83}$
--	--

$$\chi_{LT} : \underline{0.89}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.52}$$

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$



**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot VH6(G)$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$89.32 \text{ kN} \leq 345.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{89.32} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{691.40} \text{ kN}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones  $PP + 0.5 \cdot VH6(G)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{27.92} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{2376.55} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.60}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{79.98} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \underline{2376.55} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 149.10 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 159.39 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

**$f_{y,0}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$f_{y,0}$  :** 159.39 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$f_y$  :** 265.00 MPa

**$k_{y,0}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  **$k_{y,0}$  :** 0.60

**$\gamma_{M,0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.  **$\gamma_{M,0}$  :** 1.00

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{1777.89} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 149.10 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 159.39 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

**$f_{y,0}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$f_{y,0}$  :** 159.39 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$f_y$  :** 265.00 MPa

**$k_{y,0}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  **$k_{y,0}$  :** 0.60

**$\gamma_{M,0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.  **$\gamma_{M,0}$  :** 1.00

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.90}$$

$$\chi_x : \underline{0.77}$$

$$\chi_T : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda, \theta} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$k_{\lambda, \theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\Phi_y : \underline{0.63}$$

$$\Phi_z : \underline{0.80}$$

$$\Phi_T : \underline{0.83}$$

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.40}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.62}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.66}$$

$$k_{\lambda, \theta} : \underline{1.19}$$

$$N_{cr} : \underline{12808.87} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{35194.99} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{14488.02} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{12808.87} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo 1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.356} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.493} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones PP+0.5·VH5(G).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{54.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones PP+0.5·VH2(B).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{105.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{297.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.60}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{214.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.60}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.72}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} : \underline{0.87}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = k_{\lambda,0} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.71}$$

$k_{\lambda,0}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,0} : \underline{1.19}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{1410.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV} : \underline{1031.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{t,z}^2$$

$$M_{LTW} : \underline{962.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t$ : <u>185.00</u> cm <sup>4</sup>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : <u>210000</u> MPa
$G$ : Módulo de elasticidad transversal.	$G$ : <u>81000</u> MPa
$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	$L_c^+$ : <u>5.000</u> m
$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	$L_c^-$ : <u>5.000</u> m
$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	$C_1$ : <u>1.00</u>
$i_{r,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$i_{r,z}^+$ : <u>8.32</u> cm
	$i_{r,z}^-$ : <u>8.32</u> cm

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones PP+0.5·VH6(G).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{138.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.60}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$



**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

V<sub>Ed</sub>: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{34.02} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo V<sub>c,Rd</sub> viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{436.66} \text{ kN}$$

Donde:

A<sub>v</sub>: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{47.45} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t<sub>w</sub>: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

f<sub>yd</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

f<sub>y,0</sub>: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{159.39} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

k<sub>y,0</sub>: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.60}$$

γ<sub>M,0</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$18.91 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

λ<sub>w</sub>: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.91}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

λ<sub>máx</sub>: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f<sub>ref</sub>: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \qquad V_{c,Rd} : \underline{1106.89} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : \underline{120.28} \text{ cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$

$d$ : Altura del alma.  $d : \underline{262.00} \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{159.39} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,\theta} : \underline{159.39} \text{ MPa}$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,\theta} : \underline{0.60}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

[ir por una versión educial i va de CYPE](#)

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad 34.02 \text{ kN} \leq 218.33 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{34.02} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{436.66} \text{ kN}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad 0.00 \text{ kN} \leq 553.44 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N24, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{1106.89} \text{ kN}$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.375} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.517} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.518} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N24, para la combinación de acciones PP+0.5·VH2(B).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{46.89} \text{ kN}$   
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed} : \underline{105.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{2376.55} \text{ kN}$   
 $M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{297.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{138.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.  $A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$   
 $W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$   
 $W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$   
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{159.39} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,0} : \underline{159.39} \text{ MPa}$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,0} : \underline{0.60}$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$



$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.02}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : \underline{1.00}$

$C_{m,z} : \underline{1.00}$

$C_{m,LT} : \underline{1.00}$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y : \underline{0.90}$

$\chi_z : \underline{0.77}$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT} : \underline{0.72}$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : \underline{0.40}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{0.62}$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y : \underline{0.60}$

$\alpha_z : \underline{0.60}$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$34.02 \text{ kN} \leq 218.33 \text{ kN}$  ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z} : \underline{34.02} \text{ kN}$

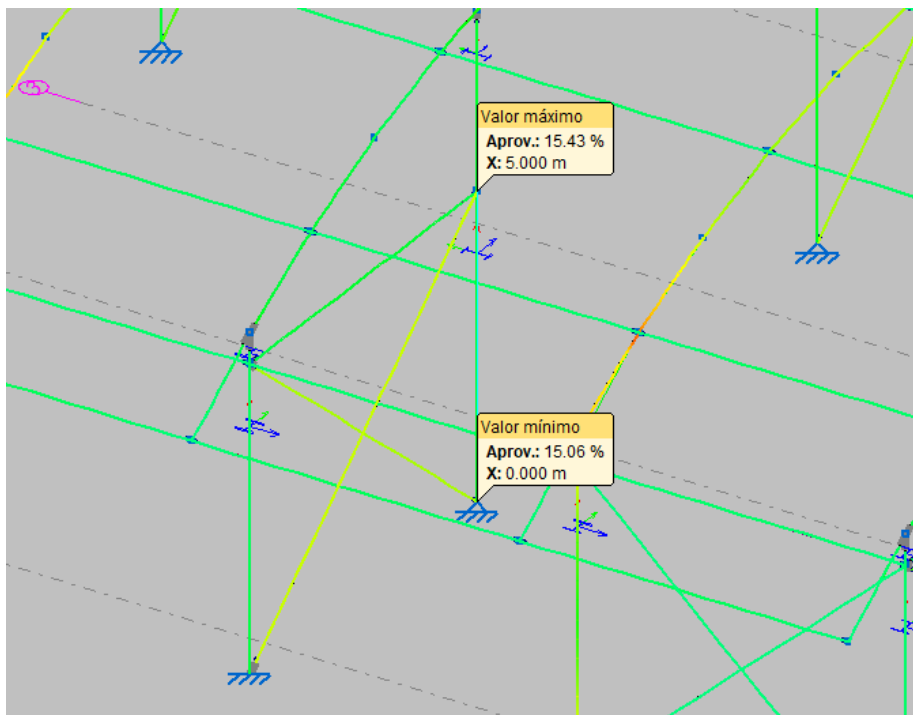
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z} : \underline{436.66} \text{ kN}$

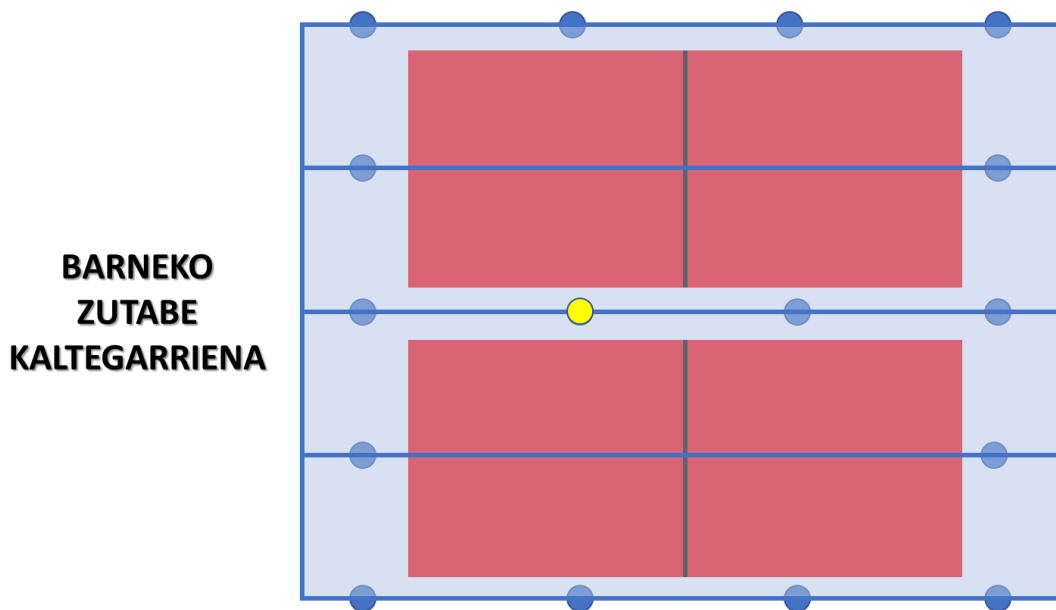
Producido por una versión anterior de Revit

**BARNEALDEKO ZUTABEA (IPE 400)**

Barnealdeko zutabe guztietatik erdiko portiko hastialarena aztertuko da, izan ere, karga handiena hartzen duelako. Beste bi portiko hastialek erdiko karga hartzen dute eta.



Irudia 3.50 - Portiko hastialaren barneko zutabearen aprobetxamendu maximoa



Irudia 3.51 - Aztertuko den barneko zutabearen kokalekua

Barra N46/N45

<b>Perfil: IPE 400</b>							
<b>Material: Acero (S275)</b>							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N46	N45	5.000	84.50	23130.00	1318.00	51.10
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	1.00	1.58		1.00	1.00	
	L <sub>K</sub>	5.000	7.921		5.000	5.000	
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000		1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>	-				1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R 15							
Factor de forma: 186.27 m-1							
Temperatura máx. de la barra: 656.5 °C							

Producido por una versión educativa de eCYPE

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>y</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>t</sub>
6/N45	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5 m η = 4.1	x: 0 m η = 15.1	M <sub>ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 5 m η = 1.2	V <sub>ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(3)</sup>	η < 0.1	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0.313 m η < 0.1	x: 5 m η = 15.4	x: 0.313 m η < 0.1	M <sub>ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 15.4
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado		
	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>t</sub>			
6/N45	x: 5 m η = 1.9	x: 0 m η = 28.0	M <sub>ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5 m η = 1.1	V <sub>ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(2)</sup>	η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.313 m η < 0.1	x: 0.313 m η = 27.9	x: 0.313 m η < 0.1	M <sub>ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 28.0		
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
Notación: N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)**

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  : 1.46 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 3

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 84.50 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 1092.68 kN

El axil crítico de pandeo elástico N<sub>cr</sub> es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 7640.73 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 1092.68 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : 2834.67 kN

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 23130.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 1318.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 51.10 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 490000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 7.921 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 5.000 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 5.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 17.01 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 16.54 cm

**i<sub>z</sub>** : 3.95 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>0</sub>** : 0.00 mm

Producido por una versión educativa de CYPE

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH4(G).

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{91.22} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{2213.10} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.151} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N46, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1(B)+0.75·NGuztia.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{119.29} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{2213.10} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:



$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{792.35} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

$$\chi_z : \underline{0.36}$$

$$\chi_T : \underline{0.66}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_y : \underline{0.69}$$

$$\Phi_z : \underline{1.78}$$

$$\Phi_T : \underline{1.03}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.55}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.46}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.91}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el

menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1092.68} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{7640.73} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1092.68} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{2834.67} \text{ kN}$$

Educativa de CYPE

por una versión e

### Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH4(G)+0.75·NGuztia.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH5(G).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{59.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{229.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Educativa de CYPE

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$  : 1.05**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

 $\eta$  < 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH4(G)+0.75·NGuztia.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.14 kNEl esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

 $V_{c,Rd}$  : 792.68 kN

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante. $A_v$  : 52.42 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

 $A$ : Área de la sección bruta. $A$  : 84.50 cm<sup>2</sup> $d$ : Altura del alma. $d$  : 373.00 mm $t_w$ : Espesor del alma. $t_w$  : 8.60 mm $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y$  : 275.00 MPa $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0}$  : 1.05

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.14 kN ≤ 396.34 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N46, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH4(G)+0.75·NGuztia.

 $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed}$  : 0.14 kN $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$  : 792.68 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.154} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1(B)+0.75·NGuztia.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{114.90} \text{ kN}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^- : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>3</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{2213.10} \text{ kN}$
$M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{el,Rd,y} : \underline{302.89} \text{ kN}\cdot\text{m}$ $M_{el,Rd,z} : \underline{38.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	A : <u>84.50</u> cm <sup>2</sup>
$W_{el,y}, W_{el,z}$ : Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{el,y} : \underline{1156.50} \text{ cm}^3$ $W_{el,z} : \underline{146.44} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.09}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.05 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$ $C_{m,z} : \underline{1.00}$ $C_{m,LT} : \underline{1.00}$
--	---

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.91}$ $\chi_z : \underline{0.36}$
--	--

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$\chi_{LT} : \underline{0.58}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en	$\bar{\lambda}_y : \underline{0.55}$

relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_z : \underline{1.46}$
---	--------------------------------------

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : \underline{0.80}$ $\alpha_z : \underline{1.00}$
---	--



**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N46, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH4(G) + 0.75 \cdot NGuztia$ .

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$0.14 \text{ kN} \leq 396.34 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{0.14} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{792.68} \text{ kN}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones  $PP + 0.5 \cdot VH4(G)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{14.93} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{777.90} \text{ kN}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{92.06} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{92.06} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.33}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.061 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.280 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N46, para la combinación de acciones PP+0.5·VH1(B).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 47.63 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$  : 777.90 kN

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 3

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 84.50 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 92.06 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,0}$  : 92.06 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,0}$  : 0.33

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,0}$  : 1.00

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$  : 170.21 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 84.50 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 92.06 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,0}$  : 92.06 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,0}$  : 0.33

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,0}$  : 1.00

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$\chi_y$  : 0.72

$\chi_z$  : 0.22

$\chi_T$  : 0.45

Siendo:

educativa de CYPE

Reservado por una versión

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,0} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$k_{\lambda,0}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$\phi_y$  : 0.88

$\phi_z$  : 2.67

$\phi_T$  : 1.41

$\alpha_y$  : 0.49

$\alpha_z$  : 0.49

$\alpha_T$  : 0.49

$\bar{\lambda}_y$  : 0.71

$\bar{\lambda}_z$  : 1.88

$\bar{\lambda}_T$  : 1.16

$k_{\lambda,0}$  : 1.29

$N_{cr}$  : 1092.68 kN

$N_{cr,y}$  : 7640.73 kN

$N_{cr,z}$  : 1092.68 kN

$N_{cr,T}$  : 2834.67 kN

**Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.011 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones PP+0.5·VH4(G).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.24 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones PP+0.5·VH5(G).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.18 kN·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 21.08 kN·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 229.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 92.06 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,0}$  : 92.06 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,0}$  : 0.33

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,0}$  : 1.00

ducido por una versión ed icativa de CYPE

**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·VH4(G).

V<sub>Ed</sub>: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo V<sub>c,Rd</sub> viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{278.63} \text{ kN}$$

Donde:

A<sub>v</sub>: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{52.42} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{373.00} \text{ mm}$$

t<sub>w</sub>: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.60} \text{ mm}$$

f<sub>yd</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{92.06} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

f<sub>y,0</sub>: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{92.06} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot K_{y,0}$$

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

K<sub>y,0</sub>: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$K_{y,0} : \underline{0.33}$$

γ<sub>M,0</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

o por una versión educativa de CYPE

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V<sub>Ed</sub> no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante V<sub>c,Rd</sub>.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.05 \text{ kN} \leq \underline{139.31} \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N46, para la combinación de acciones PP+0.5·VH4(G).

V<sub>Ed</sub>: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}$$

V<sub>c,Rd</sub>: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{278.63} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.085} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.279} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N46, para la combinación de acciones PP+0.5·VH1(B).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{47.43} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{z,Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 3

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{777.90} \text{ kN}$

$M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones  $M_{el,Rd,y} : \underline{106.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{el,Rd,z} : \underline{13.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.  $A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$

$W_{el,y}, W_{el,z}$ : Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra  $W_{el,y} : \underline{1156.50} \text{ cm}^3$   
 comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{el,z} : \underline{146.44} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{92.06} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  $f_{y,0} : \underline{92.06} \text{ MPa}$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  $k_{y,0} : \underline{0.33}$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z = 1 + 0.6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.17}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.05 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.98}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  $C_{m,y} : \underline{1.00}$

$C_{m,z} : \underline{1.00}$

$C_{m,LT} : \underline{1.00}$



$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.72}$$

$$\chi_z : \underline{0.22}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.38}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.71}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.88}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.80}$$

$$\alpha_z : \underline{1.00}$$

#### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N46, para la combinación de acciones PP+0.5·VH4(G).

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$0.05 \text{ kN} \leq 139.31 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Iva de CYPE

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{0.05} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{278.63} \text{ kN}$$

**MUNTANTEAK (HEB 140)**

Muntanteak ez dute kargarik eusten, hala ere, portikoen artean desplazamendu erlatiborik ez egotea baimentzen dute, bai eta portikoen gilbordura luzera txikitzea ere.

Hortaz, barra txikiak erabiltzea erabaki da, hala ere, EKT-ak esaten duen moduan lerdentasuna ezin daiteke 3-ko balioa gainditu, hortaz, erabili daitekeen lehenengo barra HEB 140 da.

- 2 La esbeltez reducida (definida en el siguiente apartado) de las barras en tracción de la estructura principal no superará el valor 3,0, pudiendo admitirse valores de hasta 4,0 en las barras de arriostamiento.

**Irudia 3.52 - EKT-ak ezartzen duen lerdentasun muga**

Perfil	Peso	Resistencia	Flecha	Resistencia incendio	Errores
✗ HE 100 B	20.41	—	36.11 %	57.43 % (692.0 °C)	Se ha producido un err...
✗ HE 120 B	26.69	—	19.03 %	31.36 % (680.0 °C)	Se ha producido un err...
✓ HE 140 B	33.76	6.11 %	10.99 %	18.23 % (667.0 °C)	
✓ HE 160 B	42.63	4.19 %	6.79 %	10.69 % (650.0 °C)	
✓ HE 180 B	51.26	3.04 %	4.43 %	6.89 % (635.0 °C)	
✓ HE 200 B	61.31	2.26 %	3.02 %	4.56 % (620.0 °C)	
✓ HE 220 B	71.44	1.74 %	2.12 %	3.16 % (604.0 °C)	
✓ HE 240 B	83.21	1.40 %	1.54 %	2.26 % (588.5 °C)	

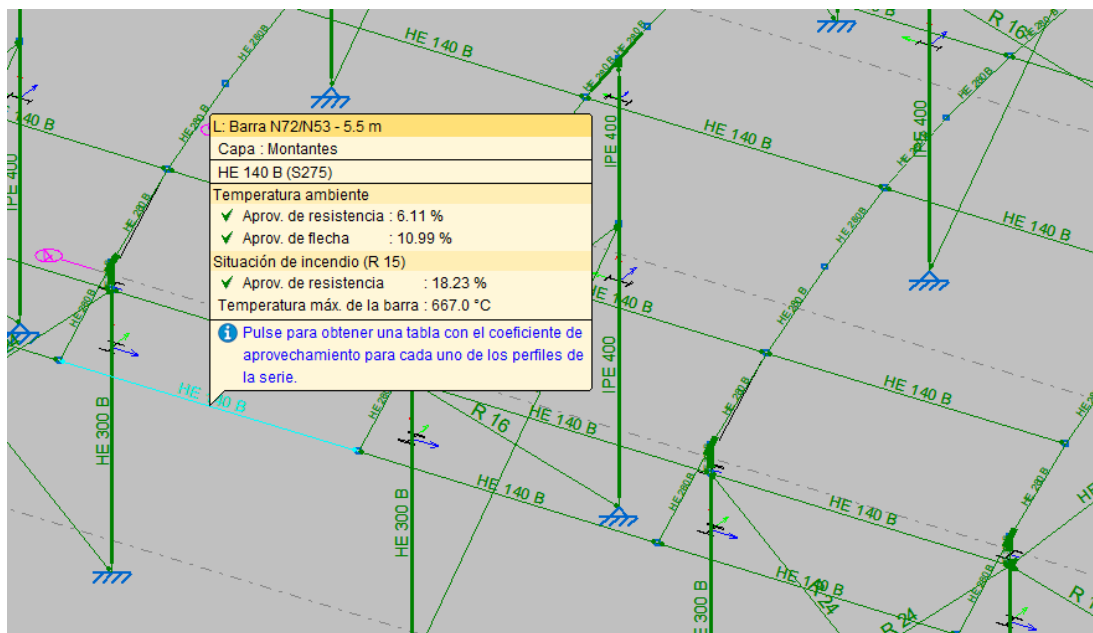
Sin revestimiento ignifugo

Significado de los iconos

- ✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

**Irudia 3.53 - Muntanteen kalkuluak egitean egiaztapenak betetzen dituzten barrak**

Ikusi daitekenez, barraren portaera guztiz onargarria da izango dituen kargak kontuan izanda, beraz ez dago arriskurik barra hau aukeratzeagatik.



**Irudia 3.54 - Muntanteen gehieneko karga eta aprobetxamendua**

Barra N72/N53

<b>Perfil: HE 140 B</b>							
<b>Material: Acero (S275)</b>							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N72	N53	5.500	43.00	1509.00	549.70	20.06
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	1.00	1.00		
L <sub>k</sub>		5.500	5.500	5.500	5.500		
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>t</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>t</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R 15							
Factor de forma: 197.99 m-1							
Temperatura máx. de la barra: 667.0 °C							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE												Estado			
	λ̄	λ <sub>w</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub>	NM <sub>z</sub> V <sub>y</sub>		M <sub>y</sub>	MV <sub>y</sub>	MV <sub>z</sub>
2/N53	λ̄ < 2.0 Cumple	x: 0.344 m λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,lim</sub> Cumple	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.75 m η = 2.9	x: 2.75 m η = 3.2	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 0.1	x: 0.344 m η < 0.1	x: 0.344 m η < 0.1	x: 2.75 m η = 6.1	x: 0.344 m η < 0.1	M <sub>ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE η = 6.1
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado			
	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub>	NM <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub>	MV <sub>y</sub>		MV <sub>z</sub>		
2/N53	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.75 m η = 11.0	x: 2.75 m η = 7.2	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 0.3	x: 0.344 m η < 0.1	x: 0.344 m η < 0.1	x: 2.75 m η = 18.2	x: 0.344 m η < 0.1	M <sub>ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE η = 18.2		
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
Notación: N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>ed</sub> : Resistencia a torsión MV <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados MV <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																



**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.77} \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{376.63} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1033.91} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{376.63} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3715.55} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1509.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{22480.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{5.500} \text{ m}$$

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{5.500} \text{ m}$$

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{5.500} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{6.92} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>, i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{5.92} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.58} \text{ cm}$$

**y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad 16.57 \leq 159.27 \quad \checkmark$$

Donde:

 $h_w$ : Altura del alma.

$h_w$ :  $\frac{116.00}{}$  mm

 $t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ :  $\frac{7.00}{}$  mm

 $A_w$ : Área del alma.

$A_w$ :  $\frac{8.12}{}$  cm<sup>2</sup>

 $A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$ :  $\frac{16.80}{}$  cm<sup>2</sup>

 $k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$k$ :  $\frac{0.30}{}$

 $E$ : Módulo de elasticidad.

$E$ :  $\frac{210000}{}$  MPa

 $f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$f_{yf}$ :  $\frac{275.00}{}$  MPa

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH6(G).

 $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$ :  $\frac{0.04}{}$  kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$

$N_{t,Rd}$ :  $\frac{1126.19}{}$  kN

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$ :  $\frac{43.00}{}$  cm<sup>2</sup>

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ :  $\frac{261.90}{}$  MPa

$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ :  $\frac{275.00}{}$  MPa

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ :  $\frac{1.05}{}$

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$ :  $\frac{0.04}{}$  kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1126.19} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{271.10} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.55}$$

$$\chi_z : \underline{0.24}$$

$$\chi_T : \underline{0.81}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\Phi_y : \underline{1.22}$$

$$\Phi_z : \underline{2.45}$$

$$\Phi_T : \underline{0.75}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.07}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.77}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.56}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{376.63} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1033.91} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{376.63} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3715.55} \text{ kN}$$

### Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.021} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{46.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.73}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} : \underline{0.99}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.91}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{81.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$M_{LTv} : \underline{78.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{r,z}^2$$

$M_{LTw} : \underline{22.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y} : \underline{215.57} \text{ cm}^3$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$

E: Módulo de elasticidad.

$E : \underline{210000} \text{ MPa}$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$G : \underline{81000} \text{ MPa}$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$L_c^+ : \underline{5.500} \text{ m}$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$L_c^- : \underline{5.500} \text{ m}$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$C_1 : \underline{1.00}$

$i_{r,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$i_{r,z}^+ : \underline{3.89} \text{ cm}$

$i_{r,z}^- : \underline{3.89} \text{ cm}$

Producción de CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

CYPE

**Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.032} \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{0.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} : \underline{31.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z} : \underline{119.80} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.99 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 198.39 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 13.12 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 140.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

13.14 < 64.71 ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 13.14

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \epsilon$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.92

$$\epsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa



**Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.72} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{527.42} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{34.88} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{116.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.87 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.87} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{198.39} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.63 \text{ kN} \leq 263.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.63} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{527.42} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.053} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH3(B)+0.75·NGuztia.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}$   
 $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : \underline{1.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{1126.19} \text{ kN}$   
 $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{31.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 43.00 cm<sup>2</sup>  
 $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$   
 $W_{pl,z} : \underline{119.80} \text{ cm}^3$   
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$   
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  $C_{m,y} : \underline{1.00}$   
 $C_{m,z} : \underline{1.00}$   
 $C_{m,LT} : \underline{1.00}$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $\chi_y : \underline{0.55}$   
 $\chi_z : \underline{0.24}$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.  $\chi_{LT} : \underline{0.73}$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.  $\bar{\lambda}_y : \underline{1.07}$   
 $\bar{\lambda}_z : \underline{1.77}$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.  $\alpha_y : \underline{0.60}$   
 $\alpha_z : \underline{0.60}$



**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1(B).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.87 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.87}{\text{ kN}}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{198.39}{\text{ kN}}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·VH6(G).

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{0.01}{\text{ kN}}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \frac{365.31}{\text{ kN}}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \frac{43.00}{\text{ cm}^2}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{84.96}{\text{ MPa}}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \frac{84.96}{\text{ MPa}}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\text{ MPa}}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \frac{0.31}{\text{ }}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \frac{1.00}{\text{ }}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{365.31} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 43.00 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 84.96 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

**$f_{y,0}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$f_{y,0}$  :** 84.96 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$f_y$  :** 275.00 MPa

**$k_{y,0}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  **$k_{y,0}$  :** 0.31

**$\gamma_{M,0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.  **$\gamma_{M,0}$  :** 1.00

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \qquad N_{b,Rd} : \underline{56.22} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 43.00 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.  **$f_{yd}$  :** 84.96 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

**$f_{y,0}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.  **$f_{y,0}$  :** 84.96 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  **$f_y$  :** 275.00 MPa

**$k_{y,0}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.  **$k_{y,0}$  :** 0.31

**$\gamma_{M,0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.  **$\gamma_{M,0}$  :** 1.00

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \qquad \chi_y : \underline{0.35}$$

$$\qquad \qquad \qquad \chi_z : \underline{0.15}$$

$$\qquad \qquad \qquad \chi_T : \underline{0.70}$$

Siendo:

Ir a una versión educativa de CYPE

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,0} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$k_{\lambda,0}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\Phi_y : \underline{1.75}$$

$$\Phi_z : \underline{3.66}$$

$$\Phi_T : \underline{0.90}$$

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.39}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{2.30}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.73}$$

$$k_{\lambda,0} : \underline{1.30}$$

$$N_{cr} : \underline{376.63} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{1033.91} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{376.63} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{3715.55} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.049} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.110} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N72, para la combinación de acciones PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{20.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.31}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$

$M_{b,Rd} : \underline{9.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$

$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta} : \underline{84.96} \text{ MPa}$

$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta} : \underline{0.31}$

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$\chi_{LT} : \underline{0.44}$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$\Phi_{LT} : \underline{1.44}$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$

$$\bar{\lambda}_{LT} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{1.18}$

$k_{\lambda,\theta}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\lambda,\theta} : \underline{1.30}$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$M_{cr} : \underline{81.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$M_{LTV} : \underline{78.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{r,z}^2$$

$M_{LTW} : \underline{22.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y} : \underline{215.57} \text{ cm}^3$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$

Producido por ur: la versión educativa de CYPE

E: Módulo de elasticidad.	E : $\frac{210000}{}$ MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : $\frac{81000}{}$ MPa
$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	$L_c^+$ : $\frac{5.500}{}$ m
$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	$L_c^-$ : $\frac{5.500}{}$ m
$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	$C_1$ : $\frac{1.00}{}$
$i_{r,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$i_{r,z}^+$ : $\frac{3.89}{}$ cm
	$i_{r,z}^-$ : $\frac{3.89}{}$ cm

### Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.072} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N72, para la combinación de acciones PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{10.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{119.80} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.31}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.74} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{64.35} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{13.12} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.31}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$13.14 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.14}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



**Resistencia a corte Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.54} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{171.08} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{34.88} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{116.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.31}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.64 \text{ kN} \leq 32.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N72, para la combinación de acciones PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.64} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{64.35} \text{ kN}$$



**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad 0.47 \text{ kN} \leq 85.54 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N72, para la combinación de acciones PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.47 kN  
 $V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 171.08 kN

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.121} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.153} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.182} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·VH3(B).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 0.01 kN  
 $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+$  : 1.01 kN·m  
 $M_{z,Ed}^+$  : 0.74 kN·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd}$  : 365.31 kN  
 $M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y}$  : 20.85 kN·m  
 $M_{pl,Rd,z}$  : 10.18 kN·m

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 43.00 cm<sup>2</sup>  
 $W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y}$  : 245.40 cm<sup>3</sup>  
 $W_{pl,z}$  : 119.80 cm<sup>3</sup>

Producción por la versión educativa de CYPE

**Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**

A: Área de la sección bruta.

A : 43.00 cm<sup>2</sup>

W<sub>pl,yr</sub>, W<sub>pl,z</sub>: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

W<sub>pl,y</sub> : 245.40 cm<sup>3</sup>

W<sub>pl,z</sub> : 119.80 cm<sup>3</sup>

f<sub>yd</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

f<sub>yd</sub> : 84.96 MPa

$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$

Siendo:

f<sub>y,0</sub>: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

f<sub>y,0</sub> : 84.96 MPa

$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f<sub>y</sub> : 275.00 MPa

k<sub>y,0</sub>: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

k<sub>y,0</sub> : 0.31

γ<sub>M,0</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ<sub>M,0</sub> : 1.00

k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>, k<sub>y,LT</sub>: Coeficientes de interacción.

$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$

k<sub>y</sub> : 1.00

$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$

k<sub>z</sub> : 1.00

$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$

k<sub>y,LT</sub> : 1.00

C<sub>m,yr</sub>, C<sub>m,zr</sub>, C<sub>m,LT</sub>: Factores de momento flector uniforme equivalente.

C<sub>m,y</sub> : 1.00

C<sub>m,z</sub> : 1.00

C<sub>m,LT</sub> : 1.00

χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ<sub>y</sub> : 0.35

χ<sub>z</sub> : 0.15

χ<sub>LT</sub>: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

χ<sub>LT</sub> : 0.44

λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

λ̄<sub>y</sub> : 1.39

λ̄<sub>z</sub> : 2.30

α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>: Factores dependientes de la clase de la sección.

α<sub>y</sub> : 0.60

α<sub>z</sub> : 0.60

Producido por el software de cálculo YPE

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 2.8, y CTE DB SI, Anejo D)**

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V<sub>Ed</sub> es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo V<sub>c,Rd</sub>.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·VH1(B).

$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$

0.64 kN ≤ 32.18 kN ✓

Donde:

V<sub>Ed,z</sub>: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V<sub>Ed,z</sub> : 0.64 kN

V<sub>c,Rd,z</sub>: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V<sub>c,Rd,z</sub> : 64.35 kN

**HABE LOTZAILEAK (HEB 140)**

Muntanteak bezala, habe lotzaileak ez dute kargarik eusten eta portikoen artean desplazamendu erlatiborik ez egotea baimentzen dute, bai eta portikoen gilbordura luzera txikitzea ere. Horretaz gain, haien azpian arriostramenduak jartzea ahalbidetzen dute.

Barra txikiak erabiltzea erabaki da, muntanteetan bezala, izango duten indarra oso txikia izango delako. Baina, EKT-ak lerdentasunari buruzko arautegia bete egin behar denez:

Comprobación

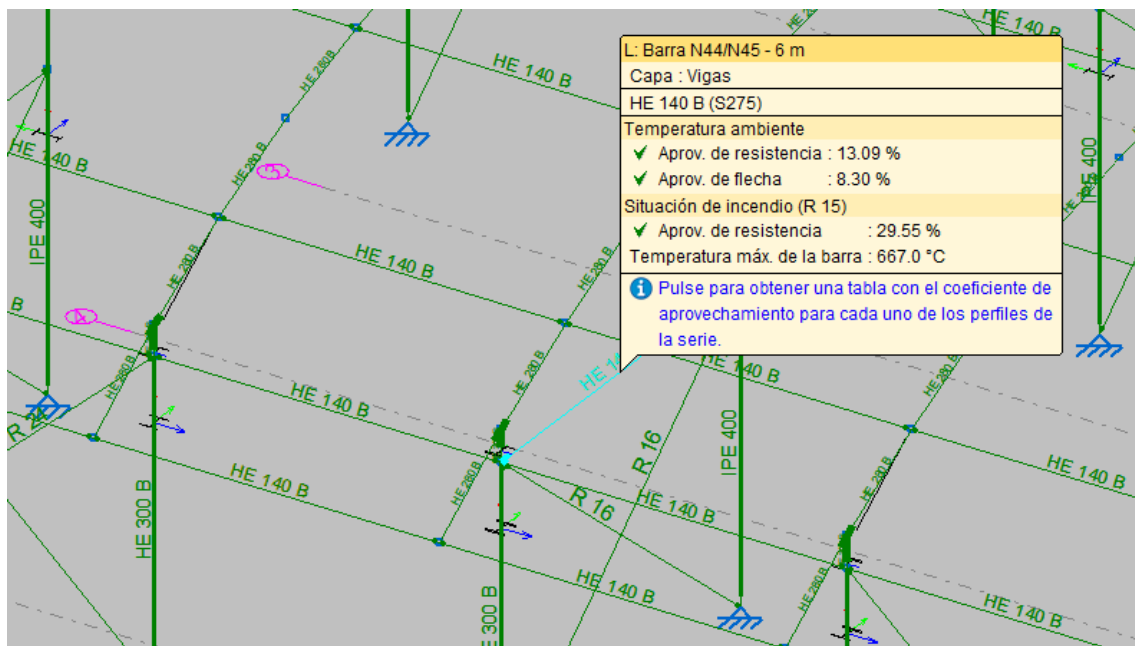
Perfil	Peso	Resistencia	Flecha	Resistencia incendio	Errores
✗ HE 100 B	20.41	—	27.85 %	104.32 % (692.0...)	Se ha producido un err...
✗ HE 120 B	26.69	—	14.48 %	53.68 % (680.0 °C)	Se ha producido un err...
✓ HE 140 B	33.76	13.09 %	8.30 %	29.55 % (667.0 °C)	
✓ HE 160 B	42.63	8.51 %	5.02 %	16.49 % (650.0 °C)	
✓ HE 180 B	51.26	5.92 %	3.27 %	10.15 % (635.0 °C)	
✓ HE 200 B	61.31	4.26 %	2.20 %	6.45 % (620.0 °C)	
✓ HE 220 B	71.44	3.20 %	1.55 %	4.31 % (604.0 °C)	
✓ HE 240 B	83.21	2.50 %	1.11 %	2.96 % (588.5 °C)	
✓ HE 260 B	92.94	2.04 %	0.84 %	2.26 % (582.0 °C)	
✓ HE 280 B	103.15	1.69 %	0.65 %	1.73 % (572.5 °C)	
✓ HE 300 B	117.04	1.39 %	0.50 %	1.27 % (557.5 °C)	
✓ HE 320 B	126.62	1.26 %	0.41 %	1.02 % (539.5 °C)	
✓ HE 340 B	134.16	1.17 %	0.34 %	0.89 % (528.0 °C)	
✓ HE 360 B	141.77	1.09 %	0.29 %	0.77 % (517.0 °C)	
✓ HE 400 B	155.27	0.92 %	0.22 %	0.63 % (500.5 °C)	
✓ HE 450 B	171.13	0.81 %	0.16 %	0.53 % (484.5 °C)	
✓ HE 500 B	187.30	0.73 %	0.12 %	0.45 % (470.0 °C)	

Sin revestimiento ignifugo

Significado de los iconos

- ✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Irudia 3.55 – Habe lotzaileen kalkuluak egitean egiaztapenak betetzen dituzten barrak



Irudia 3.56 – Habe lotzaileen gehieneko karga eta aprobetxamendua

Barra N44/N45

Perfil: HE 140 B Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N44	N45	6.000	43.00	1509.00	549.70	20.06
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β		1.00	1.00	1.00	1.00	
	L <sub>K</sub>		6.000	6.000	6.000	6.000	
	C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b> Resistencia requerida: R 15 Factor de forma: 197.99 m-1 Temperatura máx. de la barra: 667.0 °C							

e CYPE

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado		
	λ	λ <sub>lim</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>c</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>	NM <sub>t</sub>	NM <sub>c</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>c</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>
N45	λ < 2.0 Cumple	x: 0.151 m λ <sub>lim</sub> ≤ λ <sub>lim,pl</sub> Cumple	η < 0.1	η = 9.1	x: 3.075 m η = 4.3	M <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.15 m η = 0.7	V <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.151 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 3.075 m η = 13.1	x: 0.151 m η < 0.1	M <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 13.1
comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado		
N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>c</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>	NM <sub>t</sub>	NM <sub>c</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>				
4/N45	η < 0.1	η = 13.5	x: 3.075 m η = 16.3	M <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.15 m η = 1.6	V <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.151 m η < 0.1	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 3.075 m η = 29.6	x: 0.151 m η < 0.1	M <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(1)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 29.6		
comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
Notación: N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>t</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>c</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>t</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>c</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>t</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>c</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>t</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>c</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados N <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>c</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																

**Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.93} \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**$N_{cr}$ :** Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{868.77} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,t} : \underline{3664.17} \text{ kN}$$

$$N_{cr,t} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1509.00} \text{ cm}^4$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{22480.00} \text{ cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{6.000} \text{ m}$$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{6.000} \text{ m}$$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{6.000} \text{ m}$$

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{6.92} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{5.92} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.58} \text{ cm}$$

$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$



**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad 16.57 \leq 159.27 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ : <u>116.00</u> mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ : <u>7.00</u> mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ : <u>8.12</u> cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ : <u>16.80</u> cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ : <u>0.30</u>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ : <u>210000</u> MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ : <u>275.00</u> MPa
Siendo:	
$f_{yf} = f_y$	

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH4(G)+0.75·NGuztia.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.  $N_{t,Ed}$  : 0.39 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$   $N_{t,Rd}$  : 1126.19 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A$  : 43.00 cm<sup>2</sup>  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a compresión - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.091} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH5(G).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 21.20 kN

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1126.19} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{234.20} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.50}$$

$$\chi_z : \underline{0.21}$$

$$\chi_T : \underline{0.80}$$

Siendo:

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\phi_y : \underline{1.34}$$

$$\phi_z : \underline{2.79}$$

$$\phi_T : \underline{0.75}$$

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.17}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.93}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.57}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{868.77} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3664.17} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.030} \checkmark$$



$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.075 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{44.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{44.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.70}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} : \underline{1.03}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.95}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{74.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV} : \underline{71.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_3 \cdot i_{r,z}^2$$

$$M_{LTw} : \underline{18.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{215.57} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{6.000} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{6.000} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{r,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{r,z}^+ : \underline{3.89} \text{ cm}$$

$$i_{r,z}^- : \underline{3.89} \text{ cm}$$

**Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.37} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{198.39} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{13.12} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)**

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$13.14 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.14}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.37 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.37} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{198.39} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.081} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.131} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.075 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH5(G).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{20.78} \text{ kN}$   
 $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : \underline{1.91} \text{ kN·m}$   
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN·m}$

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase :** 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{1126.19} \text{ kN}$   
 $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{64.27} \text{ kN·m}$   
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{31.38} \text{ kN·m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.  $A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$   
 $W_{pl,z} : \underline{119.80} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.03}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.12}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  $C_{m,y} : \underline{1.00}$

$C_{m,z} : \underline{1.00}$

$C_{m,LT} : \underline{1.00}$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $\chi_y : \underline{0.50}$   
 $\chi_z : \underline{0.21}$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.  $\chi_{LT} : \underline{0.70}$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.  $\bar{\lambda}_y : \underline{1.17}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{1.93}$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.  $\alpha_y : \underline{0.60}$

$\alpha_z : \underline{0.60}$



**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N44, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 1.37 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{1.37}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{198.39}{\quad} \text{ kN}$$

**Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·VH4(G).

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{0.13}{\quad} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \frac{365.31}{\quad} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \frac{43.00}{\quad} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{84.96}{\quad} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,s} / \gamma_{M,s}$$

Siendo:

$f_{y,s}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,s} : \frac{84.96}{\quad} \text{ MPa}$$

$$f_{y,s} = f_y \cdot k_{y,s}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$k_{y,s}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,s} : \frac{0.31}{\quad}$$

$\gamma_{M,s}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,s} : \frac{1.00}{\quad}$$

**Resistencia a compresión - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.135} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·VH5(G).

 $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{6.51} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{365.31} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

 **$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

 **$f_{y,0}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

 **$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 **$k_{y,0}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.31}$$

 **$\gamma_{M,0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada

por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{48.14} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

 **$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

 **$f_{y,0}$ :** Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

 **$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

 **$k_{y,0}$ :** Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.31}$$

 **$\gamma_{M,0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

 **$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.31}$$

$$\chi_z : \underline{0.13}$$

$$\chi_T : \underline{0.70}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = k_{\lambda,0} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$k_{\lambda,0}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{aligned} \phi_y &: \underline{1.97} \\ \phi_z &: \underline{4.21} \\ \phi_T &: \underline{0.90} \\ \alpha_y &: \underline{0.49} \\ \alpha_z &: \underline{0.49} \\ \alpha_T &: \underline{0.49} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &: \underline{1.51} \\ \bar{\lambda}_z &: \underline{2.51} \\ \bar{\lambda}_T &: \underline{0.74} \\ k_{\lambda,0} &: \underline{1.30} \end{aligned}$$

$$N_{cr} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{868.77} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{316.48} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{3664.17} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo 1)

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.068} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.163} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.075 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{20.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



$k_{y,s}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,s} : \underline{0.31}$

$\gamma_{M,s}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$

$M_{b,Rd} : \underline{8.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{84.96} \text{ MPa}$

$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,s}$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$

$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

$k_{y,s}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,s} : \underline{0.31}$

$\gamma_{M,s}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,s} : \underline{1.00}$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$\chi_{LT} : \underline{0.42}$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$\Phi_{LT} : \underline{1.52}$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$

$$\bar{\lambda}_{LT} = k_{\lambda,0} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{1.24}$

$k_{\lambda,0}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\lambda,0} : \underline{1.30}$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$M_{cr} : \underline{74.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$M_{LTV} : \underline{71.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot I_{t,z}^2$$

$M_{LTW} : \underline{18.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y} : \underline{215.57} \text{ cm}^3$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$

Producido por ur la versión educativa de CYPE

E: Módulo de elasticidad.	E : $\frac{210000}{}$ MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : $\frac{81000}{}$ MPa
$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	$L_c^+$ : $\frac{6.000}{}$ m
$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	$L_c^-$ : $\frac{6.000}{}$ m
$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	$C_1$ : $\frac{1.00}{}$
$i_{t,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$i_{t,z}^+$ : $\frac{3.89}{}$ cm
	$i_{t,z}^-$ : $\frac{3.89}{}$ cm

**Resistencia a corte Z - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.150 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.02 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 64.35 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 13.12 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 140.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 7.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 84.96 MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,0}$  : 84.96 MPa

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,0}$  : 0.31

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,0}$  : 1.00

- una versión educativa de CYPE

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$13.14 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.14}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

#### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.02 \text{ kN} \leq 32.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.02} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{64.35} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)**

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.086}$  ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.228}$  ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.296}$  ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.075 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP+0.5·VH5(G).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : \underline{6.51}$  kN

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.42}$  kN·m

$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00}$  kN·m

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase :** 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd} : \underline{365.31}$  kN

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y} : \underline{20.85}$  kN·m

$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.18}$  kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : 43.00 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y} : \underline{245.40}$  cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z} : \underline{119.80}$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{84.96}$  MPa

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,0}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,0} : \underline{84.96} \text{ MPa}$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,0}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,0} : \underline{0.31}$$

$\gamma_{M,0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,0} : \underline{1.00}$$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.05}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.19}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.98}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.31}$$

$$\chi_z : \underline{0.13}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.42}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{2.51}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

una versión educativa de CYPE

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.151 m del nudo N44, para la combinación de acciones PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.02 \text{ kN} \leq 32.18 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.02} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{64.35} \text{ kN}$$

### 3.3.4 ZIMENDAPENA

Zimendapenak egituratzeko Cype 3D programa erabili da. Kontuan hartu beharra dago, programa honek soilik zimendapen elementuek izan behar duten neurriak eta elementu horretan aplikatutako kargak jasateko osatzen duten armadurak baino ez dituela kalkulatzeko. Horrez gain, finkatze plakak eta zimendu egokiarekin lotura egiteko behar diren barra uzkurduak kalkulatzeko dituzte baita ere.

Garrantzitsua da aipatzea, obra honetan erabiliko den hormigoia HA-25 izango dela (kontrol estatistikoarekin), agregakinaren gehieneko tamaina 30 mm-koa izango dela eta barra uzkurduak B 400 S inguru izango direla kontrol normalarekin.

Hortik abiatuta, egitura erabiltzen diren hormigoizko zapatak, finkatze plakak eta habe lotzaileak dimentsionatu dira.

#### 3.3.4.1 HORMIGOI ZAPATA

Padel estalkiaren zimendapena hormigoia armatuzko zapata isolatuen bidez egingo da, baina masa-hormigoia erabiliko da baita ere, aurrerago azalduko den moduan. Horiek abio bakarria izango dute eta angeluzuzenak izango dira zapaten azalera erabilgarria ahalik eta gehien handitzeko.

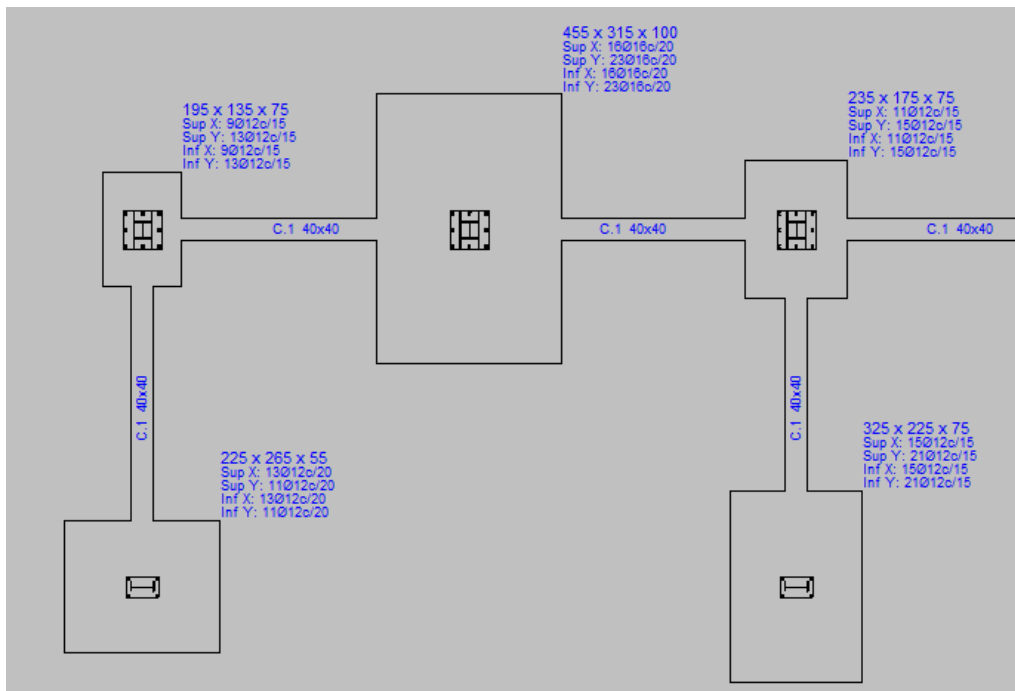


Irudia 3.57 - Cype 3D-ren zimendapen mota desberdinak

Kontuan hartu beharra dago egituraren kanpoaldeko zutabeen eta zimendapenen arteko loturak guztiz zurrunkak direla, eta, horren ondorioz, flektore-momentua dagoela haien buruetan, zeinek handitu egiten diren zapataren iraulketa gerta ez dadin. Hala ere, portiko hastialetako barneko zutabeen loturak artikulatuak dira, eta, ondorioz, ez dute momentu flektorerik behar.

Hasteko, zapatak bakoitzari dagozkion kargekin dimentsionatu dira, eta ikusi da erdiko portikoetako zapatak handiegiak direla:

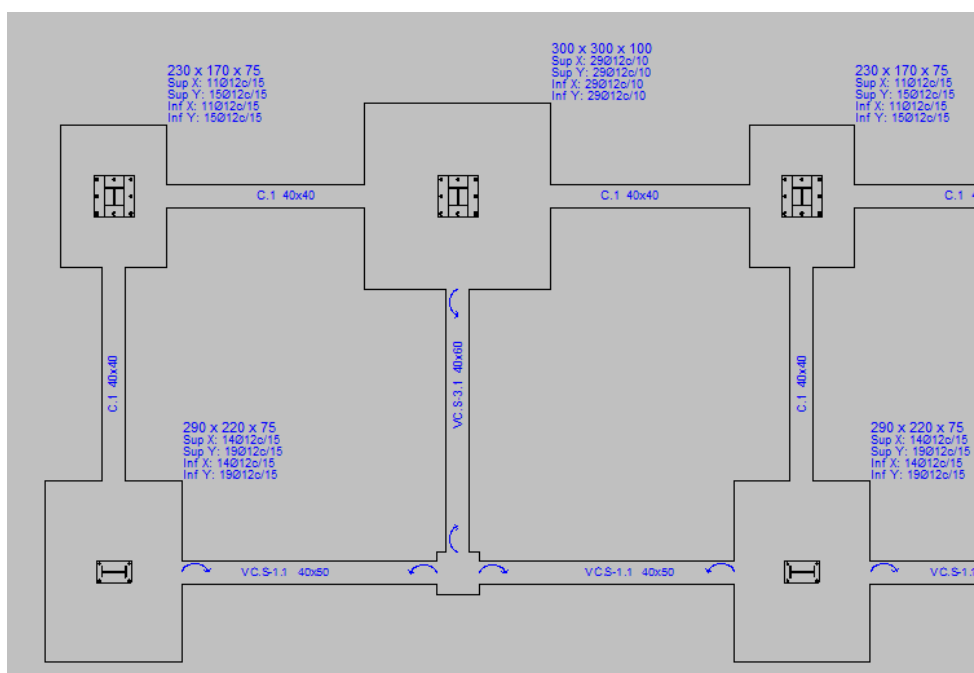




**Iruia 3.58 - Zimendapenen lehenengo iterazioarekin ateratako dimentsionamendua**

Honen azalpena da, zutabeen arteko loturak guztiz zurrinak direla eta, beraz, zapatetara heltzen den momentu flektorra altuegia dela. Momentu hau aldatzeko aukera bat, zutabearen eta kanpoaldearen arteko loturaren zurruntasuna aldatzea da, honek, alegia, momentua zutabeen zehar banatzea eragingo bailukeelako.

Hala ere, portikoaren ertzean momentu handiegia gertatzea saihesteko, honi habe zentratzaileak gehitzea erabaki da. Habeen hauen helburu nagusia erdiko portikoaren zapaten neurria gutxitzea da, horrela, zutabeen ardatz indartsuan gertatzen den momentua murriztuko bailitzateke. Gainera, egitura osoaren portaera zurrunagoa izango litzateke, eta, ondorioz, zapaten arteko joan-etorriak egiteko joera ez da hain handia izango.



**Iruia 3.59 - Habe zentratzaileekin ateratako zapaten dimentsionamendua**

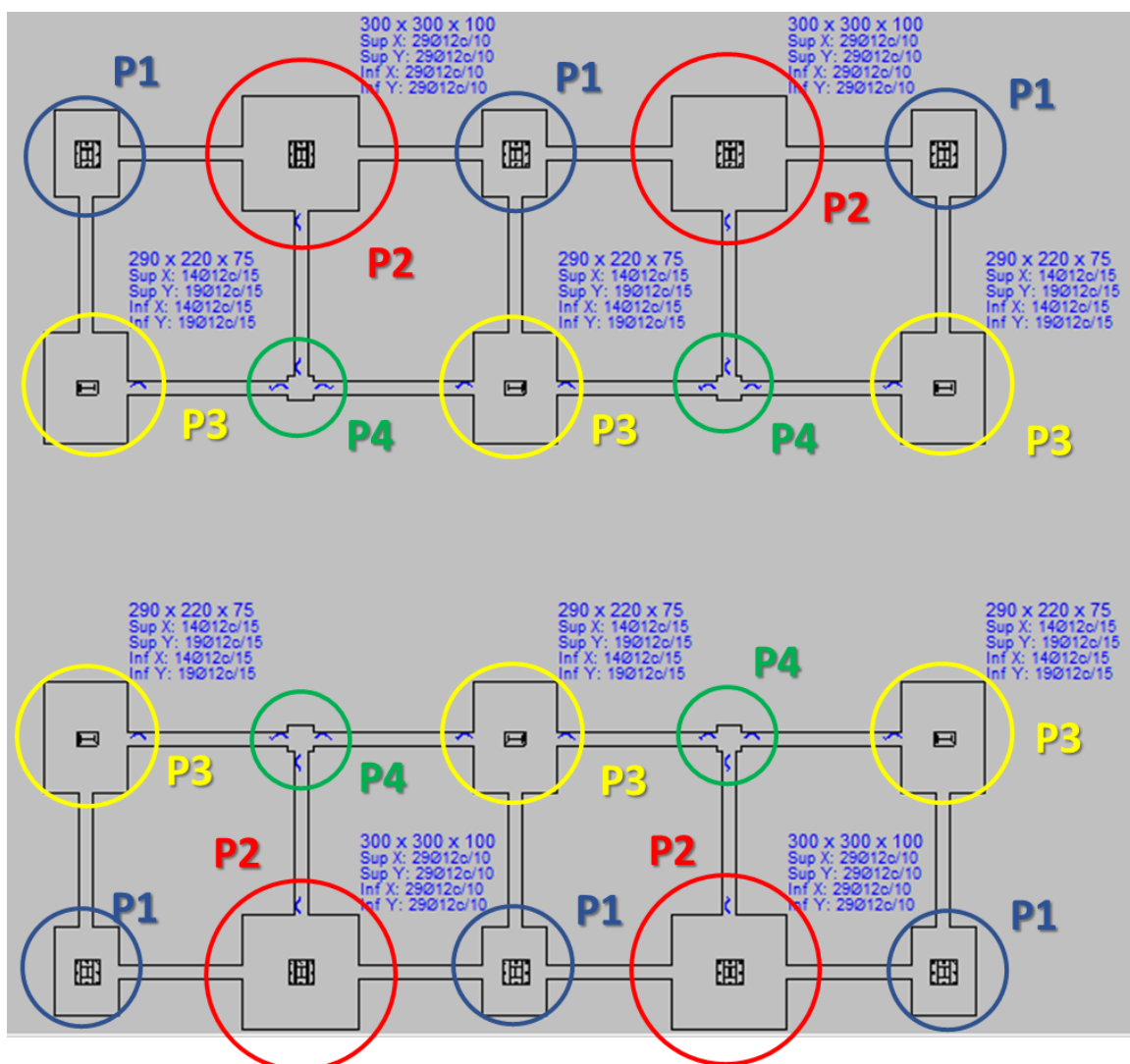


Horrez gain, zimendapen batzuk parekatu dira hainbeste zapata mota ezberdin ez egoteko. Modu horretan, kalkuluak egitea errazago izango litzateke.

Behin zimendapenaren egituraren parte diren elementu guztien azkeneko dimentsioak eta horien kokapena jakinda, padel eraikinean dauden zapata mota guztiak azalduko dira:

Taula 3.33 - Zimendapen desberdinen datu orokorrak

ZENBAKIA	IZENA	ZAPATA MOTA	UNITATEAK	DIMENTSIOAK (cm)
P1	Portiko Hastiala	Armatua	6	230 x 170 x 75
P2	Erdiko Portikoa	Armatua	4	300 x 300 x 100
P3	Portiko Hastialaren Zutabea	Armatua	6	290 x 220 x 75
P4	Habe Zentraltzaileen Lotura	Masa	4	70 x 70 x 60



Irudia 3.60 - Zimendapen moten desberdinen kokalekua

Erabiliko diren zimendapen motak eta haien kokapena azaldu eta gero, horietako mota bakoitza beren kabuz aurkeztuko da.

Nabarmentzekoa da, zimentazio guztiek garbiketa-hormigoiez egindako 10 zentimetroko oinarria izango dutela zapaten eustarria egiteko. Modu honetan, oinarri garbi eta segurua izango dute langileek, baita zulo nibelatua ere.

### P1 – PORTIKO HASTIALA

Portiko hastialak osatzen dituzten 6 zapatek 230 x 170 zentimetroko dimentsioak eta 75 zentimetroko sakontasuna izango dute. Barneko armadura goiko eta beheko parrilaz osatuko da, zeintzuk guztiz berdinak izango diren. Parrila horiek 12 mm-ko diametroa duten barra uzurtuz osatuta egongo da, zeinek 15 zentimetrora kokatuko diren. Horrela, mota honetako 11 barra jarriko dira norabide laburrean eta 15 barra luzeran.

Referencia: N90 Dimensiones: 230 x 170 x 75 Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.343 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.303 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.512 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 93.5 % Reserva seguridad: 922.2 %	Cumple Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 2.39 t·m Momento: 0.94 t·m	Cumple Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 1.46 t Cortante: 0.00 t	Cumple Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 5.31 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Alto mínimo:</b> <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> - N90:	Mínimo: 49 cm Calculado: 68 cm	Cumple

Produktuak Produktuak Produktuak Produktuak Produktuak	Jantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple Cumple
	Jantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
	Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
	Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
	Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N90		
Dimensiones: 230 x 170 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 40 cm Calculado: 40 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud mínima de las patillas: - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 65 cm Calculado: 65 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## P2 – ERDIKO PORTIKOA

Erdiko portikoa osatzen dituzten 4 zapatek 300 x 300 zentimetroko dimentsioak eta 100 zentimetroko sakontasuna izango dute. Barneko armadura goiko eta beheko parrilaz osatuko da, zeintzuk guztiz berdinak izango diren. Parrila horiek 12 mm-ko diametroa duten barra

uzkurtuz osatuta egongo da, zeinek 10 zentimetrero kokatuko diren. Horrela, mota honetako 29 barra jarriko dira norabide bakoitzeko.

Referencia: N69		
Dimensiones: 300 x 300 x 100		
Armados: Xi:Ø12c/10 Yi:Ø12c/10 Xs:Ø12c/10 Ys:Ø12c/10		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.515 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.4 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.515 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> - En dirección X <sup>(1)</sup> - En dirección Y: <i>Sí el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <sup>(1)</sup> Sin momento de vuelco	Reserva seguridad: 12029.1 %	No procede Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 31.84 t-m Momento: 7.53 t-m	Cumple Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 5.09 t Cortante: 3.07 t	Cumple Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 10.6 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Alto mínimo:</b> <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 100 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> - N69:	Mínimo: 49 cm Calculado: 93 cm	Cumple
<b>Cantidad geométrica mínima:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0023 Calculado: 0.0023	Cumple Cumple
<b>Cantidad mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0012 Mínimo: 0.0006 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b> <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 10 cm Calculado: 10 cm Calculado: 10 cm Calculado: 10 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Separación mínima entre barras:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 10 cm Calculado: 10 cm Calculado: 10 cm Calculado: 10 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N69 Dimensiones: 300 x 300 x 100 Armados: Xi:Ø12c/10 Yi:Ø12c/10 Xs:Ø12c/10 Ys:Ø12c/10		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 130 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas: - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm Calculado: 90 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### P3 – PORTIKO HASTIALAREN ZUTABEA

Portiko hastialaren zutabea osatzen dituzten 6 zapatek 290 x 220 zentimetroko dimentsioak eta 75 zentimetroko sakontasuna izango dute. Barneko armadura goiko eta beheko parrilaz osatuko da, zeintzuk guztiz berdinak izango diren. Parrila horiek 12 mm-ko diametroa duten barra uzkurtuz osatuta egongo da, zeinek 15 zentimetrora kokatuko diren. Horrela, mota honetako 14 barra jarriko dira norabide laburrean eta 19 barra luzeran.



Referencia: N51		
Dimensiones: 290 x 220 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.361 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.287 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.371 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> - En dirección X: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección Y <sup>(1)</sup> <sup>(1)</sup> Sin momento de vuelco	Reserva seguridad: 104.4 %	Cumple No procede
<b>Flexión en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 4.24 t·m Momento: 2.52 t·m	Cumple Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 3.10 t Cortante: 1.11 t	Cumple Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 10.78 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> - N51:	Mínimo: 30 cm Calculado: 68 cm	Cumple
<b>Cantidad geométrica mínima:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple Cumple
<b>Cantidad mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b> <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Separación mínima entre barras:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación", Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N51		
Dimensiones: 290 x 220 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

#### P4 – HABE ZENTRATZAILEEN LOTURA

Habe lotzaileen lotura osatzen dituzten 4 zapatak masa-hormigoiaz eginda egongo dira, beraz, ez dituzte armadurarik izango barneko aldean. Hala ere, hara habe zentratzaileak heltzen direnez, beharrezkoa da honek gutxieneko neurriak izatea, habeak ondo finkatu ahal izateko. Horregatik, 70 x 70 zentimetroko dimentsioak eta 60 zentimetroko sakonera izango dute.

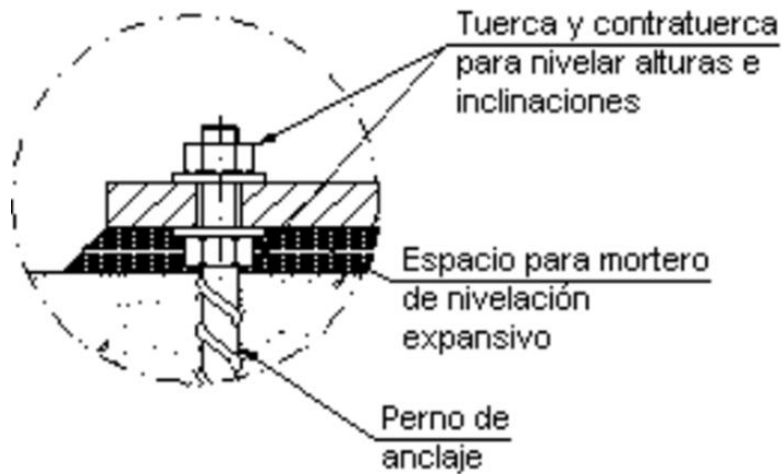
Horrez gain, zapata mota hau kargarik, finkatze plakarik ezta armadurarik ez daukan zapata mota bakoitza da. Hala ere, honek gutxieneko dimentsioak izan behar ditu, habe zentratzaileak erraz sartu eta lotu daitezen.

Referencia: Z(-16.50, 16.50)		
Dimensiones: 70 x 70 x 60		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Avisos:		
- Sobre la zapata calculada no actúan cargas		
- Sobre esta zapata no apoya ningún soporte.		

#### 3.3.4.2 FINKATZE PLAKA

Finkatze plakak egituraren zutabeak zimentazioarekin lotzen du. Horretarako, azkoina eta zirrindola bikoitza duen lotura erabiliko da, honek zutabearen bertikaltasun ideala ziurtatuko baitu. Garrantzitsua da komentatzea multzo osoa mortero hedakorreko lehenengo geruza batez osatuta dagoela, zeinetan azkoin bat eta zirrindola bat jarriko diren; ondoren, finkatze plaka gainean jartzeko asmoz. Azkenik, kontra-azkoina eta bere zirrindola jarriko dira lotura amaitzeko.





Irudia 3.61 - Finkatze plakaren detailea

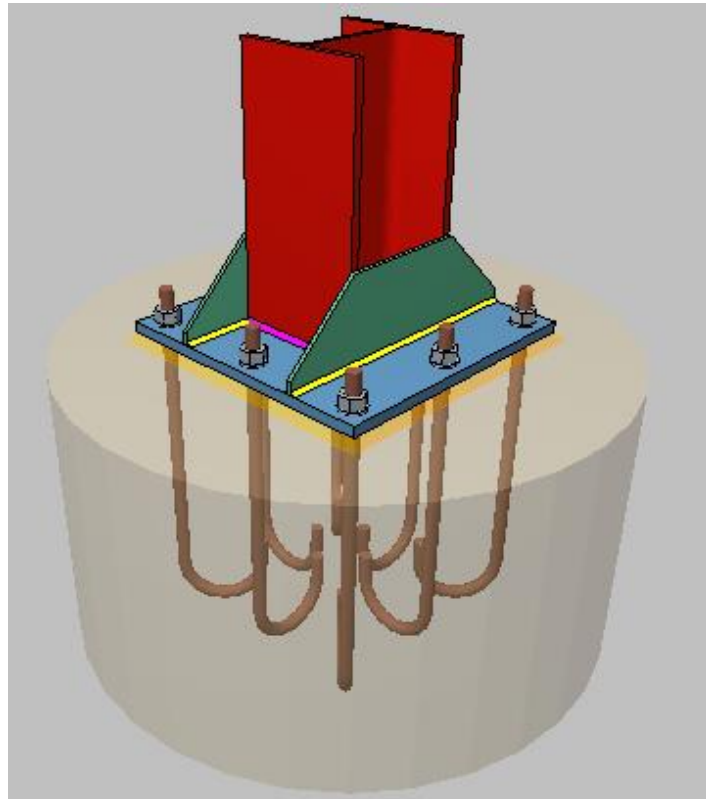
Gainera, zapaten barnean sartzen diren barra uzkuertuek 180 graduko orientazioa izango dute zapataren barruan dagoen ertzean.

Atal honetan finkatze plakak eta zapata bakoitzeko beharrezkoak diren barra uzkuertuak dimentsionatu eta kalkulatu dira. Aurrerago azalduko den moduan, obran bi motatako finkatze plaka egongo dira: alde batetik, kanpoaldeko plakak, non portikoen kanpoaldeko 10 zutabeak finkatzen diren eta, beste alde batetik, barnealdeko plakak, non portikoen 6 zutabe nagusiak finkatzen diren.

#### F1 – KANPOALDEKO FINKATZE PLAKA

Kanpoaldeko finkatze plakak portikoen zutabeak (HE 300 B) lotuko diru zimendapen P1 eta P2rekin (Irudia 3.60 - Zimendapen moten desberdinen kokalekua). Plaka honek 650 x 650 milimetroko dimentsioak eta 25 milimetroko lodiera izango ditu. Horrez gain, ardatz ahulean zurruntzaileak izango ditu, zeinek arimarekiko paraleloak izango diren. Azkenik, finkatze plakak zulo txiki batzuk izango ditu, bertatik 32 milimetroko diametroa duten 8 barra uzkuertuak pasa daitezzen.

Aipatu beharra dago, HE 300 B zutabea finkatze plakara soldatuta joango dela, zurruntzaileak bezala.



Irudia 3.62 - Kanpoaldeko finkatze plakaren diagrama (F1)

1) Pilar HE 300 B

**Cordones de soldadura**

**Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $a > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $a < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

**Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	8	1486	11.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85

## 2) Placa de anclaje

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 650 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 25 mm		
-Pernos: 8Ø32 mm L=50 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x30x10.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 275 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 116 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 32 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 20.466 t Calculado: 17.262 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 14.326 t Calculado: 1.245 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 20.466 t Calculado: 19.041 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 20.851 t Calculado: 15.835 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1987.3 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 42.716 t Calculado: 1.139 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	
- Derecha:	Calculado: 2501.85 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2501.83 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2287.31 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2287.49 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 790.084	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 790.096	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4063.45	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4063.79	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2659.23 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.18		
- Punto de tensión local máxima: (-0.15, 0.15)		

## Cordones de soldadura

## Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

#### Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

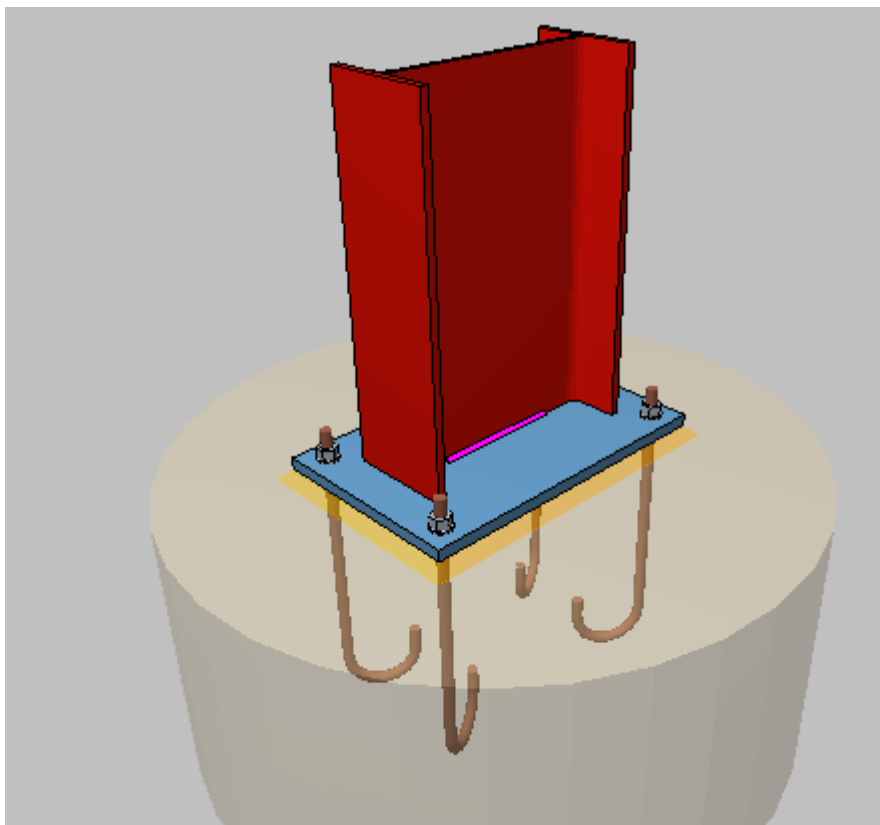
$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	650	10.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	650	10.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85

## F2 – BARNEKO FINKATZE PLAKA

Barnealdeko finkatze plaka portikoaren barnealdeko zutabeak (IPE 400) eta P3 zimendapenak lotuko ditu (Irudia 3.60 - Zimendapen moten desberdinen kokalekua). Plaka honek 350 x 550 milimetroko dimentsioak eta 20 milimetroko lodiera izango du. Gainera, ez du inolako zurruntzailerik izango haren orientazioetan. Azkenik, finkatze plakak zulotxo batzuk izango ditu, bertatik 30 milimetroko diametroa duten 4 barra uzkurtoak pasa daitezen.

Aipagarria da, IPE zutabea finkatze plakara soldatuta joango dela.



Irdia 3.63 - Barneko finkatze plakaren diagrama (F2)



1) Pilar IPE 400

– Alma

Resistencia de la zona soldada (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.1)

Debe cumplirse:

$$\sqrt{\left(\frac{F_x}{A}\right)^2 + 3\left(\frac{F_y}{A}\right)^2 + 3\left(\frac{F_z}{A}\right)^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad 63.05 \text{ N/mm}^2 \leq 261.90 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark$$

Donde:

$F_x$ : Esfuerzo solicitante en la dirección x	$F_x$ : $\frac{-119.29}{\text{mm}^2}$ kN
$F_y$ : Esfuerzo solicitante en la dirección y	$F_y$ : $\frac{0.07}{\text{mm}^2}$ kN
$F_z$ : Esfuerzo solicitante en la dirección z	$F_z$ : $\frac{0.00}{\text{mm}^2}$ kN
A: Área de la zona soldada del alma	A : $\frac{1892}{\text{mm}^2}$ mm
$f_y$ : Tensión de límite elástico.	$f_y$ : $\frac{275.00}{\text{N/mm}^2}$ N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	$\gamma_{M0}$ : $\frac{1.05}{\text{mm}^2}$

### Cordones de soldadura

#### Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

#### Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	5	220	8.6	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	38.3	38.4	0.0	76.7	19.88	39.0	11.89	410.0	0.85

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 550 mm Espesor: 20 mm		
-Pernos: 4Ø20 mm L=30 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 270 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 58 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 7.675 t Calculado: 2.723 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 5.372 t Calculado: 0.566 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 7.675 t Calculado: 3.532 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 8.143 t Calculado: 2.636 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 884.685 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 21.358 t Calculado: 0.527 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	
- Derecha:	Calculado: 661.663 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 661.663 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Arriba:	Calculado: 811.533 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Abajo:	Calculado: 811.533 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1785.85	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1785.85	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1832.09	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1832.09	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0413		

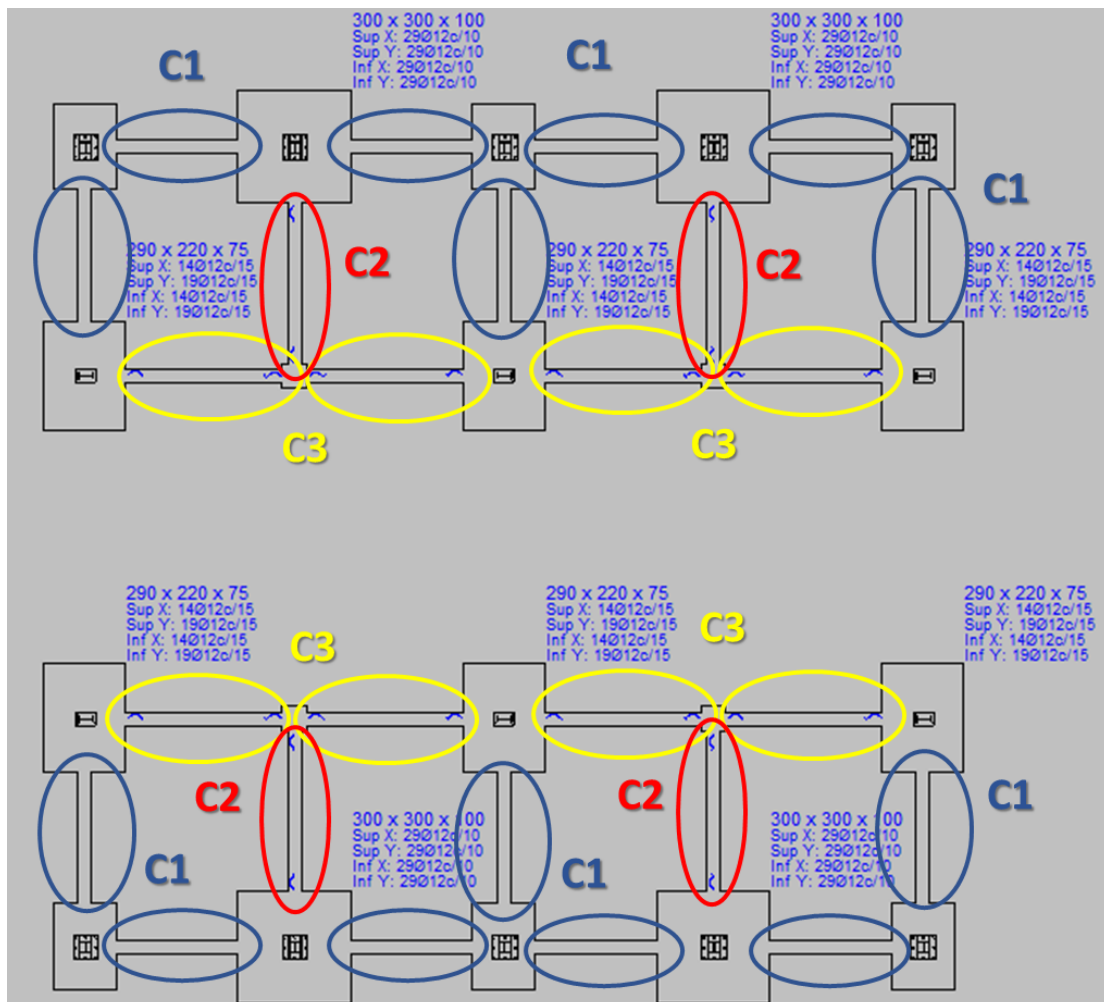
### 3.3.4.3 HABE LOTZAILEA ETA HABE ZENTRATZAILEA

Habe lotzaileen eta habe zentratzaileen erabilera zapata isolatuen arteko desplazamendu erlatiboa mugatzeko beharraren ondorioa da. Gainera, lehenago azaldu bezala, P2 zapataren momentua murrizteko (Irudia 3.60 - Zimendapen moten desberdinen kokalekua), habe zentratzaileak erabiliko dira, zapatan agertzen diren momentuei aurre egiteko.

Hurrengoko orrietan hiru habe mota nagusiak azaldu eta kalkulatu dira:

Taula 3.34 - Habe desberdinen datu orokorrak

ZENBAKIA	IZENA	HABE MOTA	UNITATEAK	DIMENTSIOAK (cm)
C1	Zapaten Arteko Habea	Lotzailea	14	40 x 40
C2	Habe Zentratzaile Primarioa	Zentratzailea	4	40 x 60
C3	Habe Zentratzaile Sekundarioa	Zentratzailea	8	40 x 50

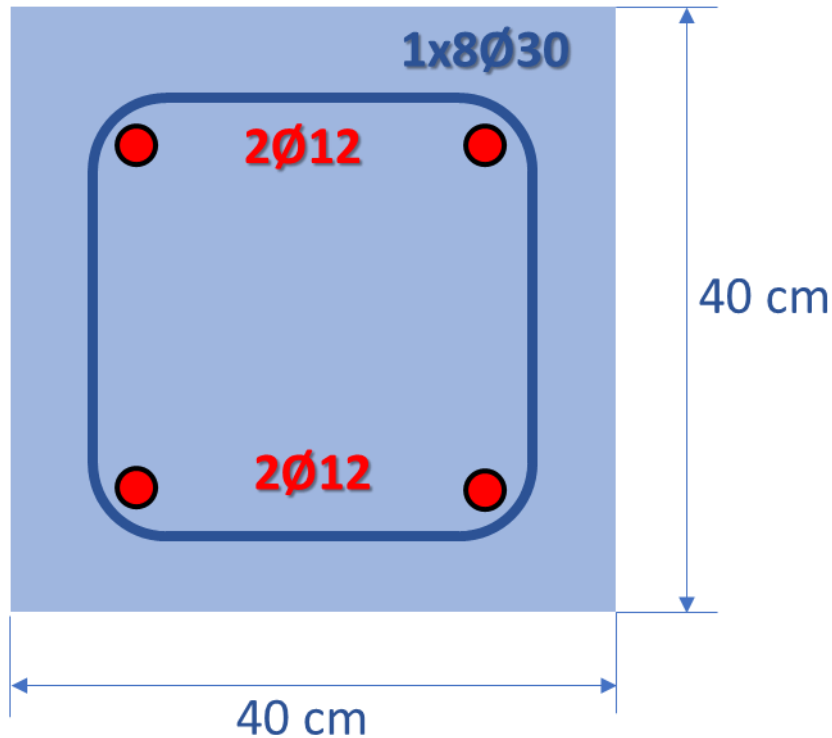


Irudia 3.64 – Habe zentratzaile moten desberdinen kokalekua

Habe lotzaile eta zentratzaile guztiek garbiketa hormigoi bat izango dute haien sakonera guztian, zapata guztietan bezala.

**C1 – ZAPATEN ARTEKO HABEA LOTZAILEA**

Zapata guztiak lotzen dituen habe lotzaileak 40 x 40 zentimetroko dimentsioak izango ditu. Hau 13 milimetroko diametroa duten 4 barra uzkurtuz osatuta egongo da. Horrez gain, 30 zentimetroko 8 milimetroko diametroa duten estribuak izango ditu.

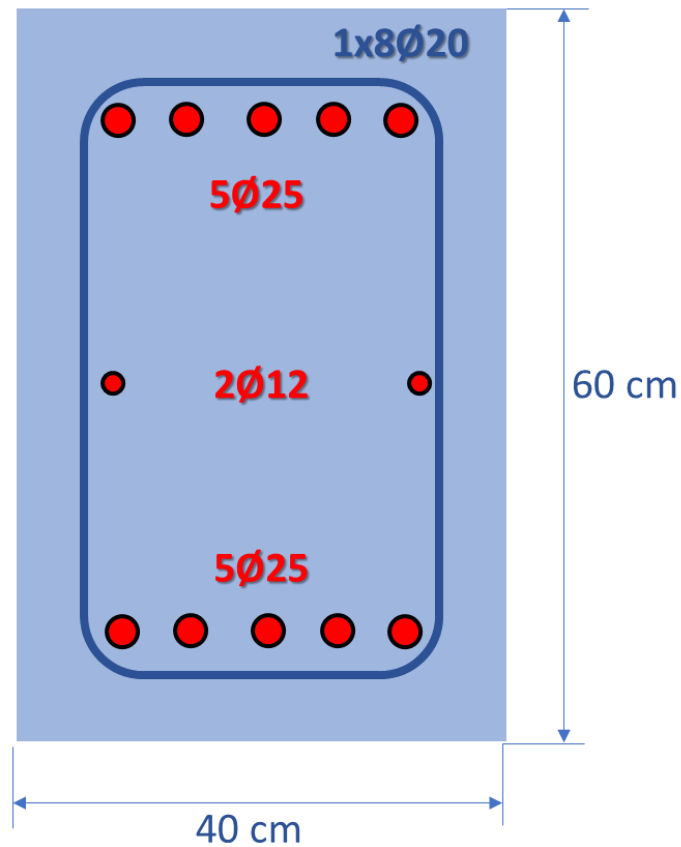


**Irudia 3.65 – C1 Habe lotzailearen diagrama**

Referencia: C.1 [N90-N93] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) No llegan estados de carga a la cimentación.		

**C2 – HABE ZENTRATZAILE PRIMARIOA**

P2 zapatatik irtetzen den habe zentratzaileak 40 x 60 zentimetroko dimentsioak izango ditu. Hau 25 milimetroko diametroa duten 5 barra uzkurtuz egindako armadura batez, bai positibo zein negatiboa, osatuta egongo da. Horrez gain, 12 milimetroko diametroko bi barra dituen larruzko armadura izango du. Gainera, 20 cm-tik behin 8 mm-ko diametroa duten estribuak ere izango ditu.



Irudia 3.66 - C2 Habe zentratzaile primarioaren diagrama



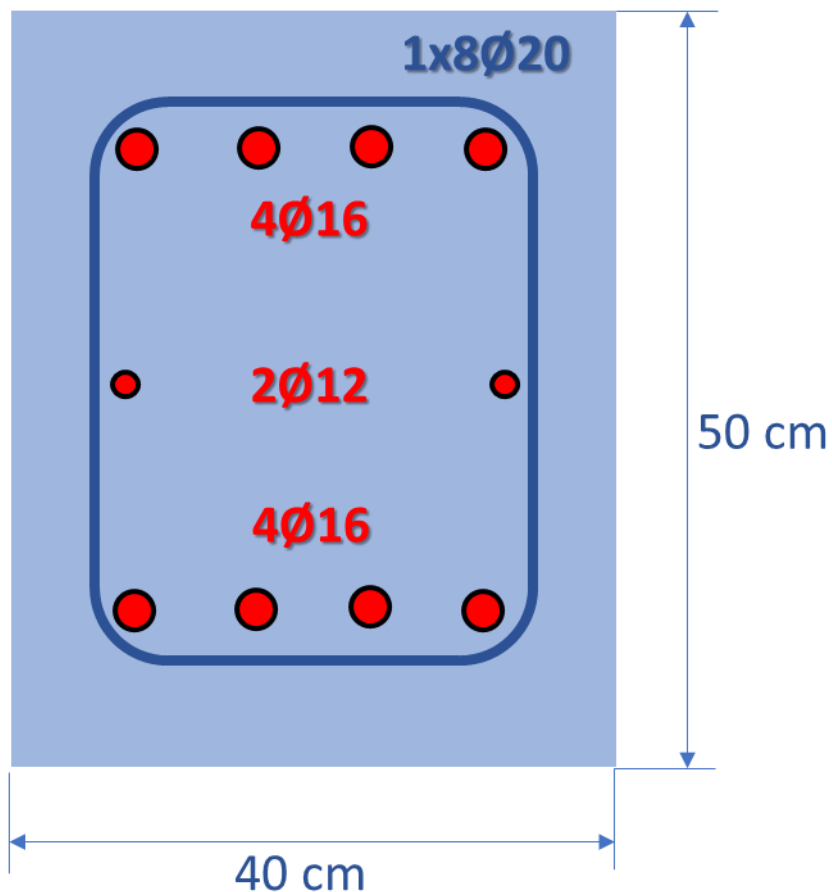
Referencia: VC.S-3.1 [N69-Z(-16.50, 16.50)] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5Ø25 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 5Ø25 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 8 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 3.9 cm Calculado: 3.9 cm Calculado: 21.1 cm	Cumple Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Máximo: 30 cm Calculado: 3.9 cm Calculado: 3.9 cm Calculado: 21.1 cm	Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-98, Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.83 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 5.02 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-98, Artículo 42.3.5</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.0033 Calculado: 0.0102 Calculado: 0.0102	Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 4.6 cm <sup>2</sup> Calculado: 24.54 cm <sup>2</sup> Calculado: 24.54 cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 26.27 t·m Axil: ± 0.00 t Momento flector: -31.42 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 81 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 58 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 26 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 26 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple



Referencia: VC.S-3.1 [N69-Z(-16.50, 16.50)] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm		
-Armadura superior: 5Ø25		
-Armadura de piel: 1x2Ø12		
-Armadura inferior: 5Ø25		
-Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 6.94 t	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 25.0 mm (Cumple)		

### C3 – HABE ZENTRATZAILE SEKUNDARIOA

P3 eta P4 zapatak lotzen dituen habe zentratzaileak 40 x 50 zentimetroko dimentsioak ditu. Hau 16 milimetroko diametroa duten 4 barra uzkurtuz egindako armadura batez, bai positibo zein negatiboa, osatuta egongo da. Horrez gain, 12 milimetroko diametroko bi barra dituen larruzko armadura izango du. Gainera, 20 cm-tik behin 8 mm-ko diametroa duten estribuak ere izango ditu.



Irudia 3.67 - Habe zentratzaile sekundarioaren diagrama

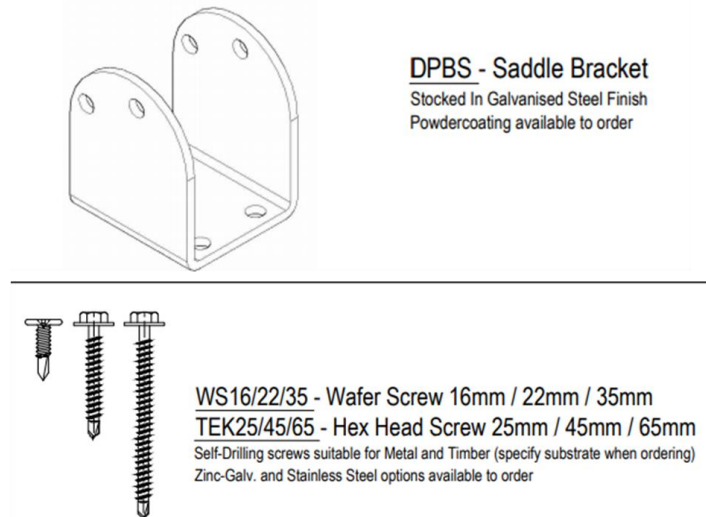
Referencia: VC.S-1.1 [N93-Z(-16.50, 16.50)] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 17 cm	Cumple Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Máximo: 30 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 17 cm	Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-98. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.83 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 5.02 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: - Armadura superior (Situaciones persistentes): <i>Norma EHE-98. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0033 Calculado: 0.004	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: - Armadura superior (Situaciones persistentes): <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 0.44 cm <sup>2</sup> Calculado: 8.04 cm <sup>2</sup>	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: - Situaciones persistentes:	Momento flector: -0.44 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 0.10 t	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple)		

### 3.3.5 LOTURAK

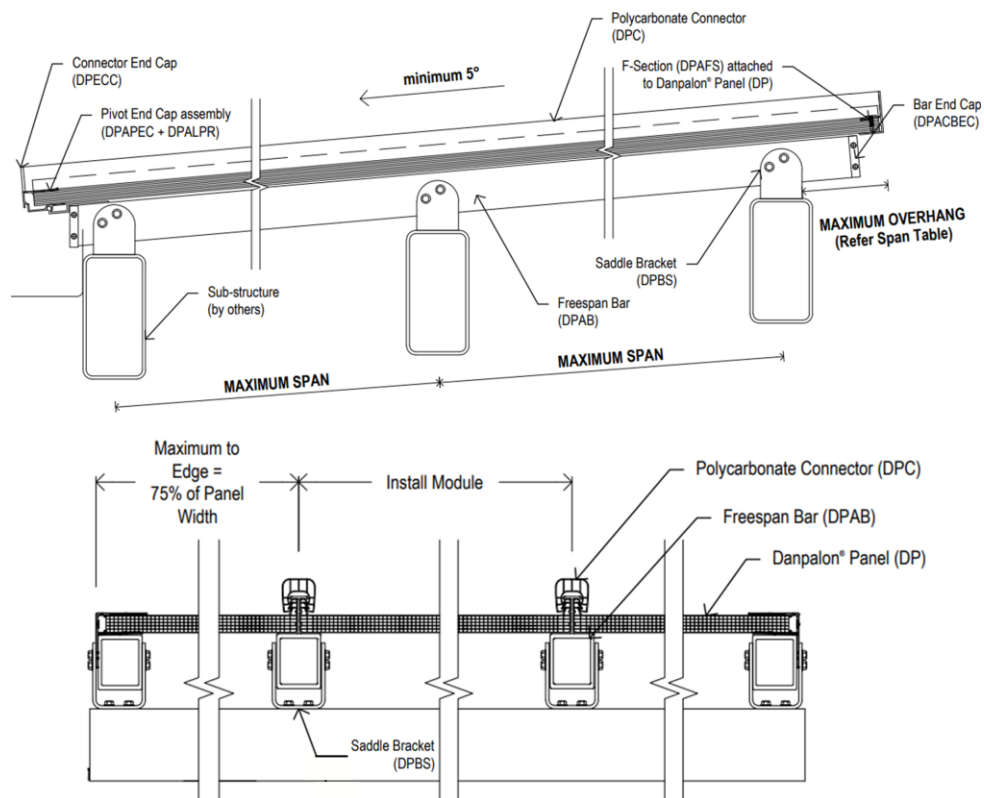
#### 3.3.5.1 ESTALKIAREN LOTURA

Estalkiaren petralekiko lotura ez da kalkulatu; izan ere, honako hau elementu komertziala denez, enpresak du lotura honek kargak mantentzeko gai izatearen ardura.

DPBS elementua, eta beharrezko torlojuak, erabiliko dira "FreeSpan" sistemaren gidak portiko bakoitzari lotzeko. Horrela, 1'84 metroko distantzia utziko da haien artean.



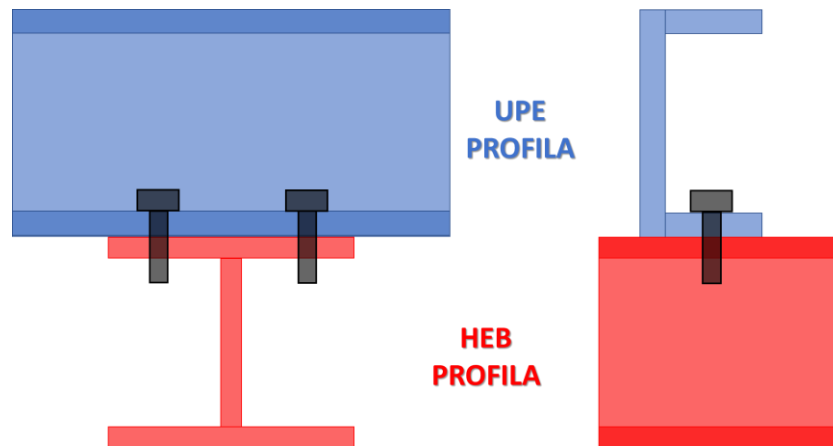
Irudia 3.68 - Estalkiaren eta petralaren arteko pieza eta torlojuak



Irudia 3.69 - Danpalon panelen kokapena FreeSpan sistemarekin

### 3.3.5.2 PETRALEN LOTURA

Petralen lotura portikoetara era zurrunean egin behar da, izan ere, petralen kalkulua egitean hori hartu da kontuan (Irudia 3.32 - Teilatuko petralen datu orokorrak). Hala ere, lotura hau ez da kalkulatu, UPE profilaren finkapena torlojuen bidez egingo delako.

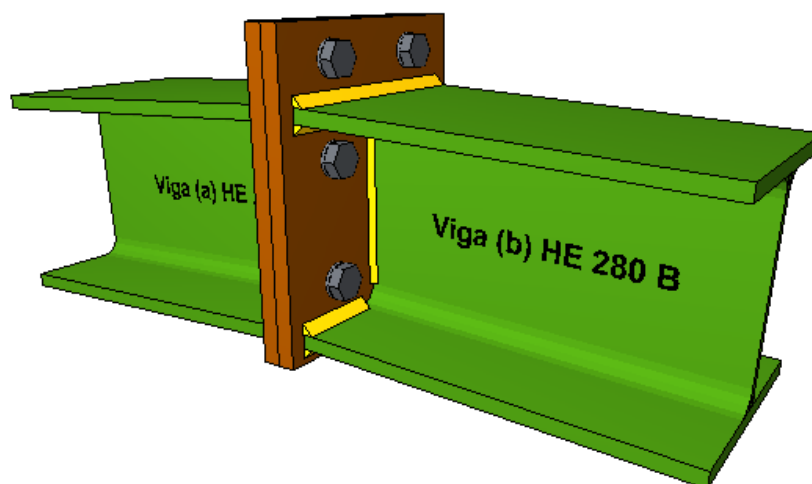


Irudia 3.70 - Petralen lotura portikoetara

### 3.3.5.3 PORTIKOEN ARTEKO LOTURA

Aurrerago aipatu den bezala, portikoak bi zatitan banatuta egongo dira; hauen fabrikazioa eta garraioa errazteko eta ahalbidetzeko. Hori dela eta, goihabeen lotu beharko dira bi HEB 280 portikoak. Horretarako, lotura zurruna egingo da, momentu flectoreak bi barretan zehar transmititu dadin.

Lotura hau bi xaflen bidez egingo da, zeintzuk portikoen ertzetara soldatutak egongo diren. Xafla honen lodiera 22 milimetrokoa da eta dimentsioak 230 x 390-koak. Geroago, bi xafla soldatu horiek, bai hegalean zein ariman, 6 M24 torlojuen bidez lotuko dira.



Irudia 3.71 - Bi portikoen arteko lotura

## 1) Viga (a) HE 280 B

- Chapa frontal

## Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)

Debe cumplirse:

$$F_{T,Ed} \leq F_{T,Rd} \quad 334.68 \text{ kN} \leq 394.37 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$$F_{T,Ed}: \text{ Fuerza de tracción solicitante} \quad F_{T,Ed} : \underline{334.68} \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd}: \text{ Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente} \quad F_{T,Rd} : \underline{394.37} \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} \quad F_{T,3,Rd} : \underline{508.32} \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-ala, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} \quad F_{T,2,Rd} : \underline{394.37} \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-ala y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} \quad F_{T,1,Rd} : \underline{536.46} \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 3.

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) \quad F_{T,Rd} : \underline{394.37} \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} \quad M_{pl,1,Rd} : \underline{5.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} \quad M_{pl,2,Rd} : \underline{5.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\sum F_{t,Rd}: \text{ Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos} \quad \sum F_{t,Rd} : \underline{508.32} \text{ kN}$$

$$t_f: \text{ Espesor de la chapa} \quad t_f : \underline{22.0} \text{ mm}$$

$$m: \text{ Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela} \quad m : \underline{38} \text{ mm}$$

$$n: \text{ Igual } e_{min} \text{ pero } n \leq 1,25 \cdot m \quad n : \underline{42} \text{ mm}$$

$$\sum l_{eff,1}: \text{ Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.}^* \quad \sum l_{eff,1} : \underline{160} \text{ mm}$$

$$\sum l_{eff,2}: \text{ Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.}^* \quad \sum l_{eff,2} : \underline{160} \text{ mm}$$

$$f_y: \text{ Tensión de límite elástico.} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{ Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Ala

**Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)**

El valor de cálculo del esfuerzo axil de compresión  $N_{Ed}$  deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd} \quad 561.18 \text{ kN} \leq 1321.38 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

 $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axil.

$N_{Ed} : \underline{561.18} \text{ kN}$

 $N_{c,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión.

$N_{c,Rd} : \underline{1321.38} \text{ kN}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f'_y}{\gamma_{M0}}$$

Donde:

A: Área sometida a compresión

A :  $\underline{5045} \text{ mm}^2$

 $f'_y$ : Tensión de límite elástico reducida.

$f'_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$

$$f'_y = (1 - \rho) \cdot f_y$$

 $f_y$ : Tensión de límite elástico.

$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$

 $\rho$ : Factor de reducción

$\rho : \underline{0.000}$

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

**Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas**

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante  $V_{Ed}$  no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección  $V_{pl,Rd}$ , no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

**Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)**

El valor de cálculo del esfuerzo axil de tracción  $N_{Ed}$  deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

Donde:

 $N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axil. $N_{t,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo.

$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

 $f_y$ : Tensión de límite elástico.

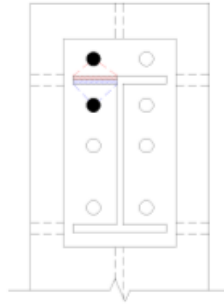
$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Fila	Área (mm <sup>2</sup> )	$N_{Ed}$ (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	2349	167.34	615.14	27.20
Inferior	2350	65.31	615.55	10.61
$\Sigma$		232.65	615.25	37.81





- Alma

#### Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción  $N_{Ed}$  deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} \quad 167.34 \text{ kN} \leq 219.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{167.34} \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : \underline{219.07} \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Donde:

$A$ : Área sometida a tracción

$$A : \underline{836.00} \text{ mm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

$f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

#### Cordones de soldadura

##### Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

##### Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

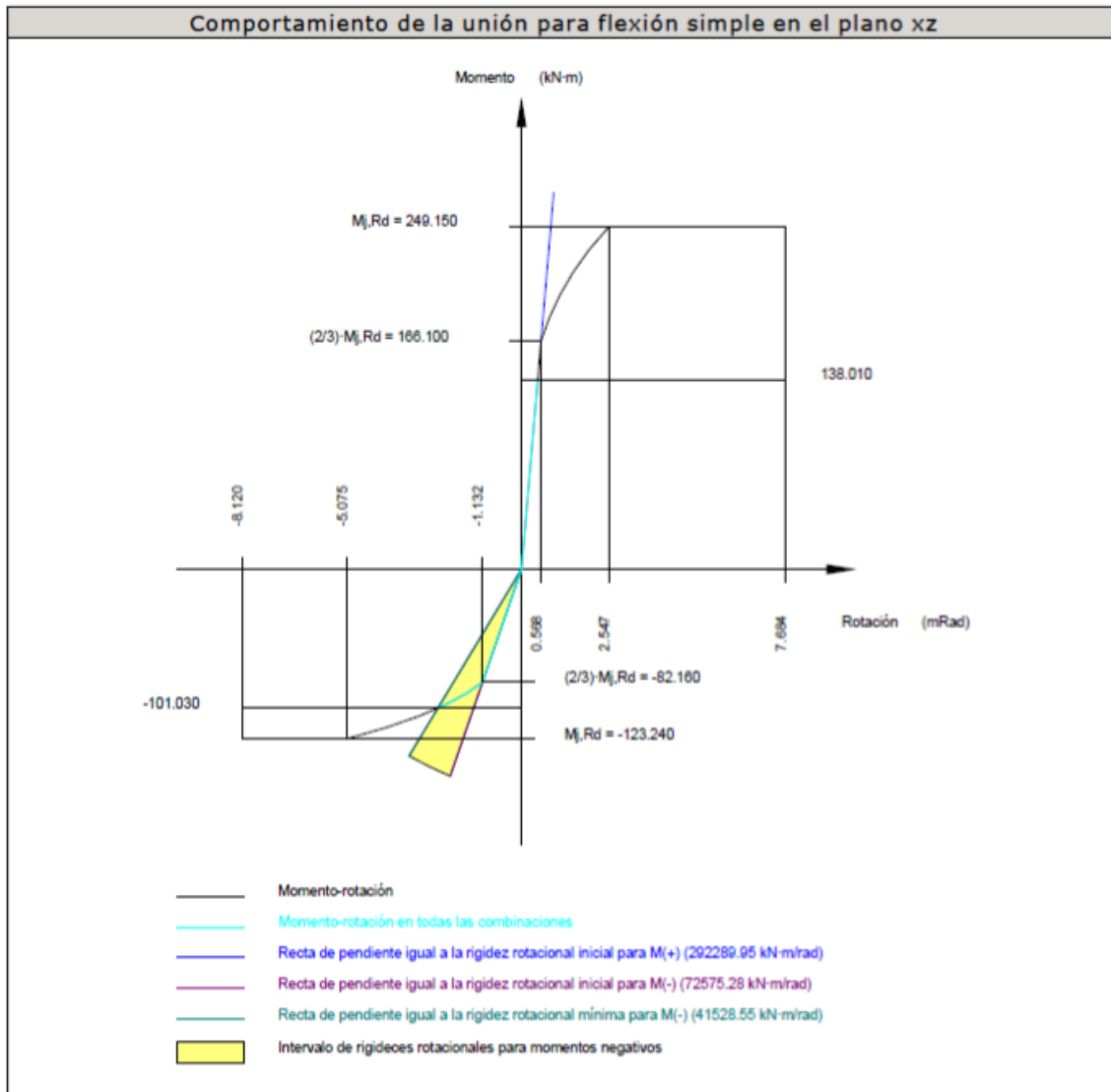
$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	280	18.0	87.38
Soldadura del alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	280	18.0	87.38

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	91.9	96.2	0.0	190.2	49.30	91.9	28.01	410.0	0.85
Soldadura del alma	155.3	155.3	1.4	310.7	80.52	155.4	47.36	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	74.7	78.2	0.3	154.6	40.07	76.7	23.39	410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN-m/rad)	Plano xz (kN-m/rad)
Calculada para momentos positivos	238118.46	292289.95
Calculada para momentos negativos	238118.46	72575.28



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$\beta \leq 1,8$$

$$1.57 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta = \frac{F_{T,Rd1}}{F_{T,Rd3}}$$

$$\beta : \underline{1.57}$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$  : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd1}$  : 796.47 kN

$F_{T,Rd3}$  : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd3}$  : 508.32 kN

**Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)**

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$M_{Ed} \leq M_{j,Rd} \quad 101.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 123.24 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

$M_{Ed}$ : Momento solicitante

$$M_{Ed} : \underline{101.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$ : Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : \underline{123.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{j,Rd} = \sum (F_{tr,Rd,i} \cdot d_i)$$

**Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)**

Debe cumplirse:

$$\frac{\phi_{Ed}}{\phi_{Cd}} \leq \frac{2}{3} \quad 0.30 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

$\phi_{Ed}$ : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{2.43} \text{ mRad}$$

$\phi_{Cd}$ : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : \underline{8.12} \text{ mRad}$$

$$\phi_{Cd} = \frac{10,6 - 4 \cdot \beta}{1,3 \cdot h}$$

Donde:

$h$ : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : \underline{205} \text{ mm}$$

$\beta$ : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : \underline{1.57}$$

## 2) Viga (b) HE 280 B

– Chapa frontal

**Casquillo en T equivalente (CTE DB SE-A, 8.8.3)**

Debe cumplirse:

$$F_{T,Ed} \leq F_{T,Rd} \quad 334.68 \text{ kN} \leq 394.37 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$F_{T,Ed}$ : Fuerza de tracción solicitante

$$F_{T,Ed} : \underline{334.68} \text{ kN}$$

$F_{T,Rd}$ : Resistencia de cálculo de un ala del casquillo en T equivalente

$$F_{T,Rd} : \underline{394.37} \text{ kN}$$

La carga de rotura será la menor de las obtenidas:

b) Por rotura a tracción de los tornillos.

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} \quad F_{T,3,Rd} : \underline{508.32} \text{ kN}$$

c) Por rotura a tracción de los tornillos y formación simultánea de rótulas (charnelas o líneas de rotura) en la zona de entronque ala-alma, lo que supone un mecanismo menos rígido de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} \quad F_{T,2,Rd} : \underline{394.37} \text{ kN}$$

d) Por formación de dos rótulas plásticas en cada ala de la T, una de ellas en el entronque ala-alma y otra en la línea de tornillos, que es el mecanismo más flexible de rotura. En los casos en los que puedan desarrollarse fuerzas de palanca:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} \quad F_{T,1,Rd} : \underline{536.46} \text{ kN}$$

La menor resistencia se ha obtenido en la fila: 3.

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) \quad F_{T,Rd} : \underline{394.37} \text{ kN}$$

Donde:

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} \quad M_{pl,1,Rd} : \underline{5.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} \quad M_{pl,2,Rd} : \underline{5.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$\Sigma F_{t,Rd}$ : Sumatorio de las resistencias a tracción de los tornillos  
 $t_f$ : Espesor de la chapa  
 $m$ : Distancia del eje del tornillo a la rótula o charnela  
 $n$ : Igual  $e_{min}$  pero  $n \leq 1,25 \cdot m$   
 $\Sigma l_{eff,1}$ : Suma de las longitudes eficaces para el modo 1.  
 $\Sigma l_{eff,2}$ : Suma de las longitudes eficaces para el modo 2.  
 $f_y$ : Tensión de límite elástico.  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$\Sigma F_{t,Rd} : \underline{508.32} \text{ kN}$   
 $t_f : \underline{22.0} \text{ mm}$   
 $m : \underline{38} \text{ mm}$   
 $n : \underline{42} \text{ mm}$   
 $\Sigma l_{eff,1} : \underline{160} \text{ mm}$   
 $\Sigma l_{eff,2} : \underline{160} \text{ mm}$   
 $f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$   
 $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

**Nota:** \* En el caso de una fila de tornillos individual  $\Sigma l_{eff}$  deberá tomarse igual a la longitud eficaz  $l_{eff}$  para esa fila de tornillos tomada como una fila de tornillos individual.

- Ala

#### Compresión en perfil base (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 6.2)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión  $N_{Ed}$  deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd} \quad 561.18 \text{ kN} \leq 1321.38 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axial.  $N_{Ed} : \underline{561.18} \text{ kN}$

$N_{c,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a compresión.  $N_{c,Rd} : \underline{1321.38} \text{ kN}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f'_y}{\gamma_{M0}}$$

Donde:

$A$ : Área sometida a compresión  $A : \underline{5045} \text{ mm}^2$

$f'_y$ : Tensión de límite elástico reducida.  $f'_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$

$$f'_y = (1 - \rho) \cdot f_y$$

$f_y$ : Tensión de límite elástico.  $f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$

$\rho$ : Factor de reducción  $\rho : \underline{0.000}$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.  $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

#### Reducción de la resistencia de cálculo por acciones combinadas

Cuando el valor de cálculo del esfuerzo cortante  $V_{Ed}$  no supere el 50% de la resistencia plástica de la sección  $V_{pl,Rd}$ , no deberá reducirse el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.



**Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)**

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción  $N_{Ed}$  deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

Donde:

$N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$N_{t,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

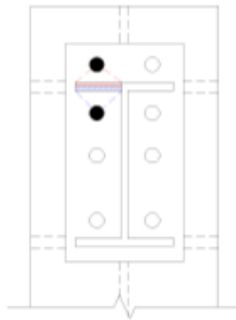
$f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Fila	Área (mm <sup>2</sup> )	$N_{Ed}$ (kN)	$N_{t,Rd}$ (kN)	Aprov. (%)
Superior	2349	167.34	615.14	27.20
Inferior	2350	65.31	615.55	10.61
$\Sigma$		232.65	615.25	37.81



- Alma

**Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)**

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción  $N_{Ed}$  deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$133.75 \text{ kN} \leq 307.82 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{133.75} \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : \underline{307.82} \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Donde:

$A$ : Área sometida a tracción

$$A : \underline{1175.00} \text{ mm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

$f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$



### Cordones de soldadura

#### Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

#### Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	280	18.0	87.38
Soldadura del alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	280	18.0	87.38

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$	
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )			Aprov. (%)
Soldadura del ala superior	91.9	96.2	0.0	190.2	49.30	91.9	28.01	410.0	0.85
Soldadura del alma	155.3	155.3	1.4	310.7	80.52	155.4	47.36	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	74.7	78.2	0.3	154.6	40.07	76.7	23.39	410.0	0.85

## Comprobaciones para los tornillos

## Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

## a) distancias mínimas:

## i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$  entre ejes de agujeros.

## ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$  entre ejes de agujeros.

siendo  $d_0$  el diámetro del agujero.

## b) distancias máximas:

## i) al borde de la pieza:

- Para  $e_1$  y  $e_2$   $\begin{cases} \leq 40 \text{ mm} + 4t \\ \leq 12t \text{ ó } 150 \text{ mm} \end{cases}$

## ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será  $p \leq 14 \cdot t$  ó 200 mm. siendo  $t$  el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será  $p \leq 28 \cdot t$  ó 400 mm.

## Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

## b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.8)$$

siendo

$d$ : diámetro del vástago del tornillo.

$t$ : menor espesor de las chapas que se unen.

$f_u$ : resistencia última del acero de las chapas que se unen.

$\alpha$ : es el menor de:

$$\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0$$

Donde:

$e_1$ : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

$p_1$ : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

$d_0$ : diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción  $F_{t,Rd}$ , por tornillo, será la menor de:

## a) La resistencia a tracción del tornillo:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8.12)$$

siendo

$A_s$ : área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca,  $F_{p,Rd}$ , dada por:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.13)$$

siendo

$t_p$ : espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

$d_m$ : menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

### Uniones con tornillos pretensados (CTE DB SE-A, 8.5.3)

#### 7.3.1 Pretensado

El apriete controlado de los tornillos, proporcionará al tornillo una fuerza de pretensado de cálculo  $F_{p,Cd}$  que se tomará como:

2 Resistencia a cortante. La resistencia de cálculo a deslizamiento de un tornillo pretensado, será:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu}{\gamma_{M2}} F_{p,Cd} \quad (8.15)$$

con los mismos criterios establecidos en 7.2.3 para las condiciones de servicio, pero tomando como coeficiente parcial de seguridad el siguiente:

$\gamma_{M2} = 1,25$  en uniones con agujeros con medidas nominales

$\gamma_{M2} = 1,40$  en uniones con agujeros con sobremedida en dirección paralela a la del esfuerzo.

$F_{p,Cd}$ : fuerza de pretensado del tornillo (véase apartado 7.3.1).

$n$ : número de superficies de rozamiento.

$k_s$ : coeficiente que toma el valor  $k_s = 1,00$  para agujeros con medidas normales.

$\mu$ : coeficiente de rozamiento.

$$F_{p,Cd} = 0,7 f_{yb} A_s \quad (7.6)$$

siendo

$f_{yb} = f_{ub} / \gamma_{M3}$  la resistencia de cálculo del acero del tornillo, con  $\gamma_{M3} = 1,1$ .

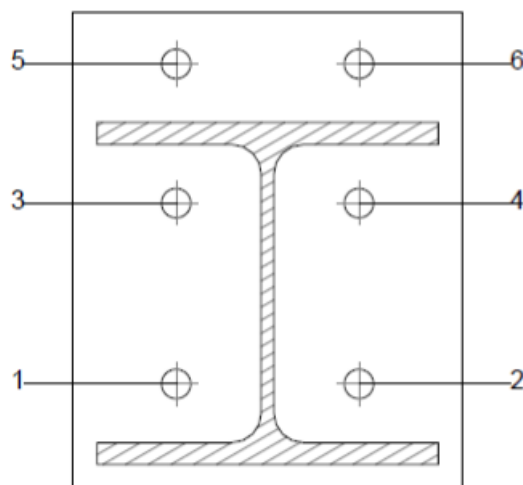
$A_s$ : el área resistente del tornillo, definida como la correspondiente al diámetro medio entre el interior y el de los flancos de la rosca según norma DIN 13.

4 Sollicitación combinada. En el caso de que actúen simultáneamente sobre el tornillo esfuerzos de tracción y cortante, la resistencia de cálculo al deslizamiento correspondiente al estado límite último se tomará de la siguiente expresión:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s n \mu (F_{p,Cd} - 0,8 F_{t,Ed})}{\gamma_{M2}} \quad (8.16)$$

siendo

$F_{t,Ed}$ : esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

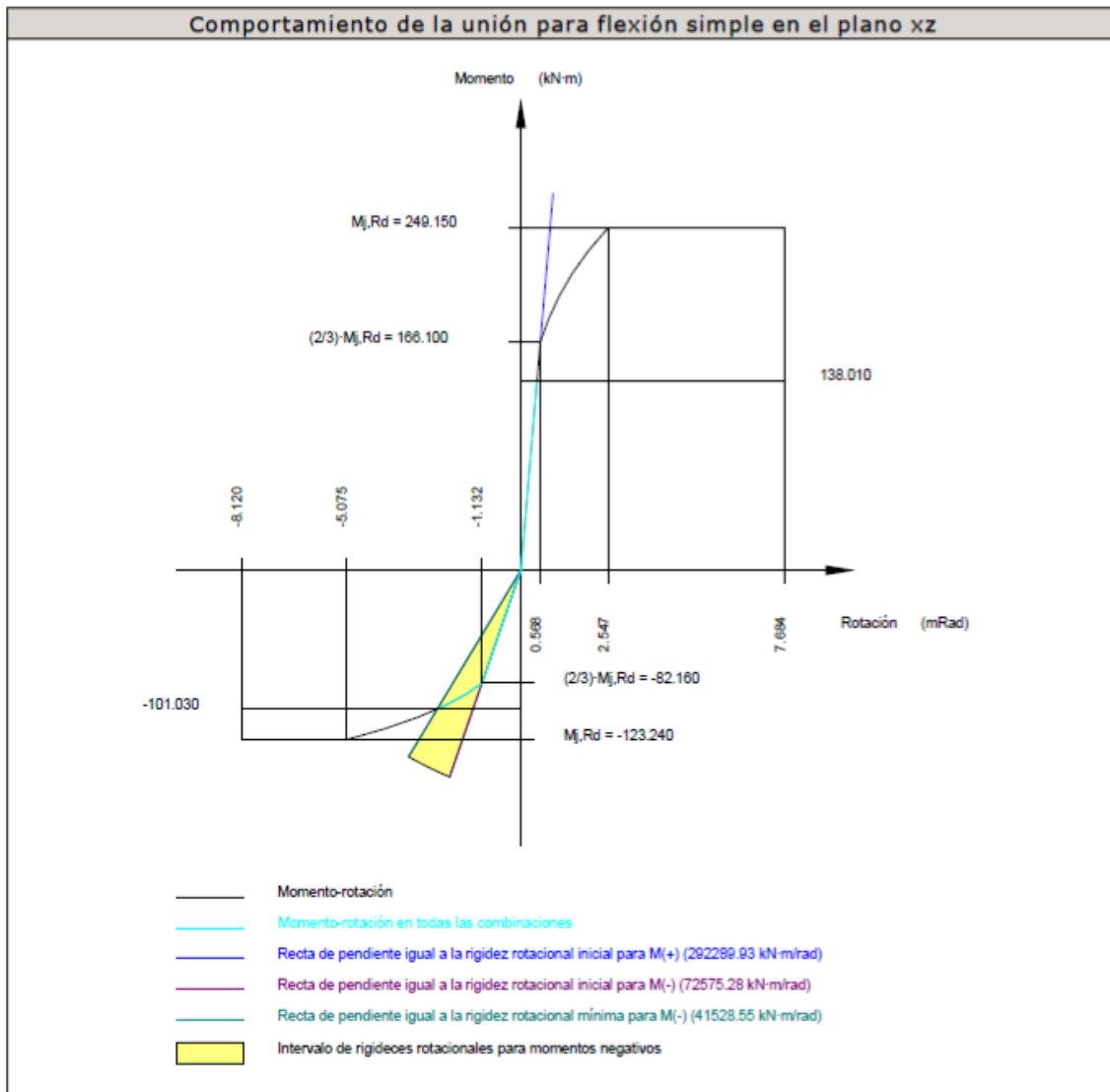


Disposición							
Tornillo	Denominación	d <sub>0</sub> (mm)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	p <sub>1</sub> (mm)	p <sub>2</sub> (mm)	m (mm)
1	EN 14399-3-M24x85-10.9-HR	26.0	--	85	148	150	48.1
2	EN 14399-3-M24x85-10.9-HR	26.0	--	85	148	150	48.1
3	EN 14399-3-M24x85-10.9-HR	26.0	--	85	114	150	48.1
4	EN 14399-3-M24x85-10.9-HR	26.0	--	85	114	150	48.1
5	EN 14399-3-M24x85-10.9-HR	26.0	42	85	114	150	41.9
6	EN 14399-3-M24x85-10.9-HR	26.0	42	85	114	150	41.9

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y deslizamiento	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Deslizamiento	7.713	59.304	13.01	Vástago	237.403	254.160	93.41	13.41	93.41
	Aplastamiento	7.713	432.960	1.78	Punzonamiento	179.602	586.239	30.64		
2	Deslizamiento	7.713	59.304	13.01	Vástago	237.403	254.160	93.41	13.41	93.41
	Aplastamiento	7.713	432.960	1.78	Punzonamiento	179.602	586.239	30.64		
3	Deslizamiento	7.713	59.304	13.01	Vástago	232.033	254.160	91.29	13.41	91.29
	Aplastamiento	7.713	432.960	1.78	Punzonamiento	104.059	586.239	17.75		
4	Deslizamiento	7.713	59.304	13.01	Vástago	232.033	254.160	91.29	13.41	91.29
	Aplastamiento	7.713	432.960	1.78	Punzonamiento	104.059	586.239	17.75		
5	Deslizamiento	7.713	59.304	13.01	Vástago	236.531	254.160	93.06	13.41	93.06
	Aplastamiento	7.713	232.321	3.32	Punzonamiento	167.343	586.239	28.55		
6	Deslizamiento	7.713	59.304	13.01	Vástago	236.531	254.160	93.06	13.41	93.06
	Aplastamiento	7.713	232.321	3.32	Punzonamiento	167.343	586.239	28.55		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	238118.45	292289.93
Calculada para momentos negativos	238118.45	72575.28



**Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)**

Debe cumplirse:

$$\beta \leq 1,8$$

$$1.57 \leq 1.80 \quad \checkmark$$

$$\beta = \frac{F_{T,Rd1}}{F_{T,Rd3}}$$

$$\beta : \underline{1.57}$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$  : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$$F_{T,Rd1} : \underline{796.47 \text{ kN}}$$

$F_{T,Rd3}$  : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$$F_{T,Rd3} : \underline{508.32 \text{ kN}}$$

**Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)**

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$M_{Ed} \leq M_{j,Rd}$$

$$101.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 123.24 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

$M_{Ed}$ : Momento solicitante

$$M_{Ed} : \underline{101.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$ : Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : \underline{123.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{j,Rd} = \sum (F_{tr,Rd,i} \cdot d_i)$$

**Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)**

Debe cumplirse:

$$\frac{\phi_{Ed}}{\phi_{Cd}} \leq \frac{2}{3}$$

$$0.30 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

$\phi_{Ed}$ : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{2.43} \text{ mRad}$$

$\phi_{Cd}$ : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : \underline{8.12} \text{ mRad}$$

$$\phi_{Cd} = \frac{10,6 - 4 \cdot \beta}{1,3 \cdot h}$$

Donde:

$h$ : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : \underline{205} \text{ mm}$$

$\beta$ : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : \underline{1.57}$$



### 3.3.5.4 PORTIKO ETA ZUTABEEN ARTEKO LOTURA

Portiko eta zutabeen arteko loturan bi zati ezberdindu behar da: (i) portiko eta barnealdeko zutabearen arteko lotura eta (ii) portiko eta kanpoaldeko zutabearen arteko lotura. Alde batetik, portikoaren eta barnealdeko zutabearen IPE 400 lotura guztiz artikulatuta izango da. Aldiz, portikoaren eta kanpoaldeko zutabearen HEB 300 lotura modu zurrunean egingo da.

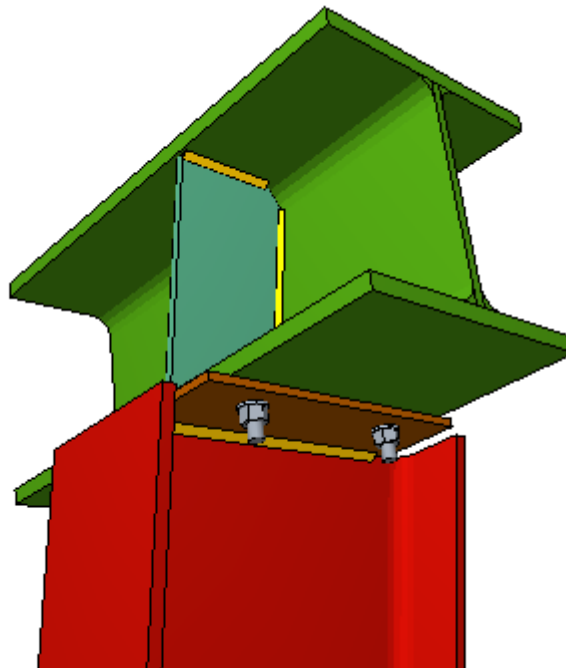
Bi loturetan, torlojuz lotutako lotura eta lotura soldatutakoa konbinatuko dira. Soldatutako lotura osorik egingo da tailerrean eta, obran, berriz, torlojuen bidez lotu beharko dira piezak.

#### BARNEKO ZUTABEAREN LOTURA

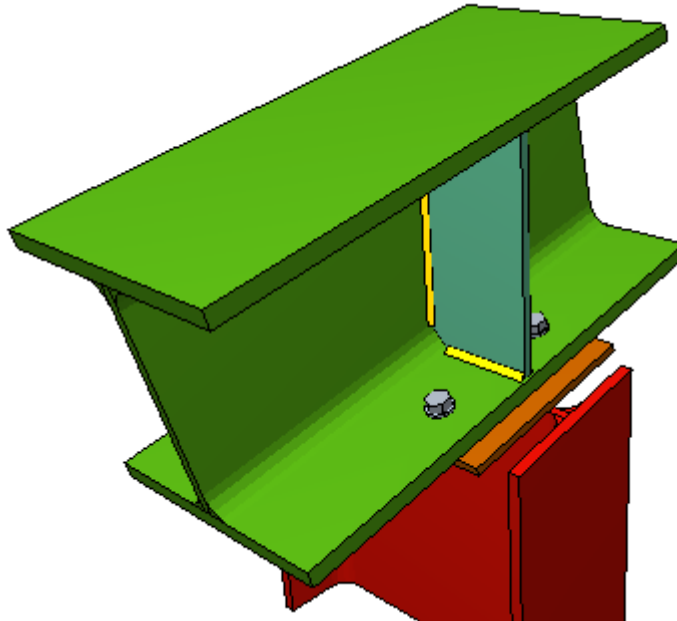
6 aldiz errepikatzen den lotura hau, guztiz artikulatua izango da. Lotura hau ondo ezartzeko jarraibideak honako hauek dira:

Hasteko, IPE 400 zutabearen profila xafla zeharraga bat jarriko da, zutabearen ariman soldatuta, lotura erabat artikulatua eginez. Portikoari, berriz, loturaren erdian zurruntzaile bat jarriko zaio, zein arimari eta bi hegalei soldatuta joango den. Garrantzitsua da aipatzea soldadura hauek guztiak tailerrean egiteko kontuan hartzen direla, non baldintzak obran baino askoz hobeak diren.

Bi zatiak lotzeko, zutabearen xaflan zehar banatutako 4 M16 x 65 torlojuak erabiliko dira. Lotura hau obran bertan egin beharko da.



Irudia 3.72 - Barneko zutabearen eta portikoaren arteko lotura I



Irudia 3.73 - Barneko zutabearen eta portikoaren arteko lotura II

## 1) Viga HE 280 B

## – Rigidizadores

## Resistencia de las secciones a tracción (CTE DB SE-A, 6.2.3)

El valor de cálculo del esfuerzo axial de tracción  $N_{Ed}$  deberá cumplir, para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

$$0.00 \text{ kN} \leq 285.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$N_{Ed}$ : Valor de cálculo del esfuerzo axial.

$$N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$N_{t,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a tracción.

$$N_{t,Rd} : \underline{285.21} \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Donde:

$A$ : Área sometida a tracción

$$A : \underline{1089.00} \text{ mm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

$f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

## – Ala

## Cordones de soldadura

## Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

**Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	4	202	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	4	102	9.0	76.92

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Pilar IPE 400

- Chapa frontal

**Resistencia conjunta del alma del pilar y la chapa frontal (Criterio de CYPE Ingenieros)**

Debe cumplirse:

$$F_{Ed} \leq F_{Rd}$$

$$0.00 \text{ kN} \leq 142.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$F_{Ed}$ : Valor de cálculo de la carga concentrada,

$$F_{Ed} : 0.00 \text{ kN}$$

$F_{Rd}$ : Resistencia del alma

$$F_{Rd} : 142.57 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \frac{0.5 \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M5}}$$

Donde:

<b>A:</b> Área	<b>A :</b> <u>1037</u> mm
$A = t_w^2 \left( \beta \cdot \tan \alpha + \frac{2}{\tan \alpha} \right)$	
$\tan \alpha = \sqrt{\frac{2}{\beta}}$	<b>tan α :</b> <u>0.29</u>
$\beta = 1 + \frac{h_{lw}}{h_{lw} - h_p}$	<b>β :</b> <u>24.57</u>
<b>f<sub>y</sub>:</b> Tensión de límite elástico.	<b>f<sub>y</sub> :</b> <u>275.00</u> N/mm <sup>2</sup>
<b>t<sub>w</sub>:</b> Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub> :</b> <u>8.6</u> mm
<b>h<sub>lw</sub>:</b> Canto del alma entre radios de acuerdo	<b>h<sub>lw</sub> :</b> <u>339</u> mm
<b>h<sub>p</sub>:</b> Altura del elemento de unión	<b>h<sub>p</sub> :</b> <u>325</u> mm
<b>γ<sub>M5</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad para la resistencia en las uniones entre piezas de sección tubular.	<b>γ<sub>M5</sub> :</b> <u>1.00</u>

#### Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$N_{Ed} \leq N_{ef,Rd} \quad 0.00 \text{ kN} \leq 786.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

**N<sub>Ed</sub>:** es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

**N<sub>ef,Rd</sub>:** es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : \underline{786.60} \text{ kN}$$

$$N_{ef,Rd} = \min \left( \frac{0,5 f_u A_n}{\gamma_{M2}}, \frac{f_y A_n}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)$$

siendo

<b>A<sub>n</sub>:</b> Área neta de la zona sometida a desgarro	<b>A<sub>n</sub> :</b> <u>5202.00</u> mm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub>:</b> Tensión de límite elástico.	<b>f<sub>y</sub> :</b> <u>275.00</u> N/mm <sup>2</sup>
<b>f<sub>u</sub>:</b> Tensión de rotura.	<b>f<sub>u</sub> :</b> <u>410.00</u> N/mm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M2</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.	<b>γ<sub>M2</sub> :</b> <u>1.25</u>
<b>γ<sub>M0</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.	<b>γ<sub>M0</sub> :</b> <u>1.05</u>

– Ala

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $a > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $a < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

#### Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.



La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	5	280	8.6	76.92				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85

#### Comprobaciones para los tornillos

##### Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$  entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$  entre ejes de agujeros.

siendo  $d_0$  el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

- Para  $e_1$  y  $e_2$   $\begin{cases} \leq 40 \text{ mm} + 4t \\ \leq 12t \text{ ó } 150 \text{ mm} \end{cases}$

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será  $p \leq 14 \cdot t$  ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será  $p \leq 28 \cdot t$  ó 400 mm.

##### Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (8.7)$$

siendo

**n**: número de planos de corte.

**f<sub>ub</sub>**: resistencia última del acero del tornillo.

**A**: área de la caña del tornillo **A<sub>d</sub>** o el área resistente del tornillo **A<sub>s</sub>**, según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.8)$$

siendo

**d**: diámetro del vástago del tornillo.

**t**: menor espesor de las chapas que se unen.

**f<sub>u</sub>**: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

**α**: es el menor de:

$$\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0$$

Donde:

**e<sub>1</sub>**: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

**p<sub>1</sub>**: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

**d<sub>0</sub>**: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción **F<sub>t,Rd</sub>**, por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8.12)$$

siendo

**A<sub>s</sub>**: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, **F<sub>p,Rd</sub>**, dada por:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.13)$$

siendo

**t<sub>p</sub>**: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

**d<sub>m</sub>**: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (8.14)$$

siendo

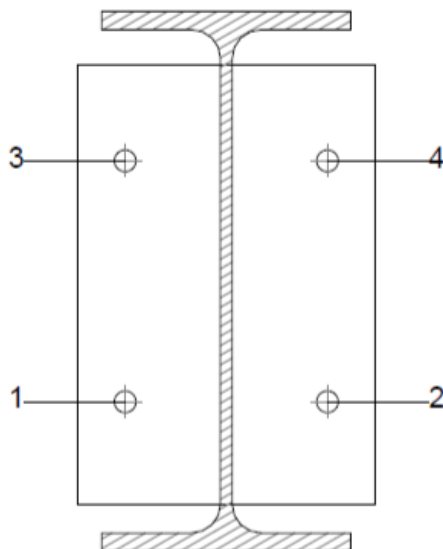
**F<sub>v,Ed</sub>**: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

**F<sub>t,Ed</sub>**: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

**F<sub>v,Rd</sub>**: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

**F<sub>t,Rd</sub>**: resistencia de cálculo en tracción.





Disposición							
Tornillo	Denominación	d <sub>0</sub> (mm)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	p <sub>1</sub> (mm)	p <sub>2</sub> (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	76	35	179	150	35.0
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	76	35	179	150	35.0
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	71	35	179	150	35.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	71	35	179	150	35.0

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	0.000	64.340	0.00	Vástago	0.000	90.432	0.00	0.00	0.00
					Punzonamiento	0.000	141.196	0.00		
2	Sección transversal	0.000	64.340	0.00	Vástago	0.000	90.432	0.00	0.00	0.00
					Punzonamiento	0.000	141.196	0.00		
3	Sección transversal	0.000	64.340	0.00	Vástago	0.000	90.432	0.00	0.00	0.00
					Punzonamiento	0.000	141.196	0.00		
4	Sección transversal	0.000	64.340	0.00	Vástago	0.000	90.432	0.00	0.00	0.00
					Punzonamiento	0.000	141.196	0.00		

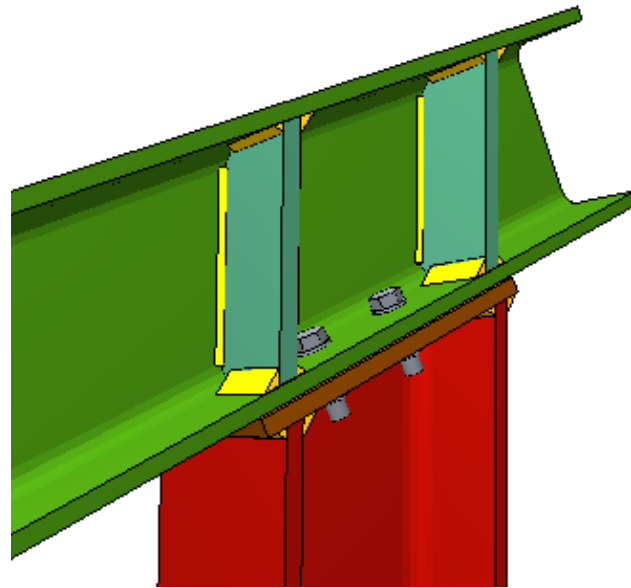
**KANPOALDEKO ZUTABEAREN LOTURA**

Kanpoaldeko zutabeen (HEB 300) eta portikoen (HEB 280) arteko lotura zurruna egiteko, kontuan hartu beharra dago erdiko portikoek lotura egiterako orduan eragina duten kartela batzuk dituztela. Hori dela eta, lotura hau bi zatitan banatzen da: portiko hastialen lotura eta erdiko portikoen lotura:

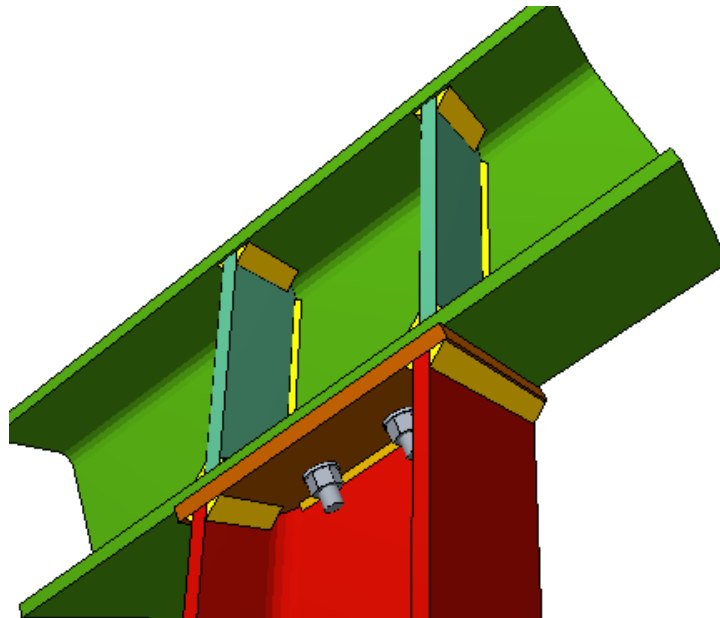
- **PORTIKO HASTIALEN LOTURA**

Lotura honek kartelarik ez duenez portikoaren eta zutabearen artean, guztiz zurruna izango da. Horretarako, zurruntzaileak erabiliko dira portikoan, zutabearen hegala altueran, eta 20 milimetroko lodiera duen xafla jarriko da zutabearen ertzean. Hau guztia tailerrean soldatuko litzateke, dirua aurrezteko eta soldadura kalitate hobea izateko.

Azkenik, bi elementuak lotuko dira 4 M24 x 90 torlojuen bidez.



Irudia 3.74 - Kanpoko zutabe hastialaren eta portikoaren arteko lotura I



Irudia 3.75 - Kanpoko zutabe hastialaren eta portikoaren arteko lotura II

1) Viga HE 280 B

– Panel

**Esbeltez del alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.3.3.4.)**

La esbeltez del alma del pilar debe satisfacer la condición:

$$\frac{d_{wc}}{t_{wc}} \leq 70\epsilon$$

$$23.24 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$d_{wc}$ : Canto del alma

$$d_{wc} : \underline{244} \text{ mm}$$

$t_{wc}$ : Espesor del alma.

$$t_{wc} : \underline{10.5} \text{ mm}$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

$f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

## Cordones de soldadura

**Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

**Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	106	18.0	63.43
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	225	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	10	106	18.0	63.43
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	225	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	106	18.0	63.43
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	225	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	10	106	18.0	63.43
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	225	10.5	90.00

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85

– Alma

#### Cordones de soldadura

##### Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6). En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

##### Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.



Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	10	300	19.0	63.43
Soldadura del alma	En ángulo	6	233	11.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	10	300	19.0	63.43

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85

### Comprobaciones para los tornillos

#### Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

##### a) distancias mínimas:

###### i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- e<sub>1</sub> ≥ 1.2 d<sub>0</sub> del eje del agujero al borde de la pieza.
- p<sub>1</sub> ≥ 2.2 d<sub>0</sub> entre ejes de agujeros.

###### ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- e<sub>2</sub> ≥ 1.5 d<sub>0</sub> del eje del agujero al borde de la pieza.
- p<sub>2</sub> ≥ 3.0 d<sub>0</sub> entre ejes de agujeros.

siendo d<sub>0</sub> el diámetro del agujero.

##### b) distancias máximas:

###### i) al borde de la pieza:

- Para e<sub>1</sub> y e<sub>2</sub>  $\begin{cases} \leq 40 \text{ mm} + 4t \\ \leq 12t \text{ ó } 150 \text{ mm} \end{cases}$

###### ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será p ≤ 14·t ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será p ≤ 28·t ó 400 mm.

#### Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarrar del alma:

##### a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (8.7)$$

siendo

n: número de planos de corte.

f<sub>ub</sub>: resistencia última del acero del tornillo.

A: área de la caña del tornillo A<sub>0</sub> o el área resistente del tornillo A<sub>v</sub>, según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

##### b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.8)$$

siendo

d: diámetro del vástago del tornillo.

t: menor espesor de las chapas que se unen.

$f_u$ : resistencia última del acero de las chapas que se unen.

$\alpha$ : es el menor de:

$$\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0$$

Donde:

$e_1$ : distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

$p_1$ : separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

$d_0$ : diámetro del agujero.

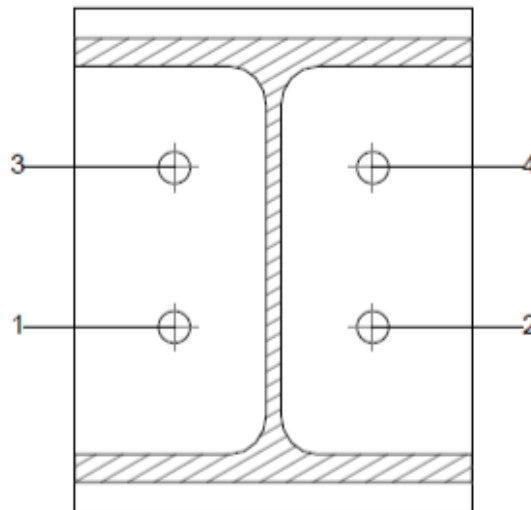
b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca,  $F_{p,Rd}$ , dada por:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.13)$$

siendo

$t_p$ : espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

$d_m$ : menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.



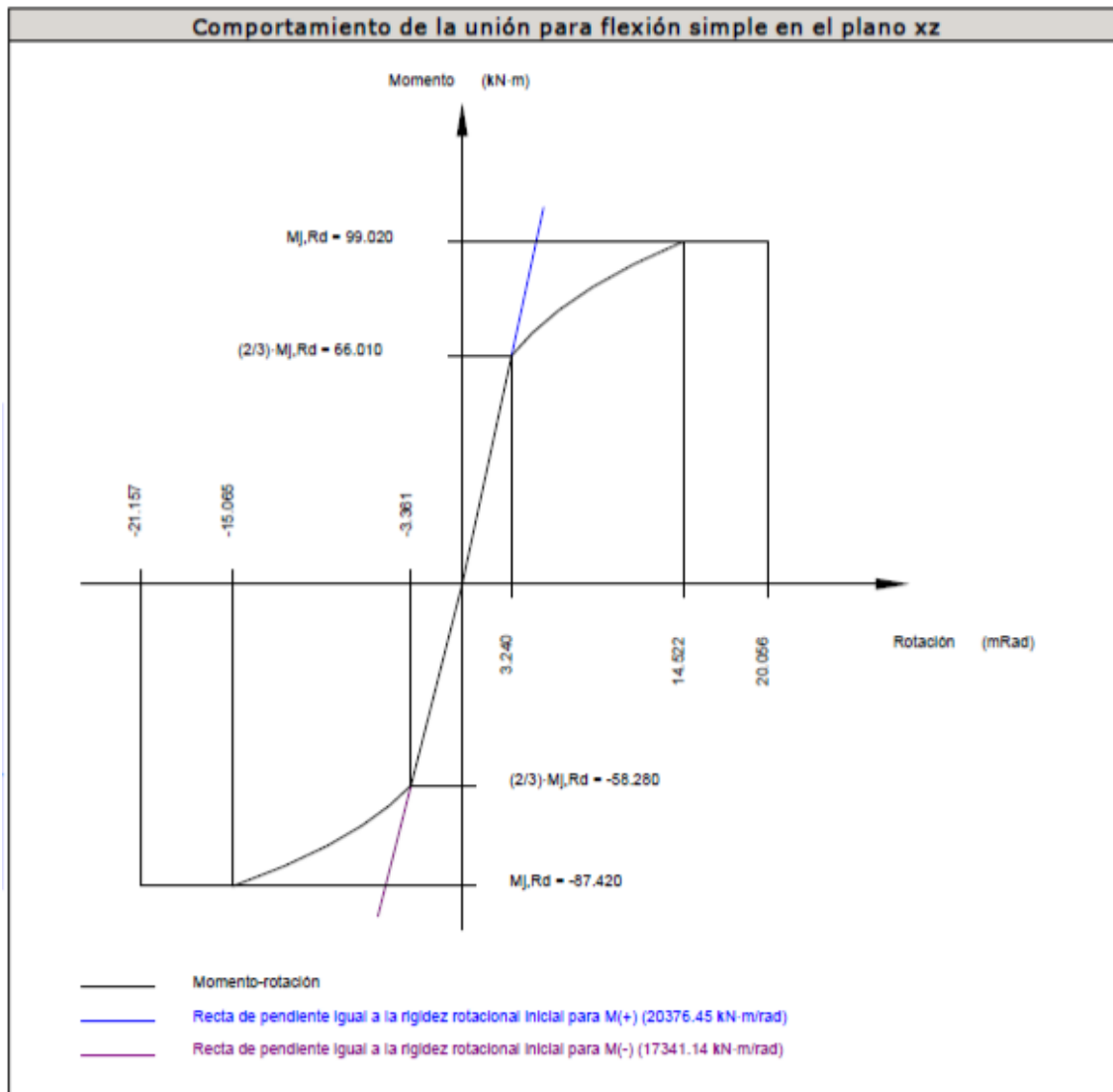
Disposición							
Tornillo	Denominación	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	65	120	150	69.5
2	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	65	120	150	69.5
3	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	65	120	150	69.5
4	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	65	120	150	69.5

---: La comprobación no procede.

Resistencia					
Tornillo	Cortante				Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
2	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
3	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
4	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00



Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	33847.65	20376.45
Calculada para momentos negativos	33847.65	17341.14



Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$\beta \leq 1,8$$

$$1,22 \leq 1,80 \quad \checkmark$$

$$\beta = \frac{F_{T,Rd1}}{F_{T,Rd3}}$$

$$\beta : \underline{1,22}$$

Donde:

$F_{T,Rd1}$ : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd1}$  : 497.46 kN

$F_{T,Rd3}$ : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd3}$  : 406.66 kN

**Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)**

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$$M_{Ed} \leq M_{j,Rd}$$

$$0.00 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 99.02 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

$M_{Ed}$ : Momento solicitante

$$M_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{j,Rd}$ : Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$$M_{j,Rd} : \underline{99.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{j,Rd} = \sum (F_{tr,Rd,i} \cdot d_i)$$

**Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)**

Debe cumplirse:

$$\frac{\phi_{Ed}}{\phi_{Cd}} \leq \frac{2}{3}$$

$$0.00 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

$\phi_{Ed}$ : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{0.00} \text{ mRad}$$

$\phi_{Cd}$ : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : \underline{20.06} \text{ mRad}$$

$$\phi_{Cd} = \frac{10,6 - 4 \cdot \beta}{1,3 \cdot h}$$

Donde:

$h$ : Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : \underline{227} \text{ mm}$$

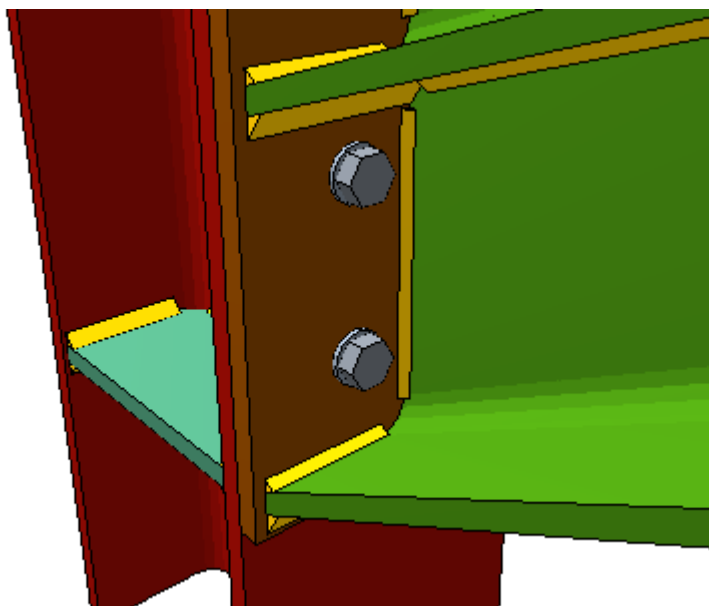
$\beta$ : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : \underline{1.17}$$

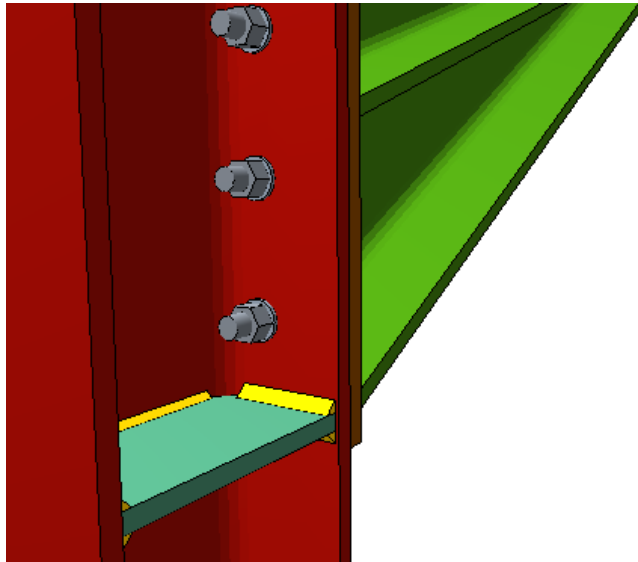
- **ERDIKO PORTIKOAREN LOTURA**

Lotura honek kartelak dituenez, aldez aurretik aipatutako lotura bezala egingo da. Hala ere, honi 1'5 metroko luzera duen kartela bat atxikituko zaio. Hau da, portikoaren eta zutabearen arteko lotura modu berean egingo da, baina kartelaren lotura modu honetan egingo da:

20 milimetroko lodiera duen altzairuzko plaka bat erabiliko da, non kartelaren arima eta hegala soldatuko diren. Gero, HEB 300 zutabea lotuko da 4 M24 x 90 torlojuen bidez (portikoa lotzeko erabili diren berdinak).



Irudia 3.76 - Kanpoko erdiko zutabearen eta portikoaren arteko lotura I



Irudia 3.77 - Kanpoko erdiko zutabearen eta portikoaren arteko lotura II

1) Pilar HE 300 B

– Panel

**Esbeltez del alma del pilar (CTE DB SE-A, 6.3.3.4.)**

La esbeltez del alma del pilar debe satisfacer la condición:

$$\frac{d_{wc}}{t_{wc}} \leq 70\varepsilon$$

$$23.82 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

 $d_{wc}$ : Canto del alma

$$d_{wc} : \frac{262}{\text{mm}}$$

 $t_{wc}$ : Espesor del alma.

$$t_{wc} : \frac{11.0}{\text{mm}}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$\varepsilon : \frac{0.92}{\text{mm}}$$

 $f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \frac{275.00}{\text{N/mm}^2}$$

– Alma

**Cordones de soldadura****Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $a > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $a < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

**Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	208	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	208	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	208	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	208	11.0	90.00

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85

- Alma

**Cargas Concentradas (CTE DB SE A, 6.3.3.5)**

No es necesario rigidizar el alma de una pieza sometida a cargas concentradas actuando sobre las alas si se cumple que:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1 \quad (6.42) \quad \quad \quad 0.00 \leq 1 \quad \checkmark$$

Donde:

$F_{Ed}$ : Valor de cálculo de la carga concentrada,  $F_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$   
 $F_{b,Rd}$ : Resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas.  $F_{b,Rd} : \underline{639.11} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo del alma frente a cargas concentradas viene dada por:

$$F_{b,Rd} = \frac{f_{yw} \cdot t_w \cdot L_{ef}}{\gamma_{M1}} \quad (6.43)$$

Donde:

$$L_{ef} = \chi_F \cdot y \quad (6.44) \quad \quad \quad L_{ef} : \underline{232.00} \text{ mm}$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} \leq 1 \quad (6.45) \quad \quad \quad \chi_F : \underline{1.00}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{y \cdot t_w \cdot f_y}{F_{cr}}} \quad (6.46) \quad \quad \quad \bar{\lambda}_F : \underline{0.37}$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{d} \quad (6.47) \quad \quad \quad F_{cr} : \underline{5391.97} \text{ kN}$$

Los valores de  $l_y$  y de  $k_F$  dependen del caso considerado, de entre los representados en la figura 6.6:

- Caso a): carga (o reacción) aplicada a un ala y equilibrada por cortantes en el alma.

$$k_F = 6 + 2 \left( \frac{d}{a} \right)^2 \quad \quad \quad k_F : \underline{6.01}$$

$$y = s_s + 2 \cdot t_r \cdot \left( 1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) \leq a \quad \quad \quad l_y : \underline{232}$$

viniendo cada coeficiente dado por las expresiones:

$$m_1 = \frac{f_{yf} \cdot b_f}{f_{yw} \cdot t_w} \quad \quad \quad m_1 : \underline{26.67}$$

$$m_2 = \begin{cases} 0,02 \left( \frac{d}{t_r} \right) & \text{si } \bar{\lambda}_F > 0,5 \text{ (cabe aproximar } \bar{\lambda}_F \text{ con la} \\ 0 & \text{si } \bar{\lambda}_F \leq 0,5 \text{ aproximar } l_y \text{)} \end{cases} \quad \quad \quad m_2 : \underline{0.00}$$

Donde:

$s_s$ : Longitud de la entrega rígida de la carga.  $s_s : \underline{11} \text{ mm}$   
 $t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : \underline{11} \text{ mm}$   
 $t_r$ : Espesor del ala.  $t_r : \underline{18} \text{ mm}$   
 $f_{yw}$ : Tensión de límite elástico del alma.  $f_{yw} : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yb}$ : Tensión de límite elástico del ala.  $f_{yb} : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$   
 $E$ : Módulo de elasticidad.  $E : \underline{210000.0} \text{ N/mm}^2$   
 $d$ : distancia entre alas  $d : \underline{244} \text{ mm}$



## Cordones de soldadura

**Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

**Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	280	18.0	71.57
Soldadura del alma	En ángulo	5	207	10.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	280	18.0	71.57
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	5	249	10.5	90.00
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	9	280	18.0	62.20
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	7	1500	10.5	90.00
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	13	280	18.0	80.64
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					



Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

#### Comprobaciones para los tornillos

##### Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

##### a) distancias mínimas:

##### i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$  entre ejes de agujeros.

##### ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$  entre ejes de agujeros.

siendo  $d_0$  el diámetro del agujero.

##### b) distancias máximas:

##### i) al borde de la pieza:

- Para  $e_1$  y  $e_2$   $\begin{cases} \leq 40\text{mm} + 4t \\ \leq 12t \text{ ó } 150\text{mm} \end{cases}$

##### ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será  $p \leq 14 \cdot t$  ó 200 mm. siendo  $t$  el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será  $p \leq 28 \cdot t$  ó 400 mm.

**Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)**

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (8.7)$$

siendo

**n**: número de planos de corte.

**f<sub>ub</sub>**: resistencia última del acero del tornillo.

**A**: área de la caña del tornillo **A<sub>0</sub>** o el área resistente del tornillo **A<sub>r</sub>**, según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.8)$$

siendo

**d**: diámetro del vástago del tornillo.

**t**: menor espesor de las chapas que se unen.

**f<sub>u</sub>**: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

**α**: es el menor de:

$$\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0$$

Donde:

**e<sub>1</sub>**: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

**p<sub>1</sub>**: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

**d<sub>0</sub>**: diámetro del agujero.

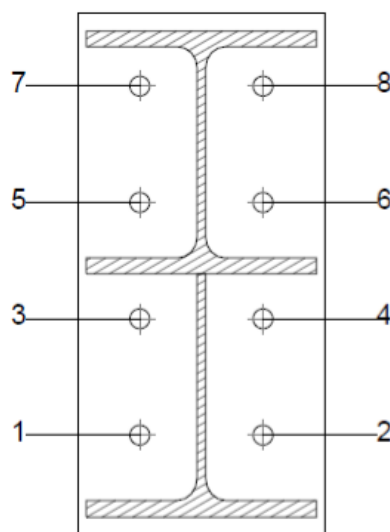
b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca, **F<sub>p,Rd</sub>**, dada por:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.13)$$

siendo

**t<sub>p</sub>**: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

**d<sub>m</sub>**: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

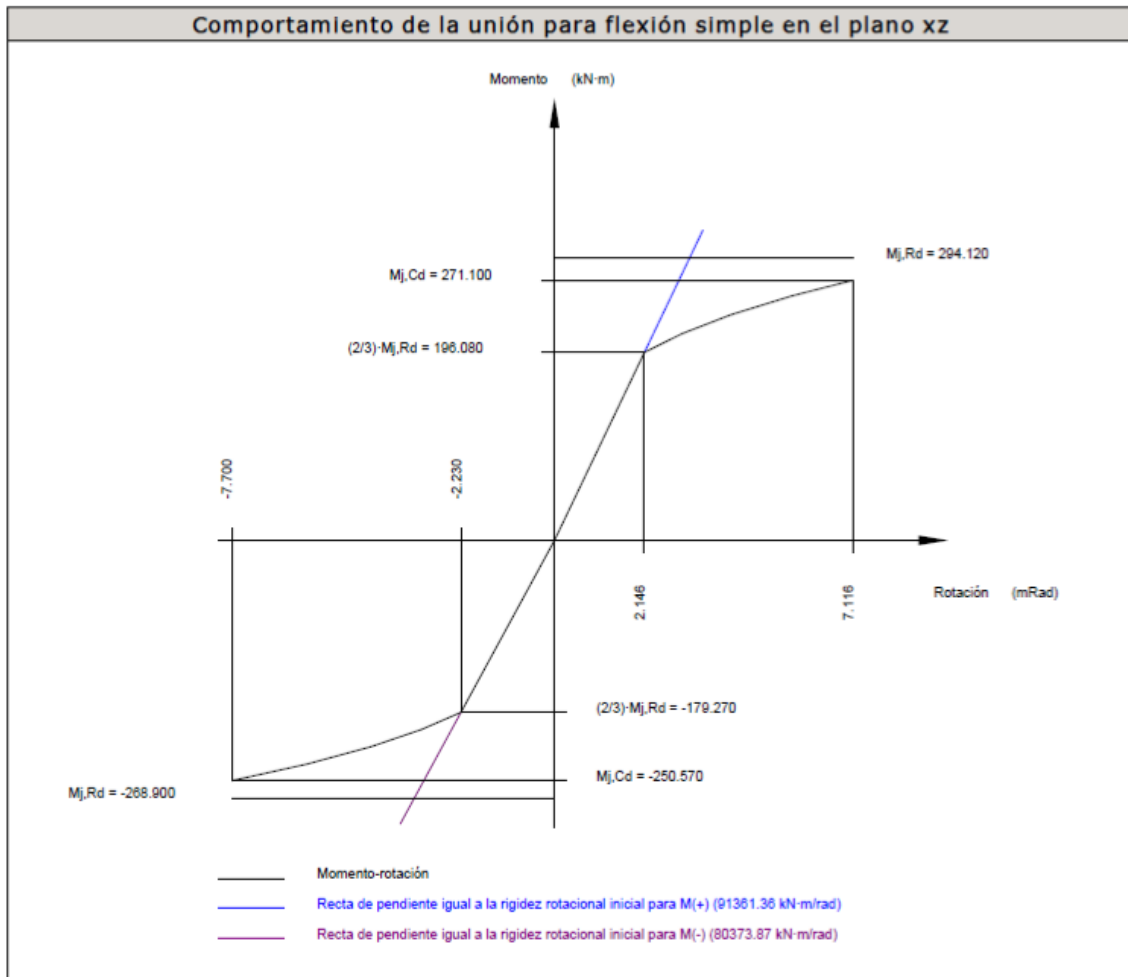


Disposición							
Tornillo	Denominación	d <sub>0</sub> (mm)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	p <sub>1</sub> (mm)	p <sub>2</sub> (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	69.5
2	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	69.5
3	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	54.9
4	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	54.9
5	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	67.7
6	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	67.7
7	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	48.0
8	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	75	142	150	48.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia					
Tornillo	Cortante				Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
2	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
3	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
4	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
5	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
6	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
7	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00
8	Sección transversal	0.000	144.765	0.00	0.00

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	48349.59	91361.36
Calculada para momentos negativos	48349.59	80373.87



**Relación entre la resistencia del ala del casquillo en T en modo 1 y modo 3 (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)**

Debe cumplirse:

$\beta \leq 1,8$

$1.46 \leq 1.80$  ✓

$\beta = \frac{F_{T,Rd1}}{F_{T,Rd3}}$

$\beta : \underline{1.46}$

Donde:

$F_{T,Rd1}$ : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 1

$F_{T,Rd1} : \underline{594.06}$  kN

$F_{T,Rd3}$ : Resistencia del ala del casquillo en T en modo 3

$F_{T,Rd3} : \underline{406.66}$  kN

**Momento resistente (CTE DB SE-A, 8.8.6)**

La capacidad resistente a momento depende de la resistencia de los componentes de la unión, que se agrupan en tres zonas críticas: de tracción, de compresión y de cortante. El momento resistente de cálculo será la suma de los valores de cálculo de las resistencias eficaces de cada fila de tornillos traccionados, por su distancia al centro de la zona de compresión.

$M_{Ed} \leq M_{j,Rd}$

$0.00 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 294.12 \text{ kN}\cdot\text{m}$  ✓

$M_{Ed}$ : Momento solicitante

$M_{Ed} : \underline{0.00}$  kN·m

$M_{j,Rd}$ : Momento que puede resistir la unión. Viene dado por:

$M_{j,Rd} : \underline{294.12}$  kN·m

$M_{j,Rd} = \sum (F_{tr,Rd,i} \cdot d_i)$

## Capacidad de rotación (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en ENV 1993-1-1:1996, Anejo J.3.8)

Debe cumplirse:

$$\frac{\phi_{Ed}}{\phi_{Cd}} \leq \frac{2}{3}$$

$$0.00 \leq 0.67 \quad \checkmark$$

 $\phi_{Ed}$ : Rotación correspondiente al momento solicitante

$$\phi_{Ed} : \underline{0.00} \text{ mRad}$$

 $\phi_{Cd}$ : Capacidad de rotación de la unión.

$$\phi_{Cd} : \underline{7.12} \text{ mRad}$$

$$\phi_{Cd} = \frac{10,6 - 4 \cdot \beta}{1,3 \cdot h}$$

Donde:

**h**: Distancia de la fila al centro de compresiones

$$h : \underline{514} \text{ mm}$$

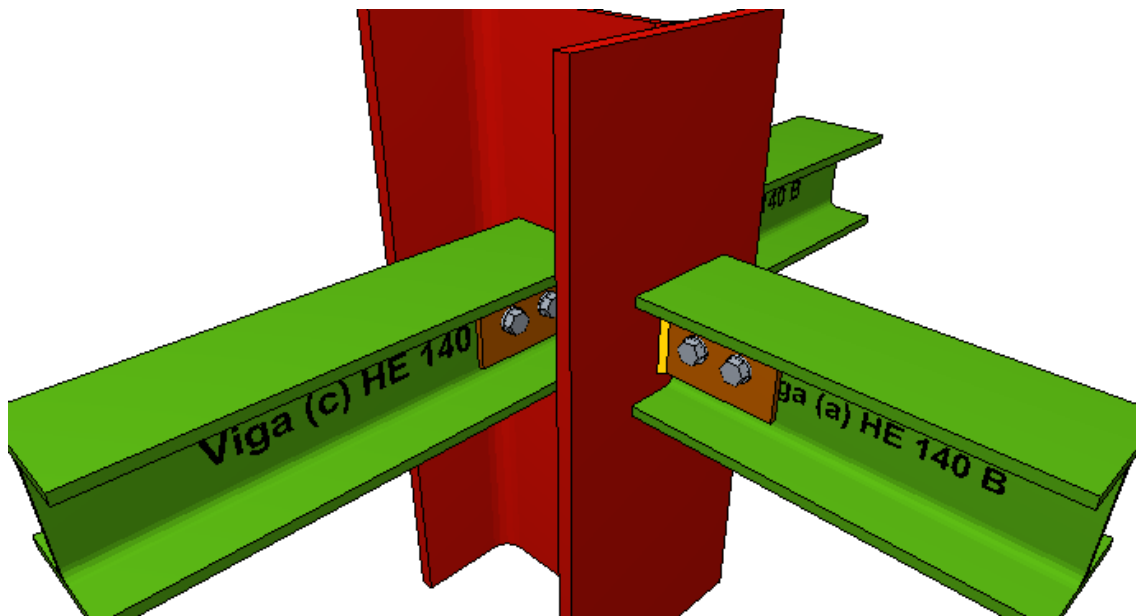
 **$\beta$** : Relación entre la resistencia de la fila en modo 1 y en modo 3

$$\beta : \underline{1.46}$$

### 3.3.5.5 MUNTANTE ETA HABE LOTZAILEEN LOTURA

Bai habe lotzaileen eta zutabeen arteko lotura, zein muntanteen eta portikoaren arteko lotura nahiko errazak dira. Biak guztiz berdinak dira, nahiz eta zutabe batzuetan bat, bi edo hiru habe lotzaile egon arren, behean azaltzen den bezala.

Honako hau lotura artikulatuta da, zein 8 milimetroko lodiera duen eta zutabera soldatuta dagoen alboko xafla baten bidez egiten den. Habe lotzaileak eta muntanteak ertzetan zulotxo batzuk izango dituzte, nondik 2 M16 x 45 torloju pasatuko diren.



Irudia 3.78 - Zutabeen eta habe lotzaileen arteko lotura I



Irudia 3.79 - Zutabeen eta habe lotzaileen arteko lotura II



2) Viga (a) HE 140 B

– Chapa lateral

**Resistencia de las secciones a corte (CTE DB SE-A, 6.2.4)**

El esfuerzo cortante de cálculo  $V_{Ed}$  será menor que la resistencia de las secciones a cortante,  $V_{c,Rd}$ , que, en ausencia de torsión, será igual a la resistencia plástica:

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd}$$

$$0.10 \text{ kN} \leq 95.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante de cálculo.

$$V_{Ed} : \frac{0.10}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Resistencia plástica de las secciones a cortante  $V_{pl,Rd}$

$$V_{c,Rd} : \frac{95.26}{\quad} \text{ kN}$$

Donde:

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (6.4)$$

$A_v$ : Área sometida a cortante

$$A_v : \frac{630}{\quad} \text{ mm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ N/mm}^2$$

**Resistencia de las secciones a flexión (CTE DB SE-A, 6.2.6)**

Debe cumplirse:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

$$0.01 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 3.71 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \checkmark$$

$M_{Ed}$ : Valor de cálculo del momento flector.

$$M_{Ed} : \frac{0.01}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{c,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión.

$$M_{c,Rd} : \frac{3.71}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

La resistencia de las secciones a flexión,  $M_{c,Rd}$  será:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_{yd} \quad (6.7)$$

siendo

$W_{pl}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión.

$$W_{pl} : \frac{14175.0}{\quad} \text{ mm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ N/mm}^2$$

**Interacción de esfuerzos en secciones (CTE DB SE-A, 6.2.8)***Flexión y cortante:*

La sección se comprobará a cortante según el apartado 6.2.4. Adicionalmente, si el cortante de cálculo es mayor que la mitad de la resistencia de la sección a cortante, se comprobará el momento flector de cálculo frente al resistente obtenido según:

$$M_{v,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \quad (6.12)$$

siendo

$$\rho = \left( \frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (6.13)$$

En ningún caso podrá ser  $M_{v,Rd} > M_{0,Rd}$ 

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.10 \text{ kN} \leq 47.63 \text{ kN}$$

No es necesario reducir el valor de la resistencia de cálculo de la sección a flexión.

## Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$N_{Ed} \leq N_{ef,Rd}$$

$$0.00 \text{ kN} \leq 87.10 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

 $N_{Ed}$ : es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

 $N_{ef,Rd}$ : es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : \underline{87.10} \text{ kN}$$

$$N_{ef,Rd} = \min\left(\frac{0,5 f_u A_n}{\gamma_{M2}}, \frac{f_y A_n}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}\right)$$

siendo

 $A_n$ : Área neta de la zona sometida a desgarro

$$A_n : \underline{576.00} \text{ mm}^2$$

 $f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

 $f_u$ : Tensión de rotura.

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

 $\gamma_{M2}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Alma

## Resistencia a desgarro (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en CTE DB SE-A, 8.5.2 (c))

Debe cumplirse:

$$N_{Ed} \leq N_{ef,Rd}$$

$$0.00 \text{ kN} \leq 63.51 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

 $N_{Ed}$ : es el esfuerzo de cálculo

$$N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

 $N_{ef,Rd}$ : es la resistencia al desgarro

$$N_{ef,Rd} : \underline{63.51} \text{ kN}$$

$$N_{ef,Rd} = \min\left(\frac{0,5 f_u A_n}{\gamma_{M2}}, \frac{f_y A_n}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}\right)$$

siendo

 $A_n$ : Área neta de la zona sometida a desgarro

$$A_n : \underline{420.00} \text{ mm}^2$$

 $f_y$ : Tensión de límite elástico.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

 $f_u$ : Tensión de rotura.

$$f_u : \underline{410.00} \text{ N/mm}^2$$

 $\gamma_{M2}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

$$\gamma_{M2} : \underline{1.25}$$

 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

## Cordones de soldadura

## Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

## Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85

### Comprobaciones para los tornillos

#### Disposiciones constructivas (CTE DB SE-A, 8.5.1)

Los límites máximos y mínimos para las distancias entre ejes de agujeros o de éstos a los bordes de las piezas, son:

a) distancias mínimas:

i) en la dirección de la fuerza que se transmite:

- $e_1 \geq 1.2 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_1 \geq 2.2 d_0$  entre ejes de agujeros.

ii) en la dirección perpendicular a la fuerza que se transmite:

- $e_2 \geq 1.5 d_0$  del eje del agujero al borde de la pieza.
- $p_2 \geq 3.0 d_0$  entre ejes de agujeros.

siendo  $d_0$  el diámetro del agujero.

b) distancias máximas:

i) al borde de la pieza:

$$\text{- Para } e_1 \text{ y } e_2 \begin{cases} \leq 40 \text{ mm} + 4t \\ \leq 12t \text{ ó } 150 \text{ mm} \end{cases}$$

ii) entre tornillos:

- en elementos a compresión será  $p \leq 14 \cdot t$  ó 200 mm. siendo t el espesor en mm de la menor de las piezas que se unen.
- en elementos a tracción será  $p \leq 28 \cdot t$  ó 400 mm.

**Resistencia de las uniones atornilladas sin pretensar (CTE DB SE-A, 8.5.2)**

2 La resistencia de cálculo a cortante por tornillo tendrá como valor el menor de la resistencia a cortante de las secciones del tornillo o a aplastamiento de la chapa de unión, sin que la resistencia total de la unión supere la resistencia a desgarro del alma:

a) Resistencia a cortante en la sección transversal del tornillo:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (8.7)$$

siendo

**n**: número de planos de corte.

**f<sub>ub</sub>**: resistencia última del acero del tornillo.

**A**: área de la caña del tornillo  $A_s$  o el área resistente del tornillo  $A_t$ , según se encuentren los planos de cortadura en el vástago o en la parte roscada del tornillo respectivamente.

b) Resistencia a aplastamiento de la chapa que se une:

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \alpha f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (8.8)$$

siendo

**d**: diámetro del vástago del tornillo.

**t**: menor espesor de las chapas que se unen.

**f<sub>u</sub>**: resistencia última del acero de las chapas que se unen.

**α**: es el menor de:

$$\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0$$

Donde:

**e<sub>1</sub>**: distancia del eje del agujero al borde de la chapa en la dirección de la fuerza que se transmite.

**p<sub>1</sub>**: separación entre ejes de agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite.

**d<sub>0</sub>**: diámetro del agujero.

3 Resistencia a tracción. La resistencia de cálculo a tracción  $F_{t,Rd}$  por tornillo, será la menor de:

a) La resistencia a tracción del tornillo:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (8.12)$$

siendo

**A<sub>s</sub>**: área resistente a tracción del tornillo.

En tornillos de cabeza avellanada se admitirá como resistencia máxima el 70% de la expresada en (8.12).

b) La resistencia de cálculo a punzonamiento de la cabeza del tornillo o la tuerca,  $F_{p,Rd}$ , dada por:

$$F_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (8.13)$$

siendo

**t<sub>p</sub>**: espesor de la placa que se encuentra bajo el tornillo o la tuerca.

**d<sub>m</sub>**: menor valor de la distancia media entre vértices y caras de la cabeza del tornillo o la tuerca.

4 Solicitación combinada. Cuando un tornillo esté solicitado simultáneamente a tracción y a esfuerzo cortante, además de cumplir separadamente las condiciones para cortadura y tracción, debe verificar la condición de interacción siguiente:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (8.14)$$

siendo

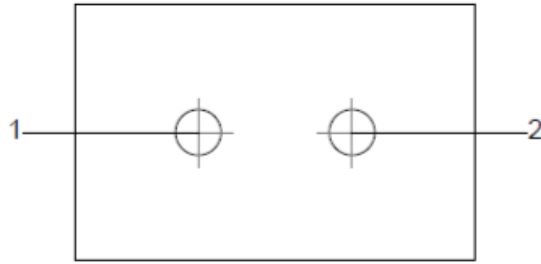
**F<sub>v,Ed</sub>**: esfuerzo de cálculo perpendicular al eje del tornillo.

**F<sub>t,Ed</sub>**: esfuerzo axial de cálculo por tornillo al que en su caso se añadirán las tracciones debidas al efecto palanca.

**F<sub>v,Rd</sub>**: resistencia de cálculo frente a la cortadura del vástago.

**F<sub>t,Rd</sub>**: resistencia de cálculo en tracción.





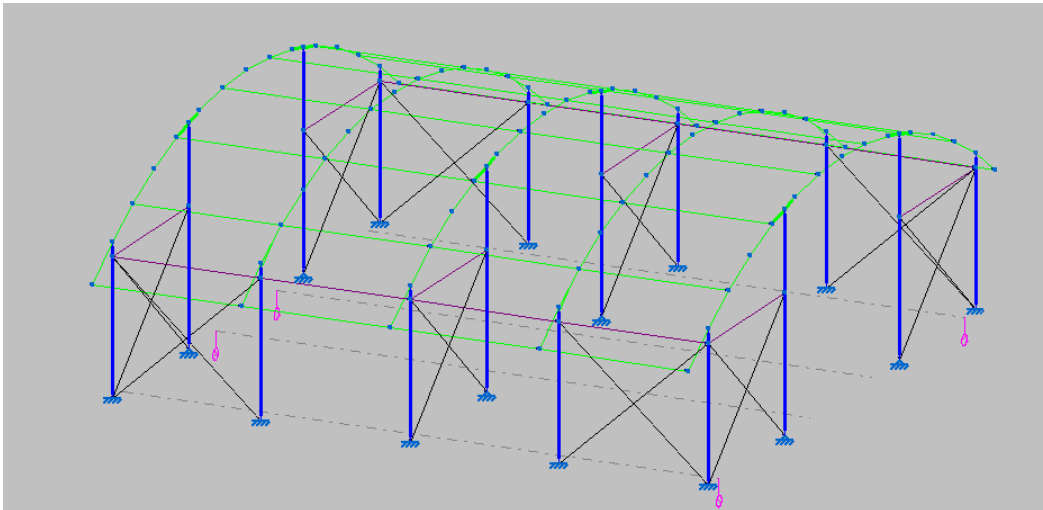
Disposición							
Tornillo	Denominación	d <sub>0</sub> (mm)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	p <sub>1</sub> (mm)	p <sub>2</sub> (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	45	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	45	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.000	50.240	0.00	Vástago	0.000	90.432	0.00	0.00	0.00
					Punzonamiento	0.000	109.819	0.00		
2	Sección transversal	0.000	50.240	0.00	Vástago	0.000	90.432	0.00	0.00	0.00
					Punzonamiento	0.000	109.819	0.00		

### 3.3.6 ARRIOSTRAMENDUA

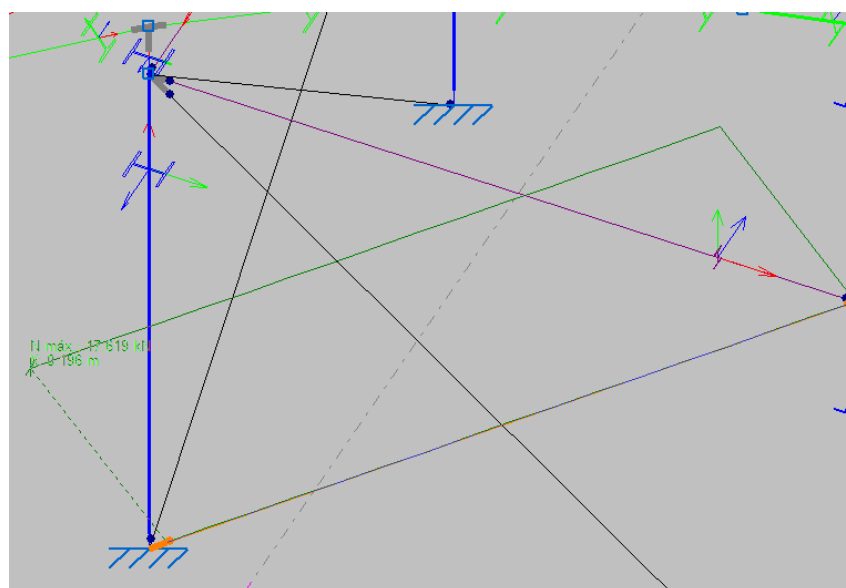
Padel estrukturako arriostramendua estruktura guztia zurruntzeko helburua du. Kontuan ibili beharra dago arriostramenduak jartzen diren tokiarekin; izan ere, hauek estalkiak kokatzekotan, jolasean eragina izango lezakete. Kasu honetan, altzairuzko tiranteak erabiliko dira, San Andrés gurutzea prozedura erabiliz, bi norabide ezberdinetan: Alde batetik, lehenengo eta azkenengo banoetan luzetara kokatuko diren arriostramenduak, eta bestetik portiko hastialetan alboko norabidean kokatzen diren arriostramenduak.



Irudia 3.80 - Arriostramenduaren kokapena padel egituraren

#### 3.3.6.1 KABLEAREN DIMENSIONAMEDUA

Arriostramenduen kableen kalkuluak Cype 3Dren bitartez egin dira. Kontuan hartu behar da kable hauek soilik trakziara lan egiten dutela, hau da, hauek dimentsionatzea erraza da. Karga gehienei eutsi egingo dioten arriostramenduak, alboetan kokatutakoak izango dira; izan ere, padel estalkian ez da luzetarako indarririk ematen eta, beraz, luzeetan jarritako arriostramenduek ez dute apenas kargarik jasotzen.



Irudia 3.81 - Konbinazioekin ateratako karga axial maximoa arriostramenduetan



$$N_{max,arrios} = 17'62 \text{ kN}$$

Gehieneko karga axial hau kontuan hartuta, arriostremenduen lehen dimentsionamendua egin daiteke. Kable horien suarekiko erresistentzia kalkulatu behar da, 15 minutuko suarekiko erresistentziarekin.

Cype 3D-en arabera, karga osoari eutsi ahal izango dion lehen kablea 16 mm-ko diametroko biribilkia da. Hala ere, aurrerago ikusiko da nola kablearen altzairuaren isurpen mugatik nahiko urrun geratzen den.

Perfil	Peso	Resistencia	Flecha	Resistencia incendio	Errores
✗ R 10	0.62	85.65 %	0.00 %	—	No se ha podido calcular el...
✗ R 12	0.89	59.48 %	0.00 %	—	No se ha podido calcular el...
✗ R 14	1.21	43.70 %	0.00 %	—	No se ha podido calcular el...
✗ R 15	1.39	38.07 %	0.00 %	—	No se ha podido calcular el...
✓ R 16	1.58	33.46 %	0.00 %	40.94 % (697.5 °C)	
✓ R 17	1.78	30.76 %	0.00 %	35.36 % (691.0 °C)	
✓ R 18	2.00	27.43 %	0.00 %	29.58 % (684.0 °C)	
✓ R 19	2.23	24.62 %	0.00 %	24.88 % (676.5 °C)	
✓ R 20	2.47	22.22 %	0.00 %	21.05 % (669.0 °C)	
✓ R 22	2.98	18.36 %	0.00 %	15.34 % (651.5 °C)	
✓ R 22.25	3.05	17.95 %	0.00 %	14.77 % (649.5 °C)	
✓ R 23.6	3.43	15.96 %	0.00 %	12.12 % (637.5 °C)	
✓ R 24	3.55	15.43 %	0.00 %	11.45 % (633.5 °C)	
✓ R 24.5	3.70	14.81 %	0.00 %	10.68 % (629.0 °C)	
✓ R 25	3.85	14.22 %	0.00 %	9.98 % (624.5 °C)	
✓ R 26	4.17	13.15 %	0.00 %	8.75 % (615.0 °C)	
✓ R 26.7	4.40	12.47 %	0.00 %	8.00 % (608.5 °C)	

Sin revestimiento ignífugo

Significado de los iconos

- ✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Irudia 3.82 - Cype 3D-ek proposaturiko kable diametroak arriostremenduarentzako

Aurrez aipatu den bezala, kableak soilik trakzio kargak aguantatzen ditu, beraz, dimentsionamendua mota honetako kargaren arabera egingo da:

Taula 3.35 - Padelaren arriostramenduaren kalkulua (R 16)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N1	N3	7.810	2.01	0.32	0.32	0.64
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	0.00	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		0.000	0.000	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						
<b>Situación de incendio</b>						
Resistencia requerida: R 15						
Factor de forma: 250.00 m-1						
Temperatura máx. de la barra: 697.5 °C						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado	
	λ̄	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N1/N3	λ̄ ≤ 4.0 Cumple	η = 33.5	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(1)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(2)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(2)	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(3)	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	<b>CUMPLE</b> η = 33.5
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado	
	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>		
N1/N3	η = 40.9	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(1)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(2)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(2)	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(3)	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	<b>CUMPLE</b> η = 40.9	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

**Resistencia a tracción - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η: **0.335** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8-PP+1.5-VH5(G).

N<sub>t,Ed</sub>: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N<sub>t,Ed</sub>: **17.62** kN

La resistencia de cálculo a tracción N<sub>t,Rd</sub> viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{td}$$

N<sub>t,Rd</sub>: **52.66** kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f<sub>td</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

A: **2.01** cm<sup>2</sup>

f<sub>td</sub>: **261.90** MPa

$$f_{td} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f<sub>y</sub>: **275.00** MPa

γ<sub>MO</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ<sub>MO</sub>: **1.05**

**Resistencia a tracción - Situación de incendio** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ : 0.409 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5-VH5(G).

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$ : 5.34 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$ : 13.05 kN

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$A$ : 2.01 cm<sup>2</sup>  
 $f_{yd}$ : 64.91 MPa

$$f_{y,\theta} = f_{y,s} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$ : 64.91 MPa

$$f_{y,s} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$ : 0.24

$\gamma_{M,\theta}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$ : 1.00

Arriostramenduen kableak “Cables Estructurales” enpresak hornituko ditu, konkretuki 1x19 kable disposiziokoa. Kableak altzairu herdoilgaitzarekin eginda daude, haien mantentzea txikitzeko.

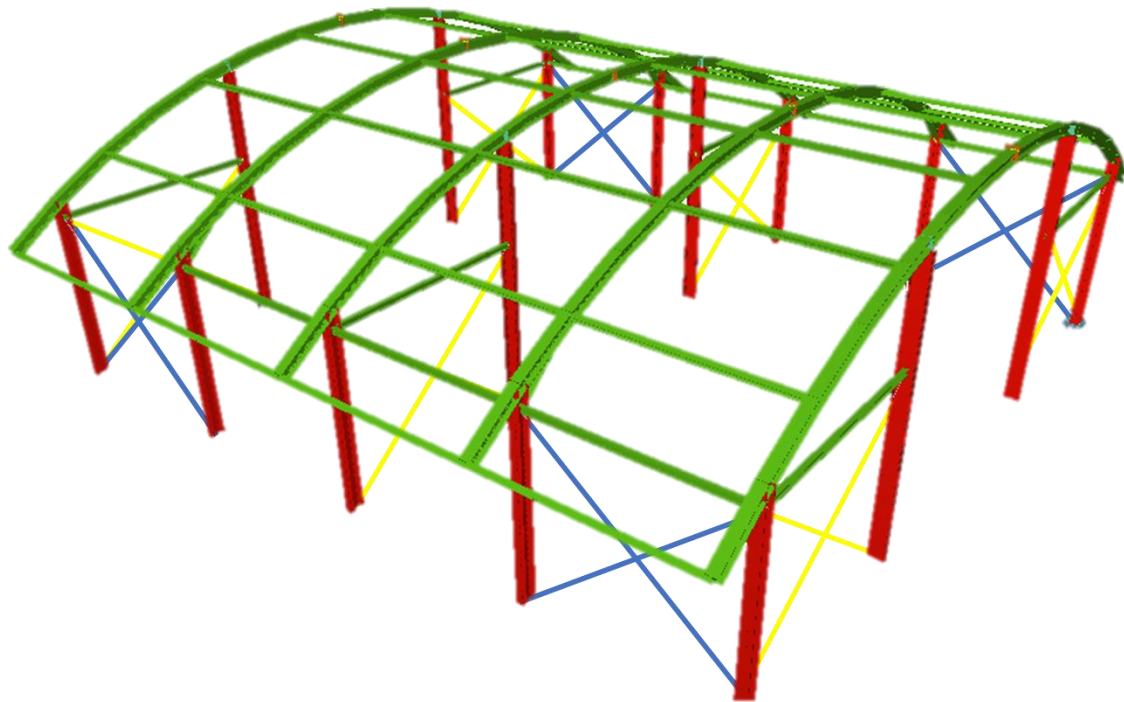
Taula 3.36 - "Cables Estructurales"-en haustura karga

1X19				
Ø Nominal mm	Peso* kg/m	Sección mm <sup>2</sup>	Carga de rotura**	
			kN	kg
1,00	0,005	0,60	0,82	84
1,50	0,011	1,34	1,85	189
2,00	0,020	2,40	2,94	300
2,50	0,031	3,70	5,15	525
3,00	0,045	5,30	7,42	756
3,50	0,061	7,30	10,10	1030
4,00	0,079	10,00	13,15	1340
5,00	0,124	14,00	20,60	2100
6,00	0,178	21,00	29,72	3030
7,00	0,243	29,00	40,42	4120
8,00	0,317	38,00	52,78	5380
10,00	0,495	59,00	82,40	8400
12,00	0,713	83,00	118,70	12100
14,00	0,971	123,00	161,87	16500
16,00	1,270	153,00	210,92	21500
19,00	1,790	216,00	286,45	29200
22,00	2,360	283,00	391,42	39900
26,00	3,300	399,00	533,66	54400



- Acero inoxidable AISI316
- Resistencia 1570 N/mm<sup>2</sup>
- Módulo elástico (E) 130000 N/mm<sup>2</sup>
- Acabado pulido
- Stainless steel AISI316
- Strength 1570 N/mm<sup>2</sup>
- Elastic modulus (E) 130000 N/mm<sup>2</sup>
- Polished finishing
- Acier inoxydable AISI316
- Résistance 1570 N/mm<sup>2</sup>
- Module élastique (E) 130000 N/mm<sup>2</sup>
- Finition poulie

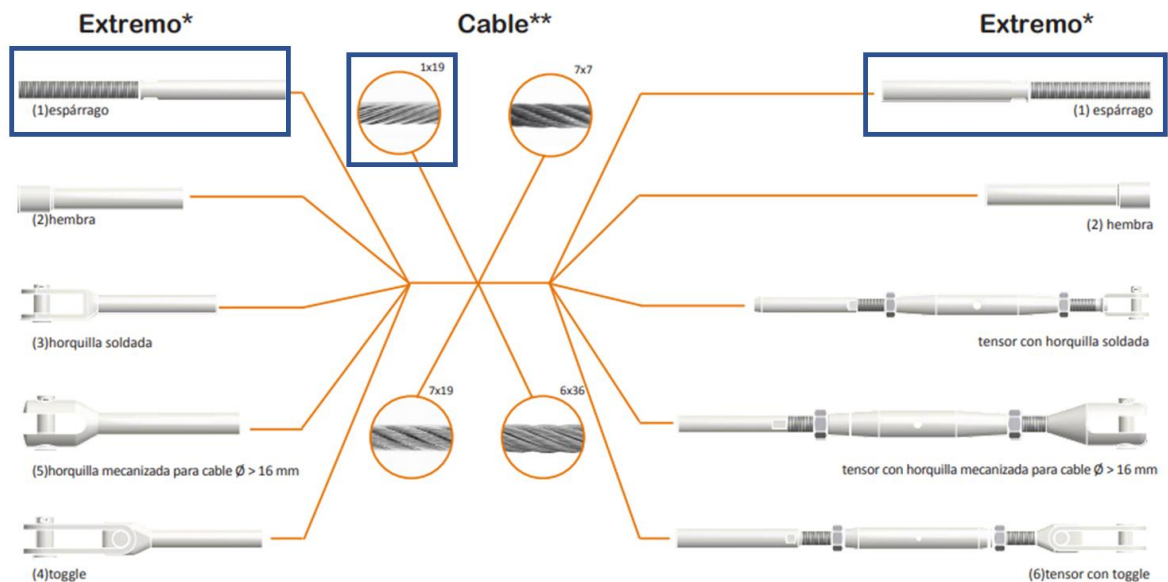
Beste alde batetik, kablea estrukturalara lotu ahal izateko, bi motatako loturak erabiliko dira: alde batetik, (i) luzetarako arriostramenduetan erabilitako loturak eta, beste alde batetik, (ii) alboko arriostramenduek izango duten lotura.



Irudia 3.83 - Luzeetarako (urdina) eta alboetako (horia) arriostamenduen kokapena

### 3.3.6.2 LUZEETARAKO ARRIOSTRAMENDUAK

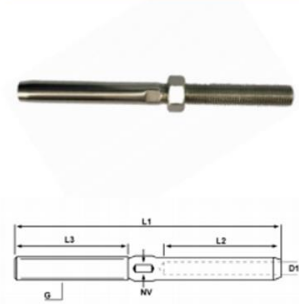
Luzeetara kokatuko diren arriostamenduak 16 milimetrotako diametroa izango dute. Hala ere, terminazioek M24-ko esparrago itxura izango dute. Kableak esparragoaren barnera sartzen dira eta esparragoa prentsatzan da kablea eusteko eta es ateratzeko.



Irudia 3.84 - Luzeetarako arriostamenduaren terminalak

Terminal espárrago rosca derecha  
Swage stud with nut right-hand  
Embout fileté à sertir pas à droite

**AISI 316**

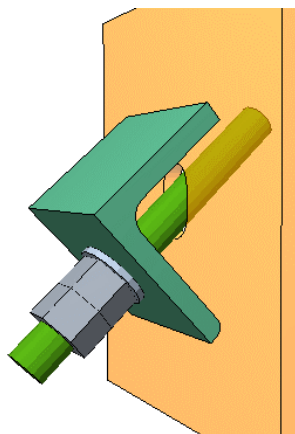


REF	Cable	G	L1	L2	L3	D2	D1	NV	Peso g*
12.21.005.002	2,0	M 5	72	23	38	5,5	2,2	4	10
12.21.005.025	2,5	M5	86	32	40	5,5	2,8	4	10
12.21.005.003	3,0	M6	100	39	48	6,35	3,5	5	16
12.21.005.004A	4,0	M6	110	45	48	7,5	4,4	6	20
12.21.005.004B	4,0	M8	117	45	57	7,5	4,4	6	33
12.21.005.005A	5,0	M8	120	52	57	9,0	5,3	6	42
12.21.005.005B	5,0	M10	130	52	63	9,0	5,3	7	55
12.21.005.006A	6,0	M8	136	63	63	12,5	6,5	10	72
12.21.005.006B	6,0	M10	136	63	63	12,5	6,5	7	91
12.21.005.006C	6,0	M12	162	63	80	12,5	6,5	10	103
12.21.005.007A	7,0	M12	148	70	68	14,2	7,5	10	132
12.21.005.007B	7,0	M14	180	70	90	14,0	7,5	12	169
12.21.005.008A	8,0	M12	165	76	90	16,0	8,4	10	160
12.21.005.008B	8,0	M14	190	76	90	16,0	8,4	12	195
12.21.005.008C	8,0	M16	200	80	100	16,0	8,4	14	239
12.21.005.010A	10,0	M16	225	90	119	18,0	10,5	14	278
12.21.005.010B	10,0	M20	230	90	119	18,0	10,5	15	396
12.21.005.012	12,0	M20	245	105	120	20,0	12,5	17	430
12.21.005.014	14,0	M22	308	140	140	25,0	14,8	23	826
12.21.005.016	16,0	M24	363	170	170	28,0	17,0	22	1117

Irudia 3.85 - Arriostamendua lotzeko erabiliko den esparragoa

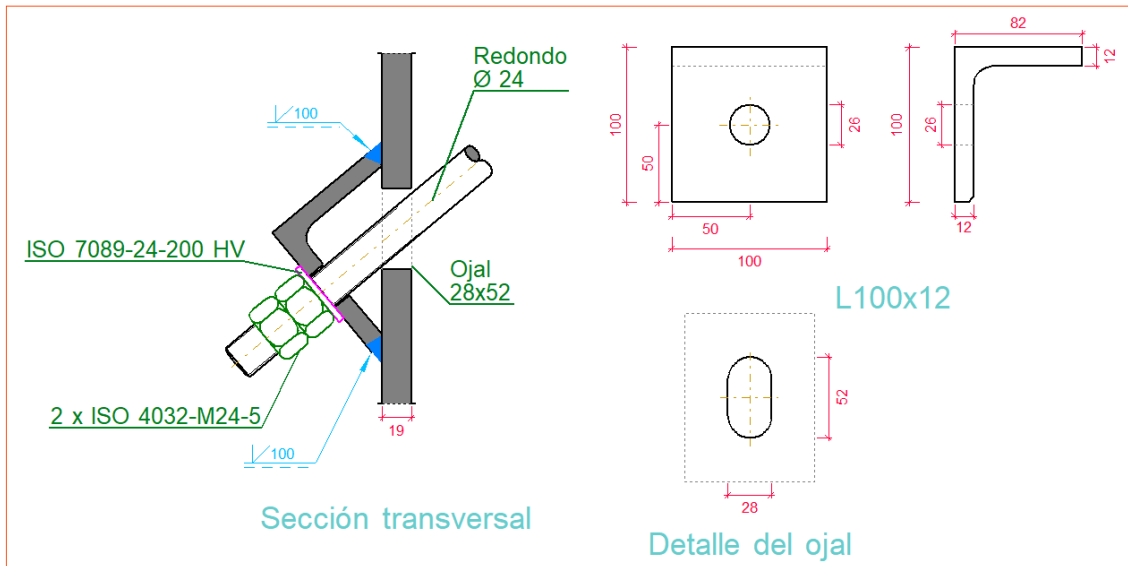
**PLAKAREN DIMENTSIONAMENDUA**

Kable eta esparrago multzoa padel estrukturalara lotzeko eta hau tenkatzeko, bere erabilerari etekin ahalik eta handiena ateratzeko. Horretarako, beharrezkoa izango da L forma duen plaka bat erabiltzea, zein zutabearen arimara lotuta joango den, eta baita azkoina eta zirrindola, altzairuzko kablea tenkatu ahal izateko.



Irudia 3.86 - Padel estalkiaren luzeetarako arriostamenduaren enlazamendua

Lotura honetarako L 100 x 12 dimentsionadun perfila, bi azkoin, M24 zirrindola bana eta aurrez aipatutako esparrago hariztatua erabiliko da. Gainera, zutabearen arimari begi txiki bat egin beharko zaio, esparragoa pasa dadin. Hona hemen loturaren dimentsio orokorrak:



Irudia 3.87 – Luzeetarako arriostremenduaren loturaren dimentsio nagusiak

1) L100x12 (S275)

– Pieza

**Cordones de soldadura**

**Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

**Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).**

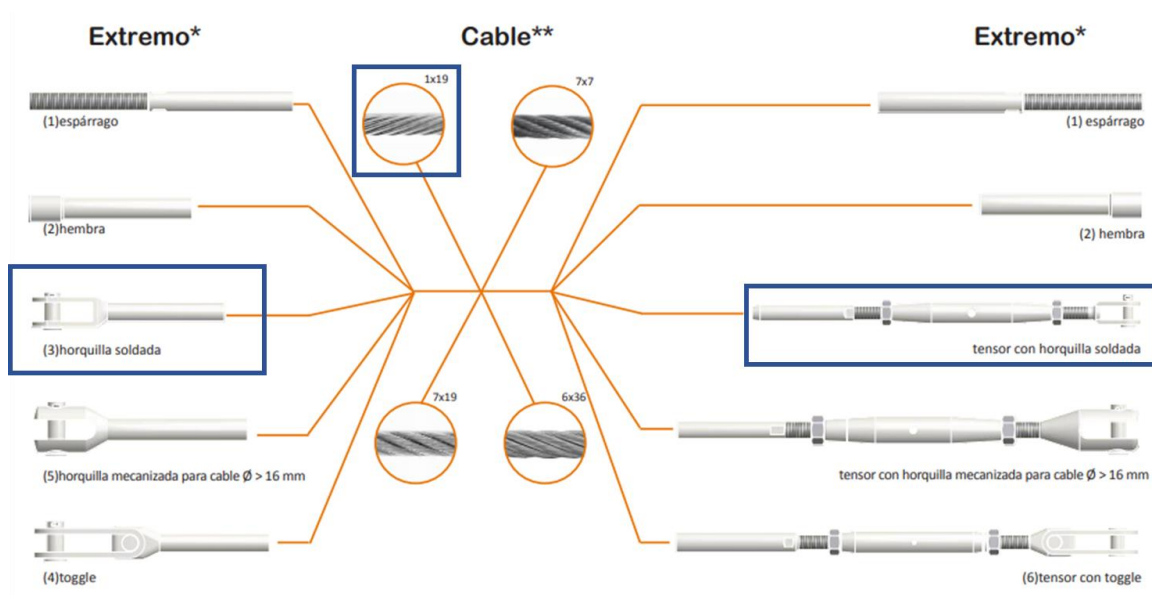
Si la soldadura es de penetración total no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de cálculo será igual a la de la más débil de las piezas unidas.

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo			Preparación de bordes (mm)	l (mm)			
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple			11	100			
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f <sub>w</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

**3.3.6.1 ALBOETARAKO ARRIOSTRAMENDUAK**

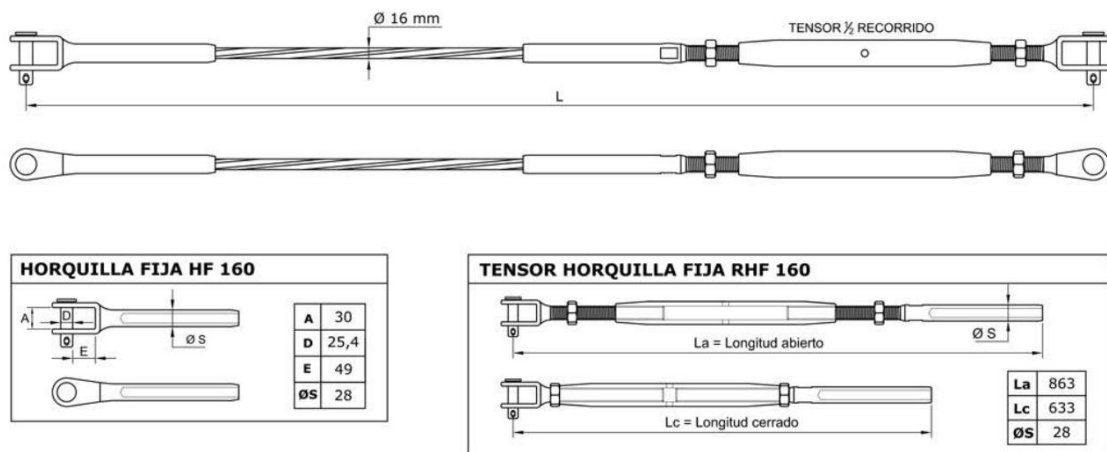
Alboetarako arriostremenduak lotura ezberdina izango dute, izan ere, ezin delako hegaletan zulo bat egin arriostremenduko barra pasaratzen usteko. Hortaz, tiranteak zutabeetara finkatuko dira diseinaturiko burdineria batekin. Baita, tiranteak mutur bakoitzean urkila soldatuko terminazioa izango du tirantearen eta zutabearen burdineriaren arteko lotura egiteko. Gainera, kablea tinkatzeko urkila baten muturrean tentsore bat kokatuko da, hurrengo irudiak erakusten duen moduan.





Irudia 3.88 - Alboetarako arriostremenduaren terminalak

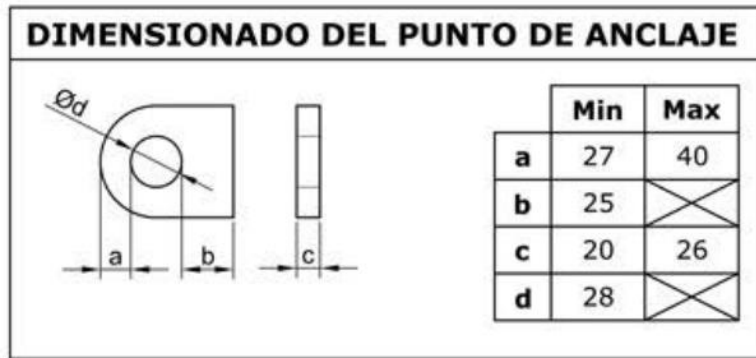
Hona hemen tenkagailua eta urkila soldatuaren dimentsio orokorrak:



Irudia 3.89 - Urkilaren eta tentsorearen dimentsio orokorrak

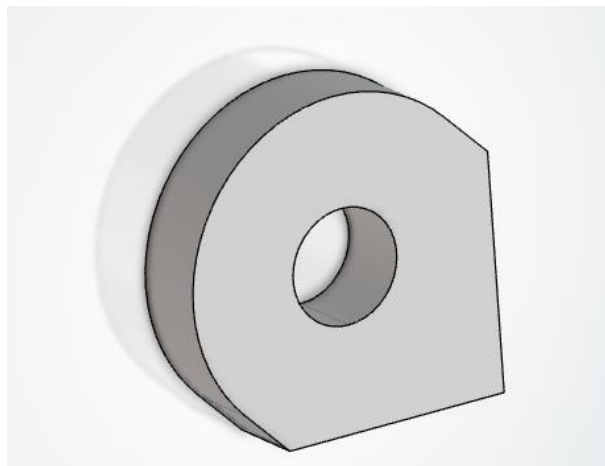
**PLAKAREN DIMENSIONAMENDUA**

Kablearen, urkilaren eta tentsorearen multzoa zutabera lotzeko, beharrezkoa da zutabera soldatuta joango den xafla. Xafla honek gutxieneko lodiera bat izan beharko du kableak eragindako tentsioei eusteko gai izan dadin. Horretarako, "Cables Estructurales"-ek 16 mm-ko kableak izan behar duen finkatze puntuaren lehen iterazioa du. Datu horiek izanda, plaka diseinatuko da, padelaren eraikinaren alboko arriostremendua guztietarako berdina izango dena.



Irudia 3.90 - Finkatze puntuaren dimentsionaketaren lehenengo iterazioa.

Multzo honen lotura ez da dimentsionatuko; izan ere, “Cables Estructurales” proposatzen duen lehenengo iterazioarekin aski da, honek lotura iraungo duela baieztatzeko gai baita. Beste alde batetik, piezaren eta zutabearen arteko lotura ez da dimentsionatuko, honek arazo barik irautea aurreikusten baita.



Irudia 3.91 – Alboetako arriostamenduaren finkapenaren diseinua

### 3.3.7 SANEAMENDUA

Padeleko saneamendu sistemak euri uren hustuketa bakarrik hartuko du kontuan, ez baita ur hornidurarako punturik ezta ur hondakinik sortuko.

Hori dela eta, EKTko Osasungarritasuneko (DB - HS) dokumentuko “5. atala Ur-hustuketa” ataleko “4.2 Euri-uren hustuketarako sarearen dimentsionaketa” erabiliko da, saneamendu sistema guztia dimentsionatzeko.

Hasteko, zenbat hustubide jarri behar diren ikusiko da. Horretarako 4.2.1 puntuko “4.6 taula Hustubide zenbatekoa estalkiaren azaleraren arabera (Taula 3.75)” erabiliko da.

Taula 3.37 - Hustubide kopurura estalkiaren azaleraren arabera

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

$$n_{hustubide} = \frac{1}{150} \cdot (24'05 \cdot 22) = 3'53 \text{ hustubide}$$

Sistema simetrikoa izan dadin, 4 hustubide jarriko dira, 2 portikoaren alde baten eta beste biak portikoaren beste aldean, Irudia 3.185-an ikusi daitekeen bezala.

Gero, erretenaren diametro nominala aukeratu da. EKTko taulan agertzen diren dimentsioak 100 mm/h ko erregimen plubiometrikorako dira. Artziniegako zonaldean erregimena handiagoa da, “B eranskina. Intentsitate plubiometria lorpena” eranskineko B.1 irudiak (Irudia 3.184) erakusten duenez.



Irudia 3.92 - Isohietak eta zona plubiometrikoen mapa

Taula 3.38 - Intentsitate plubiometrikoa (mm/h)

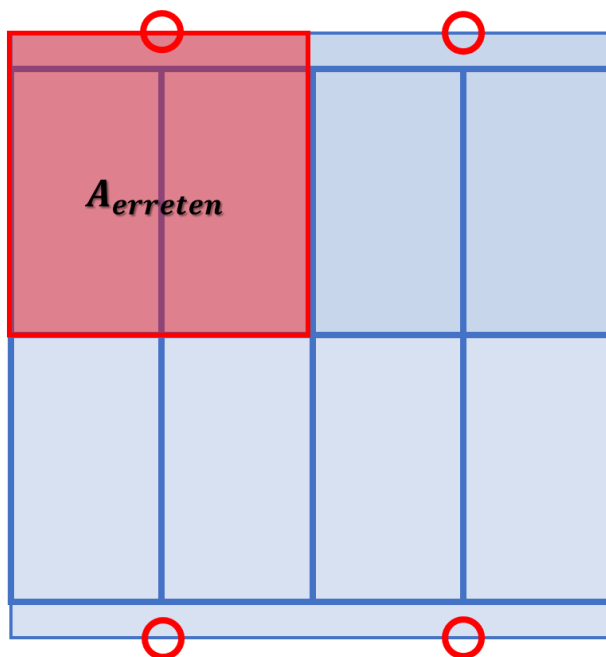
<b>Isoyeta</b>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>Zona A</b>	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
<b>Zona B</b>	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

### 3.3.7.1 ERRETENEN DIMENTSIONAMENDUA

Hori dela eta, B eranskineko B taulatik (Taula 3.76) lortutako intentsitate plubiometriakoa zati 100 egingo da, f faktorea lortzeko. Faktore hori azalergatik biderkatuko egingo da, "4.2.2 Erretenak" puntuaren 2. puntuaren arabera. Gainera, 8 hustubide daudenez, erreten bakoitzak hartuko duen azalera atera dezakegu.

$$f = \frac{125}{100} = 1'25$$

$$A_{erreten\ bakoitza} = 1'25 \cdot \frac{24'05m}{2} \cdot (5'5m + 5'5m) = 165'35\ m^2/hustubide$$



Irudia 3.93 - Erreten batek hartuko duen euriaren azalera

Taula 3.39 - Erretenaren diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Beraz, erretenek %2-ko malda izango dute eta 150 mm-ko diametroa izango dute. Hauek guztiak 4 hustubideetara ailegatuko dira eta portikoen zutabeetatik lurperatu egingo dira.

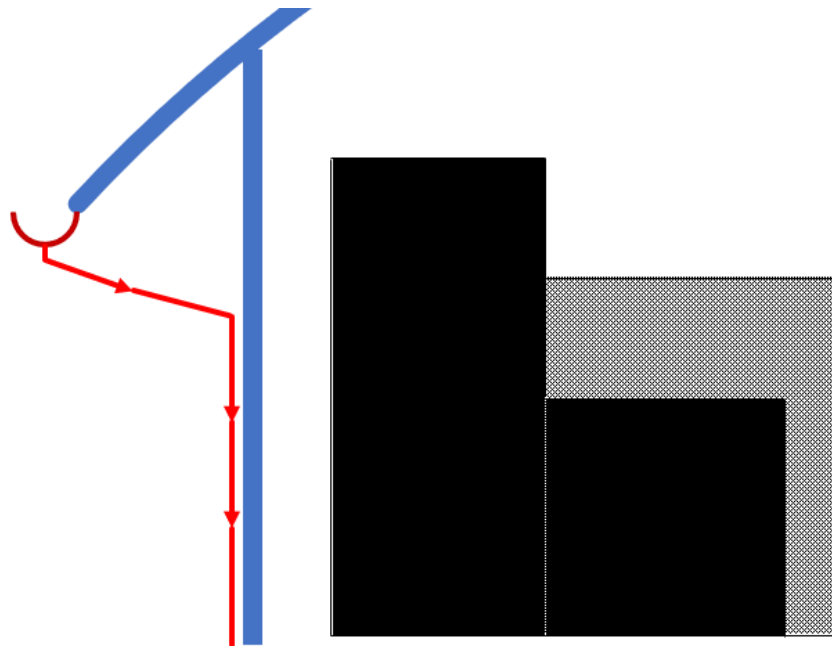
### 3.3.7.2 HUSTUBIDEEN DIMENTSIONAMENDUA

Hustubideek erretenen euri kantitate berdina izango dute, izan ere, hustubide bakoitzak hartzen duen estalkiaren azalera, erretenaren berdintsua izan behar delako. Hala ere, hustubideak guztiz bertikalak dira, hortaz, euria azkarrago pasaraztea eragiten dute, haien diametroa txikitu daitekeelarik.

Taula 3.40 - Hustubideen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin

Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

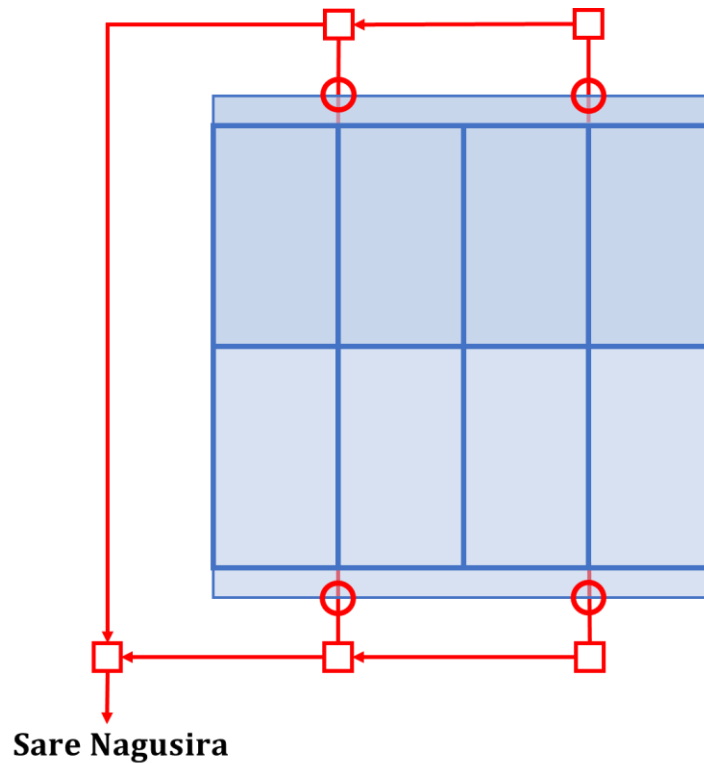
Hortaz, padel estalkian kokatuta egongo diren 4 hustubideen diametroa 75 mm-ko diametroa izango da. Kontuan hartu behar da hustubideak ez daudela portikoen zutabeen altuerara, hortaz, hustubideak ez du ibilbide bertikala izango, portikoaren zutabera lotuko delako.



Irudia 3.94 - Padel estalkiaren hustubideen kokapena

### 3.3.7.3 KOLEKTOREEN DIMENTSIONAMENDUA

Behin hustubideak lurperatu direnean, haien artean konektatuko dira, geroago guztia sare nagusira eramateko.



Irudia 3.95 - Kolektoreen eta erregistro kutxatilen kokapena

Kolektore eta erregistro kutxatila guztiak berdintsuak izango dira, beraz, Jolastokiaren azalera guztiarekin dimentsionatuko dira:

$$A_{kolektore} = 1'25 \cdot (24'05 \cdot 22) = 661'4 \text{ m}^2$$

Taula 3.41 - Kolektoreen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin

	Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) Pendiente del colector		Diámetro nominal del colector (mm)
	1 %	2 %	
	125	178	90
	229	323	110
	310	440	125
	614	862	160
	1.070	1.510	200
	1.920	2.710	250
	2.016	4.589	315

Beraz, kolektoreen diametroa 160 mm-takoa izango da, %2-ko maldarekin.



### 3.3.8 ARGIZTAPENA

Padel egiturak ez du argi-hornidurarik izango barruan hainbat arrazoiengatik. Zehaztu beharra dago proiektu honetan estalki bat egin nahi dela padeleko bi kantxa bakarrik jartzeko. Padel pistaren barne diseinua ez da lan honen fokoa, beraz, hau ez da kontuan hartuko.

Behin hau argitu ondoren, eremuari argi artifizialik ez emateko arrazoi nagusia padeleko eremuek argiak berezko argipena dakartela da. Izan ere, hauek behar bezala argiztatuak egon behar dira, baina ez da beharrezko bestelako argi-iturririk instalatze.



Irudia 3.96 - Padel pistaren diseinuan kokaturiko argiztapena

Aukeratutako estalki mota ere aipatu behar da: Danpal eredu zeharrargitsua da, eta horrek esan nahi du argi naturala barrura pasatzen uzten duela egunez, argi artifizialik behar izan gabe, energia aurreztuz eta erabiltzaileei esperientzia hobea eskainiz.

Nabarmendu beharreko beste puntu garrantzitsu bat da erabiltzaileek eremuaren gainean proiektatutako argi iturri bat izateak eragingo lukeen zeharkako argia. Horrek erreflexu asko eragingo lituzke, eta ikuspena eta jokoaren garapena okertuko luke.

## 3.4 JOLASTOKIAREN ESTALKIAREN KALKULUA

Atal honetan, padel estalkia osatzen duten elementu guztien dimentsionaketa eta kalkulua egingo da, hau da, eraikuntza guztian zehar agertuko diren elementu guztiak diseinatu eta karga erresistentea aztertuko da. Hala ere, ez dira konbinazio indar guztien kasuak agertuko, bakarrik 3.2.3.1 atalean konkretatutako karga kasuak.

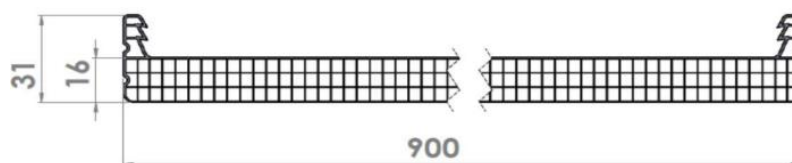
### 3.4.1 ESTALKIA

Aipatu den moduan, jolastokiaren eraikuntza estaltzeko erabiliko den estalkia “PalPlastic” enpresak ekoizten dituen “Danpalon 16/900” estalkia erabiliko da. Hain zuzen ere, “Danpalon 16/900 - 3 celdillas – Hielo Softlite” (Irudia 3.2).

#### DANPALON 16/900

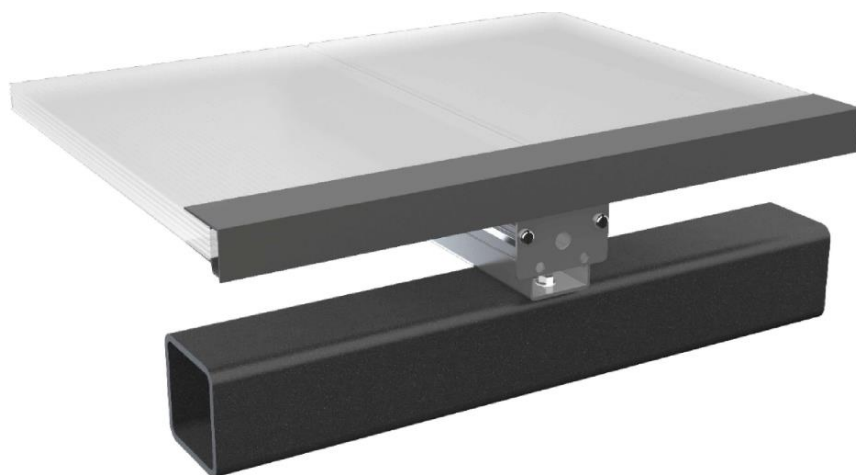
Taula 3.42 - Danpalon 16-900 estalkiaren ezaugarri orokorrak

DANPALON 16 mm	
Longitud / Length	MAX. 13500mm
Ancho/ Wide	900 mm
Peso / Weight	2,83 kg/m <sup>2</sup>
Espesor / Thickness	16 mm
Estructura / Structure	Multicell 4 paredes / 4 walls
Radio mín. curvado frío / Min. cold bending radius	3.100 mm
Colores standard/ Standard Colours	INCOLORO/ HIELO/OPAL * CLEAR / ICE / OPAL *
Transmisión luz / Light Transmission	71% / 60% / 35 %
Factor solar / Solar Factor	0,61 / 0,57 / 0,42
Protección U.V. / U.V. Protection	Si / Yes
Dilatación lineal / Linear expansion	0,065 mm/°Cm
Aislamiento térmico / Thermal isolation (K)	2,10 W/m <sup>2</sup> °C
Aislamiento acústico / Acoustic isolation	24 dB
Clasificación reacción fuego / Fire Reaction Classification Standard EN 13501	BS1D0
Garantía / Warranty	10 años limitada / 10 years limited



DANPALON 16-900 mm

Bestalde, polikarbonatozko xaflak haien artean kokatzeko eta petraletara finkatzeko Danpaleko “SeamLess” sistema aplikatuko da, non petralen arteko distantzia ez den oso handia, estalkiaren kanpoaldeko aldea jarraitua da, elementurik gabe,



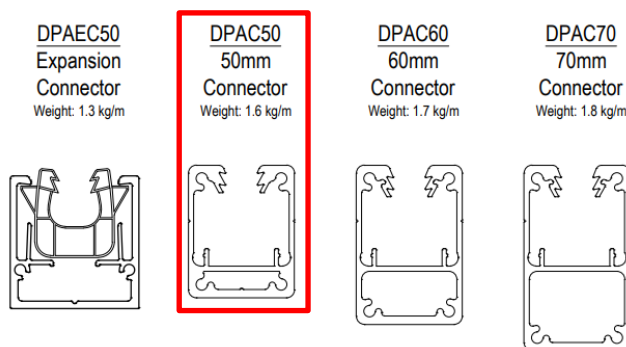
Irudia 3.97 - DaNpe enpresaren "SeamLess" sistema

“Danpal” enpresak bahoen distantziak ezartzeko taulak ere eskuratzen ditu, karga konstante batekin petralen arteko distantzia maximoak ezartzen ditu.

Taula 3.43 - Danpalon 16-900 estalkiaren petralen arteko distantzia SeamLess Sistemarekin  
(4 kN/m<sup>2</sup>)

SPAN TABLE				
Connector	Danpalon® Panel			
	10mm	12mm	16mm	3D Lite
Expansion (DPAEC50)	3000	2700	2500	3000
50mm (DPAC50)	3600	3200	3100	3600
60mm (DPAC60)	4200	3700	3600	4200
70mm (DPAC70)	4700	4100	4000	4700
80mm (DPAC80)	5200	4600	4450	5200
100mm (DPAC100)	6300	5500	5300	6300
150mm (DPAC150)	9000	7600	7300	9000

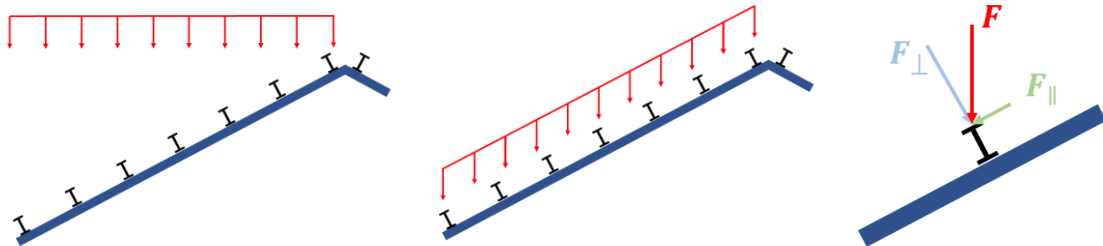
Geroago ikusiko den moduan, polikarbonatozko xaflak haien artean elkartzeko 50 mm-tako barrak erabiliko dira (Irudia 3.98 - DPAC50 barraren sekzioa).



Irudia 3.98 - DPAC50 barraren sekzioa

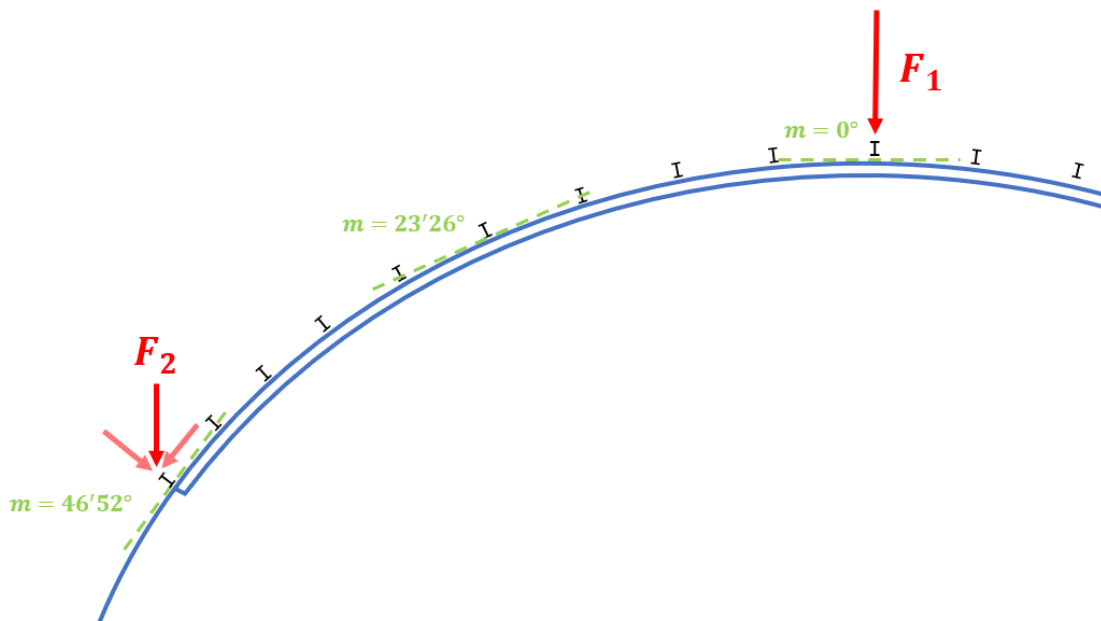
### 3.4.1.1 INDARRAK

Jolastokiaren estalkiaren gainean agertzen diren indar guztiak bitan banatuko dira, alde batetik, estalkiaren norabide paraleloan eragiten dituztenak eta bestetik norabide perpendikularrean. Gainera, proiektzio horizontalean aplikatzen diren indarrak ere, estalkiaren formara egokitu behar dira:



Irudia 3.99 - Indarren bihurtzea estalkiarekiko paralelo eta perpendikularki

Jolastokiaren estalkiaren forma kurbadunagatik, petral bakoitzean agertuko den indar perpendikularra eta paraleloa ezberdinak izango dira, petral bakoitzak malda desberdina duelako. Gainera, "Irudia 3.24" irudiak erakusten duen bezala, teilatuko altuera maximoan dagoen petralak indar handiagoa jasango du, alboetara dagoena baino, hala ere, alboetarago dagoen petrala konponente paralelo eta perpendikularra izango du, petralaren inertzia txikiko norabidean indar maximoena aplikatuz.



Irudia 3.100 - Malda desberdinetako petralak jasaten duten indarra

Estalkiaren kalkuluetarako bi kasu aztertzea erabaki da:

1. Alde batetik, malda nulu bezala aztertzea erabaki da, izan ere, agertzen diren indar bertikalak maximoenak izango direlako, indarra deskonposatzean indar perpendikularra bakarrik baitago.
2. Beste aldetik, malda maximoa denean aztertzea erabaki da ( $m = 46'52^\circ$ ), izan ere, indarren osagai perpendikularrak txikiagoak izango direlako, baina goranzko haizearen eraginagatik estalkia hurrupatzera kalkulatu beharko da.

**BEREZKO PISUA**

3.2.1.2 atalean ikusi den bezala, berezko pisuaren indarra fabrikatzaileak gomendatzen zuen arabera finkatu da:

$$q_{estalki, Danpalon} = 5 \text{ kg/m}^2 = 0'05 \text{ kN/m}^2$$

Berezko pisuaren karga, osagai paralelo eta perpendikularretan banatu beharko da, bai malda nulua denean, bai malda maximoa denean:

1	$q_{estalki,1}^{\perp} = 0'05 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\perp} = 0'05 \text{ kN/m}^2$ $q_{estalki,1}^{\parallel} = 0'05 \text{ kN/m}^2 \cdot \sin 0^{\circ} \rightarrow q_{estalki,1}^{\parallel} = 0 \text{ kN/m}^2$
2	$q_{estalki,2}^{\perp} = 0'05 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 46'52^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\perp} = 0'034 \text{ kN/m}^2$ $q_{estalki,2}^{\parallel} = 0'05 \text{ kN/m}^2 \cdot \sin 46'52^{\circ} \rightarrow q_{estalki,2}^{\parallel} = 0'036 \text{ kN/m}^2$

**ERABILERAREN GAIKARGA**

Erabilerearen gairik proiektzio horizontalean denez, lehenengoz estalkirean gainean proiektatu beharko da:

$$q_{erab, proiekt.horiz} = 0'4 \text{ kN/m}^2$$

Berrito ere, estalkiarene malda bi egoeratan aztertu behar denez, osagai perpendikularra eta paraleloa kalkulatu behar da:

1	$q_{erabil,1}^{\perp} = 0'4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \cos 0^{\circ} \rightarrow q_{erabil,1}^{\perp} = 0'4 \text{ kN/m}^2$ $q_{erabil,1}^{\parallel} = 0'4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \sin 0^{\circ} \rightarrow q_{erabil,1}^{\parallel} = 0 \text{ kN/m}^2$
2	$q_{erabil,2}^{\perp} = 0'4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 46'52^{\circ} \cdot \cos 46'52^{\circ} \rightarrow q_{erabil,2}^{\perp} = 0'189 \text{ kN/m}^2$ $q_{erabil,2}^{\parallel} = 0'4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 46'52^{\circ} \cdot \sin 46'52^{\circ} \rightarrow q_{erabil,2}^{\parallel} = 0'199 \text{ kN/m}^2$

**ELURRA**

Elurraren indarra proiektzio horizontalean denez, lehenengoz estalkirean gainean proiektatu beharko da:

$$q_{elur, proiekt.horiz} = 0'5 \text{ kN/m}^2$$

Berrito ere, estalkia 46'52° malda duenez, elurraren indarra bere osagai paralelo eta elkartutean banatuko da:

1	$q_{elurra,1}^{\perp} = 0'5 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \cos 0^{\circ} \rightarrow q_{elurra,1}^{\perp} = 0'5 \text{ kN/m}^2$ $q_{elurra,1}^{\parallel} = 0'5 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 0^{\circ} \cdot \sin 0^{\circ} \rightarrow q_{elurra,1}^{\parallel} = 0 \text{ kN/m}^2$
---	---

$$2 \quad \left. \begin{aligned} q_{elurra,2}^{\perp} &= 0'5 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 46'52^{\circ} \cdot \cos 46'52^{\circ} \rightarrow q_{elurra,2}^{\perp} = 0'236 \text{ kN/m}^2 \\ q_{elurra,2}^{\parallel} &= 0'5 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos 46'52^{\circ} \cdot \sin 46'52^{\circ} \rightarrow q_{elurra,2}^{\parallel} = 0'249 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \right\}$$

### HAIZEA

Haizeak gainazalarekiko elkartzut jotzen du beti, hortaz, haizearen kasuan bakarrik indar perpendikularra agertuko da eta paraleloa nulua izango da. Gainera, haizeak bi norabide izan dezake, izan ere, gora (xurruptatu) edo behera (presioa) izan daitekeelako.

Taula 3.44 - Jolastokiaren estalkiaren gaineko haizearen indarrak

ZONALDEA	NORABIDEA	KARGAREN BALIOA
A	BEHERA	$q_{H\downarrow}^A = 1'272 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^A = -1'491 \text{ kN/m}^2$
B	BEHERA	$q_{H\downarrow}^B = 2'075 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^B = -2'037 \text{ kN/m}^2$
C	BEHERA	$q_{H\downarrow}^C = 1'709 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^C = -1'529 \text{ kN/m}^2$
D	BEHERA	$q_{H\downarrow}^D = 0'508 \text{ kN/m}^2$
	GORA	$q_{H\uparrow}^D = -2'184 \text{ kN/m}^2$

Ikusi daitekenez, hauek izango dira haizeak eragingo dituen indar maximoak estalkiaren gainean:

$$q_{H\downarrow}^B = 2'075 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{H\uparrow}^D = -2'184 \text{ kN/m}^2$$



### 3.4.1.2 INDARREN KONBINAKETAK

Behin datu guztiak izanda, erabakitako estalkia baliagarria den jakiteko, azken muga egoerako hipotesi konbinazio kritikoak aztertuko dira, "Taula 3.26 - Azken Muga Egoeran aztertuko diren hipotesi konbinazioak" taulan daudenak, bereziki.

Gainera, hipotesi konbinazio bakoitza puntu desberdinetan aztertu da: beheranzko indarrak kaltegarriak direnean (1. 3. eta 4. hipotesi konbinazioak), lehenengo puntuko kargak hartuko dira kontuan (malda horizontaleko indarrak), horrela agertzen den beheranzko indar perpendikularra maximoa izango da. Bestalde, goranzko indarrak kaltegarriak direnean (2. hipotesi konbinazioa) malda maximoko puntuko indarrak aplikatuko dira, izan ere, agertzen den goranzko indar perpendikularra maximoa izango delako.

<b>1. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_{EG} \cdot Q_{EG}</math></b>	<b>Berezko Pisua + Erabilera</b>
$\perp \rightarrow 1'35 \cdot 0'05 + 1'5 \cdot 0'4 = 0'668 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 1'35 \cdot 0'03 + 1'5 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$	
<b>2. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\uparrow}</math></b>	<b>Berezko Pisua + Haizea Gora</b>
$\perp \rightarrow 0'8 \cdot 0'034 + 1'5 \cdot (-2'184) = -3'249 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 0'8 \cdot 0'036 + 1'5 \cdot 0 = 0'029 \text{ kN/m}^2$	
<b>3. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_H \cdot Q_{H\downarrow} + \gamma_E \cdot \psi_{0,E} \cdot Q_E</math></b>	<b>Berezko Pisua + Haizea Behera + Elurra</b>
$\perp \rightarrow 1'35 \cdot 0'05 + 1'5 \cdot 2'075 + 1'5 \cdot 0'5 \cdot 0'5 = 3'555 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 1'35 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0'5 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$	
<b>4. <math>\gamma_{BP} \cdot G_{BP} + \gamma_E \cdot Q_E + \gamma_H \cdot \psi_{0,H} \cdot Q_{H\downarrow}</math></b>	<b>Berezko Pisua + Elurra + Haizea Behera</b>
$\perp \rightarrow 1'35 \cdot 0'05 + 1'5 \cdot 0'5 + 1'5 \cdot 0'6 \cdot 2'075 = 2'685 \text{ kN/m}^2$ $\parallel \rightarrow 1'35 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0 + 1'5 \cdot 0'6 \cdot 0 = 0 \text{ kN/m}^2$	

Hortaz, taula honetatik, estalkiaren gainean norabide perpendikularrean agertzen diren bi norabidetako (gora eta behera) indar maximoak atera ditzakegu:

$$q_{max}^{\downarrow} = 3'555 \text{ kN/m}^2 \rightarrow q_{max}^{\downarrow} = 362'4 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{max}^{\uparrow} = -3'249 \text{ kN/m}^2 \rightarrow q_{max}^{\uparrow} = -329'25 \text{ kg/m}^2$$

### 3.4.1.3 EMAITZA

Indarrak "Danpal"-ren estalkiarekin konparatzen baldin bada (Taula 3.43), argi ikusten da petralen arteko distantzia 3'1 metrokoa izan daitekeela 4 kN metro karratuko karga batekin. Agertutako kargak txikiagoak direnez, petralen arteko distantzia 3 metrotakoa hartzea erabaki da.

$$\begin{aligned}q_{max}^{\downarrow} &= 3'555 \text{ kN/m}^2 < q_{Danpalon}^{\downarrow} = 4 \text{ kN/m}^2 \\q_{max}^{\uparrow} &= -3'249 \text{ kN/m}^2 < q_{Danpalon}^{\uparrow} = -4 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

## 3.4.2 KALKULU PROGRAMA

Jolastokiaren estruktura kalkulatzeko zenbait programa erabiliko dira, bere egituratze eta funtzionamendu aproposa bermatzeko. Alde batetik, 3.4 atalean azaldutako geometria Autocad programaren bitartez definituko da, gero estrukturaren dimentsionamendurako pentsatuta dagoen programara hori eramateko, Cype 3D.

### 3.4.2.1 ESTALKIAREN GEOMETRIA

Esan bezala, geometria nagusia (Irudia 3.8 - Jolastokiaren estalkiaren kota orokorrak), Autocad programan sartua izan da, puntu eta marren bidez. Gero, fitxategia (edo artxiboa) marrazketa formatuarekin (.dxf edo .dwg) esportatua izan da, Cype 3D (estruktura programa) irakurtzeko gai izan zitezen.

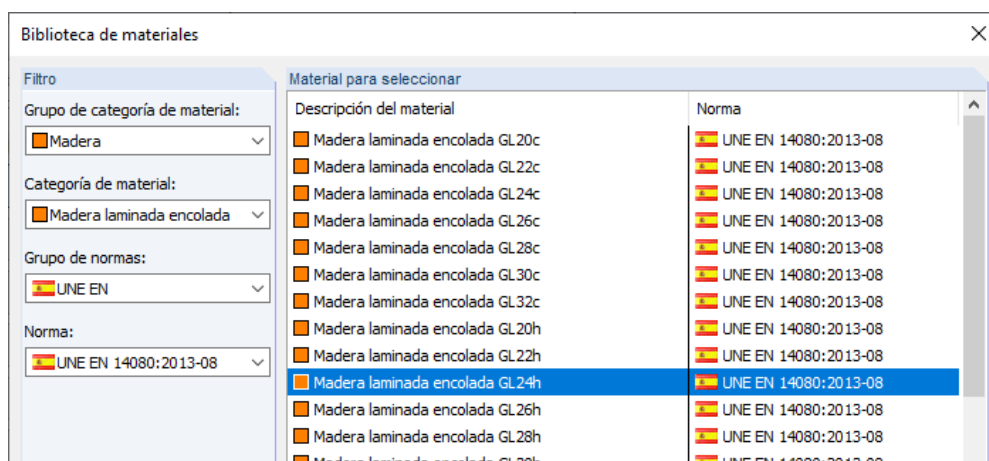
### 3.4.2.2 BARREN SARRERA

Behin Cype 3D-n puntuak jarrita, kanpokoaldearekin kontaktuan dauden barra eta puntuak sartu dira. Horretarako, barrak sortzeko beharrezkoa izango den materiala hautatu da:

- Todo
- Madera de coníferas
- Madera de frondosas
- Madera laminada encolada
- Madera microlaminada (LVL)
- Tablero contrachapado
- Tablero de virutas orientadas (OSB)
- Tablero de partículas
- Tablero de fibras
- Placa de yeso laminado
- Madera (Norteamérica)
- Madera (Sudáfrica)

Irudia 3.101 - Eraikuntzetan erabiltzen diren zur mota desberdinak

Aztertzen ari den kasuan, 24 N/mm<sup>2</sup>-ko erresistentzia duen zur ijestu kolatu homoginoa erabiliko da, UNE arauak 14080: 2013-08-n ezartzen duen bezala.



Irudia 3.102 - Zur ijestu kolatu homogineoaren aukeraketa

Beraz, ikusi den bezala, jolastokiko petralentzako, zur ijestu kolatu homogineoko habe laukizuzenak erabiliko dira, honako eraikuntza motetarako emaitza onak ematen dituelako. Gainera, zuraren klase erresistentea GL24h izango da, izan ere, Euskal Herrian landatzen diren

eraikuntzetarako zuhaitzak pinudietatik ateratzen dira, klase erresistente hori dutena. Hauek dira material honen ezaugarri orokorrak:

Taula 3.45 - Zur ijertzutako kolatu homogeneoko ezaugarriak, GL24h

Propiedades		GL24h	Clase Resistente		
			GL28h	GL32h	GL36h
<b>Resistencia (característica), en N/mm<sup>2</sup></b>					
- Flexión	$f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
<b>Rigidez, en kN/mm<sup>2</sup></b>					
- Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 <sup>o</sup> -percentil	$E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio	$G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
<b>Densidad, en kg/m<sup>3</sup></b>					
Densidad característica	$\rho_{g,k}$	380	410	430	450

Zur ijertzutako kolatua lortzeko, erresistentzia mota berezi bateko oholak elkartu behar dira itsasgarri baten bidez. Horrela, zabalera bereko oholak bata bestearen gainean jarrita, kantoi handiak lor daitezke, hots, jolastokiaren egitura, adibidez. Bestalde, zur ijertzutako kolatua homogeneoa edo konbinatua izan daiteke, hau da, taula guztiak erresistentzia-mota berekoak eta berdinak (homogeneoak) edo, aldiz, mota desberdinetakoak eta alderatuak (konbinatua) izan daitezke (Taula 3.46). Kasu honetan, zur ijertzutako kolatua homogeneoa erabiliko da, geruza guztiek erresistentzia bera berdina dezaten.

Taula 3.46 - Zur ijertzutako laminatuko klase erresistente minimoa

Madera laminada encolada homogénea	Clases resistentes		
	GL24h	GL28h	GL32h
- Todas las láminas	C24	C30	C40
<b>Madera laminada encolada combinada</b>	<b>GL24c</b>	<b>GL28c</b>	<b>GL32c</b>
- Láminas externas <sup>(1)</sup>	C24	C30	C40
- Láminas internas	C18	C24	C30

Beste alde batetik, zura zerbitzu mota baterako pentsatuta egon beharko litzateke; izan ere, bere kokapenaren ingurumen baldintzek haren balio-bizitza definitu eta eragingo baitute. Artziniegako egitura honetan, bigarren motako zerbitzurako gaitasuna erabiliko da, neguko hezetan erlatibo %85 baino handiagoa izan ahal daitekeelako.

**2.2.2.2 Clases de servicio**

- 1 Cada elemento estructural considerado debe asignarse a una de las clases de servicio definidas a continuación, en función de las condiciones ambientales previstas:
  - a) clase de servicio 1. Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 65% unas pocas semanas al año.
  - b) clase de servicio 2. Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 85% unas pocas semanas al año.
  - c) clase de servicio 3. Condiciones ambientales que conduzcan a contenido de humedad superior al de la clase de servicio 2.

**Irudia 3.103 - Zerbitzu klase desberdinen deskripzioa**

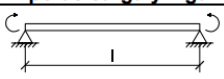
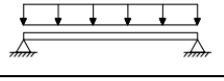
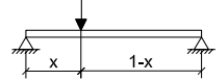
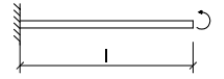
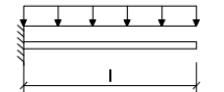
Erabiliko den zura argitu ondoren, portikoak eta petralak jartzeko momentua heldu da. Horrez gain, gilbordurako eta alboko gilbordurako luzerak definituko dira baita ere.

**GILBORDURA**

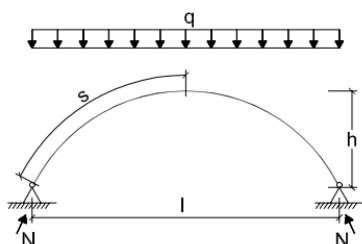
Osagai konprimitu lerdenetan eman daitekeen fenomeno da gilbordura, zein konpresioaren norabiderako zeharkako desplazamenduak agertzen den.

Gilbordura jolastokiko petraletan, zutabeetan eta portikoetan nabaritu izango da, baina, gehienbat, portikoetan. Portikoetan gilbordura fenomeno emango da, hauek konpresioan daudenean. Hala ere, portikoak duen forma makurraren eta kargaren norabideen ondorioz, zaila da kalkulatzeko zein izango litzatekeen erabili beharreko gilborduraren luzera zuzena.

**Taula 3.47 - Gilbordura luzeraren koefizientea,  $\beta_v$**

Tipo de carga y viga	$\beta_v = L_{ef} / L$
	$\beta_v = 1,00$
	$\beta_v = 0,95$
	$\beta_v = 0,8/\alpha$ $\alpha = 1,35 - 1,4 x(L - x)/L^2$
	$\beta_v = 2,00$
	$\beta_v = 1,20$

Arco biarticulado o triarticulado de sección constante.



$l_k = \beta \cdot s$  para  $0,15 \leq h/l \leq 0,50$

siendo:

$\beta = 1,25$

(forma modal asimétrica de pandeo)

Hala ere, "Eraikigintzaren Kode Teknikoa – Egurra" dokumentuak sekzio konstanteko portiko zein petral biartikulatuetara egiten die erreferentzia, Taula 3.47-an ikus daitekeenez.

Gilbordura luzeraren koefizientea definitu ondoren, zurezko elementu guztiak haien berezko neurri eta koefizienteekin baliozkotuko dira.

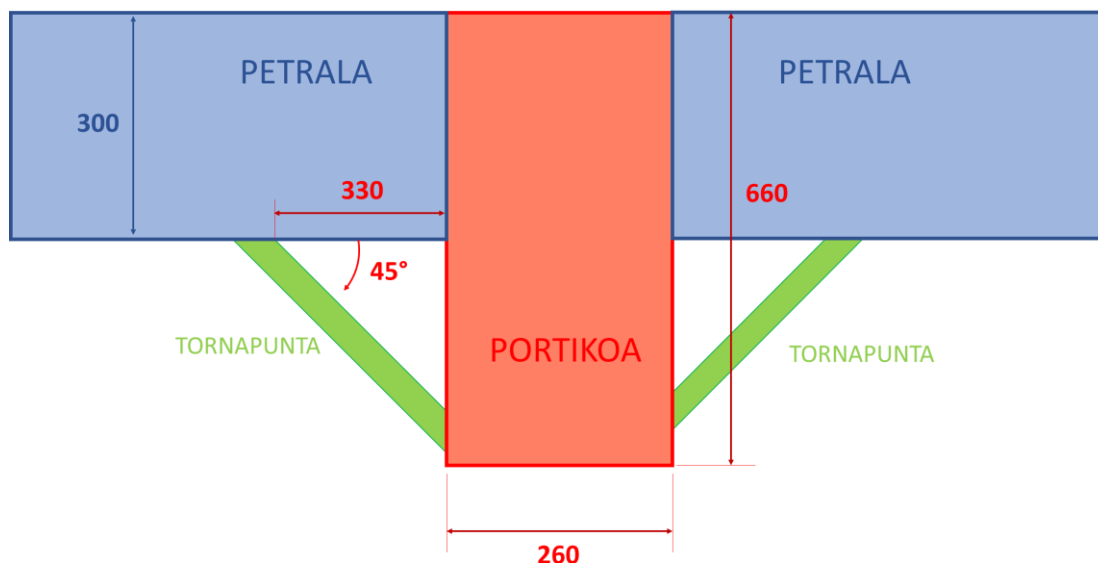
Taula 3.48 - Elementu desberdinen gilbordura luzera

ELEMENTUA	LUZERA	GILBORDURA LUZERAREN KOEFIZIENTEA	GILBORDURA LUZERA
Petralak	3 m	0'95	2'85 m
Zutabeak	7 m	1'20	8'4 m
Portikoak	$30/2 = 15$ m	1'25	18'75 m

### ALBOKO GILBORDURA

Alboko gilbordura elementuaren zati bat konpresioan dagoenean gertatzen da, eta, ondorioz, elementu hori iraultzearen eta ardatzaren inguruan biratzearen joera izan dezake. Egoera hipotetiko horretan, konpresio egoeran dagoen zati horrek kolapsoa izan dezake gilbordurak eraginda. Egoera hori konpontzeko, tornapuntak erabiliko dira, alboko gilborduraren luzera eta, oro har, alboko gilbordura emateko aukerak nabarmenki murrizteko.

Portikoetan tornapuntak erabiliko dira hauek petral batekin gurutzatzen diren bakoitzean. Horrela, alboko gilborduraren luzera 3 metroraino murriztuko da, hots, petralen artean dagoen distantzia.



Irudia 3.104 - Tornapunten diagrama petral eta portikoen artean

Tornapuntak 50 x 50 mm-ko zurezko profilak izango dira. Elementu hauek ez dira dimentsionatu behar, haien helburu bakarra portikoak beren lekuan mantentzea baita, luzetarako desplazamenduak saihestuz. Petralarekiko 45°-ko angelua izango dute eta petralean finkatuko dira portikotik 330 mm-ra, Irudia 3.104-an ikus daitekeen bezala.

Hauek portiko eta petraletara finkatuko dira Anker  $\varnothing 4 \times 75$  hiltzeak erabiliz, ez baitute kargarik jasango.



### 3.4.2.3 KARGEN SARRERA

Kargak Cype "CYPE 3D" moduluan sartu dira zuzenean. Modulu horretan, barrak definitu ondoren, barrak aplikatzeko hormatalak eta gainazaleko kargak esleitu dira.

Hauek gehitu aurretik, ekintza bakoitzari iraupen mota bat atxikitu behar izan zaio, Eraikigintzaren Kode Teknikoak dioen bezala.

Taula 3.49 - Akzioen iraupen klasea

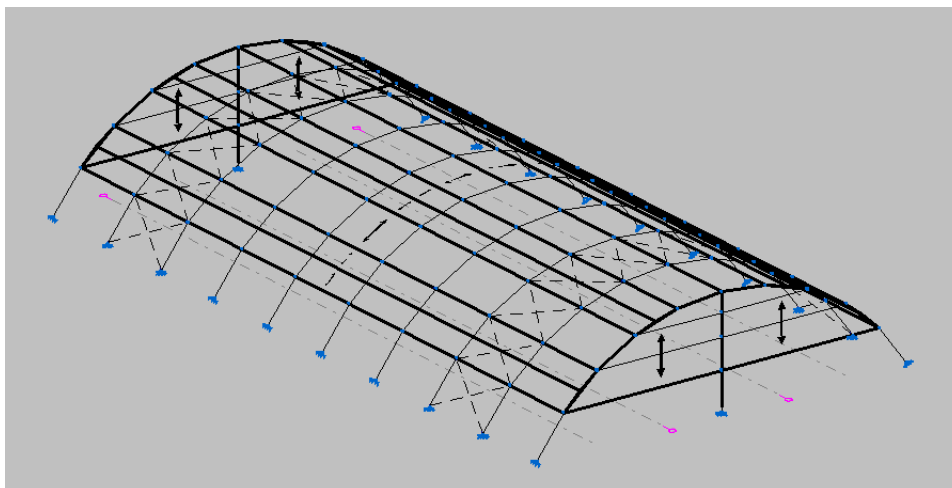
Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
<b>Permanente</b>	más de 10 años	Permanente, peso propio
<b>Larga</b>	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
<b>Media</b>	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
<b>Corta</b>	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
<b>Instantánea</b>	algunos segundos	sismo

Azkenik, garrantzitsua da zehaztea gainazaleko kargak hormatalen azpian egon behar direla beti. Horrek esan nahi du, gainazaleko karga guztiak zapi bat dagoen lekuetan aplikatu beharko direla.

#### HORMATAL (PAÑOS)

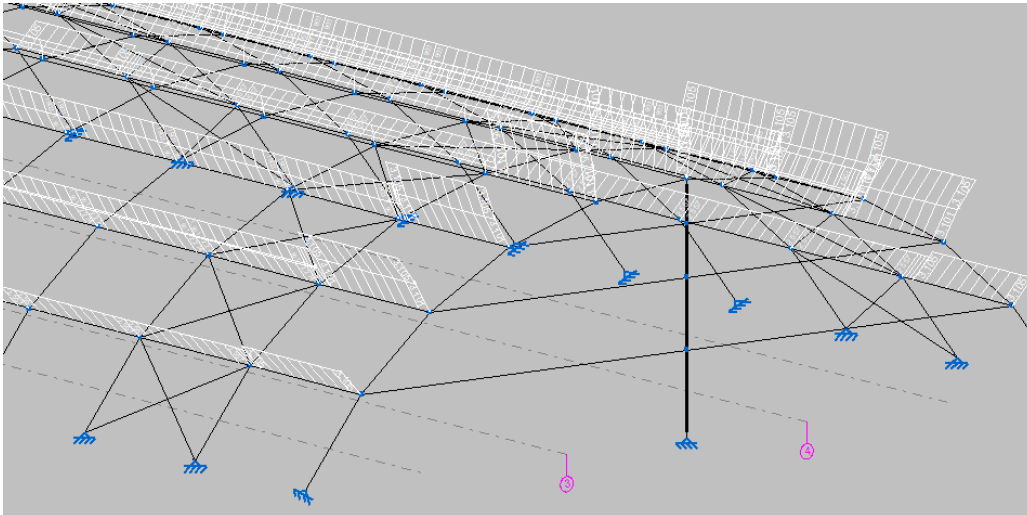
Hormatalak hainbat ekintza motatako kargak sartzeko aukera ematen duten gainazalak dira, zein, gainera, kargak erabiltzaileek aurretik zehaztutako helbide batean banatu ditzaketen.

Hormatalak lauak izan behar dira, ezin dira hormatal kurboak egin. Horregatik, jolastokiaren eraikinean hormatalak jarriko dira petralaren eta petralaren artean, Irudia 3.105-an ikus daitekeen bezala.



Irudia 3.105 - Jolastokiaren hormatalen kokapena

Hormatalen norabidea zuzen zehaztea garrantzitsua da; izan ere, horren arabera kargak norabide batera edo bestera transmitituko baitira. Kasu honetan, estalkia dimentsionatu nahi diren petralaren gainean kokatzen denez eta hauek portikoekiko perpendikularrak direnez, kargak lehenbizi petraletara eta, geroago, portikoetara transmitituko dira, Irudia 3.106-an erakusten den moduan.



**Irudia 3.106 - Indarren transmisioa petraletara hormatalen norabidearen arabera**

Gainera, hormataletan erabat bertikalak diren kargak sartuko dira, hala nola estalkiaren berezko pisua, erabileraren gainkarga eta elurra. Bestalde, kontuan hartu behar da EKTren arabera, elurrak 3 ekintza mota ezberdinak izango dituela, eta ekintza horiek, lehenik, hegal batean aplikatuko direla, gero bestean, eta, azkenik, bi isurialdeetan (Irudia 3.14 - Elurraren akzioaren aplikazio grafikoa). Hauek ez dira aldi berean gertatuko; hau da, ez dira konkomitanteak izango.

Actúa	Hipótesis adicionales	Editar	Borrar
✓	N Todo		
✓	N 1 Faldon		
✓	N 2 Faldon		

Combinatoria			
Hipótesis	N Todo	N 1 Faldon	N 2 Faldon
<b>N Todo</b>		✗	✗
<b>N 1 Faldon</b>			✗
<b>N 2 Faldon</b>			

Combinables  
 No combinables

**Irudia 3.107 - Elurraren hipotesi akzio desberdinen konbinazioa**

### CARGAS SUPERFICIALES

Gainazaleko kargak ezin hobeak dira haizearen akzioa aplikatzeko, ipintzen diren hormatalearekiko era perpendikularrean aplikatzen baitira. Gainera, hormatal berean tamaina eta karga desberdineko gainazaleko kargak sartzea ahalbidetzen dute, Eraikigintzaren Kode Teknikoak ezarritako haize eremuak zehazteko aproposa dena.

Aurretik aipatu den bezala, haizearen akzioa kalkulatu da, presioan eta xurgapenean. Horrez gain, haizeak bi isurialdeen gainean duen egoera aztertuko da. Haizeak hegal bakar bati eragiten dio, eta horrek haizearen hiru akzio eragiten ditu xurgapenaren eraginez, eta beste hiru presioaren eraginez. Are gehiago, portiko hastialetan haizearen eragina ere agertzen da, bere norabidearen arabera aldatzen dena: (i) haizeak  $0^\circ$ -ra jotzen duenean eta (ii) honek  $90^\circ$ -ra jotzen duenean. Hori guztia dela era, hurrengoko haizearen akzioak hartu dira kontuan:

Actúa	Hipótesis adicionales	Editar	Borrar
✓	Haizea Behera G		
✓	Haizea Behera 1		
✓	Haizea Behera 2		
✓	Haizea Gora G		
✓	Haizea Gora 1		
✓	Haizea Gora 2		
✓	Haizea 0°		
✓	Haizea 90°		

**Irudia 3.108 - Haizearen akzioaren hipotesi desberdinen sarrera**

Elurrak ez bezala, haizearen bi akzio eman daitezke aldi berean, zeren eta portiko hastialetan aplikatzen den haizea ez baita estalkian aplikatzen denarekiko independentea. Beraz, hauek dira gerta daitekeen konbinazioak (Taula 3.50):

**Taula 3.50 - Haizearen eraginaren konbinazioak**

KONBINAZIOA	TEILATUAN						HORMETAN	
	BEHERA			GORA			0°	90°
	Guztia	1. ura	2. ura	Guztia	1. ura	2. ura		
1	x							
2		x						
3			x					
4				x				
5					x			
6						x		
7							x	
8	X						x	
9		X					x	
10			X				x	
11				X			x	
12					x		x	
13						x	x	
14								x
15	x							x
16		x						x
17			x					x
18				x				x
19					x			x
20						x		x

#### 3.4.2.4 HIPOTESI KONBINAZIOEN SARRERA

Cype 3D-ek zuzenean kalkulatu ditu azken mugako egoeraren eta sartutako ekintzetarako zerbitzuaren muga egoeraren konbinazio guztiak. Cype 3D-ek egingo dituen konbinazioak “3.2.3 INDARREN ARTEKO KONBINAKETAK” atalean azalduko dira.

Garrantzitsua da aipatzea sartutako haize eta elur akzioak ez direla aldi berean gertatzen, hau da, ezin direla bi haize-karga egon (estalkian eta horma hastialean izan ezik), ez eta aldi bereko elurra hipotesi-konbinazio batean ere.

### 3.4.2.5 KONPROBAZIOAK

Petralen, portikoen eta arriostamenduen egiaztapenak Cype 3D kalkulu programak eginen ditu. Hala ere, Cypek azken muga egoeraren konbinazioekin egiten dituen egiaztapenak azaltzen dira hemen, zeintzuk bi helburu nagusi dituzte: alde batetik, sekzioen erresistentzia balioztatzea eta, bestetik, barren erresistentzia konprobatzea. Gainera, gehieneko geziak ere baliozkotuko dira, zerbitzuaren muga egoera ez gainditzeko.

#### TENTSIOAK

- **MAKURDURA DESBIDERATUA**

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (14)$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (15)$$

Non,

- $\sigma_{m,y,d}$  → Y ardatzarekiko makurdurako kalkulu tentsioa den.
- $\sigma_{m,z,d}$  → Z ardatzarekiko makurdurako kalkulu tentsioa den.
- $f_{m,y,d}$  → Y ardatzarekiko zur ijestu kolatuaren erresistentzia makurdurarekiko den.
- $f_{m,z,d}$  → Z ardatzarekiko zur ijestu kolatuaren erresistentzia makurdurarekiko den.
- $k_m$  → Zeharkako sekzioan tentsio banaketaren eta materialaren homogeneousutasun ezaren eragina kontuan hartzen duen faktorea den.

Aukeratutako zur ijestu kolatuaren erresistentzia balioetik kalkulu balioa aterako da, izan ere, Cypek egingo dituen kalkulu guztiak balio honekin egingo direlako. Kalkulu balio berri hau erabiliko da sekzioa onargarria den edo ez aztertzeko.

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k} \cdot k_h}{\gamma_M} \quad (16)$$

Non,

- $f_{m,y,d}$  → Makurdurarekiko kalkulu erresistentzia balioa den.
- $f_{m,g,k}$  → Makurdurarekiko erresistentzia bereizgarriaren balioa den (Taula 3.45).
- $k_{mod}$  → Modifikatzaile faktorea, karga-konbinazioen iraupen motaren eta zerbitzu motaren arabera dena (Taula 3.53).
- $k_h$  → Erresistentziaren korrekzio faktorea dena (Taula 3.51).
- $\gamma_M$  → Segurtasun koefiziente partziala dena (Taula 3.52).

Jolastokiaren eraikinaren kasuan zur ijestu kolatuko GL24h klase erresistentea erabiliko denez, honako hau lortzen da:

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ N/mm}^2$$

Hala ere, elementuak duen hegalararen altueragatik faktore batengatik biderkatu daiteke haren erresistentzia handitzeko:

Taula 3.51 - Korrekzio faktorea hegalararen altueragatik,  $k_h$

Factor	Aplicación				
de altura	Madera aserrada: canto (mm)	<40	70	100	≥150
	Factor $k_h$ de corrección de $f_{m,k}$ y $f_{t,0,k}$	1,3	1,2	1,1	1,0
	Madera laminada: canto (mm)	<240	300	400	≥600
	Factor $k_h$ corrector de $f_{m,g,k}$ y $f_{t,0,g,k}$	1,10	1,07	1,04	1,00
de volumen	Madera laminada : volumen de la zona afectada (m³)	<0,010	0,015	0,020	0,030
	Factor $k_{vol}$ corrector de $f_{t,90,g,k}$	1,00	0,92	0,87	0,80

Taula 3.52 - Segurtasun koefiziente partziala,  $\gamma_M$

Situaciones persistentes y transitorias:

- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25

Taula 3.53 - Modifikatzaile faktorea,  $k_{mod}$

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1:2016	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080:2013	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada	UNE-EN 14374:2005,	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	UNE-EN 14279:2007+A1:2009	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Beraz, 16. ekuazioa aplikatuz, zur ijestu kolatuaren kalkulu erresistentzia atera daiteke:

$$f_{m,y,d} = 0'9 \cdot \frac{24 \text{ MPa} \cdot 1'07}{1'25} = 18'49 \text{ MPa}$$

Behin zuraren makurdurarekiko erresistentzia definituta egonda, elementuetan agertzen den momentuaren kalkulua egingo da.

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y \cdot h/2}{I_y} \tag{17}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z \cdot b/2}{I_z} \tag{18}$$

Non,

- $M_y$  eta  $M_z \rightarrow$  Y eta Z ardatzetako esfortzu makurtzaile maximoak.
- $I_y$  eta  $I_z \rightarrow$  Y eta Z ardatzetako inertzia momentuak diren.
- $h \rightarrow$  Elementuaren sekzioaren altuera (hegala).
- $b \rightarrow$  Elementuaren sekzioaren zabalera.



Eragindako tentsioak elementuaren sekzioaren eta bere gaineko kargen arabera egongo da definituta, geroago, sekzioaren onargarritasuna frogatzeko.

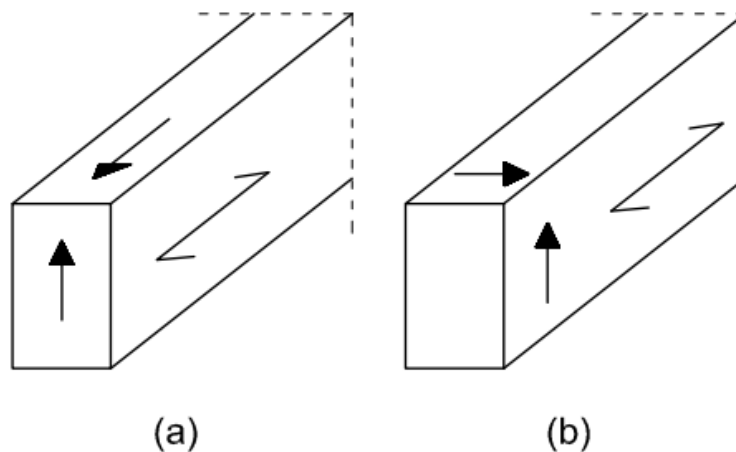
• **EBAKITZAILEA**

$$\tau_{xy} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_y}{A \cdot k_{cr}} \leq f_{v,d} \quad (19)$$

$$\tau_{xz} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_z}{A \cdot k_{cr}} \leq f_{v,d} \quad (20)$$

Non,

- $\tau_{xy}$  eta  $\tau_{xz}$  → Ebakitzailleko kalkulu tentsioa XY eta XZ planoekiko.
- $A$  → Elementuaren sekzioaren azalera den.
- $V_y$  eta  $V_z$  → Y eta Z ardatzetako esfortzu ebakitzailleak diren.
- $k_{cr}$  → Piezaren zabalera eraginkorra den (Taula 3.54).
- $f_{v,d}$  → Zur ijertzutako kolatuaren erresistentzia ebakitzaille paraleloarekiko den.



Irudia 3.109 - Tentsio ebakitzailleak. a) ebakidura paraleloan. b) ijeketa

Momentu makurtzailearen kalkuluan egin den bezala, zuraren elementuaren erresistentzia indar ebakitzaillearen aurka kalkulatu beharko da:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} \quad (21)$$

Non,

- $f_{v,d}$  → Indar ebakitzaillearekiko kalkulu erresistentzia balioa den.
- $f_{m,g,k}$  → Ebakitzaillearekiko erresistentzia bereizgarriaren balioa den (Taula 3.45).
- $k_{mod}$  → Modifikatzaile faktorea, karga-konbinazioen iraupen motaren eta zerbitzu motaren arabera dena (Taula 3.53).
- $\gamma_M$  → Segurtasun koefiziente partziala dena (Taula 3.52).

$$f_{m,y,d} = 0'9 \cdot \frac{2'7 \text{ MPa}}{1'25} = 1'944 \text{ MPa}$$

Beraz, agertzen diren tentsio ebakitzaila guztiak 1'944 MPa baino txikiago izan beharko dira balioztatzeko.

Bestalde, zuraren barnealdean egon daitezkeen bendengatik, korrekzio faktore batengatik biderkatu beharko da azalera, izan ere, sekzio guztia ez duelako esfortzu ebakitzaila jasaten.

Taula 3.54 - Elementuaren zabalerarako korrekzio faktorea,  $k_{cr}$

$k_{cr} = 0,67$	para la madera maciza
$k_{cr} = 0,67$	para la madera laminada encolada
$k_{cr} = 1,0$	para otros productos derivados de la madera de acuerdo con las normas UNE-EN 13986:2006+A1:2015 y UNE-EN 14374:2005.

### ALBOKO GILBORDURA

Alboko gilbordura egiaztatzeko, lehenik eta behin, lerdentasun erlatiboa kalkulatu beharko da, izan ere, EKT-ak esaten duen bezala, lerdentasun erlatiboa 0'75 baino txikiago bada, ez da beharrezkoa izango alboko gilbordura konprobatzea.

Taula 3.55 - Alboko gilborduraren aplikazioa lerdentasun erlatiboaren arabera

#### 6.3.3.3 Comprobación de piezas de directriz recta y sección constante

- 1 La comprobación a vuelco lateral no será necesaria en vigas que cumplan la condición

$$\lambda_{rel,m} \leq 0,75$$

- 2 Vuelco lateral en flexión simple.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} \quad (6.40)$$

siendo:

$\sigma_{m,d}$  tensión de cálculo a flexión;

$f_{m,d}$  resistencia de cálculo a flexión;

$k_{crit}$  coeficiente de vuelco lateral, obtenido a partir de las expresiones siguientes:

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} \quad \text{para } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \quad (6.41)$$

$$k_{crit} = 1/\lambda_{rel,m}^2 \quad \text{para } 1,4 < \lambda_{rel,m}$$

#### • LERDENTASUN ERLATIBOIA

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{y,el}}{M_{y,crit}}} \quad (22)$$

Non,

- $\lambda_{rel,m}$  → Albo gilbordurako lerdentasun erlatiboa dena.
- $f_{m,k}$  → Makurdurarekiko erresistentzia karakteristiko.
- $W_{el}$  → Sekzioaren modulu erresistente elastikoa.
- $M_{crit}$  → Momentu kritiko elastikoa dena.

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}} \quad (23)$$

Non,

- $M_{crit}$  → Momentu kritiko elastikoa dena.
- $E_{0,k}$  → Luzetarako modulu elastiko karakteristikoa dena.
- $G_{0,k}$  → Zeharkako modulu elastiko karakteristikoa dena.
- $I_z$  → Ardatz ahularekiko inertzia momentua dena.
- $I_{tor}$  → Tortsio modulua dena.
- $L_{ef}$  → Elementuaren alboko iraultetaren luzera eraginkorra den.

$$L_{ef} = \beta_v \cdot L \quad (24)$$

Non,

- $L_{ef}$  → Elementuaren alboko iraultetaren luzera eraginkorra den.
- $\beta_v$  → Karga baldintzen eta muturren arabera koefizientea dena (Taula 3.47).
- $L$  → Elementuaren luzera den.

EKTko DB - SE - M dokumentuko “6.3.3.3 Sekzio konstanteko eta zuntz zuzeneko piezen konprobaketa” ataleko 1. puntuaren arabera, lerdentasun erlatiboaren balioa 0’75 baino txikiago bada, ez da beharrezko alboko iraultetaren egiaztapena egitea.

### GEZIA

Zerbitzu Muga Egoeren ondorioz elementuetan agertzen den gezia onargarria izateko (12) formula erabiliko da. Kontuan hartu beharko da, kalkulu programak kalkulatu dituen desplazamenduak bi norabidetan izango direla, hortaz, kontuan hartu beharko da:

$$\delta_T = \sqrt{\delta_{//}^2 + \delta_{\perp}^2} \quad (25)$$

Non,

- $\delta_T$  → Elementuaren gezi maximoa
- $\delta_{//}$  → Elementuaren gezi maximoa norabide paraleloan
- $\delta_{\perp}$  → Elementuaren gezi maximoa norabide perpendikularrean.

Eraikigintzaren Kode Teknikoko DB - SE - M dokumentuko 7. atalean, zur elementuetan zerbitzu muga egoeren aplikazioaren azalpena dator. Hortxe, azterketa puntuaren arabera deformazio atzeratua kalkulatu behar da:

$$\delta_{dif} = \delta_{ini} \cdot \Psi_2 \cdot k_{def} \quad (26)$$

Non,

- $\delta_{dif}$  → Elementuaren deformazio atzeratua.
- $\delta_{ini}$  → Elementuaren desplazamendu elastikoa.
- $\Psi_2$  → Aldiberekotasun koefizientea dena (Taula 3.25).
- $k_{def}$  → Fluentzia faktorea den, zerbitzu klasearen menpe dagoena.

Taula 3.56 - Fluentzia faktorea,  $k_{def}$ 

Material	Tipo de producto	Clase de servicio		
		1	2	3
Madera maciza		0,60	0,80	2,00
Madera laminada encolada		0,60	0,80	2,00
Madera microlaminada (LVL)		0,60	0,80	2,00
Tablero contrachapado	UNE-EN			
	636:2012+A1:2015			
	Parte 1	0,80	-	-
	Parte 2	0,80	1,00	-
Tablero de virutas orientadas (OSB)	UNE-EN 300:2007			
	OSB/2	2,25	-	-
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	-
Tablero de partículas	UNE-EN 312:2010			
	Parte 4	2,25	-	-
	Parte 5	2,25	3,00	-
	Parte 6	1,5	-	-
	Parte 7	1,50	2,25	-

### SUTEAREN AURKAKO ERRESISTENTZIA

Proiektu honetako jolastokiaren egitura zurezkoa da. Eraikigintzaren Kode Teknikoko “Suteen Aurkako Segurtasuneko Oinarrizko Dokumentua (DB - SI)” jarraituz, zurezko elementu bakoitzaren kalkulu erresistenteak egingo dira. Erabiliko den metodoa txikitutako azaleraren metodoa izango da.

#### • TXIKITUTAKO AZALERAREN METODOA

Zurezko eraikuntza batean sua agertzen bada, elementuen azalera txikituz joango da, izan ere, erabilgarria den azalera txikiago bihurtzen delako, barraren inertzia ere txikituz. Hasteko, elementuko sekzioaren azalera ikaztutako sakontasun eraginkorra kendu behar zaio agerian dauden aldeei, formula hau kontuan izanik:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 \quad (27)$$

Non,

- $d_{ef}$  → Ikaztutako sakontasun eraginkorra den.
- $d_{char,n}$  → Ikaztutako sakontasun izendatua den.
- $k_0$  → Unitateko balioa hartzen duena 20 minutu edo gehiagoko t denboretarako.
- $d_0$  → 7 mm-ko balioa hartzen duena.



Hau guztia jakinda, ikaztutako sakontasun eraginkorra kalkulatu daiteke elementu guztientzako. Komentatu denez, jolastokiaren eraikina 30 minutuko sutea eutsi beharko du, hortaz:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0'7 \cdot 30 = 21 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = 21 + 1 \cdot 7 = 28 \text{ mm}$$

Hori dela eta, egitura osatzen duten zurezko elementu guztiei 28 mm kendu beharko zaie suak erre duen alde bakoitzeko. Kasu honetan, segurtasunaren aldetik aztertzeke, elementu guztien sekzioa laburtu egingo da, suak elementuaren alde guztietatik eraso egingo balu bezala.

Taula 3.58 – Txikitutako azaleraren metodoarekin ateratako ikaztutako sekzioa

ELEMENTUA	SEKZIOA (mm)	IKAZTUTAKO SAKONERA (mm)	IKAZTU GABEKO SEKZIOA
Petralak	180 X 300	28	124 x 244
Zutabeak	260 x 520	28	204 x 464
Portikoak	260 X 660	28	204 x 604

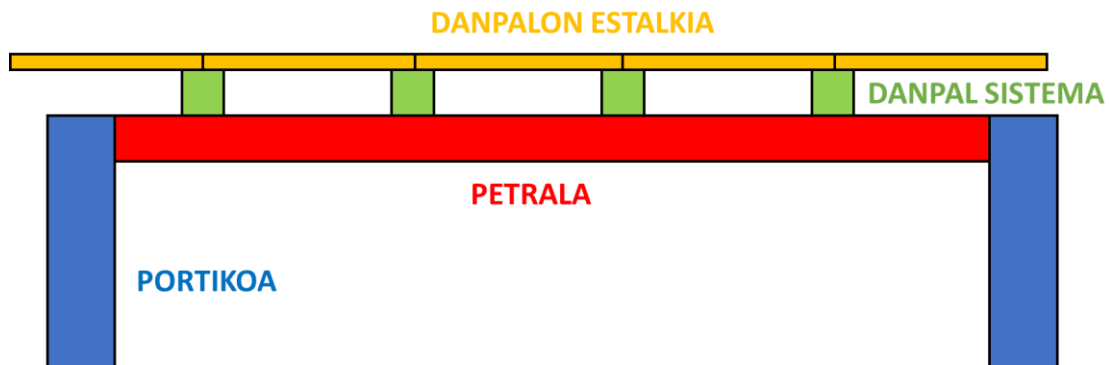
Padel eraikinean bezala, Cype 3D-ri 30 minutuko uraldia esleituko zaio, eta hark beharrezko kalkuluak egingo ditu egiturak neurri egokiak izan ditzan.



### 3.4.3 TEILATUKO PETRALAK

Estalkiari eta horren gainean agertuko diren indar guztiak eusteko erabiltzen diren habeak dira. Hauek portikoekiko norabide perpendikularrean jartzen dira, luzetarako norabidean. Haien helburu nagusia eraikinean agertzen diren akzioak portikoetara transmititzea da. Petralen dimentsionaketa, Cype programarekin egingo da, aurrerago azalduko den bezala.

Zurezko petralak, altzairuzkoak ez bezala, portikoen artean kokatzen dira, barra biartikulatu bat izango balitz bezala, hau da, barrak ez dira jarraituak. Hori dela eta, kalkuluak egiteko petralen luzera 5 metrokoa hartuko da, hau da, portikoen arteko distantzia.



Irudia 3.111 - Petralen dispozizioa portikoen artean

Petralak Cype 3D softwarea erabiliz dimentsionatuko dira, 3.4.2 atalean azaldu den bezala. Indarrak hormatalen gainazaleko karga gisa sartu ondoren, karga guztia petralen artean banatuko da. Horrela, portikoek ez dute estalkitik inolako indarririk jasotzen; hau da, karga guztiak petralen bidez transmititzen dira (Irudia 3.106).

Kalkulatutako indar guztiak Cype programara sartu dira, bereziki, "CYPE 3D" modulura. Hortxe ere, lehenengo iterazio batean zur ijeztu kolatu homogeneoko GL-24h barra aukeratu da, 180x300 sekzioa duena, bereziki.

Aipatu beharra dago, honi 0'95eko gilbordura koefizientea eta 1eko alboko gilbordura koefizientea esleitu zaiola, "Taula 3.47 - Gilbordura luzeraren koefizientea,  $\beta_v$ "-n ondo azaltzen den bezala.

Karga guztiak sartu ondoren, egiaztatu behar da petral guztiek balio dutela azken muga egoera eta zerbitzu muga egoera faktoreen aldetik. Gainera, "comprobar elemento" tresnaren bidez, karga gehien hartuko duten petralak zein diren ikus daiteke. Horrez gain, kargak jasateko elementua zein sekziotik aurrera jasan dezakeen ere adierazten da, zein barraren erresistentzia, sortutako gezia eta suaren akzioa balidatzeko balio duen.

Taula 3.59 - Petral kritikoaren gaineko sekzioaren konprobazioak

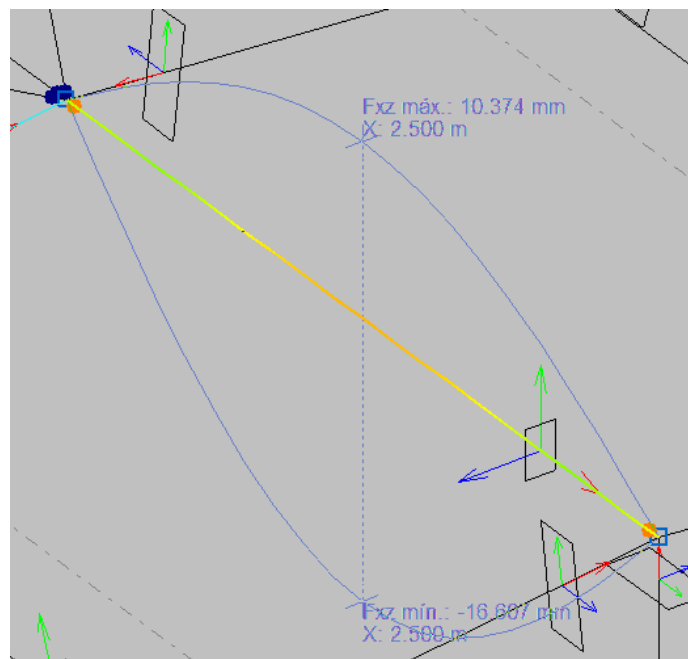
Perfil	Peso	Resistencia	Flecha	Resistencia incendio
✘ GL-160x180	13.25	249.11 %	547.36 %	178.43 %
✘ GL-180x180	14.90	195.38 %	384.43 %	123.31 %
✘ GL-200x180	16.56	157.38 %	280.25 %	90.28 %
✘ GL-220x180	18.22	129.55 %	210.55 %	68.94 %
✘ GL-240x180	19.87	108.95 %	162.18 %	54.37 %
✘ GL-260x180	21.53	93.43 %	127.56 %	43.99 %
✘ GL-280x180	23.18	81.13 %	102.13 %	36.34 %
✔ GL-300x180	24.84	71.21 %	83.04 %	30.71 %
✔ GL-320x180	26.50	63.07 %	68.42 %	26.40 %
✔ GL-340x180	28.15	56.31 %	57.04 %	22.98 %
✔ GL-360x180	29.81	50.70 %	48.05 %	20.21 %
✔ GL-380x180	31.46	45.91 %	40.86 %	17.93 %
✔ GL-400x180	33.12	43.24 %	35.03 %	16.04 %

Sin revestimiento ignífugo

Significado de los iconos

- ✘ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✔ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Bestalde, esfortzu-tresnaren bidez ikus daiteke petral kritikoaren gaineko sekzioaren konprobazioak zein puntutan esfortzu handienak egin behar dituen, eta arestian aipatutako egiaztapenekin kalkulu bat lor daiteke.



Irudia 3.112 - Petral kritikoaren gezi maximoa

Barra N94/N105

<b>Perfil: GL-300x180</b> <b>Material: Madera (GL24h)</b>							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N94	N105	5.000	540.00	40500.00	14580.00	36216.72
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β		0.95	0.95	1.00	1.00	
L <sub>k</sub>		4.750	4.750	5.000	5.000		
C <sub>t</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>t</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b> Resistencia requerida: R30							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	N <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
N94/N105	η = 3.9	η = 8.2	x: 2.5 m η = 67.1	x: 2.5 m η = 4.7	x: 0 m η = 2.5	x: 5 m η = 57.6	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.5 m η = 42.0	x: 2.5 m η = 70.9	x: 2.5 m η = 71.2	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE η = 71.2
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
N <sub>0,d</sub>	N <sub>0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>		
N94/N105	η = 1.4	η = 6.2	x: 2.5 m η = 28.9	x: 2.5 m η = 2.6	x: 0 m η = 0.9	x: 5 m η = 20.6	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 2.5 m η = 17.9	x: 2.5 m η = 30.2	x: 2.5 m η = 30.7	N.P. <sup>(2)</sup>	CUMPLE η = 30.7
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.												

Notación:

- N<sub>0,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
- N<sub>0,d</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
- M<sub>x,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje x
- M<sub>y,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y
- M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje z
- V<sub>y,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje y
- V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje z
- M<sub>x,d</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión esviada
- N<sub>0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
- N<sub>0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
- M<sub>x,d</sub>V<sub>y,d</sub>V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante y torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea0°.

Donde:

 $\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.50} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

 $N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{26.84} \text{ kN}$$

A: Área de la sección transversal

$$A : \underline{540.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{12.73} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{\text{mod}}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{\text{mod}} : \underline{0.90}$$

 $k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.07}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

 $f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 1.4 - 6.3.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaBeheraG+1.5·Haizea90°.

Donde:

 $\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.60} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

A: Área de la sección transversal

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

i: Radio de giro

$$N_{c,0,d} : \underline{32.40} \text{ kN}$$

$$A : \underline{540.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$$

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$\chi_{c,y} : \underline{0.85}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.42}$$

$$k_y : \underline{0.92}$$

$$k_z : \underline{1.64}$$

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.88}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.47}$$

$$E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$\lambda_y : \underline{54.85}$$

$$\lambda_z : \underline{91.41}$$

$$L_{k,y} : \underline{4750.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{4750.00} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{86.60} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{51.96} \text{ mm}$$

Producido por una versión educativa de CYPE

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.671} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBeheraG+0.75·N1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.671 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBeheraG+0.75·N1.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$\eta$  : 0.549 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 12.43 MPa  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 10.16 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^+$  : 33.57 kN·m

$M_{y,d}^-$  : 27.44 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2700.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 18.52 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 300.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 12.43 MPa  
 $\sigma_{m,y,d}^-$  : 10.16 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^+$  : 33.57 kN·m

$M_{y,d}^-$  : 27.44 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2700.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 18.52 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90



Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 300.00 mm

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{crit}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

$k_{crit}$  : 1.00

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$k_{crit} = 1.0$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$\lambda_{rel,m}$  : 0.44

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 2700.00 cm<sup>3</sup>

$M_{crit}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$M_{crit,y}$  : 339.30 kN·m

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 9400.00 MPa

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$G_{0,k}$  : 587.50 MPa

$I$ : Momento de inercia

$I_z$  : 14580.00 cm<sup>4</sup>

$I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión

$I_{tor}$  : 36216.72 cm<sup>4</sup>

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$L_{ef}$  : 5000.00 mm

Producido por una versión educativa de CYPE

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.047 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaBehera1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}$  : 0.90 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}$  : 1.46 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$  : 1620.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}$  : 19.01 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.10}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.025} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.05} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{1.18} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{540.00} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

### Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.576} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N105, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBeheraG+0.75·N1.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{1.12} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo	$V_{z,d} : \underline{27.03}$ kN
$A$ : Área de la sección transversal	$A : \underline{540.00}$ cm <sup>2</sup>
$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	$k_{cr} : \underline{0.67}$
$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d} : \underline{1.94}$ MPa
$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.90}$
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k} : \underline{2.70}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$

### Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.420} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.318} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera1+0.75·N1.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,y,d} : \underline{7.16}$ MPa
	$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.90}$ MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{y,d} : \underline{19.33}$ kN·m
	$M_{z,d} : \underline{1.46}$ kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y} : \underline{2700.00}$ cm <sup>3</sup>
	$W_{el,z} : \underline{1620.00}$ cm <sup>3</sup>
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d} : \underline{18.52}$ MPa
	$f_{m,z,d} : \underline{19.01}$ MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)	$k_{mod} : \underline{0.90}$
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} : \underline{24.00}$ MPa
$k_{h,y}$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y} : \underline{1.07}$
	$k_{h,z} : \underline{1.10}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.709} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.508} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBeheraG+1.5·Haizea0°+0.75·N1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.48} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{26.07} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{540.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{12.43} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{33.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{2700.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1620.00} \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{12.73} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.07}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{18.52} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{19.01} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.07}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$



Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h:** Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**h :** 180.00 mm

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub> :** 1.25

**k<sub>m</sub>:** Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**k<sub>m</sub> :** 0.70

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBeheraG+1.5·Haizea90°+0.75·N1.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η :** 0.673 ✓

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η :** 0.471 ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η :** 0.712 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

**η :** 0.552 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.44) es inferior a 0.75.

Donde:

**σ<sub>c0,d</sub>:** Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**σ<sub>c0,d</sub> :** 0.60 MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

**N<sub>c,0,d</sub>:** Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

**N<sub>c,0,d</sub> :** 32.40 kN

**A:** Área de la sección transversal

**A :** 540.00 cm<sup>2</sup>

**σ<sub>m,d</sub>:** Tensión de cálculo a flexión, dada por:

**σ<sub>m,y,d</sub> :** 12.43 MPa

**σ<sub>m,z,d</sub> :** 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>:** Momento flector de cálculo

**M<sub>y,d</sub> :** 33.57 kN·m

**M<sub>z,d</sub> :** 0.00 kN·m

**W<sub>el</sub>:** Módulo resistente elástico de la sección transversal

**W<sub>el,y</sub> :** 2700.00 cm<sup>3</sup>

**W<sub>el,z</sub> :** 1620.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>c,0,d</sub>:** Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

**f<sub>c,0,d</sub> :** 17.28 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>:** Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

**k<sub>mod</sub> :** 0.90

**f<sub>c,0,k</sub>:** Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

**f<sub>c,0,k</sub> :** 24.00 MPa

**γ<sub>M</sub>:** Coeficiente parcial para las propiedades del material

**γ<sub>M</sub> :** 1.25

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : \underline{18.52}$  MPa  
 $f_{m,z,d} : \underline{19.01}$  MPa

$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$   
 $f_{m,k} : \underline{24.00}$  MPa

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.07}$   
 $k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{300.00}$  mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{180.00}$  mm  
 $\gamma_M : \underline{1.25}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$

$\chi$ : Factor de inestabilidad

$\chi_{c,y} : \underline{0.85}$   
 $\chi_{c,z} : \underline{0.42}$

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$

$\eta : \underline{0.014}$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1+0.5·Haizea0°.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi} : \underline{0.30}$  MPa

$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d} : \underline{8.95}$  kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{302.56}$  cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi} : \underline{20.76}$  MPa

$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_h \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi} : \underline{1.09}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$k_{h,fi} = \min\{(600/h_{fi})^{0.1}; 1.1\}$



onjo por una versión ed

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h_n$ : $\frac{244.00}{}$ mm
$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$ : $\frac{16.50}{}$ MPa
$\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,n}$ : $\frac{1.00}{}$
$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n$ : $\frac{1.15}{}$

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,n}}{f_{c,0,d,n}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,n}}{\chi_{c,y,n} \cdot f_{c,0,d,n}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,n}}{\chi_{c,z,n} \cdot f_{c,0,d,n}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.062} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,n}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d,n} : \underline{0.36}$  MPa

$$\sigma_{c,0,d,n} = |N_{c,0,d,n}| / A_n$$

Donde:

$N_{c,0,d,n}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra	$N_{c,0,d,n} : \underline{10.80}$ kN
$A_n$ : Área de la sección transversal	$A_n : \underline{302.56}$ cm <sup>2</sup>

$f_{c,0,d,n}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $f_{c,0,d,n} : \underline{27.60}$  MPa

$$f_{c,0,d,n} = k_{mod,n} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,n}$$

Donde:

$k_{mod,n}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,n} : \underline{1.00}$
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$ MPa
$\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,n} : \underline{1.00}$
$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n : \underline{1.15}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,n}$ : Factor de inestabilidad, dado por:  $\chi_{c,y,n} : \underline{0.70}$   
 $\chi_{c,z,n} : \underline{0.21}$

$$\chi_{c,n} = \frac{1}{k_n + \sqrt{k_n^2 - \lambda_{rel,n}^2}}$$

Donde:

$$k_n = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,n} - 0.3) + \lambda_{rel,n}^2) \qquad k_{y,n} : \underline{1.13}$$

$$\qquad \qquad \qquad k_{z,n} : \underline{2.87}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas	$\beta_c : \underline{0.10}$
$\lambda_{rel,n}$ : Esbeltez relativa, dada por:	$\lambda_{rel,y,n} : \underline{1.08}$
	$\lambda_{rel,z,n} : \underline{2.13}$

la versión educativa de CYPE

$$\lambda_{rel,n} = \frac{\lambda_n}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Producido por un3

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra	$E_{0,k}$ : <u>9400.00</u> MPa
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$ : <u>24.00</u> MPa
$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_{fi}$ : <u>1.15</u>
$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:	$\lambda_{y,fi}$ : <u>67.44</u>
	$\lambda_{z,fi}$ : <u>132.70</u>

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra	$L_{k,y}$ : <u>4750.00</u> mm
	$L_{k,z}$ : <u>4750.00</u> mm
$i_{fi}$ : Radio de giro	$i_{y,fi}$ : <u>70.44</u> mm
	$i_{z,fi}$ : <u>35.80</u> mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.289} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}^+}{k_{crit,fi}^+ \cdot f_{m,y,d,fi}^+} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.289} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}^-}{k_{crit,fi}^- \cdot f_{m,y,d,fi}^-} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.222} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$\sigma_{m,y,d,fi}^+$	: <u>8.71</u>	MPa
$\sigma_{m,y,d,fi}^-$	: <u>6.70</u>	MPa

$M_{y,d}^+$	: <u>10.72</u>	kN·m
$M_{y,d}^-$	: <u>8.25</u>	kN·m

do por una versión de CYPE

Producción

$W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,fl}$  : 1230.41 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  $f_{m,y,d,fl}$  : 30.20 MPa  
 $f_{m,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fl}$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad  $k_{mod,fl}$  : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga Clase : Corta duración  
 Clase de servicio Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  $f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:  $k_{h,fl}$  : 1.09

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción  $h_n$  : 244.00 mm

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_{M,fl}$  : 1.00

$k_{fl}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio  $k_{fl}$  : 1.15

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d,fl}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,y,d,fl}^+$  : 8.71 MPa  
 $\sigma_{m,y,d,fl}^-$  : 6.70 MPa

$$\sigma_{m,d,fl} = |M_d| / W_{el,fl}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{y,d}^+$  : 10.72 kN·m

$M_{y,d}^-$  : 8.25 kN·m

$W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $W_{el,y,fl}$  : 1230.41 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  $f_{m,y,d,fl}$  : 30.20 MPa

$$f_{m,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad  $k_{mod,fl}$  : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga Clase : Corta duración  
 Clase de servicio Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  $f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:  $k_{h,fl}$  : 1.09

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción  $h_n$  : 244.00 mm

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_{M,fl}$  : 1.00

$k_{fl}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio  $k_{fl}$  : 1.15

$k_{crit,fl}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:  $k_{crit,fl}$  : 1.00

Una versión educativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Para  $\lambda_{rel,m,fi} \leq 0.75$   
 $k_{it,fi} = 1.0$

Donde:

$\lambda_{rel,m,fi}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{k_{fi} \cdot f_{m,k} \cdot W_{el,fi}}{M_{crit,fi}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$M_{crit,fi}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,y,fi} = \frac{\pi \cdot k_{fi} \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_{z,fi} \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor,fi}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$I_{z,fi}$ : Momento de inercia

$I_{tor,fi}$ : Momento de inercia a torsión

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$\lambda_{rel,m,fi}$  : 0.56

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$W_{el,y,fi}$  : 1230.41 cm<sup>3</sup>

$k_{fi}$  : 1.15

$M_{crit,y,fi}$  : 108.62 kN·m

$E_{0,k}$  : 9400.00 MPa

$G_{0,k}$  : 587.50 MPa

$k_{fi}$  : 1.15

$I_{z,fi}$  : 3876.80 cm<sup>4</sup>

$I_{tor,fi}$  : 10554.41 cm<sup>4</sup>

$L_{ef}$  : 5000.00 mm

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.026 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,z,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,z,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el,z,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,z,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,z,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$\sigma_{m,z,d,fi}$  : 0.78 MPa

$M_{z,d}$  : 0.49 kN·m

$W_{el,z,fi}$  : 625.29 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d,fi}$  : 30.36 MPa

$k_{mod,fi}$  : 1.00

Clase : Corta duración

Clase : 2

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_{h,fi}$  : 1.10



Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,n} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h_n$ : <u>124.00</u> mm
$\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,n}$ : <u>1.00</u>
$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n$ : <u>1.15</u>

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d,n}}{f_{v,d,n}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.009} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1.

Donde:

$\tau_{d,n}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:  $\tau_{v,d,n}$  : 0.03 MPa

$$\tau_{d,n} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo	$V_{v,d}$ : <u>0.39</u> kN
$A_n$ : Área de la sección transversal	$A_n$ : <u>302.56</u> cm <sup>2</sup>
$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	$k_{cr}$ : <u>0.67</u>

$f_{v,d,n}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:  $f_{v,d,n}$  : 3.11 MPa

$$f_{v,d,n} = k_{mod,n} \cdot k_n \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,n}$$

Donde:

$k_{mod,n}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,n}$ : <u>1.00</u>
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$ : <u>2.70</u> MPa
$\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,n}$ : <u>1.00</u>
$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n$ : <u>1.15</u>

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,n}}{f_{v,d,n}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.206} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N105, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG.

Donde:

$\tau_{d,n}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:  $\tau_{z,d,n}$  : 0.64 MPa

$$\tau_{d,n} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo	$V_{z,d}$ : <u>8.64</u> kN
$A_n$ : Área de la sección transversal	$A_n$ : <u>302.56</u> cm <sup>2</sup>
$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	$k_{cr}$ : <u>0.67</u>

$f_{v,d,n}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:  $f_{v,d,n}$  : 3.11 MPa

$$f_{v,d,n} = k_{mod,n} \cdot k_n \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,n}$$

Donde:

- $k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad
- $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante
- $\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material
- $k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.179} \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.138} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{4.86} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.78} \text{ MPa}$$

Producido por una versión educativa de CYPE

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{5.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fi} : \underline{1230.41} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{625.29} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{30.20} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{30.36} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.09}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.10}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.302} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.216} \checkmark$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG+0.5·Haizea0°.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fl}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d,fl} = N_{t,0,d} / A_{fl}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$A_{fl}$ : Área de la sección transversal

$\sigma_{m,d,fl}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fl} = |M_d| / W_{el,fl}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{t,0,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min\{(600 / h_{fl})^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h_{fl}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fl}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$f_{m,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min\{(600 / h_{fl})^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h_{fl}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

Eje z:

$$\sigma_{t,0,d,fl} : \underline{0.29} \text{ MPa}$$

$$N_{t,0,d} : \underline{8.69} \text{ kN}$$

$$A_{fl} : \underline{302.56} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fl} : \underline{8.71} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,x,d,fl} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} : \underline{10.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{x,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fl} : \underline{1230.41} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,x,fl} : \underline{625.29} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d,fl} : \underline{20.76} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fl} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,fl} : \underline{1.09}$$

$$h_{fl} : \underline{244.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,fl} : \underline{1.00}$$

$$k_{fl} : \underline{1.15}$$

$$f_{m,y,d,fl} : \underline{30.20} \text{ MPa}$$

$$f_{m,x,d,fl} : \underline{30.36} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fl} : \underline{1.00}$$

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,y,fl} : \underline{1.09}$$

$$k_{h,z,fl} : \underline{1.10}$$

$$h_{fl} : \underline{244.00} \text{ mm}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_{fi}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{124.00} \text{ mm}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N94, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG+0.5·Haizea90°.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.289} \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.202} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.307} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.264} \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.56) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.36} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}|/A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{10.80} \text{ kN}$$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{302.56} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{8.71} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d|/W_{el,fi}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{10.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

<p><math>W_{el,n}</math>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p> <p><math>f_{c,0,d,n}</math>: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  <math>f_{c,0,d,n} = k_{mod,n} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,n}</math></p> <p>Donde:</p> <p><math>k_{mod,n}</math>: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad</p> <p><math>f_{c,0,k}</math>: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra</p> <p><math>\gamma_{M,n}</math>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><math>k_n</math>: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio</p> <p><math>f_{m,d,n}</math>: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  <math>f_{m,d,n} = k_{mod,n} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,n} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,n}</math></p> <p>Donde:</p> <p><math>k_{mod,n}</math>: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad</p> <p><math>f_{m,k}</math>: Resistencia característica a flexión</p> <p><math>k_{h,n}</math>: Factor de altura, dado por:</p> <p>Eje y:                  Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:  <math>k_{h,n} = \min\{(600/h_n)^{0.1}; 1.1\}</math></p> <p>Donde:  <math>h_n</math>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p>Eje z:                  Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:  <math>k_{h,n} = \min\{(600/h_n)^{0.1}; 1.1\}</math></p> <p>Donde:  <math>h_n</math>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><math>\gamma_{M,n}</math>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p> <p><math>k_n</math>: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio</p> <p><math>k_m</math>: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal</p> <p><math>\chi_{c,n}</math>: Factor de inestabilidad</p>	<p><math>W_{el,y,n}</math> : <u>1230.41</u> cm<sup>3</sup></p> <p><math>W_{el,z,n}</math> : <u>625.29</u> cm<sup>3</sup></p> <p><math>f_{c,0,d,n}</math> : <u>27.60</u> MPa</p> <p><math>k_{mod,n}</math> : <u>1.00</u></p> <p><math>f_{c,0,k}</math> : <u>24.00</u> MPa</p> <p><math>\gamma_{M,n}</math> : <u>1.00</u></p> <p><math>k_n</math> : <u>1.15</u></p> <p><math>f_{m,y,d,n}</math> : <u>30.20</u> MPa</p> <p><math>f_{m,z,d,n}</math> : <u>30.36</u> MPa</p> <p><math>k_{mod,n}</math> : <u>1.00</u></p> <p><math>f_{m,k}</math> : <u>24.00</u> MPa</p> <p><math>k_{h,y,n}</math> : <u>1.09</u></p> <p><math>k_{h,z,n}</math> : <u>1.10</u></p> <p><math>h_n</math> : <u>244.00</u> mm</p> <p><math>h_n</math> : <u>124.00</u> mm</p> <p><math>\gamma_{M,n}</math> : <u>1.00</u></p> <p><math>k_n</math> : <u>1.15</u></p> <p><math>k_m</math> : <u>0.70</u></p> <p><math>\chi_{c,y,n}</math> : <u>0.70</u></p> <p><math>\chi_{c,z,n}</math> : <u>0.21</u></p>
--	--

Producido por una versión educativa de CYPE

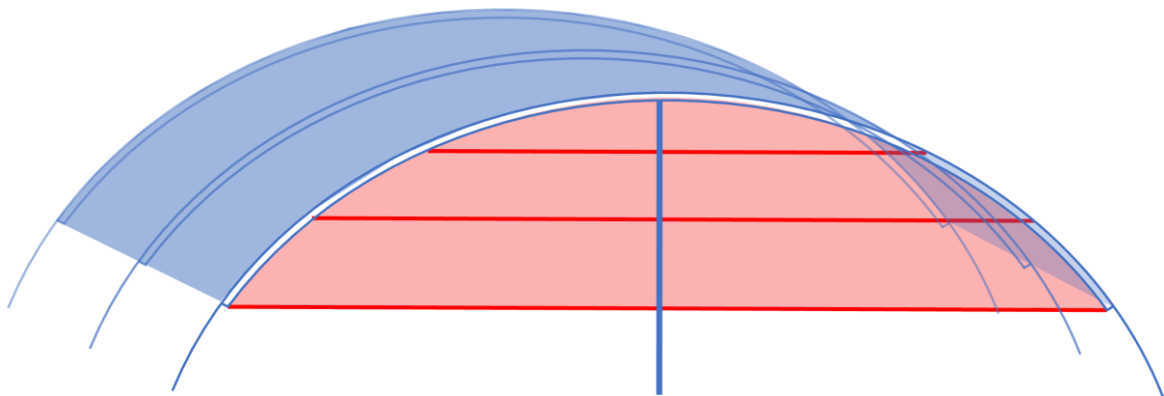
### 3.4.4 PORTIKO HASTIALEKO PETRALAK

Portiko hastialetako petralek soilik berezko pisua daukate karga bertikal gisa eta haizearen indarra luzetarako indar gisa. Horregatik, petralen antolaketa desberdina izango da.

Aurreko atalean aipatu den bezala, petral guztiak dimentsio berekoak dira, zeren elementuak batera fabrikatzea merkeagoa da. Hori dela eta, portiko hastialetako petralek ere estalkiaren neurri bera izango dute.

Hala ere, petral horiek modu desberdinean kokatuko dira, esfortzu handiena ez baitu karga bertikal batek ematen, luzetarako karga batek baizik (haizearen karga  $0^\circ$ -ra eta  $90^\circ$ -ra). Hori dela eta, petralak ardatzarekiko  $90^\circ$  biratuta jarriko dira, elementuaren zabalera kantoia baino handiagoa izan dadin.

Guztira, 6 petral jarriko dira portiko hastial bakoitzean; zehazki 3 ilara, maila desberdinetan, euskarri diren zutabeen alde bakoitzean. Petralak estalkiaren altuera berdinetik aterako dira, esfortzuen transmisioa arkupean gerta ez dadin. Behean dagoen petrala luzeena izango da; izan ere, hau 3.4.8.3 atalean azaltzen diren zutabeari eta arkupeari atxikitzen baitaie.



Irudia 3.113 - Portiko hastialaren petralen kokapena

Aurreko atalean bezala,  $0,95$ eko gilbordura koefizientea eta  $1$ eko alboko gilbordura koefiziente esleitu zaizkio.

Horrez gain, lehenik aipatu bezala, egiaztatu behar da petral guztiek balio dutela azken muga egoera eta zerbitzu muga egoera faktoreen aldetik. Gainera, "comprobar elemento" tresnaren bidez, karga gehien hartuko duten petralak zein diren ikus daiteke. Horrez gain, kargak jasateko elementua zein sekziotik aurrera jasan dezakeen ere adierazten da, zein barraren erresistentzia, sortutako gezia eta suaren akzioa balidatzeko balio duen.

Taula 3.60 – Portiko hastialaren petral kritikoaren gaineko sekzioaren konprobazioak

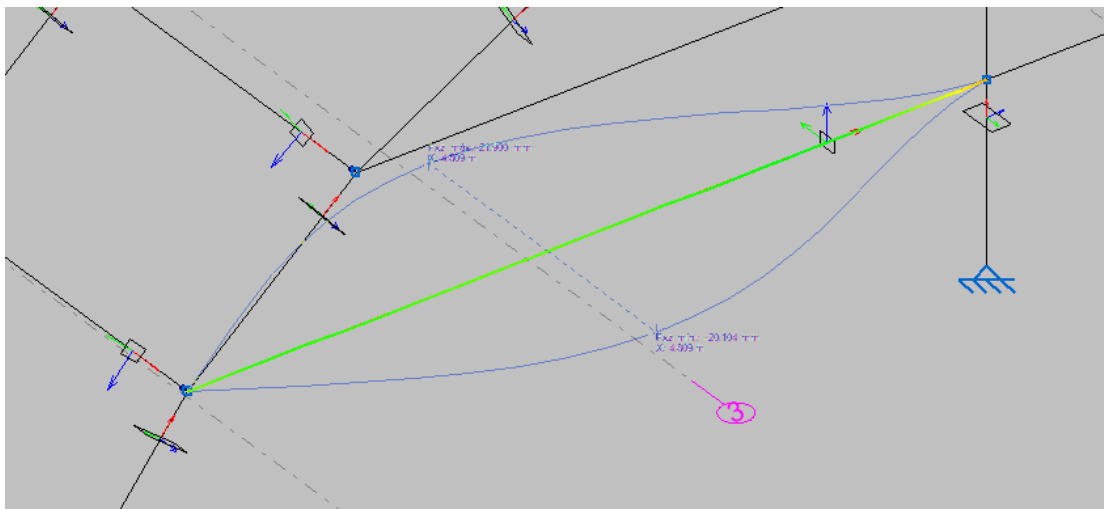
Perfil	Peso	Resistencia	Flecha	Resistencia incendio
✘ GL-160x180	13.25	166.09 %	219.83 %	126.22 %
✘ GL-180x180	14.90	134.66 %	154.40 %	93.13 %
✘ GL-200x180	16.56	111.86 %	112.56 %	72.27 %
✔ GL-220x180	18.22	94.75 %	84.56 %	58.20 %
✔ GL-240x180	19.87	81.77 %	65.14 %	48.21 %
✔ GL-260x180	21.53	71.73 %	51.23 %	40.82 %
✔ GL-280x180	23.18	63.60 %	41.02 %	35.33 %
✔ GL-300x180	24.84	56.91 %	33.35 %	31.43 %
✔ GL-320x180	26.50	51.33 %	27.48 %	28.29 %
✔ GL-340x180	28.15	46.62 %	22.91 %	25.69 %
✔ GL-360x180	29.81	42.60 %	19.30 %	23.50 %

Sin revestimiento ignífugo

Significado de los iconos

- ✘ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✔ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Bestalde, "esfuerzos" tresnak aukera ematen du petral kritikoaren eskaera gehien dituzten puntuak ikusteko, eta arestian aipatutako egiaztapenekin kalkulu bat egiteko.



Irudia 3.114 - Portiko hastialaren petral kritikoaren gezi maximoa



<b>Perfil: GL-260x180</b>							
<b>Material: Madera (GL24h)</b>							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>r</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N101	N116	10.687	468.00	26364.00	12636.00	28877.47
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
				Pandeo		Pandeo lateral	
				Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
	β			0.95	0.95	1.00	1.00
L <sub>K</sub>			10.153	10.153	10.687	10.687	
C <sub>1</sub>			-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R30							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE										Estado	
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	M <sub>x,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>z,d</sub>		M <sub>t,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>
01/N116	η = 1.0	η = 4.6	x: 10.687 m η = 50.3	x: 0 m η = 29.5	x: 0 m η = 6.1	x: 10.687 m η = 24.2	η = 5.1	x: 10.687 m η = 70.7	x: 10.687 m η = 71.7	x: 10.687 m η = 61.2	x: 10.687 m η = 29.4	CUMPLE η = 71.7
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO										Estado	
01/N116	η = 0.4	η = 2.4	x: 10.687 m η = 24.8	x: 0 m η = 23.1	x: 0 m η = 4.1	x: 10.687 m η = 9.3	η = 2.7	x: 10.687 m η = 40.4	x: 10.687 m η = 40.8	x: 10.687 m η = 35.1		x: 10.687 m η = 12.1

Notación:  
 N<sub>t,0,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 N<sub>c,0,d</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 M<sub>y,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y  
 M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje z  
 V<sub>y,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje y  
 V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje z  
 M<sub>t,d</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>x,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión esviada  
 N<sub>t,0,d</sub>M<sub>x,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 N<sub>c,0,d</sub>M<sub>x,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 M<sub>t,d</sub>V<sub>y,d</sub>V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante y torsor combinadas  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.010} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera1+0.75·N1.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: σ<sub>t,0,d</sub> : 0.13 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra N<sub>t,0,d</sub> : 6.15 kN

A: Área de la sección transversal A : 468.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: f<sub>t,0,d</sub> : 12.92 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k<sub>mod</sub>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k<sub>mod</sub> : 0.90

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por: k<sub>h</sub> : 1.09

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

lucativa de CYPE



una versión ed

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción **h** : 260.00 mm  
**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra **f<sub>t,0,k</sub>** : 16.50 MPa  
**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ<sub>M</sub>** : 1.25

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 1.4 - 6.3.2)**

debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora1.

Donde:

**σ<sub>c,0,d</sub>**: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **σ<sub>c,0,d</sub>** : 0.08 MPa

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

**N<sub>c,0,d</sub>**: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra **N<sub>c,0,d</sub>** : 3.64 kN

**A**: Área de la sección transversal **A** : 468.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>c,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **f<sub>c,0,d</sub>** : 17.28 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k<sub>mod</sub>** : 0.90

**f<sub>c,0,k</sub>**: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **f<sub>c,0,k</sub>** : 24.00 MPa

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ<sub>M</sub>** : 1.25

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

**χ<sub>c</sub>**: Factor de inestabilidad, dado por: **χ<sub>c,y</sub>** : 0.20

**χ<sub>c,z</sub>** : 0.10

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) \quad k_y : \underline{2.96}$$

$$k_z : \underline{5.58}$$

Donde:

**β<sub>c</sub>**: Factor asociado a la rectitud de las piezas **β<sub>c</sub>** : 0.10

**λ<sub>rel,y</sub>**: Esbeltez relativa, dada por: **λ<sub>rel,y</sub>** : 2.18

**λ<sub>rel,z</sub>** : 3.14

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

educativa de CYPE

Producido por una versión

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra	$E_{0,k}$ : <u>9400.00</u> MPa
$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$ : <u>24.00</u> MPa
$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:	$\lambda_y$ : <u>135.27</u>
	$\lambda_z$ : <u>195.39</u>

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra	$L_{k,y}$ : <u>10152.53</u> mm
	$L_{k,z}$ : <u>10152.53</u> mm
$i$ : Radio de giro	$i_y$ : <u>75.06</u> mm
	$i_z$ : <u>51.96</u> mm

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.503} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit}^+ \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.503} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit}^- \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.386} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea0°.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$	: <u>9.45</u> MPa
$\sigma_{m,y,d}^-$	: <u>7.26</u> MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{y,d}^+$ : <u>19.17</u> kN·m
	$M_{y,d}^-$ : <u>14.72</u> kN·m
$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,y}$ : <u>2028.00</u> cm <sup>3</sup>
$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d}$ : <u>18.79</u> MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod}$ : <u>0.90</u>
---	-------------------------

Donde:

Clase de duración de la carga  $\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$

Clase de servicio  $\text{Clase} : \underline{2}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  $f_{m,k} : \underline{24.00}$  MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:  $k_h : \underline{1.09}$

do por una versión educativa de CYPE

Produci

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>m,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>crit</sub>**: Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$$k_{crit} = 1.0$$

Donde:

**λ<sub>rel,m</sub>**: Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**M<sub>crit</sub>**: Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

or una versión educativa de CYPE

**h** : 260.00 mm

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

**σ<sub>m,y,d</sub><sup>+</sup>** : 9.45 MPa

**σ<sub>m,y,d</sub><sup>-</sup>** : 7.26 MPa

**M<sub>y,d</sub><sup>+</sup>** : 19.17 kN·m

**M<sub>y,d</sub><sup>-</sup>** : 14.72 kN·m

**W<sub>el,y</sub>** : 2028.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>m,y,d</sub>** : 18.79 MPa

**k<sub>mod</sub>** : 0.90

**Clase** : Corta duración

**Clase** : 2

**f<sub>m,k</sub>** : 24.00 MPa

**k<sub>h</sub>** : 1.09

**h** : 260.00 mm

**γ<sub>M</sub>** : 1.25

**k<sub>crit</sub>** : 1.00

**λ<sub>rel,m</sub>** : 0.61

**f<sub>m,k</sub>** : 24.00 MPa

**W<sub>el,y</sub>** : 2028.00 cm<sup>3</sup>

**M<sub>crit,y</sub>** : 131.96 kN·m

Producido por

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra	$E_{0,k}$ :	<u>9400.00</u>	MPa
$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra	$G_{0,k}$ :	<u>587.50</u>	MPa
$I$ : Momento de inercia	$I_z$ :	<u>12636.00</u>	cm <sup>4</sup>
$I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión	$I_{tor}$ :	<u>28877.47</u>	cm <sup>4</sup>
$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral	$L_{ef}$ :	<u>10686.87</u>	mm

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.295} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera2+0.75·N2. No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:	$\sigma_{m,z,d}^+$ :	<u>2.54</u>	MPa
	$\sigma_{m,z,d}^-$ :	<u>5.60</u>	MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo	$M_{z,d}^+$ :	<u>3.57</u>	kN·m
------------------------------------	---------------	-------------	------

	$M_{z,d}^-$ :	<u>7.87</u>	kN·m
--	---------------	-------------	------

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,z}$ :	<u>1404.00</u>	cm <sup>3</sup>
---	--------------	----------------	-----------------

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	$f_{m,z,d}$ :	<u>19.01</u>	MPa
--	---------------	--------------	-----

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod}$ :	<u>0.90</u>	
---	-------------	-------------	--

Donde:

Clase de duración de la carga	<b>Clase</b> :	<u>Corta duración</u>	
-------------------------------	----------------	-----------------------	--

Clase de servicio	<b>Clase</b> :	<u>2</u>	
-------------------	----------------	----------	--

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k}$ :	<u>24.00</u>	MPa
--	-------------	--------------	-----

$k_h$ : Factor de altura, dado por:	$k_h$ :	<u>1.10</u>	
-------------------------------------	---------	-------------	--

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h$ :	<u>180.00</u>	mm
--	-------	---------------	----

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>	
--	--------------	-------------	--

Producido por una versión educativa de CYPE



**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.061} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera2+0.75·N2.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.12} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{2.48} \text{ kN}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8)

debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.242} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Haizea90°.

Donde:

 $\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.47} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{9.84} \text{ kN}$$

 $A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.051 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d}$  : 0.12 MPa

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.24 kN·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor}$  : 1976.83 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma}$  : 1.22

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max}$  : 260.00 mm

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min}$  : 180.00 mm

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.90

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 2.70 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.707 ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.644 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera1+1.5·Haizea90°+0.75·N3.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 9.45 MPa

$\sigma_{m,z,d}$  : 5.55 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 19.17 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d}$  : 7.79 kN·m

$W_{el,y}$  : 2028.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 1404.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,y,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 18.79 MPa

$f_{m,z,d}$  : 19.01 MPa



o por una versión edui

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,y} : \underline{1.09}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.10}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.717} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.654} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{HaizeaBehera1} + 1.5 \cdot \text{Haizea90} + 0.75 \cdot N3.$$

Donde:

**σ<sub>t,0,d</sub>**: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.13} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

**N<sub>t,0,d</sub>**: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

**A**: Área de la sección transversal

$$N_{t,0,d} : \underline{5.98} \text{ kN}$$

$$A : \underline{468.00} \text{ cm}^2$$

**σ<sub>m,d</sub>**: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{9.45} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{5.55} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{19.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-7.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**W<sub>el</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{2028.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1404.00} \text{ cm}^3$$

**f<sub>t,0,d</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{12.92} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.09}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

activa de CYPE

una versión edu:

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k} : \underline{16.50}$ MPa
$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_M : \underline{1.25}$
$f_{m,k}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d} : \underline{18.79}$ MPa
	$f_{m,z,d} : \underline{19.01}$ MPa
$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	

Producido por:

Donde:

 $k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

 $f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00}$  MPa

 $k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.09}$

$k_{h,z} : \underline{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

 $h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{260.00}$  mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

 $h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{180.00}$  mm

 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

 $k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.596} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.485} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.612} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.518} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.61) es inferior a 0.75.

Donde:

Dita ReTYPE

<p>Producido por una versión en</p>	<p><math>\sigma_{c,0,d}</math>: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:</p> $\sigma_{c,0,d} =  N_{c,0,d} /A$ <p>Donde:</p> <p><math>N_{c,0,d}</math>: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra</p> <p><math>A</math>: Área de la sección transversal</p>	<p><math>\sigma_{c,0,d}</math> : <u>0.06</u> MPa</p> <p><math>N_{c,0,d}</math> : <u>2.65</u> kN</p> <p><math>A</math> : <u>468.00</u> cm<sup>2</sup></p>
	<p><math>\sigma_{m,d}</math>: Tensión de cálculo a flexión, dada por:</p> $\sigma_{m,d} =  M_d /W_{el}$ <p>Donde:</p> <p><math>M_d</math>: Momento flector de cálculo</p> <p><math>W_{el}</math>: Módulo resistente elástico de la sección transversal</p>	<p><math>\sigma_{m,y,d}</math> : <u>9.45</u> MPa</p> <p><math>\sigma_{m,z,d}</math> : <u>2.52</u> MPa</p> <p><math>M_{y,d}</math> : <u>19.17</u> kN·m</p> <p><math>M_{z,d}</math> : <u>3.54</u> kN·m</p> <p><math>W_{el,y}</math> : <u>2028.00</u> cm<sup>3</sup></p> <p><math>W_{el,z}</math> : <u>1404.00</u> cm<sup>3</sup></p>
<p>Producido por una versión en</p>	<p><math>f_{c,0,d}</math>: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:</p> $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><math>k_{mod}</math>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)</p> <p><math>f_{c,0,k}</math>: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra</p> <p><math>\gamma_M</math>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p>	<p><math>f_{c,0,d}</math> : <u>17.28</u> MPa</p> <p><math>k_{mod}</math> : <u>0.90</u></p> <p><math>f_{c,0,k}</math> : <u>24.00</u> MPa</p> <p><math>\gamma_M</math> : <u>1.25</u></p>
	<p><math>f_{m,d}</math>: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:</p> $f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$ <p>Donde:</p> <p><math>k_{mod}</math>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)</p> <p><math>f_{m,k}</math>: Resistencia característica a flexión</p> <p><math>k_h</math>: Factor de altura, dado por:</p> <p>Eje y: Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:</p> $k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$ <p>Donde:</p> <p><math>h</math>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p>Eje z: Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:</p> $k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$ <p>Donde:</p> <p><math>h</math>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción</p> <p><math>\gamma_M</math>: Coeficiente parcial para las propiedades del material</p>	<p><math>f_{m,y,d}</math> : <u>18.79</u> MPa</p> <p><math>f_{m,z,d}</math> : <u>19.01</u> MPa</p> <p><math>k_{mod}</math> : <u>0.90</u></p> <p><math>f_{m,k}</math> : <u>24.00</u> MPa</p> <p><math>k_{h,y}</math> : <u>1.09</u></p> <p><math>k_{h,z}</math> : <u>1.10</u></p> <p><math>h</math> : <u>260.00</u> mm</p> <p><math>h</math> : <u>180.00</u> mm</p> <p><math>\gamma_M</math> : <u>1.25</u></p>
<p>Producido por una versión en</p>	<p><math>k_m</math>: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal</p> <p><math>\chi</math>: Factor de inestabilidad</p>	<p><math>k_m</math> : <u>0.70</u></p> <p><math>\chi_{c,y}</math> : <u>0.20</u></p> <p><math>\chi_{c,z}</math> : <u>0.10</u></p>

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.062 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.294 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$  : 0.05 MPa

$\tau_{z,d}$  : 0.47 MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{y,d}$  : 1.06 kN

$V_{z,d}$  : 9.84 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 468.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr}$  : 0.67

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d}$  : 0.08 MPa

$\tau_{tor,z,d}$  : 0.12 MPa

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.24 kN·m

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y}$  : 2855.42 cm<sup>3</sup>

$W_{tor,z}$  : 1976.83 cm<sup>3</sup>

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de seccion

$k_{forma}$  : 1.22

$f_v$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$  : 1.94 MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.90

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 2.70 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fl}}{f_{t,0,d,fl}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fl}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fl}$  : 0.08 MPa

$$\sigma_{t,0,d,fl} = N_{t,0,d} / A_{fl}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 1.99 kN

$A_{fl}$ : Área de la sección transversal

$A_{fl}$  : 252.96 cm<sup>2</sup>

$f_{t,0,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fl}$  : 20.87 MPa

$$f_{t,0,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fl}$$



Producido por una versión educativa de CYPE

Donde:

$k_{mod,n}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad  
 $k_{h,n}$ : Factor de altura, dado por:  
 Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra  
 $\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  
 $k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,fi} : \underline{1.10}$$

$$h_n : \underline{204.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,n} : \underline{1.00}$$

$$k_n : \underline{1.15}$$

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}|/A_n$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  
 $A_n$ : Área de la sección transversal

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{0.77} \text{ kN}$$

$$A_n : \underline{252.96} \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d,fi} : \underline{27.60} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad  
 $f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  
 $\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  
 $k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_n : \underline{1.15}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.13}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.05}$$

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Producido por una versión educativa de CYPE

Donde:

$$k_{fl} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fl} - 0.3) + \lambda_{rel,fl}^2)$$

$$k_{y,fl} : \underline{4.47}$$

$$k_{z,fl} : \underline{11.12}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel,n}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,fl} = \frac{\lambda_{fl}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$$\lambda_{rel,y,fl} : \underline{2.77}$$

$$\lambda_{rel,z,fl} : \underline{4.56}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_n : \underline{1.15}$$

$\lambda_n$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_{y,n} : \underline{172.40}$$

$$\lambda_{z,n} : \underline{283.62}$$

$$\lambda_n = \frac{L_k}{i_n}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{10152.53} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{10152.53} \text{ mm}$$

$i_n$ : Radio de giro

$$i_{y,n} : \underline{58.89} \text{ mm}$$

$$i_{z,n} : \underline{35.80} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.245} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5-HaizeaGoraG+0.5-Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fl}^+}{k_{crit,fl}^+ \cdot f_{m,y,d,fl}^+} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.248} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5-HaizeaGoraG+0.5-Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fl}^-}{k_{crit,fl}^- \cdot f_{m,y,d,fl}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.191} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5-HaizeaGora1+0.5-Haizea0°.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{d,fl}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fl}^+ : \underline{7.43} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fl}^- : \underline{5.70} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fl} = |M_d| / W_{el,fl}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{6.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{4.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,n}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,n} : \underline{860.06} \text{ cm}^3$$

or una versión educativa de CYPE



Producción

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_{fi}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{\underline{30.36}} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{2}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{24.00}} \text{ MPa}$$

$$k_{h,fi} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$h_{fi} : \underline{\underline{204.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_{fi} : \underline{\underline{1.15}}$$

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_{fi}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{crit,fi}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

$$\text{Para } 0.75 < \lambda_{rel,m,fi} \leq 1.4$$

$$k_{crit,fi} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m,fi}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi}^+ : \underline{\underline{7.43}} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi}^- : \underline{\underline{5.70}} \text{ MPa}$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{6.39}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{4.91}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fi} : \underline{\underline{860.06}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{\underline{30.36}} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{2}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{24.00}} \text{ MPa}$$

$$k_{h,fi} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$h_{fi} : \underline{\underline{204.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_{fi} : \underline{\underline{1.15}}$$

$$k_{crit,fi} : \underline{\underline{0.99}}$$

Una versión educativa de CYPE

Producido.F

Donde:

$\lambda_{rel,m,fi}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{k_{fi} \cdot f_{m,k} \cdot W_{el,fi}}{M_{crit,fi}}}$$

$\lambda_{rel,m,fi}$  : 0.77

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$  : 860.06 cm<sup>3</sup>

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

$M_{crit,fi}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$M_{crit,y,fi}$  : 40.44 kN·m

$$M_{crit,y,fi} = \frac{\pi \cdot k_{fi} \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_{z,fi} \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor,fi}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 9400.00 MPa

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$G_{0,k}$  : 587.50 MPa

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

$I_{z,fi}$ : Momento de inercia

$I_{z,fi}$  : 3241.26 cm<sup>4</sup>

$I_{tor,fi}$ : Momento de inercia a torsión

$I_{tor,fi}$  : 7996.09 cm<sup>4</sup>

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$L_{ef}$  : 10686.87 mm

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.231 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera2.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^+$  : 0.00 MPa

$\sigma_{m,z,d,fi}^-$  : 7.02 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 0.00 kN·m

$M_{z,d}^-$  : 3.67 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$  : 522.78 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$  : 30.36 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

r una versión educativa de CYPE

Producido por

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase<sup>+</sup> : Permanente

Clase de servicio

Clase<sup>-</sup> : Corta duración

f<sub>m,k</sub>: Resistencia característica a flexión

Clase : 2  
f<sub>m,k</sub> : 24.00 MPa

k<sub>h,fi</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h,fi</sub> : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_{fi}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h<sub>fi</sub>: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h<sub>fi</sub> : 124.00 mm

γ<sub>M,fi</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M,fi</sub> : 1.00

k<sub>fi</sub>: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k<sub>fi</sub> : 1.15

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : 0.041 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N101, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera2.

Donde:

τ<sub>d,fi</sub>: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

τ<sub>v,d,fi</sub> : 0.13 MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V<sub>d</sub>: Cortante de cálculo

V<sub>v,d</sub> : 1.44 kN

A<sub>fi</sub>: Área de la sección transversal

A<sub>fi</sub> : 252.96 cm<sup>2</sup>

k<sub>cr</sub>: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k<sub>cr</sub> : 0.67

f<sub>v,d,fi</sub>: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

f<sub>v,d,fi</sub> : 3.11 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

k<sub>mod,fi</sub>: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k<sub>mod,fi</sub> : 1.00

f<sub>v,k</sub>: Resistencia característica a cortante

f<sub>v,k</sub> : 2.70 MPa

γ<sub>M,fi</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M,fi</sub> : 1.00

k<sub>fi</sub>: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k<sub>fi</sub> : 1.15

educativa de CYPE

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.093} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{d,fi} : \underline{0.29} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{3.28} \text{ kN}$$

$A_n$ : Área de la sección transversal

$$A_n : \underline{252.96} \text{ cm}^2$$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_{tor,d,fi}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$$

$$\tau_{tor,d,fi} = |M_{x,d}| / W_{tor,fi}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{tor,fi}$ : Modulo resistente a torsión

$$W_{tor,fi} : \underline{762.93} \text{ cm}^3$$

$k_{forma,fi}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{forma,fi} : \underline{1.25}$$

$$k_{forma,fi} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max,fi}}{b_{min,fi}} \right\}$$

Donde:

$b_{max,fi}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$$b_{max,fi} : \underline{204.00} \text{ mm}$$

$b_{min,fi}$ : Ancho menor de la sección transversal

$$b_{min,fi} : \underline{124.00} \text{ mm}$$

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$



**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.404} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.400} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{7.43}$  MPa

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{6.93}$  MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{6.39}$  kN·m

$M_{z,d} : \underline{3.62}$  kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi} : \underline{860.06}$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z,fi} : \underline{522.78}$  cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi} : \underline{30.36}$  MPa

$f_{m,z,d,fi} : \underline{30.36}$  MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00}$  MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y,fi} : \underline{1.10}$

$k_{h,z,fi} : \underline{1.10}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.15}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$

por una versión educativa de CYPE

Producido

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.408} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.403} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d,fi} : \underline{0.08}$  MPa

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

**N<sub>t,0,d</sub>**: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

**A<sub>fi</sub>**: Área de la sección transversal

**σ<sub>m,d,fi</sub>**: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

**M<sub>d</sub>**: Momento flector de cálculo

**W<sub>el,fi</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección transversal

**f<sub>t,0,d,fi</sub>**: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>**: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**k<sub>h,fi</sub>**: Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

**γ<sub>M,fi</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k<sub>fi</sub>**: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

**f<sub>m,d,fi</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

**k<sub>mod,fi</sub>**: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

**k<sub>h,fi</sub>**: Factor de altura, dado por:

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \}$$

Donde:

**h<sub>fi</sub>**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$N_{t,0,d} : \underline{1.99} \text{ kN}$$

$$A_{fi} : \underline{252.96} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{7.43} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{6.93} \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} : \underline{6.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-3.62} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fi} : \underline{860.06} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{522.78} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d,fi} : \underline{20.87} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,fi} : \underline{1.10}$$

$$h_{fi} : \underline{204.00} \text{ mm}$$

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{30.36} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{30.36} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.10}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.10}$$

$$h_{fi} : \underline{204.00} \text{ mm}$$

$$h_{fi} : \underline{124.00} \text{ mm}$$

Producido por una versión educativa de CYPE



$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.15}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG+0.5·Haizea90°.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.345}$  ✓

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.315}$  ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.351}$  ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.331}$  ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{k_{crit,fi} \cdot f_{m,y,d,fi}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.078}$  ✓

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.02}$  MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi} : \underline{0.55}$  kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{252.96}$  cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{7.43}$  MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{4.35}$  MPa

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{6.39}$  kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d} : \underline{2.27}$  kN·m

$W_{el,y,fi} : \underline{860.06}$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z,fi} : \underline{522.78}$  cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi} : \underline{27.60}$  MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$  MPa

$\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,n} :$ <u>1.00</u>
$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n :$ <u>1.15</u>
$f_{m,d,n}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:	$f_{m,y,d,n} :$ <u>30.36</u> MPa
	$f_{m,z,d,n} :$ <u>30.36</u> MPa

$$f_{m,d,n} = k_{mod,n} \cdot k_n \cdot k_{h,n} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,n}$$

Donde:

$k_{mod,n}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,n} :$ <u>1.00</u>
$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} :$ <u>24.00</u> MPa
$k_{h,n}$ : Factor de altura, dado por:	$k_{h,y,n} :$ <u>1.10</u>
	$k_{h,z,n} :$ <u>1.10</u>

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,n} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h_n :$ <u>204.00</u> mm
--	--------------------------

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,n} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción	$h_n :$ <u>124.00</u> mm
--	--------------------------

$\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,n} :$ <u>1.00</u>
--	------------------------------

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n :$ <u>1.15</u>
--	---------------------

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal	$k_m :$ <u>0.70</u>
--	---------------------

$\chi_{c,y,n}$ : Factor de inestabilidad	$\chi_{c,y,n} :$ <u>0.13</u>
	$\chi_{c,z,n} :$ <u>0.05</u>

$k_{crit,n}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral	$k_{crit,n} :$ <u>0.99</u>
---	----------------------------

Para  $0.75 < \lambda_{rel,m,n} \leq 1.4$

$$k_{crit,n} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel,m,n}$$

Donde:

$\lambda_{rel,m,n}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:	$\lambda_{rel,m,n} :$ <u>0.77</u>
--	-----------------------------------

$$\lambda_{rel,m,n} = \sqrt{\frac{k_n \cdot f_{m,k} \cdot W_{el,n}}{M_{crit,n}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión	$f_{m,k} :$ <u>24.00</u> MPa
--	------------------------------

$W_{el,n}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal	$W_{el,n} :$ <u>860.06</u> cm <sup>3</sup>
---	--

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n :$ <u>1.15</u>
--	---------------------

$M_{crit,n}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:	$M_{crit,n} :$ <u>40.44</u> kN·m
---	----------------------------------

$$M_{crit,fi} = \frac{\pi \cdot k_{fi} \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_{fi} \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor,fi}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra	$E_{0,k}$ : <u>9400.00</u> MPa
$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra	$G_{0,k}$ : <u>587.50</u> MPa
$I_{fi}$ : Momento de inercia	$I_{fi}$ : <u>3241.26</u> cm <sup>4</sup>
$I_{tor,fi}$ : Momento de inercia a torsión	$I_{tor,fi}$ : <u>7996.09</u> cm <sup>4</sup>
$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral	$L_{ef}$ : <u>10686.87</u> mm

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,y,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.050} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,z,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.121} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_{y,d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:	$\tau_{y,d,fi}$ : <u>0.10</u> MPa
	$\tau_{z,d,fi}$ : <u>0.29</u> MPa

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo	$V_{y,d}$ : <u>1.18</u> kN
	$V_{z,d}$ : <u>3.28</u> kN
$A_{fi}$ : Área de la sección transversal	$A_{fi}$ : <u>252.96</u> cm <sup>2</sup>
$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas	$k_{cr}$ : <u>0.67</u>

$\tau_{tor,y,d,fi}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:	$\tau_{tor,y,d,fi}$ : <u>0.06</u> MPa
	$\tau_{tor,z,d,fi}$ : <u>0.11</u> MPa

$$\tau_{tor,d,fi} = \frac{|M_{x,d}|}{W_{tor,fi}}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo	$M_{x,d}$ : <u>0.08</u> kN·m
$W_{tor,fi}$ : Modulo resistente a torsión	$W_{tor,y,fi}$ : <u>1255.14</u> cm <sup>3</sup>
	$W_{tor,z,fi}$ : <u>762.93</u> cm <sup>3</sup>

$k_{forma,fi}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección	$k_{forma,fi}$ : <u>1.25</u>
$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:	$f_{v,d,fi}$ : <u>3.11</u> MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

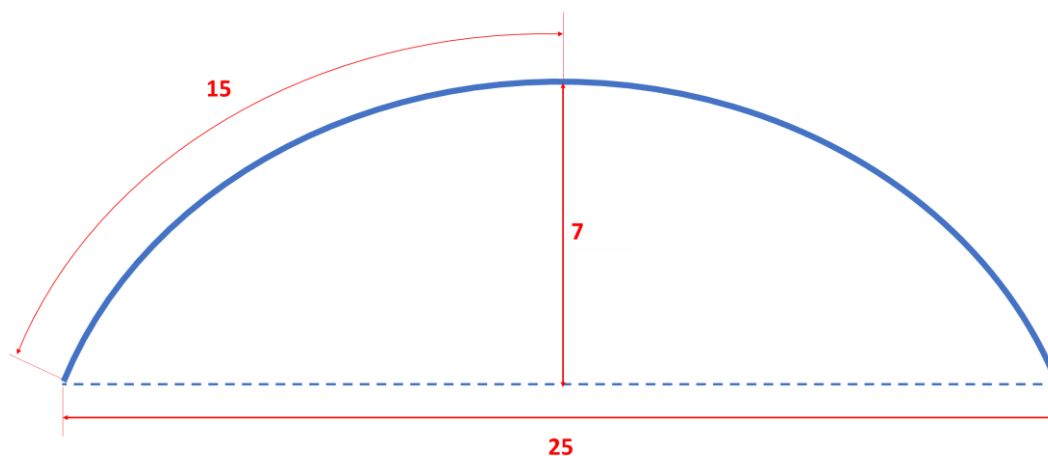
Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad	$k_{mod,fi}$ : <u>1.00</u>
$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante	$f_{v,k}$ : <u>2.70</u> MPa
$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material	$\gamma_{M,fi}$ : <u>1.00</u>
$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_{fi}$ : <u>1.15</u>

### 3.4.5 PORTIKOAK

Portikoak dira petraletan sortutako kargak zimenduetara eramaten dituzten elementuak. Guztira, 10 portiko daude, 5 metroz bereizita, 45 metroko luzera lortzeko. Portikoek, era berean, 25 metroko argia dute, baina horietatik 21'4 metro baino ez daude estalkiz estalita.

Portikoak bi zatitan banatuta daude, horrela errazago fabrikatzen eta garraiatzen direlako. Horregatik, barra kurbatuko bi elementu egingo dira, 14'6 metroko erradioa eta 15 metroko luzera dutenak, eta gailurrean lotu beharko direnak (ikusi 3.4.8.4 atala).



**Irudia 3.115 - Portikoak bi zatietan banatzean lortzen diren kota orokorrak**

Lehen dimentsionamendua egiteko, GL24h-ko portikoak aukeratu dira, zeinek 260 x 660-ko dimentsioak dituzte. Hain handiak diren argi portiko horiek beren tamainarekin bat datozen neurriak izaten dituzte, hauek barruan sortzen diren flexio-momentuei eusteko gai izan daitezten.

Gainera, kontuan hartu behar da portikoen gilbordura eta alboko gilbordura; izan ere, portikoak oso elementu luzeak eta, hortaz, karga askokoak baitira.

#### GILBORDURA

Planoan emandako gilbordura kritikoena da, guztira 25 metroko argia baitu, 30 metroko luzera osatzen duten barrekin. Hala ere, Taula 3.47-an ikus daitekeenez, planoaren barruko gilbordura portikoaren luzeraren erdia izango da, 1,25 aldiz biderkatuta.

$$L_{gil,portiko} = 1'25 \cdot 15 = 18'75m$$

Bestalde, portikoen artean jartzen diren petralek planotik kanpoko gilbordura mugatzen dute. Horrela, planotik kanpoko gilbordura 3 metrokoa izango da.

#### ALBO GILBORDURA

Alboko gilbordura ohikoa da elementuek haren ardatzetik urrun dagoen konpresioa jasaten dutenean. Portikoek fenomeno hori maiz jasan dezakete.

Alde batetik, petralek portikoen goiko aldea mugatzen dute; hortaz, gehieneko distantzia 3 metrokoa izango da. Bestalde, portikoaren beheko aldeak petralik ez duenez, alboko gilbordura distantzia izugarria litzateke. Hori konpontzeko, petral bakoitzaren azpian zurezko tornapunta batzuk jarri beharko liriateke, portikoaren beheko aldean alboko gilbordurako distantzia ere

gehienez 3 metrokoa izan dadin (ikusi Irudia 3.104 - Tornapunten diagrama petral eta portikoen artean).

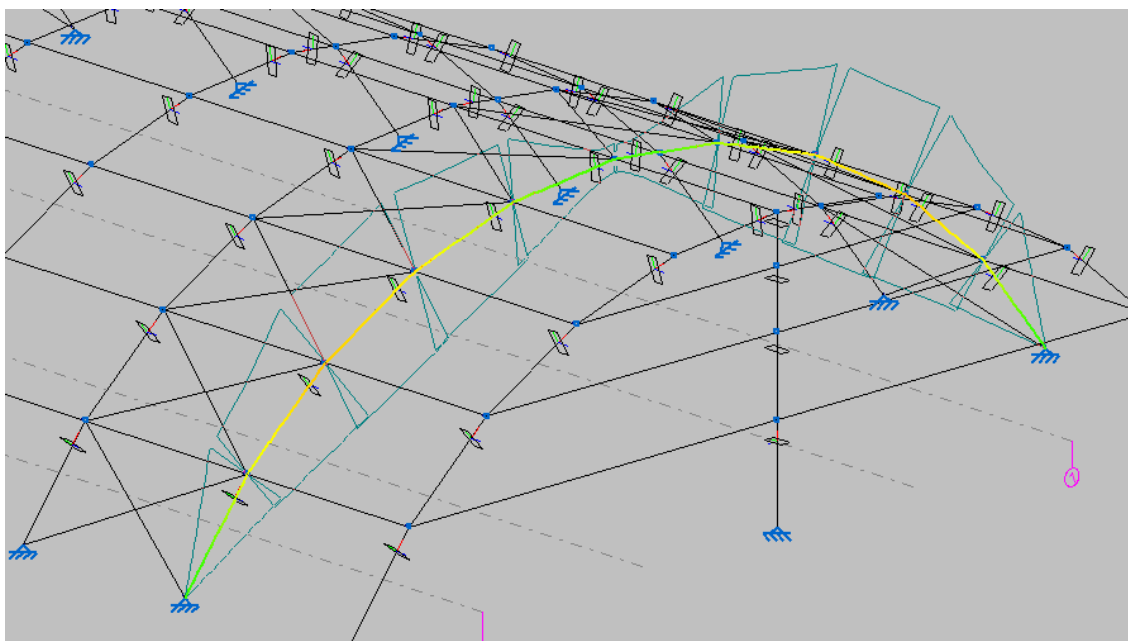
Taula 3.61 - Jolastokiaren portikoen gilbordura luzera

FENOMENOA	BARRA MOTA	LUZERA NOMINALA (m)	GILBORDURA LUZERA (m)	
			Ardatz Ahula	Ardatz Indartsua
Gilbordura	260 x 660	15	3	18'75
FENOMENOA	BARRA MOTA	LUZERA NOMINALA (m)	ALBO GILBORDURA LUZERA (m)	
			Beheko aldea	Goiko Aldea
Albo Gilbordura	260 x 660	15	3	3

### GEZIA

Kontuan hartu beharra dago gezirik handiena 1/300 izango da. EKT-k gezia 1/250 izatea baimentzen duen arren (ikusi "3.2.3.2 ZERBITZU MUGA EGOERA" atala), segurtasunaren aldeko erabakia hartuko da gezi guztiak 1/300-era murriztuz.

Portikoak dimentsionatzeko, erdiko portikoetako bat aukeratu behar da, portiko hastialek baino karga bikoitza hartzen baitute. Hain zuzen ere, arriostramenduak dituen portikoetako bat hautatuko da, kable arriostraduak aparteko kargak sortuko baitituzte portikoetan.



Irudia 3.116 - Portiko kritikoaren momentu eta aprobetxamendua

Ikus daitekeenez, portikoek nahiko momentu flectore txikia dute gailurrean, eta erabat nulua zimenduen artikulazioetan; beraz, momentu hori handitu egiten da portikoen erdi aldean. Aukeratutako dimentsioekin, portikoek ezin hobeto jasaten dute, gehieneko %70eko aprobetxamenduarekin.



Barra N13/N14

<b>Perfil: GL-660x260</b> <b>Material: Madera (GL24h)</b>							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N13	N14	2.988	1716.00	622908.00	96668.00	286880.88
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
				Pandeo		Pandeo lateral	
				Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β			1.00	6.27	1.00	1.00	
L <sub>k</sub>			3.000	18.750	3.000	3.000	
C <sub>1</sub>			-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b> Resistencia requerida: R30							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>t,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
3/N14	x: 2,988 m η = 9.0	x: 0 m η = 22.5	x: 2,988 m η = 59.7	x: 0 m η = 0.9	η = 0.3	x: 0 m η = 19.4	η = 0.8	x: 2,988 m η = 59.7	x: 2,988 m η = 61.5	x: 2,988 m η = 70.0	x: 0 m η = 20.2	<b>CUMPLE</b> η = <b>70.0</b>
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	N <sub>t,0,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	V <sub>z,d</sub>	M <sub>t,d</sub>	M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>t,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	N <sub>c,0,d</sub> M <sub>y,d</sub> M <sub>z,d</sub>	M <sub>t,d</sub> V <sub>y,d</sub> V <sub>z,d</sub>	
3/N14	x: 2,988 m η = 1.9	x: 0 m η = 8.0	x: 2,988 m η = 18.4	x: 0 m η = 0.3	η = 0.1	x: 0 m η = 5.6	η = 0.3	x: 2,988 m η = 18.4	x: 2,988 m η = 17.8	x: 2,988 m η = 22.6	x: 0 m η = 5.9	<b>CUMPLE</b> η = <b>22.6</b>

Notación:  
 N<sub>t,0,d</sub>: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra  
 N<sub>c,0,d</sub>: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra  
 M<sub>y,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje y  
 M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión en el eje z  
 V<sub>y,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje y  
 V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante en el eje z  
 M<sub>t,d</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión esviada  
 N<sub>t,0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas  
 N<sub>c,0,d</sub>M<sub>y,d</sub>M<sub>z,d</sub>: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas  
 M<sub>t,d</sub>V<sub>y,d</sub>V<sub>z,d</sub>: Resistencia a cortante y torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : 0.090 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea0°.

Donde:

σ<sub>t,0,d</sub>: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

σ<sub>t,0,d</sub> : 1.07 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

N<sub>t,0,d</sub>: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

N<sub>t,0,d</sub> : 183.59 kN

A: Área de la sección transversal

A : 1716.00 cm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,d</sub>: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

f<sub>t,0,d</sub> : 11.88 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k<sub>mod</sub>: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k<sub>mod</sub> : 0.90

k<sub>h</sub>: Factor de altura, dado por:

k<sub>h</sub> : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

f<sub>t,0,k</sub>: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

f<sub>t,0,k</sub> : 16.50 MPa

γ<sub>M</sub>: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ<sub>M</sub> : 1.25



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 1.4 - 6.3.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$   $\eta : \underline{0.083} \checkmark$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$   $\eta : \underline{0.225} \checkmark$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$   $\eta : \underline{0.088} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot HaizeaBeheraG + 1.5 \cdot Haizea90^\circ + 0.75 \cdot N1$

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d} : \underline{1.44} \text{ MPa}$

$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}| / A$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra  $N_{c,0,d} : \underline{246.49} \text{ kN}$

A: Área de la sección transversal  $A : \underline{1716.00} \text{ cm}^2$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $f_{c,0,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$

$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.25}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:  $\chi_{c,y} : \underline{0.37}$

$\chi_{c,z} : \underline{0.95}$

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$   $k_y : \underline{1.82}$

$k_z : \underline{0.72}$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas  $\beta_c : \underline{0.10}$

$\lambda_{rel,y}$ : Esbeltez relativa, dada por:  $\lambda_{rel,y} : \underline{1.58}$

$\lambda_{rel,z} : \underline{0.64}$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra  $E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:  $\lambda_y : \underline{98.41}$

$\lambda_z : \underline{39.97}$

ir una versión educativa de CYPE

Producido por

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{18750.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{3000.00} \text{ mm}$$

$i$ : Radio de giro

$$i_y : \underline{190.53} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{75.06} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.597} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea90°+0.75·N2.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit}^+ \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.580} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora2+1.5·Haizea0°+0.75·N3.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit}^- \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.597} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea90°+0.75·N2.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{10.03} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{10.31} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{189.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{194.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{18876.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

do por una versión educativa de CYPE

Produci

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^+$  : 10.03 MPa

$\sigma_{m,y,d}^-$  : 10.31 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^+$  : 189.28 kN·m

$M_{y,d}^-$  : 194.65 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 18876.00 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 17.28 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod}$  : 0.90

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$k_{crit}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

$k_{crit}$  : 1.00

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$$k_{crit} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$\lambda_{rel,m}$  : 0.33

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 18876.00 cm<sup>3</sup>

$M_{crit}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$M_{crit,y}$  : 4098.16 kN·m

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 9400.00 MPa

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$G_{0,k}$  : 587.50 MPa

$I$ : Momento de inercia

$I_z$  : 96668.00 cm<sup>4</sup>

$I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión

$I_{tor}$  : 286880.88 cm<sup>4</sup>

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$L_{ef}$  : 3000.00 mm

Ir una versión educativa de CYPE

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 0.00 MPa  
 $\sigma_{m,z,d}^-$  : 0.18 MPa

$M_{z,d}^+$  : 0.01 kN·m  
 $M_{z,d}^-$  : 1.31 kN·m  
 $W_{el,z}$  : 7436.00 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,z,d}$  : 18.79 MPa

$k_{mod}$  : 0.90

Clase : Corta duración

Clase : 2

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$  : 1.09

$h$  : 260.00 mm

$\gamma_M$  : 1.25

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaBehera1+1.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$V_{y,d}$  : 0.43 kN

$A$  : 1716.00 cm<sup>2</sup>

$k_{cr}$  : 0.67

$f_{v,d}$  : 1.94 MPa

Producido por una versión educativa de CYPE

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$V_{v,d} : \underline{0.43} \text{ kN}$$

$$A : \underline{1716.00} \text{ cm}^2$$

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.194} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera1+1.5·Haizea90°+0.75·N3.

Donde:

$\tau_{z,d}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{0.38} \text{ MPa}$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$V_{z,d} : \underline{28.85} \text{ kN}$$

$$A : \underline{1716.00} \text{ cm}^2$$

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$$

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$$

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$M_{x,d} : \underline{0.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{tor} : \underline{12032.59} \text{ cm}^3$$

$$k_{forma} : \underline{1.38}$$

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$



versión educativa de CYPE

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max} : \underline{660.00} \text{ mm}$

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min} : \underline{260.00} \text{ mm}$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$

$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

**Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$

$\eta : \underline{0.597} \checkmark$

$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$

$\eta : \underline{0.418} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea90°+0.75·N2.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : \underline{10.31} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d} : \underline{194.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y} : \underline{18876.00} \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : \underline{7436.00} \text{ cm}^3$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$

$f_{m,z,d} : \underline{18.79} \text{ MPa}$

$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.00}$

$k_{h,z} : \underline{1.09}$

por una versión educativa de CYPE



Proyeto

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  
 $k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$\gamma_M$  : 1.25

$k_m$  : 0.70

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.615 ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.442 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora2+1.5·Haizea0°+0.75·N3.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d}$  : 0.39 MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$  : 67.02 kN

$A$ : Área de la sección transversal

$A$  : 1716.00 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$  : 10.03 MPa

$\sigma_{m,z,d}$  : 0.06 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 189.28 kN·m

$M_{z,d}$  : 0.45 kN·m

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 18876.00 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z}$  : 7436.00 cm<sup>3</sup>

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d}$  : 11.88 MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.90

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$  : 16.50 MPa

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M$  : 1.25

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$  : 17.28 MPa

$f_{m,z,d}$  : 18.79 MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod}$  : 0.90

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$  : 1.00

$k_{h,z}$  : 1.09

Eje y:

ido por una versión e lucativa de CYPE

Produci

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

**$\gamma_m$** : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_m : \underline{1.25}$$

**$k_m$** : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{HaizeaBehera2} + 1.5 \cdot \text{Haizea90} + 0.75 \cdot N2.$$

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.554} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.389} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.700} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.444} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.33) es inferior a 0.75.

Donde:

**$\sigma_{c,0,d}$** : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.95} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

**$N_{c,0,d}$** : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{163.56} \text{ kN}$$

**A**: Área de la sección transversal

$$A : \underline{1716.00} \text{ cm}^2$$

**$\sigma_{m,y,d}$** : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{9.52} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

**$M_d$** : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-179.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**$W_{el}$** : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{18876.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{7436.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $f_{c,0,d} : \underline{17.28}$  MPa  
 $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.90}$   
 $f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra  $f_{c,0,k} : \underline{24.00}$  MPa  
 $\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_M : \underline{1.25}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  $f_{m,y,d} : \underline{17.28}$  MPa  
 $f_{m,z,d} : \underline{18.79}$  MPa

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)  $k_{mod} : \underline{0.90}$   
 $f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  $f_{m,k} : \underline{24.00}$  MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y} : \underline{1.00}$   
 $k_{h,z} : \underline{1.09}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{260.00}$  mm  
 $\gamma_M : \underline{1.25}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$   
 $\chi_{c,y} : \underline{0.37}$

$\chi_{c,z}$ : Factor de inestabilidad

$\chi_{c,z} : \underline{0.95}$

CYPE

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.202} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot HaizeaBehera1 + 1.5 \cdot Haizea90^\circ + 0.75 \cdot N3.$$

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:  $\tau_{y,d} : \underline{0.01}$  MPa  
 $\tau_{z,d} : \underline{0.38}$  MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

Produktua por una versión educativa de CYPE

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{y,d} : \underline{0.43} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal

$V_{z,d} : \underline{28.85} \text{ kN}$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$A : \underline{1716.00} \text{ cm}^2$

$f_d$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$k_{cr} : \underline{0.67}$

$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$

$\tau_{tor,y,d} : \underline{0.01} \text{ MPa}$

$\tau_{tor,z,d} : \underline{0.02} \text{ MPa}$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d} : \underline{0.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y} : \underline{30544.27} \text{ cm}^3$

$W_{tor,z} : \underline{12032.59} \text{ cm}^3$

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma} : \underline{1.38}$

$f_d$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$

$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$

$\eta : \underline{0.019} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG+0.5·Haizea0°.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi} : \underline{0.37} \text{ MPa}$

$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d} : \underline{45.32} \text{ kN}$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$A_{fi} : \underline{1232.16} \text{ cm}^2$

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi} : \underline{18.98} \text{ MPa}$

$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi} : \underline{1.00}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_{h,fi} = 1.0$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi} : \underline{1.15}$

1 versión educativa de CYPE



**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)**

debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.080} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.69} \text{ MPa}$

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{85.54} \text{ kN}$$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{1232.16} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} : \underline{27.60} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.31}$$

$$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.89}$$

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3) + \lambda_{rel,fi}^2)$$

$$k_{y,fi} : \underline{2.07}$$

$$k_{z,fi} : \underline{0.86}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y,fi} : \underline{1.73}$$

$$\lambda_{rel,z,fi} : \underline{0.82}$$

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

por una versión educativa de CYPE

Producido

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio  
 $\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

$$\lambda_{y,fi} : \underline{107.54}$$

$$\lambda_{z,fi} : \underline{50.94}$$

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \underline{18750.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{3000.00} \text{ mm}$$

$i_{fi}$ : Radio de giro

$$i_{y,fi} : \underline{174.36} \text{ mm}$$

$$i_{z,fi} : \underline{58.89} \text{ mm}$$

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.184} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1+0.5·Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}^+}{k_{crit,fi}^+ \cdot f_{m,y,d,fi}^+} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.171} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora2+0.5·Haizea0°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}^-}{k_{crit,fi}^- \cdot f_{m,y,d,fi}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.184} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1+0.5·Haizea90°.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi}^+ : \underline{4.72} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi}^- : \underline{5.07} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{58.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{62.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{12403.74} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{27.60} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

na versión educativa de CYPE



Producido por U

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{crit,fi}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,m,fi} \leq 0.75$

$$k_{crit,fi} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,m,fi}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m,fi} = \sqrt{\frac{k_{fi} \cdot f_{m,k} \cdot W_{el,fi}}{M_{crit,fi}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$M_{crit,fi}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,y,fi} = \frac{\pi \cdot k_{fi} \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_{z,fi} \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor,fi}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$f_{m,k} : \underline{\underline{24.00}} \text{ MPa}$$

$$k_{h,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_{fi} : \underline{\underline{1.15}}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi}^+ : \underline{\underline{4.72}} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fi}^- : \underline{\underline{5.07}} \text{ MPa}$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{58.54}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{62.94}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fi} : \underline{\underline{12403.74}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{\underline{27.60}} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

Clase : Corta duración

$$\text{Clase} : \underline{\underline{2}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{24.00}} \text{ MPa}$$

$$k_{h,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\gamma_{M,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_{fi} : \underline{\underline{1.15}}$$

$$k_{crit,fi} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\lambda_{rel,m,fi} : \underline{\underline{0.40}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{24.00}} \text{ MPa}$$

$$W_{el,y,fi} : \underline{\underline{12403.74}} \text{ cm}^3$$

$$k_{fi} : \underline{\underline{1.15}}$$

$$M_{crit,y,fi} : \underline{\underline{2142.92}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$E_{0,k} : \underline{\underline{9400.00}} \text{ MPa}$$

do por una versión educativa de CYPE

Produci

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra	$G_{0,k}$ : <u>587.50</u> MPa
$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio	$k_n$ : <u>1.15</u>
$I_n$ : Momento de inercia	$I_{z,fi}$ : <u>42731.31</u> cm <sup>4</sup>
$I_{tor,fi}$ : Momento de inercia a torsión	$I_{tor,fi}$ : <u>134176.31</u> cm <sup>4</sup>
$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral	$L_{ef}$ : <u>3000.00</u> mm

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG+0.5·Haizea90°. No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,z,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^+$  : 0.00 MPa  
 $\sigma_{m,z,d,fi}^-$  : 0.10 MPa

$$\sigma_{m,z,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$  : 0.00 kN·m  
 $M_{z,d}^-$  : 0.44 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$  : 4189.34 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$  : 30.36 MPa

$$f_{m,z,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_n \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \left\{ (600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_{fi}$  : 204.00 mm

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_n$  : 1.15

por una versión educativa de CYPE

Producido

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1+0.5·Haizea90°.

Donde:

 $\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.14} \text{ kN}$$

 $A_n$ : Área de la sección transversal

$$A_n : \underline{1232.16} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_n \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

 $k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

 $k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_n : \underline{1.15}$$

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1+0.5·Haizea90°.

Donde:

 $\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{d,fi} : \underline{0.17} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{9.59} \text{ kN}$$

 $A_n$ : Área de la sección transversal

$$A_n : \underline{1232.16} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_n \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

 $k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

 $k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_n : \underline{1.15}$$

**Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_{tor,d,fi}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,d,fi}$  : 0.01 MPa

$$\tau_{tor,d,fi} = |M_{x,d}| / W_{tor,fi}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$  : 0.09 kN·m

$W_{tor,fi}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,fi}$  : 6970.08 cm<sup>3</sup>

$k_{forma,fi}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma,fi}$  : 1.44

$$k_{forma,fi} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max,fi}}{b_{min,fi}} \right\}$$

Donde:

$b_{max,fi}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{max,fi}$  : 604.00 mm

$b_{min,fi}$ : Ancho menor de la sección transversal

$b_{min,fi}$  : 204.00 mm

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$  : 3.11 MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$  : 2.70 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fi}$  : 1.15

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.184 ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.129 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$  : 5.07 MPa

$\sigma_{m,z,d,fi}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : 62.94 kN·m

$M_{z,d}$  : 0.01 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$  : 12403.74 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z,fi}$  : 4189.34 cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$  : 27.60 MPa

$f_{m,z,d,fi}$  : 30.36 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

luacativa de CYPE

Producido por una versión educativa de CYPE

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{62.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$W_{el,y,fi} : \underline{12403.74} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{4189.34} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{27.60} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{30.36} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.10}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.178} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.127} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora2+0.5·Haizea0°.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d,fi} : \underline{0.11} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{13.87} \text{ kN}$$

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{1232.16} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{4.72} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{58.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{12403.74} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fi} : \underline{4189.34} \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d,fi} : \underline{18.98} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \underline{1.00}$$



Producido por una versión educativa de CYPE

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fl} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$f_{d,fl}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M,fl} : \underline{1.00}$$

$$k_{fl} : \underline{1.15}$$

$$f_{m,y,d,fl} : \underline{27.60} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d,fl} : \underline{30.36} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fl} : \underline{1.00}$$

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,y,fl} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z,fl} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fl} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min \left\{ (600 / h_{fl})^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h_{fl}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$h_{fl} : \underline{204.00} \text{ mm}$$

$$\gamma_{M,fl} : \underline{1.00}$$

$$k_n : \underline{1.15}$$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N14, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera2+0.5·Haizea90°.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fl}}{f_{c,0,d,fl}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fl}}{f_{m,z,d,fl}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.170} \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d,fl}}{f_{c,0,d,fl}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fl}}{f_{m,z,d,fl}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.119} \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fl}}{\chi_{c,y,fl} \cdot f_{c,0,d,fl}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fl}}{f_{m,z,d,fl}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.226} \checkmark$$



Producido por dinve y con el apoyo educativo de CYPE

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fl}}{\chi_{c,z,fl} \cdot f_{c,0,d,fl}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fl}}{f_{m,z,d,fl}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.138 ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados  
 No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.40) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fl}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fl}$  : 0.49 MPa

$$\sigma_{c,0,d,fl} = |N_{c,0,d,fl}| / A_{fl}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fl}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fl}$  : 59.80 kN

$A_{fl}$ : Área de la sección transversal

$A_{fl}$  : 1232.16 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d,fl}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fl}$  : 4.67 MPa

$\sigma_{m,z,d,fl}$  : 0.00 MPa

$$\sigma_{m,d,fl} = |M_d| / W_{el,fl}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$  : -57.93 kN·m

$M_{z,d}$  : 0.01 kN·m

$W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fl}$  : 12403.74 cm<sup>3</sup>

$W_{el,z,fl}$  : 4189.34 cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fl}$  : 27.60 MPa

$$f_{c,0,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fl}$  : 1.00

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$  : 24.00 MPa

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fl}$  : 1.00

$k_{fl}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fl}$  : 1.15

$f_{m,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fl}$  : 27.60 MPa

$f_{m,z,d,fl}$  : 30.36 MPa

$$f_{m,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fl}$  : 1.00

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{h,y,fl}$  : 1.00

$k_{h,z,fl}$  : 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fl} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min \left\{ (600 / h_{fl})^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h_{fl}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_{fl}$  : 204.00 mm

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fl}$  : 1.00

$k_{fl}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{fl}$  : 1.15

Producido por dinve y con el apoyo educativo de CYPE

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$

$\chi_{c,y,fi}$ : Factor de inestabilidad

$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.31}$

$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.89}$

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,y,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.002} \checkmark$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,z,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.059} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera1+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.17} \text{ MPa}$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{y,d} : \underline{0.14} \text{ kN}$

$V_{z,d} : \underline{9.59} \text{ kN}$

$A_n$ : Área de la sección transversal

$A_n : \underline{1232.16} \text{ cm}^2$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr} : \underline{0.67}$

$\tau_{tor,d,fi}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d,fi} : \underline{0.00} \text{ MPa}$

$\tau_{tor,z,d,fi} : \underline{0.01} \text{ MPa}$

$$\tau_{tor,d,fi} = |M_{x,d}| / W_{tor,fi}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d} : \underline{0.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{tor,fi}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y,fi} : \underline{20636.91} \text{ cm}^3$

$W_{tor,z,fi} : \underline{6970.08} \text{ cm}^3$

$k_{forma,fi}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma,fi} : \underline{1.44}$

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_n \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_n : \underline{1.15}$

### 3.4.6 PORTIKOA HASTIALEKO ZUTABEA

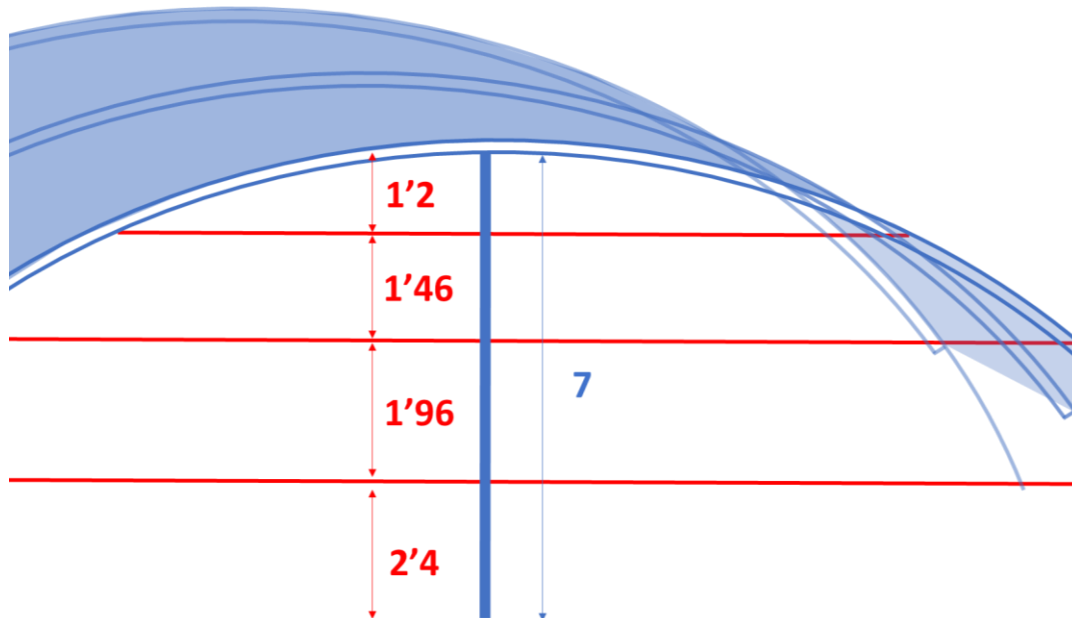
Zutabearen pilareak portiko hastialean sortzen diren karga guztiak jasaten ditu (batez ere haizearenak). Portiko hastialeko petraiek zutabe horretara transmititzen dituzte kargak, eta pilare horrek zimenduetara transmititzen ditu gero.

7 metroko luzera duten elementuak dira, zeintzuk ardatz sendoa luzetarako ardatzean duten, haizeak portiko hastialean eragindako karga handiei eusteko. Zimenduei modu zurrunean lotuta dago, eta, beste muturrean, modu zurrunean lotuta dago portikoari (ikusi 3.4.8.5 atala).

Portikoak bezala, kontuan hartu behar dira gilbordura eta alboko gilbordura:

#### GILBORDURA

Planoan emandako gilbordura kritikoena da, haizeak portiko hastialean eragindako indarririk handieran bertan ematen direlako. Taula 3.48-ean ikusi daitekeenez, zutabeak 8'20 metroko gilbordura distantzia izango du. Plano kanpoan, ez ezik, portiko hastialeko zutabeek murriztutako distantzia izango du; izan ere, bakoitza altuera ezberdin batera dagoenez, hauek gilbordura luzera ezberdina izango baitute.



Irudia 3.117 - Portiko hastialaren zutabearen parte ezberdinen kotak

#### ALBO GILBORDURA

Kasu horretan ere, petralen altuerako tornapuntak erabiliko dira bi hegoak konprimitu eta gilbortu ahal izateko. Horregatik, gilbordura distantziak ere murriztu egingo dira bi aldeetako petralen artean, goikoan eta behekoan:

Taula 3.62 - Jolastokiaren portikoen gilbordura luzera

FENOMENOA	BARRA MOTA	LUZERA NOMINALA (m)	GILBORDURA LUZERA (m)	
			Ardatz Ahula	Ardatz Indartsua
Gilbordura	260 x 520	7	1'2-tik 2'4-ra	8'20
FENOMENOA	BARRA MOTA	LUZERA NOMINALA (m)	ALBO GILBORDURA LUZERA (m)	
			Beheko aldea	Goiko Aldea
Albo Gilbordura	260 x 520	7	1'2-tik 2'4-ra	1'2-tik 2'4-ra

### GEZIA

Portikoaren itzala jarraituz, gezi maximo erlatiboa 1/300 izango da, segurtasunaren aldeko erabakia hartuz.

Zutabe honen neurriak zehazteko, kontuan hartu dira portikoarekiko eta petralekiko loturak, eta, gainera, kontuan hartu da petraletatik iristen zaizkion karga guztiak jasan behar dituela. Horregatik, gehiegizko neurria aukeratzea izan da aukerarik hoberena, gero loturak egiteko arazorik ez izateko.

Perfil	Peso	Resistencia	Flecha	Resistencia incendio
✗ GL-200x260	23.92	276.83 %	526.72 %	149.63 %
✗ GL-220x260	26.31	230.67 %	395.73 %	115.52 %
✗ GL-240x260	28.70	196.17 %	304.82 %	92.22 %
✗ GL-260x260	31.10	169.85 %	239.75 %	75.57 %
✗ GL-280x260	33.49	148.82 %	191.95 %	63.24 %
✗ GL-300x260	35.88	131.72 %	156.07 %	54.06 %
✗ GL-320x260	38.27	117.61 %	128.59 %	46.95 %
✗ GL-340x260	40.66	105.83 %	107.21 %	41.27 %
✓ GL-360x260	43.06	95.87 %	90.32 %	36.63 %
✓ GL-380x260	45.45	87.38 %	76.79 %	32.80 %
✓ GL-400x260	47.84	80.07 %	65.84 %	29.59 %
✓ GL-420x260	50.23	73.74 %	56.88 %	26.88 %
✓ GL-440x260	52.62	68.20 %	49.47 %	24.56 %
✓ GL-460x260	55.02	63.34 %	43.29 %	22.56 %
✓ GL-480x260	57.41	59.04 %	38.10 %	20.96 %
✓ GL-500x260	59.80	55.21 %	33.71 %	19.65 %
✓ GL-520x260	62.19	51.79 %	32.19 %	18.48 %

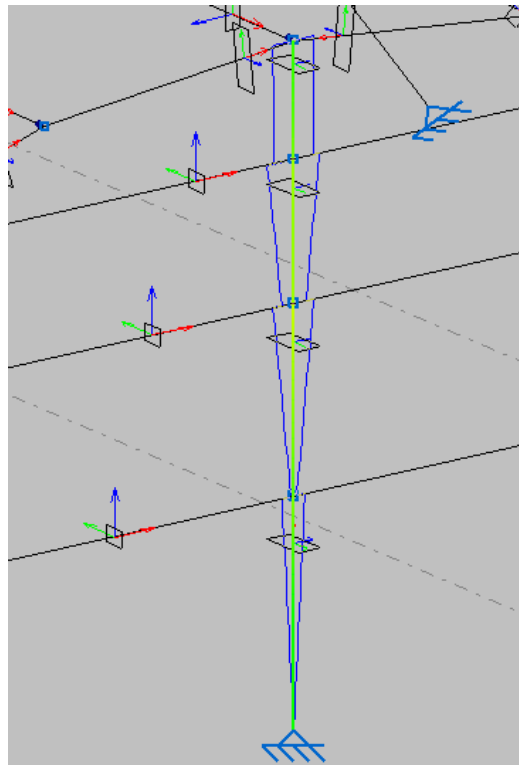
Sin revestimiento ignífugo

Significado de los iconos

- ✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Irudia 3.118 - Zutabe hastialaren barra baliagarriak

Hurrengo irudian ikus daitekeenez, zutabeak luzetarako momentu bat du, petraletatik zutabera doazen indar ebakitzaileek sortzen dutena. Aukeratutako dimentsioekin, zutabeek ezin hobeto jasaten dute %51,6ko gehieneko aprobetxamenduarekin.



Irudia 3.119 - Zutabearen aprobetxamendu eta momentu makurtzaile maximoak

Barra N116/N117

Perfil: GL-520x260 Material: Madera (GL24h)		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )		I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N116	N117	1352.00	304650.67	76162.67	209295.01		
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	$\beta$	3.57	4.29	1.00	1.00		
	L <sub>k</sub>	7.000	8.400	1.959	1.959		
	C <sub>1</sub>	-			1.000		
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							
<b>Situación de incendio</b>							
Resistencia requerida: R30							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE												Estado
	N <sub>t,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	V <sub>x,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	N <sub>t,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub>		
16/N117	x: 1.959 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 1.959 m $\eta = 34.7$	x: 1.959 m $\eta = 22.1$	$\eta = 9.3$	$\eta = 4.9$	$\eta = 2.2$	x: 1.959 m $\eta = 50.2$	x: 1.959 m $\eta = 49.6$	x: 1.959 m $\eta = 51.8$	$\eta = 10.3$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.8$	
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado
	N <sub>t,d</sub>	N <sub>c,d</sub>	M <sub>x,d</sub>	M <sub>y,d</sub>	V <sub>x,d</sub>	V <sub>y,d</sub>	M <sub>z,d</sub>	M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	N <sub>t,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	N <sub>c,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub>	M <sub>x,d</sub> V <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub>		
16/N117	x: 1.959 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 1.959 m $\eta = 11.5$	x: 1.959 m $\eta = 8.2$	$\eta = 2.8$	$\eta = 1.5$	$\eta = 0.8$	x: 1.959 m $\eta = 17.2$	x: 1.959 m $\eta = 12.3$	x: 1.959 m $\eta = 18.5$	$\eta = 3.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 18.5$	
Notación: N <sub>t,d</sub> : Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra N <sub>c,d</sub> : Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra M <sub>x,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje x M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión en el eje y V <sub>x,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje x V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante en el eje y M <sub>z</sub> : Resistencia a torsión M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión esviada N <sub>t,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión y tracción axial combinadas N <sub>c,d</sub> M <sub>x,d</sub> M <sub>y,d</sub> : Resistencia a flexión y compresión axial combinadas M <sub>x,d</sub> V <sub>x,d</sub> V <sub>y,d</sub> : Resistencia a cortante y torsión combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)													

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.18} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{23.85} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1352.00} \text{ cm}^2$$

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{12.05} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.01}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{520.00} \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

r una versión educativa de CYPE

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 1.4 - 6.3.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.053} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBeheraG+0.75·N1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d} : \underline{0.37} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$



Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2)

$\chi_c$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$\lambda_{rel}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$\lambda$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$i$ : Radio de giro

$$N_{c,0,d} : \underline{50.16} \text{ kN}$$

$$A : \underline{1352.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{c,0,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$$

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$\chi_{c,y} : \underline{0.84}$$

$$\chi_{c,z} : \underline{0.41}$$

$$k_y : \underline{0.94}$$

$$k_z : \underline{1.69}$$

$$\beta_c : \underline{0.10}$$

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.90}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.50}$$

$$E_{0,k} : \underline{9400.00} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$\lambda_y : \underline{55.96}$$

$$\lambda_z : \underline{93.26}$$

$$L_{k,y} : \underline{8400.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{7000.00} \text{ mm}$$

$$i_y : \underline{150.11} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{75.06} \text{ mm}$$

ido por una versión educativa de CYPE

Produs

**Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.347} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones

0.8·PP+1.5·HaizeaBeheraG+1.5·Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^+}{k_{crit}^+ \cdot f_{m,y,d}^+} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.347} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaBeheraG+1.5·Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}^-}{k_{crit}^- \cdot f_{m,y,d}^-} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.275} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea0°.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{6.08} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{4.82} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{71.23} \quad \text{kN·m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{56.49} \quad \text{kN·m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{11717.33} \quad \text{cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{17.53} \quad \text{MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

$$\text{Clase} : \underline{\text{Corta duración}}$$

Clase de servicio

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \quad \text{MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.01}$$

do por una versión educativa de CYPE

Producción

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{520.00} \quad \text{mm}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**Resistencia a vuelco lateral:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{6.08} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{4.82} \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{71.23} \quad \text{kN·m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{56.49} \quad \text{kN·m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y} : \underline{11717.33} \quad \text{cm}^3$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{17.53} \quad \text{MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h$  : 1.01

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(600/h\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h$  : 520.00 mm

$\gamma_m$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_m$  : 1.25

$k_{crit}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

$k_{crit}$  : 1.00

Para  $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$

$k_{crit} = 1.0$

Donde:

$\lambda_{rel,m}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$\lambda_{rel,m}$  : 0.24

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k} \cdot W_{el}}{M_{crit}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$  : 11717.33 cm<sup>3</sup>

$M_{crit}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$M_{crit,y}$  : 4759.16 kN·m

$$M_{crit,y} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_z \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$E_{0,k}$  : 9400.00 MPa

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$G_{0,k}$  : 587.50 MPa

$I$ : Momento de inercia

$I_z$  : 76162.67 cm<sup>4</sup>

$I_{tor}$ : Momento de inercia a torsión

$I_{tor}$  : 209295.01 cm<sup>4</sup>

$L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$L_{ef}$  : 1958.57 mm

or una versión educativa de CYPE

Producido por

**Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.221 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera2+0.75·N2.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^+$  : 4.16 MPa

$\sigma_{m,z,d}^-$  : 4.00 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Producido por una versión educativa de CYPE

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+ : \underline{24.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$M_{z,d}^- : \underline{23.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$W_{el,z} : \underline{5858.67} \text{ cm}^3$

$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$

$f_{m,z,d} : \underline{18.79} \text{ MPa}$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod} : \underline{0.90}$

Donde:

Clase de duración de la carga

**Clase** : Corta duración

Clase de servicio

**Clase** : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$k_h : \underline{1.09}$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h : \underline{260.00} \text{ mm}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

**Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$

$\eta : \underline{0.093} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaBehera2+0.75·N2.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d} : \underline{0.18} \text{ MPa}$

$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{y,d} : \underline{10.96} \text{ kN}$

$A$ : Área de la sección transversal

$A : \underline{1352.00} \text{ cm}^2$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr} : \underline{0.67}$

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d} : \underline{1.94} \text{ MPa}$

$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$k_{mod} : \underline{0.90}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_M : \underline{1.25}$

**Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)**

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$

$\eta : \underline{0.049} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Haizea90°.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d} : \underline{0.10} \text{ MPa}$



$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$A$ : Área de la sección transversal

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$V_{z,d} : \frac{5.76}{\text{kN}}$$

$$A : \frac{1352.00}{\text{cm}^2}$$

$$k_{cr} : \frac{0.67}{\text{MPa}}$$

$$f_{v,d} : \frac{1.94}{\text{MPa}}$$

$$k_{mod} : \frac{0.90}{\text{MPa}}$$

$$f_{v,k} : \frac{2.70}{\text{MPa}}$$

$$\gamma_M : \frac{1.25}{\text{MPa}}$$

### Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea0°.

Donde:

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$W_{tor}$ : Modulo resistente a torsión

$k_{forma}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$$k_{forma} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}} \right\}$$

Donde:

$b_{max}$ : Ancho mayor de la sección transversal

$b_{min}$ : Ancho menor de la sección transversal

$f_{v,d}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\tau_{tor,d} : \frac{0.06}{\text{MPa}}$$

$$M_{x,d} : \frac{0.50}{\text{kN}\cdot\text{m}}$$

$$W_{tor} : \frac{8998.91}{\text{cm}^3}$$

$$k_{forma} : \frac{1.30}{\text{MPa}}$$

$$b_{max} : \frac{520.00}{\text{mm}}$$

$$b_{min} : \frac{260.00}{\text{mm}}$$

$$f_{v,d} : \frac{1.94}{\text{MPa}}$$

$$k_{mod} : \frac{0.90}{\text{MPa}}$$

$$f_{v,k} : \frac{2.70}{\text{MPa}}$$

$$\gamma_M : \frac{1.25}{\text{MPa}}$$

### Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.502} \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.464} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.5·HaizeaBehera2+1.5·Haizea90°+0.75·N2.

Donde:

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{6.08} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{4.16} \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} : \underline{71.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{24.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{11717.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{5858.67} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d} : \underline{17.53} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{18.79} \text{ MPa}$$

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,y} : \underline{1.01}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.09}$$

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.496} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.455} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGora2+1.5·Haizea90°+0.75·N3.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d} / A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$A$ : Área de la sección transversal

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{t,0,d}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

$$N_{t,0,d} : \underline{4.23} \text{ kN}$$

$$A : \underline{1352.00} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{6.08} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{3.93} \text{ MPa}$$

$$M_{y,d} : \underline{71.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-23.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{11717.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{5858.67} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d} : \underline{12.05} \text{ MPa}$$



$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.01}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{520.00} \text{ mm}$$

**f<sub>t,0,k</sub>**: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**f<sub>t,d</sub>**: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{17.53} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{18.79} \text{ MPa}$$

versión educativa de CYPE

Producido por una

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

**f<sub>m,k</sub>**: Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

**k<sub>h</sub>**: Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.01}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.09}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{520.00} \text{ mm}$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\{(600/h)^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{260.00} \text{ mm}$$

**γ<sub>M</sub>**: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

**k<sub>m</sub>**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

### Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot \text{HaizeaBehera2} + 1.5 \cdot \text{Haizea90} + 0.75 \cdot N2.$$

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.502} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.464} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.518} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.498} \quad \checkmark$$

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.24) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c0,d}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c0,d} : \underline{0.24} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{31.99} \text{ kN}$$

$A$ : Área de la sección transversal

$$A : \underline{1352.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{6.08} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{4.16} \text{ MPa}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{71.22} \text{ kN-m}$$

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{z,d} : \underline{24.36} \text{ kN-m}$$

$$W_{el,y} : \underline{11717.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{5858.67} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{17.28} \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_M : \underline{1.25}$$

$f_{m,d}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{17.53} \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{18.79} \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

$k_{mod}$ : Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$k_h$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.01}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.09}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min \left\{ (600/h)^{0.1}; 1.1 \right\}$$

Donde:

$h$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h : \underline{520.00} \text{ mm}$$

una versión educativa de CYPE

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{\left(\frac{600}{h}\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

**h**: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

**k**: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$\chi$ : Factor de inestabilidad

<b>h</b> :	<u>260.00</u>	mm
$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>	
<b>k<sub>m</sub></b> :	<u>0.70</u>	
$\chi_{c,y}$ :	<u>0.84</u>	
$\chi_{c,z}$ :	<u>0.41</u>	

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.103 ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.062 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·HaizeaGora1+1.5·Haizea0°+0.75·N2.

Donde:

$\tau_d$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$ :	<u>0.18</u>	MPa
$\tau_{z,d}$ :	<u>0.08</u>	MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

**V<sub>d</sub>**: Cortante de cálculo

**A**: Área de la sección transversal

**k<sub>cr</sub>**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$\tau_{tor,d}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

**M<sub>x,d</sub>**: Momento torsor de cálculo

**W<sub>tor</sub>**: Modulo resistente a torsión

<b>V<sub>y,d</sub></b> :	<u>10.79</u>	kN
<b>V<sub>z,d</sub></b> :	<u>4.75</u>	kN
<b>A</b> :	<u>1352.00</u>	cm <sup>2</sup>
<b>k<sub>cr</sub></b> :	<u>0.67</u>	
$\tau_{tor,y,d}$ :	<u>0.03</u>	MPa
$\tau_{tor,z,d}$ :	<u>0.06</u>	MPa

**k<sub>forma</sub>**: Factor cuyo valor depende del tipo de sección

**f**: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

**k<sub>mod</sub>**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

**f<sub>v,k</sub>**: Resistencia característica a cortante

$\gamma_M$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

<b>k<sub>forma</sub></b> :	<u>1.30</u>	
<b>f<sub>v,d</sub></b> :	<u>1.94</u>	MPa
<b>k<sub>mod</sub></b> :	<u>0.90</u>	
<b>f<sub>v,k</sub></b> :	<u>2.70</u>	MPa
$\gamma_M$ :	<u>1.25</u>	

una versión educativa de CYPE

**Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG.

Donde:

 $\sigma_{t,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d,fi} : \underline{0.01} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

 $N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.74} \text{ kN}$$

 $A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{946.56} \text{ cm}^2$$

 $f_{t,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d,fi} : \underline{19.47} \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

 $k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

 $k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,fi} : \underline{1.03}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\{(600/h_{fi})^{0.1}; 1.1\}$$

Donde:

 $h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{464.00} \text{ mm}$$

 $f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{16.50} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

 $k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

**Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG.

Donde:

 $\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.23} \text{ MPa}$$



$$\sigma_{c0,d,fi} = |N_{c0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$N_{c0,d,fi} : \frac{21.35}{\text{kN}}$$

$$A_{fi} : \frac{946.56}{\text{cm}^2}$$

$f_{c0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c0,d,fi} : \frac{27.60}{\text{MPa}}$$

$$f_{c0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \frac{1.00}{\text{---}}$$

$f_{c0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c0,k} : \frac{24.00}{\text{MPa}}$$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \frac{1.00}{\text{---}}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \frac{1.15}{\text{---}}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,n}$ : Factor de inestabilidad, dado por:

$$\chi_{c,y,n} : \frac{0.76}{\text{---}}$$

$$\chi_{c,z,n} : \frac{0.26}{\text{---}}$$

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,fi} - 0.3) + \lambda_{rel,fi}^2)$$

$$k_{y,n} : \frac{1.04}{\text{---}}$$

$$k_{z,n} : \frac{2.41}{\text{---}}$$

Donde:

$\beta_c$ : Factor asociado a la rectitud de las piezas

$$\beta_c : \frac{0.10}{\text{---}}$$

$\lambda_{rel,fi}$ : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y,n} : \frac{1.01}{\text{---}}$$

$$\lambda_{rel,z,n} : \frac{1.91}{\text{---}}$$

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,k}}}$$

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$$E_{0,k} : \frac{9400.00}{\text{MPa}}$$

$f_{c0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c0,k} : \frac{24.00}{\text{MPa}}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \frac{1.15}{\text{---}}$$

$\lambda_{fi}$ : Esbeltez mecánica, dada por:

$$\lambda_{y,n} : \frac{62.71}{\text{---}}$$

$$\lambda_{z,n} : \frac{118.87}{\text{---}}$$

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

$L_k$ : Longitud de pandeo de la barra

$$L_{k,y} : \frac{8400.00}{\text{mm}}$$

$$L_{k,z} : \frac{7000.00}{\text{mm}}$$

$i_{fi}$ : Radio de giro

$$i_{y,n} : \frac{133.95}{\text{mm}}$$

$$i_{z,n} : \frac{58.89}{\text{mm}}$$

la versión educativa de CYPE

Producido por una versión

**Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.115 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG+0.5·Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión positiva:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fl}^+}{k_{crit,fl}^+ \cdot f_{m,y,d,fl}^+} \leq 1$$

$\eta$  : 0.115 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBeheraG+0.5·Haizea90°.

Resistencia a vuelco lateral para flexión negativa:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fl}^-}{k_{crit,fl}^- \cdot f_{m,y,d,fl}^-} \leq 1$$

$\eta$  : 0.091 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1+0.5·Haizea0°.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,d,fl}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fl} = |M_d| / W_{el,fl}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$\sigma_{m,y,d,fl}^+$  : 3.24 MPa  
 $\sigma_{m,y,d,fl}^-$  : 2.57 MPa

$M_{y,d}^+$  : 23.74 kN·m  
 $M_{y,d}^-$  : 18.83 kN·m

$W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min \{ (600 / h_{fl})^{0.1} ; 1.1 \}$$

Donde:

$h_{fl}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_{fl}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$W_{el,y,fl}$  : 7320.06 cm<sup>3</sup>  
 $f_{m,y,d,fl}$  : 28.32 MPa

$k_{mod,fl}$  : 1.00

Clase : Corta duración

Clase : 2

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_{h,fl}$  : 1.03

$h_{fl}$  : 464.00 mm

$\gamma_{M,fl}$  : 1.00

$k_{fl}$  : 1.15

**Resistencia a vuelco lateral:**



$\sigma_{m,d,fl}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fl} = |M_d| / W_{el,fl}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$f_{m,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_{fl} \cdot k_{h,fl} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

$k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase de servicio

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$k_{h,fl}$ : Factor de altura, dado por:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fl} = \min\left\{\left(600 / h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$\gamma_{M,fl}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_{crit,fl}$ : Factor que tiene en cuenta la reducción de la resistencia a flexión debida al vuelco lateral, dado por:

Para  $\lambda_{rel,m,fl} \leq 0.75$

$$k_{crit,fl} = 1.0$$

Donde:

$\lambda_{rel,m,fl}$ : Esbeltez relativa para vuelco lateral, dada por:

$$\lambda_{rel,m,fl} = \sqrt{\frac{k_n \cdot f_{m,k} \cdot W_{el,fl}}{M_{crit,fl}}}$$

Donde:

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$M_{crit,fl}$ : Momento crítico elástico a vuelco lateral por torsión, dado por:

$$M_{crit,y,fl} = \frac{\pi \cdot k_{fl} \cdot \sqrt{E_{0,k} \cdot I_{z,fl} \cdot G_{0,k} \cdot I_{tor,fl}}}{L_{ef}}$$

Donde:

$E_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra

$G_{0,k}$ : Valor del quinto percentil del módulo de cortante paralelo a la fibra

$$\sigma_{m,y,d,fl}^+ : \underline{\underline{3.24}} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,fl}^- : \underline{\underline{2.57}} \text{ MPa}$$

$$M_{y,d}^+ : \underline{\underline{23.74}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{\underline{18.83}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fl} : \underline{\underline{7320.06}} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,y,d,fl} : \underline{\underline{28.32}} \text{ MPa}$$

$$k_{mod,fl} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{Corta duración}}$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{2}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{24.00}} \text{ MPa}$$

$$k_{h,fl} : \underline{\underline{1.03}}$$

$$h_n : \underline{\underline{464.00}} \text{ mm}$$

$$\gamma_{M,fl} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_n : \underline{\underline{1.15}}$$

$$k_{crit,fl} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\lambda_{rel,m,fl} : \underline{\underline{0.29}}$$

$$f_{m,k} : \underline{\underline{24.00}} \text{ MPa}$$

$$W_{el,y,fl} : \underline{\underline{7320.06}} \text{ cm}^3$$

$$k_n : \underline{\underline{1.15}}$$

$$M_{crit,y,fl} : \underline{\underline{2406.51}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$E_{0,k} : \underline{\underline{9400.00}} \text{ MPa}$$

$$G_{0,k} : \underline{\underline{587.50}} \text{ MPa}$$

Producción por delegación educativa de CYPE

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio  
 $I_n$ : Momento de inercia  
 $I_{tor,n}$ : Momento de inercia a torsión  
 $L_{ef}$ : Longitud eficaz de vuelco lateral

$k_n$	: <u>1.15</u>	
$I_{z,n}$	: <u>32826.70</u>	cm <sup>4</sup>
$I_{tor,n}$	: <u>93884.36</u>	cm <sup>4</sup>
$L_{ef}$	: <u>1958.57</u>	mm

**Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.082 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera2.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

**Resistencia de la sección transversal a flexión:**

$\sigma_{m,z,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^+$	: <u>2.50</u>	MPa
$\sigma_{m,z,d,fi}^-$	: <u>2.23</u>	MPa

$$\sigma_{m,z,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^+$	: <u>8.05</u>	kN·m
$M_{z,d}^-$	: <u>7.17</u>	kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$  : 3218.30 cm<sup>3</sup>

$f_{m,z,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$  : 30.36 MPa

$$f_{m,z,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$  : 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : Corta duración

Clase de servicio

Clase : 2

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$  : 24.00 MPa

$k_{n,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{n,fi}$  : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_n$  : 204.00 mm

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$  : 1.00

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_n$  : 1.15

**Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera2.

Donde:

 $\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{v,d,fi} : \underline{0.09} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{3.70} \text{ kN}$$

 $A_n$ : Área de la sección transversal

$$A_n : \underline{946.56} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

 $k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

 $k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

Evaluación de CYPE

**Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·Haizea90°.

Donde:

 $\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.05} \text{ MPa}$$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

 $V_d$ : Cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{1.92} \text{ kN}$$

 $A_n$ : Área de la sección transversal

$$A_n : \underline{946.56} \text{ cm}^2$$

 $k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

 $k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

 $f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$$

 $\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

 $k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

Evaluación por un/a

**Resistencia a torsión - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1+0.5·Haizea0°.

Donde:

$\tau_{tor,d,fi}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:  $\tau_{tor,d,fi} : \underline{0.03}$  MPa

$$\tau_{tor,d,fi} = |M_{x,d}| / W_{tor,fi}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo  $M_{x,d} : \underline{0.17}$  kN·m

$W_{tor,fi}$ : Modulo resistente a torsión  $W_{tor,fi} : \underline{5081.13}$  cm<sup>3</sup>

$k_{forma,fi}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección  $k_{forma,fi} : \underline{1.34}$

$$k_{forma,fi} = \min \left\{ 2.0 ; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max,fi}}{b_{min,fi}} \right\}$$

Donde:

$b_{max,fi}$ : Ancho mayor de la sección transversal  $b_{max,fi} : \underline{464.00}$  mm

$b_{min,fi}$ : Ancho menor de la sección transversal  $b_{min,fi} : \underline{204.00}$  mm

$f_{v,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:  $f_{v,d,fi} : \underline{3.11}$  MPa

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad  $k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante  $f_{v,k} : \underline{2.70}$  MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  $\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio  $k_{fi} : \underline{1.15}$

**Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.172} \quad \checkmark$$

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.163} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera2+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:  $\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{3.24}$  MPa

$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{2.50}$  MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo  $M_{y,d} : \underline{23.74}$  kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal  $M_{z,d} : \underline{8.05}$  kN·m

$W_{el,y,fi} : \underline{7320.06}$  cm<sup>3</sup>

$W_{el,z,fi} : \underline{3218.30}$  cm<sup>3</sup>

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:  $f_{m,y,d,fi} : \underline{28.32}$  MPa

$f_{m,z,d,fi} : \underline{30.36}$  MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{fi,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$



Producido por una versión e

Donde:

- $k_{mod,n}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad
- $f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión
- $k_{h,n}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{mod,n} : \underline{1.00}$$

$$f_{m,k} : \underline{24.00} \text{ MPa}$$

$$k_{h,y,n} : \underline{1.03}$$

$$k_{h,z,n} : \underline{1.10}$$

$$\gamma_{M,n} : \underline{1.00}$$

$$k_n : \underline{1.15}$$

$$k_m : \underline{0.70}$$

- $\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material
- $k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

**Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)**

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fl}}{f_{t,0,d,fl}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fl}}{f_{m,z,d,fl}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.123} \checkmark$$

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fl}}{f_{t,0,d,fl}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fl}}{f_{m,y,d,fl}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fl}}{f_{m,z,d,fl}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.092} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGoraG+0.5·Haizea90°.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fl}$ : Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{t,0,d,fl} : \underline{0.01} \text{ MPa}$

$$\sigma_{t,0,d,fl} = N_{t,0,d} / A_n$$

Donde:

- $N_{t,0,d}$ : Tracción axial de cálculo paralela a la fibra
- $A_n$ : Área de la sección transversal

$$N_{t,0,d} : \underline{0.74} \text{ kN}$$

$$A_n : \underline{946.56} \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fl} : \underline{3.24} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,fl} : \underline{0.35} \text{ MPa}$$

$\sigma_{m,d,fl}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,d,fl} = |M_d| / W_{el,fl}$$

Donde:

- $M_d$ : Momento flector de cálculo
- $W_{el,fl}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$M_{y,d} : \underline{23.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{-1.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y,fl} : \underline{7320.06} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z,fl} : \underline{3218.30} \text{ cm}^3$$

$$f_{t,0,d,fl} : \underline{19.47} \text{ MPa}$$

$f_{t,0,d,fl}$ : Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$$f_{t,0,d,fl} = k_{mod,fl} \cdot k_n \cdot k_{h,n} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fl}$$

Donde:

- $k_{mod,fl}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad
- $k_{h,n}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{mod,fl} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,n} : \underline{1.03}$$

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,n} = \min \left\{ (600 / h_n)^{0.1} ; 1.1 \right\}$$

Donde:

- $h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_n : \underline{464.00} \text{ mm}$$

ión educativa de CYPE

Producido por una versi

$f_{t,0,k}$ : Resistencia característica a tracción paralela a la fibra  
 $\gamma_{M,n}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material  
 $k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$f_{t,0,k} : \frac{16.50}{1.00} \text{ MPa}$   
 $\gamma_{M,n} : \frac{1.00}{1.00}$   
 $k_n : \frac{1.15}{1.00}$   
 $f_{m,y,d,fi} : \frac{28.32}{1.00} \text{ MPa}$   
 $f_{m,z,d,fi} : \frac{30.36}{1.00} \text{ MPa}$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad  
 $f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión  
 $k_{n,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$k_{mod,fi} : \frac{1.00}{1.00}$   
 $f_{m,k} : \frac{24.00}{1.03} \text{ MPa}$   
 $k_{n,y,fi} : \frac{1.03}{1.10}$   
 $k_{n,z,fi} : \frac{1.10}{1.10}$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_n : \frac{464.00}{1.00} \text{ mm}$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{\left(600/h_n\right)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

$h_n$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$h_n : \frac{204.00}{1.00} \text{ mm}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \frac{1.00}{1.00}$

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_n : \frac{1.15}{1.00}$

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \frac{0.70}{1.00}$

**Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N117, para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaBehera2+0.5·Haizea90°.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \frac{0.172}{1.00} \checkmark$

una versión educativa de CYPE

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \frac{0.163}{1.00} \checkmark$

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \frac{0.180}{1.00} \checkmark$

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \frac{0.185}{1.00} \checkmark$



Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados  
 No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral, ya que la esbeltez relativa (0.29) es inferior a 0.75.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$ : Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:  $\sigma_{c,0,d,fi} : \underline{0.16}$  MPa

$$\sigma_{c,0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$ : Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$$N_{c,0,d,fi} : \underline{14.99}$$
 kN

$A_{fi}$ : Área de la sección transversal

$$A_{fi} : \underline{946.56}$$
 cm<sup>2</sup>

$\sigma_{m,d,fi}$ : Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$$\sigma_{m,y,d,fi} : \underline{3.24}$$
 MPa

$$\sigma_{m,z,d,fi} : \underline{2.50}$$
 MPa

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

$M_d$ : Momento flector de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{23.74}$$
 kN·m

$$M_{z,d} : \underline{8.05}$$
 kN·m

$W_{el,fi}$ : Módulo resistente elástico de la sección transversal

$$W_{el,y,fi} : \underline{7320.06}$$
 cm<sup>3</sup>

$$W_{el,z,fi} : \underline{3218.30}$$
 cm<sup>3</sup>

$f_{c,0,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$$f_{c,0,d,fi} : \underline{27.60}$$
 MPa

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{c,0,k}$ : Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{24.00}$$
 MPa

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

$f_{m,d,fi}$ : Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$$f_{m,y,d,fi} : \underline{28.32}$$
 MPa

$$f_{m,z,d,fi} : \underline{30.36}$$
 MPa

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$$

$f_{m,k}$ : Resistencia característica a flexión

$$f_{m,k} : \underline{24.00}$$
 MPa

$k_{h,fi}$ : Factor de altura, dado por:

$$k_{h,y,fi} : \underline{1.03}$$

$$k_{h,z,fi} : \underline{1.10}$$

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{464.00}$$
 mm

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min \{ (600 / h_{fi})^{0.1} ; 1.1 \}$$

Donde:

$h_{fi}$ : Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

$$h_{fi} : \underline{204.00}$$
 mm

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$$

$k_{fi}$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$$k_{fi} : \underline{1.15}$$

roducido por una versión educativa de CYPE

$k_m$ : Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

$k_m : \underline{0.70}$

$\chi_{c,fi}$ : Factor de inestabilidad

$\chi_{c,y,fi} : \underline{0.76}$

$\chi_{c,z,fi} : \underline{0.26}$

**Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio** (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{v,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,y,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.031} \checkmark$

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,z,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

$\eta : \underline{0.020} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·HaizeaGora1+0.5·Haizea0°.

Donde:

$\tau_{d,fi}$ : Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d,fi} : \underline{0.09} \text{ MPa}$

$\tau_{z,d,fi} : \underline{0.04} \text{ MPa}$

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_n \cdot k_{cr}}$$

Donde:

$V_d$ : Cortante de cálculo

$V_{y,d} : \underline{3.64} \text{ kN}$

$V_{z,d} : \underline{1.58} \text{ kN}$

$A_n$ : Área de la sección transversal

$A_n : \underline{946.56} \text{ cm}^2$

$k_{cr}$ : Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

$k_{cr} : \underline{0.67}$

$\tau_{tor,d,fi}$ : Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d,fi} : \underline{0.01} \text{ MPa}$

$\tau_{tor,z,d,fi} : \underline{0.03} \text{ MPa}$

$$\tau_{tor,d,fi} = |M_{x,d}| / W_{tor,fi}$$

Donde:

$M_{x,d}$ : Momento torsor de cálculo

$M_{x,d} : \underline{0.17} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$W_{tor,fi}$ : Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y,fi} : \underline{11557.09} \text{ cm}^3$

$W_{tor,z,fi} : \underline{5081.13} \text{ cm}^3$

$k_{forma,fi}$ : Factor cuyo valor depende del tipo de sección

$k_{forma,fi} : \underline{1.34}$

$f_{v,fi}$ : Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi} : \underline{3.11} \text{ MPa}$

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_n \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$ : Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi} : \underline{1.00}$

$f_{v,k}$ : Resistencia característica a cortante

$f_{v,k} : \underline{2.70} \text{ MPa}$

$\gamma_{M,fi}$ : Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi} : \underline{1.00}$

$k_n$ : Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

$k_n : \underline{1.15}$

Producción por una versión educativa de CYPE

### 3.4.7 ZIMENDAPENA

Zimenduak dimentsionatzeko, Cype 3D-k duen zimenduen atala erabili da. Kontuan izan behar da programa honek zimendu elementuak izan behar dituen neurriak, eta hura osatzen duten armadurak baino ez dituela kalkulatzeko, bertan aplikatutako kargak jasan ahal izateko. Horrez gain, programak ere finkatze plakak eta zimendu egokiarekin lotura egiteko behar diren barra uzkurtoak ere dimentsionatzen ditu.

Hala ere, Cype 3D-k sortutako jolastokiaren eraikina oso mugatuta dago: alde batetik, ezin dituelako elementuak zimenduekin lotu, zimenduek lurrarekiko perpendikularra ez den angelua baitutelako; eta, bestalde, Cype 3D ez delako gai zurezko loturak egiteko.

Bi arazo horiek honela konpondu dira: lehenik eta behin, egitura berri bat egin da Cype 3D-n, puntuz soilik, non zimenduak jarrita dauden. Gainera, jolastokiaren eredian lortutako karga puntualak sartu dira korapiloetan. Estalkiaren gainean dauden ekintza guztien emaitzak sartu ondoren, Cype 3D-ek beharrezko konbinazioak egiten ditu eta zapaten neurriak kalkulatzeko. Kalkulu hori geroago azalduko da.

Bigarren arazoa konpontzeko, "Rothoblaas" enpresak eskaintako "MyProject" izeneko softwarea erabili da. Software honekin ia zurezko lotura guztiak dimentsionatu ahal izan dira (ikus 3.4.8 LOTURAK atala). Hala ere, finkatze plaken eta zimenduaren arteko lotura ezin da software honekin kalkulatu. Hori dela eta, berriro Cype 3D erabili da, baina oraingoan metalezko barrekin. Hala, Cype 3D gai da obran erabiltzen den finkatze plaka bakoitzari eusteko behar diren barra uzkurtuen neurriak ezartzeko.

Horregatik, lehenik zapata aztertu eta dimentsionatuko da, ondoren zimenduaren eta finkatze plaken arteko lotura aztertu eta diseinatzeko. Garrantzitsua da aipatzea, obra honetan erabiliko den hormigoia HA-25 izango dela (kontrol estatistikorekin), agregakinaren gehieneko tamaina 30 mm-koa izango dela eta barra uzkurtoak B 400 S inguru izango direla kontrol normalarekin.

#### 3.4.7.1 HORMIGOI ZAPATA

Hormigoia armatuzko zapata isolatuen bidez zimendatuko da jolastokia. Horiek abio bakarra izango dute eta angeluzuzenak izango dira, zapaten azalera erabilgarria ahalik eta gehien handitzeko.



Irudia 3.120 - Cype 3D-ren zimendapen mota desberdinak

Finkatzeak artikulatuak direla kontuan hartuta, hau da, zimenduetan momenturik ez dutela (portiko hastialaren zutabeak izan ezik), 4 zapata mota diseinatuko dira, bakoitzak dituen eskakizunak kontuan hartuta:

Lehenik eta behin, portiko hastialak zapata txiki batzuen gainean jarriko dira; izan ere, haien gainean dagoen indarra beste portikoen erdia baita. Hala ere, haizeak ere eragin handia du portiko hastialean.

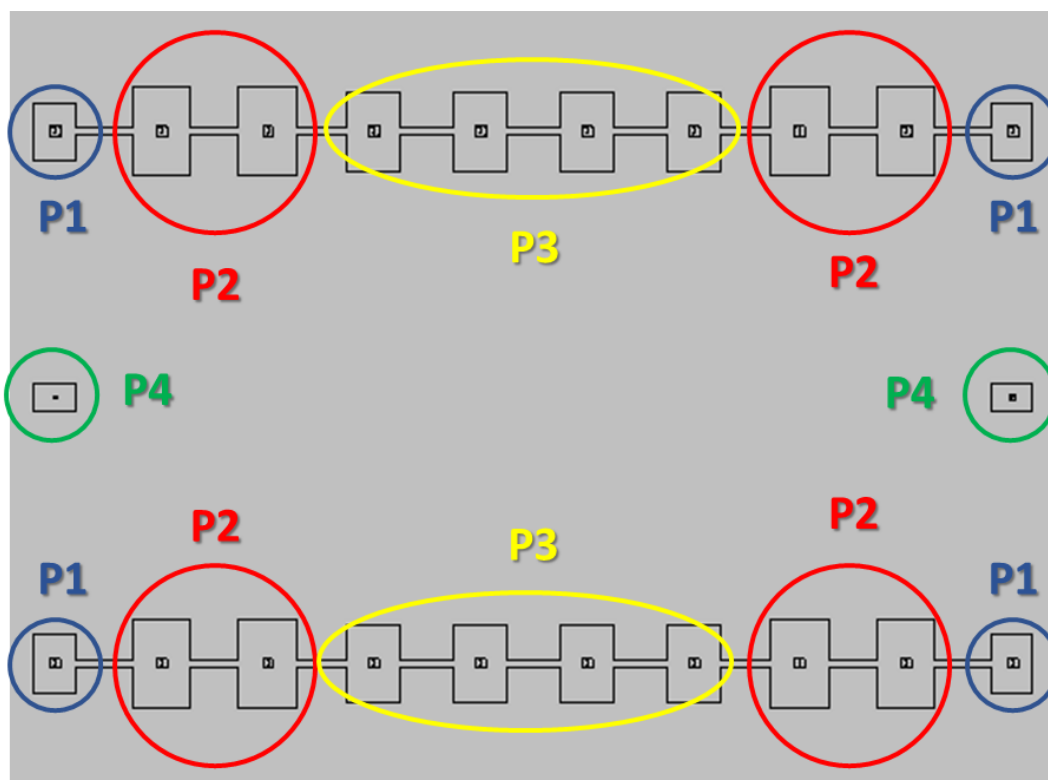
Beste alde batetik, bigarren zapata mota bat bereiziko da, honetara arriostamenduak iristen direnean. Zapata hauek izango dira obrako handienak, egituraren luzetarako norabidean indar handiena dutenak baitira. Hauek hormigoizkoak nahiz armatuak izango dira.

Erdiko 4 portikoetan jartzen diren zapatek ere neurri bereziak dituzte, arriostamendurik ez izan arren, estalkiaren karga askori eusten baitiete.

Azkenik, portiko hastialetako zutabeetako zapatak txikiak dira, zutabeen aplikatutako indarrak nahiko txikiak baitira. Hala ere, finkatze plakak zein zapataren neurriek kalkulatu egon behar dute.

Taula 3.63 - Zimendapenen zapaten mota desberdinen laburpena

ZENBAKIA	IZENA	UNITATEAK	DIMENTSIOAK (cm)
<b>P1</b>	Portiko Hastiala	4	280 x 200 x 60
<b>P2</b>	Arriostamenduko Portikoak	8	420 x 280 x 95
<b>P3</b>	Erdiko Portikoak	8	380 x 260 x 85
<b>P4</b>	Portiko Hastialeko Zutabeak	2	140 x 200 x 50



Irudia 3.121 - Zimentapen mota desberdinen kokalekua

**P1 – PORTIKO HASTIALA**

Portiko hastialak osatzen dituzten 4 zapatek 280 x 200 zentimetroko dimentsioak eta 60 zentimetroko sakontasuna izango dute. Barneko armadura goiko eta beheko parrilaz osatuko da, zeintzuk guztiz berdinak izango diren. Parrila horiek 12 mm-ko diametroa duten barra uzkurtuz osatuta egongo da, zeinek 18 zentimetrora kokatuko diren. Horrela, mota honetako 11 barra jarriko dira norabide laburrean eta 15 barra luzeran.

Referencia: N15		
Dimensiones: 280 x 200 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0295281 MPa Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0289395 MPa Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0458127 MPa	Cumple Cumple Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 56.0 % Reserva seguridad: 1240.5 %	Cumple Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 48.49 kN·m Momento: 19.83 kN·m	Cumple Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 45.91 kN Cortante: 17.07 kN	Cumple Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 100.7 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Alto mínimo:</b> <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> - N15:	Mínimo: 50 cm Calculado: 53 cm	Cumple
<b>Cantidad geométrica mínima:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021 Calculado: 0.0021	Cumple Cumple
<b>Cantidad mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0004 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b> <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Separación mínima entre barras:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple



Referencia: N15		
Dimensiones: 280 x 200 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 30 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## P2 – ARRIOSTRAMENDUKO PORTIKOAK

Arriostramenduko portikoak osatzen dituzten 8 zapatek 420 x 280 zentimetroko dimentsioak eta 95 zentimetroko sakontasuna izango dute. Barneko armadura goiko eta beheko parrilaz osatuko da, zeintzuk guztiz berdinak izango diren. Parrila horiek 16 mm-ko diametroa duten barra uzkuratuz osatuta egongo da, zeinek 21 zentimetrora kokatuko diren. Horrela, mota honetako 13 barra jarriko dira norabide laburrean eta 20 barra luzeran.

Referencia: N14		
Dimensiones: 420 x 280 x 95		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0361008 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0370818 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0508158 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 5.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 188.6 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -143.78 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -67.44 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 84.27 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 32.27 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 107.9 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Alto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 95 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N14:	Mínimo: 50 cm Calculado: 87 cm	Cumple
Cantidad geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple



<b>Prodomet</b> Cantidad mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm Calculado: 16 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación", Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N14 Dimensiones: 420 x 280 x 95 Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
<b>Comprobación</b>	<b>Valores</b>	<b>Estado</b>
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 108 cm Calculado: 108 cm Calculado: 41 cm Calculado: 41 cm Calculado: 108 cm Calculado: 108 cm Calculado: 41 cm Calculado: 41 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### P3 – ERDIKO PORTIKOA

Erdiko portikoa osatzen dituzten 8 zapatek 360 x 260 zentimetroko dimentsioak eta 85 zentimetroko sakontasuna izango dute. Barneko armadura goiko eta beheko parrilaz osatuko da, zeintzuk guztiz berdinak izango diren. Parrila horiek 14 mm-ko diametroa duten barra uzurtuz osatuta egongo da, zeinek 18 zentimetrora kokatuko diren. Horrela, mota honetako 14 barra jarriko dira norabide laburrean eta 21 barra luzeran.

Referencia: N10 Dimensiones: 380 x 260 x 85 Armados: Xi:Ø14c/18 Yi:Ø14c/18 Xs:Ø14c/18 Ys:Ø14c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0339426 MPa Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0370818 MPa Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0484614 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 40.4 % Reserva seguridad: 32356.1 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 96.59 kN-m Momento: 36.86 kN-m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 63.27 kN Cortante: 20.11 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 93.9 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Espacio mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N10:	Mínimo: 50 cm Calculado: 78 cm	Cumple
Cantidad geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple Cumple
Cantidad mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 14 mm Calculado: 14 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N10		
Dimensiones: 380 x 260 x 85		
Armados: Xi:Ø14c/18 Yi:Ø14c/18 Xs:Ø14c/18 Ys:Ø14c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 96 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 96 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 96 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 96 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 de la norma EHE-98)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.19		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.05		
Cortante de agotamiento (En dirección X): 508.35 kN		
Cortante de agotamiento (En dirección Y): 746.05 kN		

#### P4 – PORTIKO HASTIALEKO ZUTABEA

Portiko hastialeko zutabea osatzen dituzten 2 zapatek 140 x 200 zentimetroko dimentsioak eta 50 zentimetroko sakontasuna izango dute. Barneko armadura goiko eta beheko parrilaz osatuko da, zeintzuk guztiz berdinak izango diren. Parrila horiek 12 mm-ko diametroa duten barra uzurtuz osatuta egongo da, zeinek 22 zentimetrora kokatuko diren. Horrela, mota honetako 6 barra jarriko dira norabide laburrean eta 9 barra luzeran.

Referencia: N16		
Dimensiones: 140 x 200 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0286452 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0212877 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0377685 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 683.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 12.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 9.70 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 19.90 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 10.01 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 23.25 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 281.5 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple

Comprobación por la inversa	espacio para anclar arranques en cimentación: - N16:	Mínimo: 30 cm Calculado: 43 cm	Cumple
	Cantidad geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021 Calculado: 0.0021	Cumple Cumple
	Cantidad mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0004 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
	Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
	Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 22 cm Calculado: 22 cm Calculado: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
	Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 22 cm Calculado: 22 cm Calculado: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N16		
Dimensiones: 140 x 200 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 48 cm Calculado: 48 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 48 cm Calculado: 48 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		



### 3.4.7.2 FINKATZE PLAKA

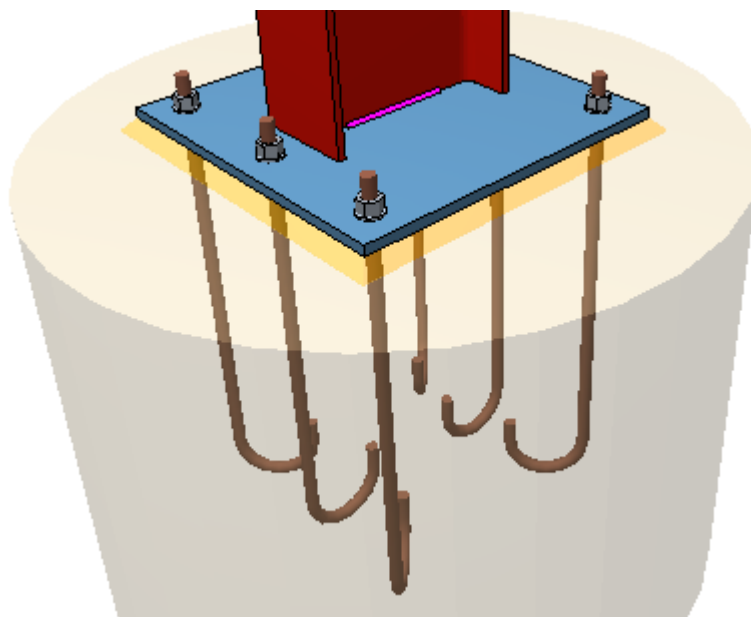
Portikoetarako finkatze plaka berezko diseinua izango da, jolastokiaren egiturarako bereziki egina (ikusi 3.4.8.6 atala). Hala ere, esan bezala, finkatze plaka dimentsionatu egingo da Cype 3D erabiliz. Cype 3D-k finkatze plakaren eta portikoaren euskarriaren arteko lotura kalkula dezan, programarako metalezko zutabe bertikalak sartuko dira. Hala, Cype-k kalkulu oinarri bat izan dezake finkatze plaka zimendurako beharrezkoak diren barra uzkurtuak dimentsionatzeko.

Nahiz eta portikoen zimenduak kokaturik dauden lekuaren arabera desberdinak izan, finkatze plaka eta portikoarekiko lotura berdinak izango dira portiko guztientzat. Hala ere, portiko hastialen zutabeek haien berezko finkatze plaka izango dute, portikoena ez bezalakoa. Horregatik, bi ainguratze-plaka mota bereizten dira:

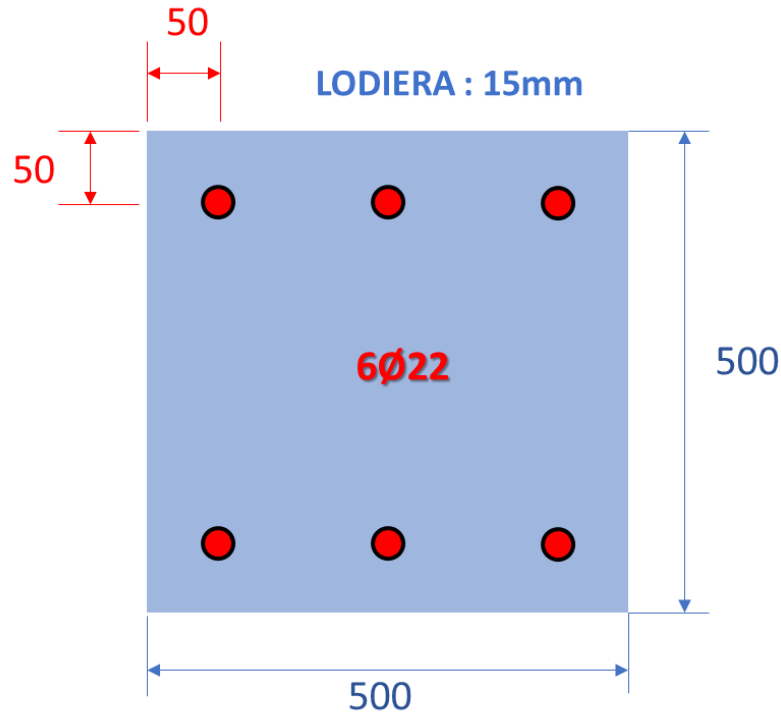
#### PORTIKOEN FINKATZE PLAKA

Portikoetako finkatze plaka guztiak berdinak direnez, portiko arriostamenduaren finkatze plakak dimentsionatu egingo dira, horrek jasan behar baititu kargarik gehienak.

IPE 300 profil bertikala jarri da, Cype enpresak xaflaren neurriak ezarri ahal izateko. Gero, xafla kalkulatzera ekin zaio. Emaitza 20 mm-ko diametroko eta 50 mm-ko luzerako 6 barra uzkurtu izan da. Horretarako, 500 x 500 mm-ko xafla bat behar da, 15 mm-ko lodierakoa:



Irudia 3.122 - Cype 3D-k kalkulaturako portikoaren finkatze plaka



Irudia 3.123 - Portikoaren finkatze plakaren dimentsioak

Hona hemen xaflaren neurketak, honek loturan sortzen diren esfortzuak jasan ditzan:

2) Placa de anclaje

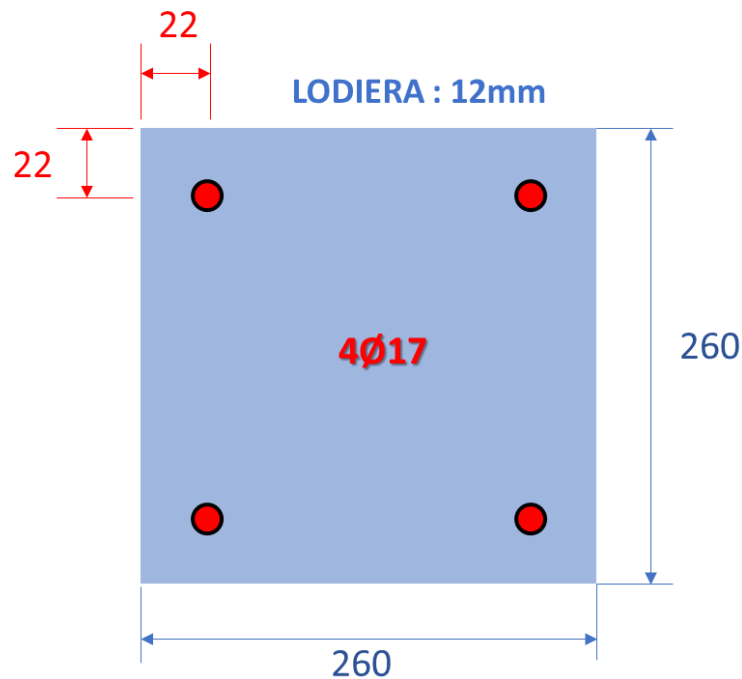
<b>Referencia:</b> -Placa base: Ancho X: 500 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 6Ø20 mm L=50 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 200 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 51 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón (Tracción):	Máximo: 111.12 kN Calculado: 0 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 79.89 kN Calculado: 0 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 157.14 kN Calculado: 0 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250 Calculado: 100000	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
<b>Información adicional:</b>		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 5.51e-010		



**PORTIKO HASTIALAREN ZUTABEAREN FINKATZE PLAKA**

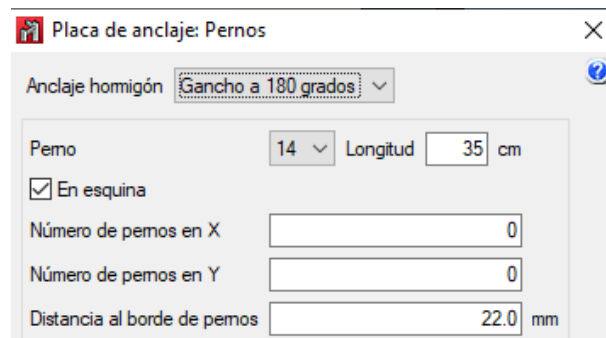
0

ZUTABE ETA ZIMENDAPENAREN ARTEKO LOTURA-n ikusiko den bezala, zutabearen eta zimendapenaren lotura Rothoblaas-k eskaintako merkataritza plaka baten bidez sortuko da. Finkatze plaka horren neurriak eta ezaugarriak Irudia 3.174-n ikus daitezke.



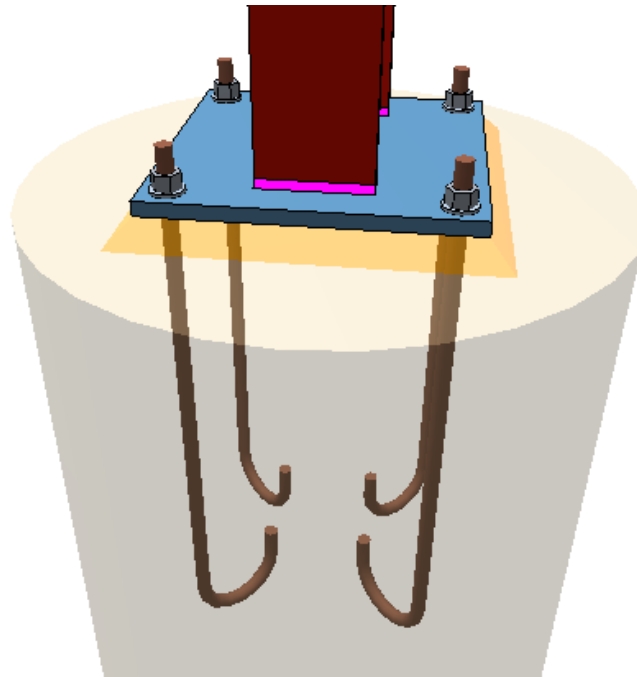
Irudia 3.124 - Rothoblaas plakaren kota nagusiak

Beraz, P4 zimenduan ainguratzeko bernoak zer neurri izan behar duten kalkulatzeko saiakera egingo da. Horretarako, zimenduaren gainean profil metaliko bertikala egituratzeko Cype 3D erabiliko da. Horrela, Cype-k berak kalkula dezake behar izango dituen barra uzkurtoak.



Irudia 3.125 – Bernoen konfigurazioa aldatu honek Rothoblaas plakarekin bat egin dezan

Kontuan izanda plakak 17 mm-ko diametroko zuloak dituela eta horiek ertzetik 22 mm-ra daudela (ikus Irudia 3.174), 14 mm-ko diametroko barra uzkurtoak baino ezin dira erabiliko, aurretik ondo kalkulatu eta dimentsionatu den moduan:



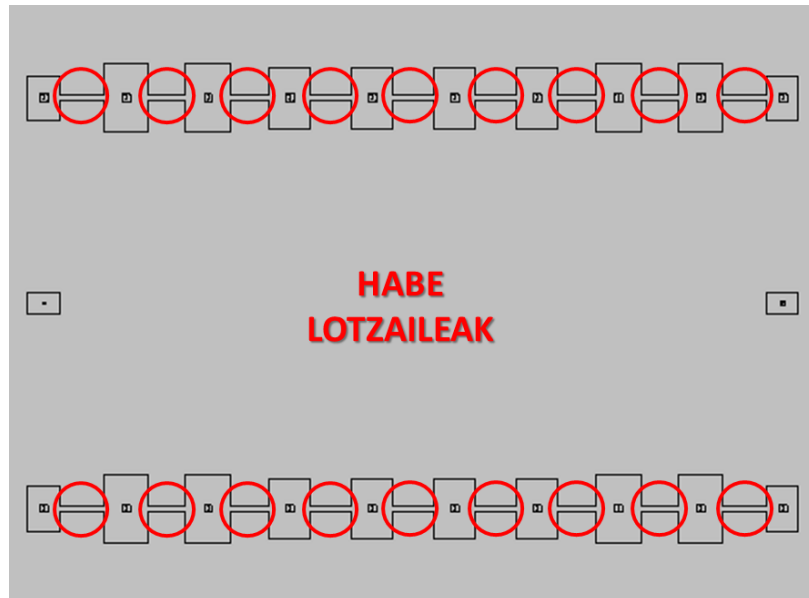
Irudia 3.126 - Cype 3D-k kalkulaturako zutabearen finkatze plaka

2) Placa de anclaje

<b>Referencia:</b> -Placa base: Ancho X: 260 mm Ancho Y: 260 mm Espesor: 12 mm -Pernos: 4Ø14 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
<b>Comprobación</b>	<b>Valores</b>	<b>Estado</b>
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 217 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 73 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 22 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón (Tracción):	Máximo: 46.67 kN Calculado: 0 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 39.18 kN Calculado: 0 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 88 kN Calculado: 0 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250 Calculado: 100000	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
<b>Información adicional:</b>		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 3.41e-009		

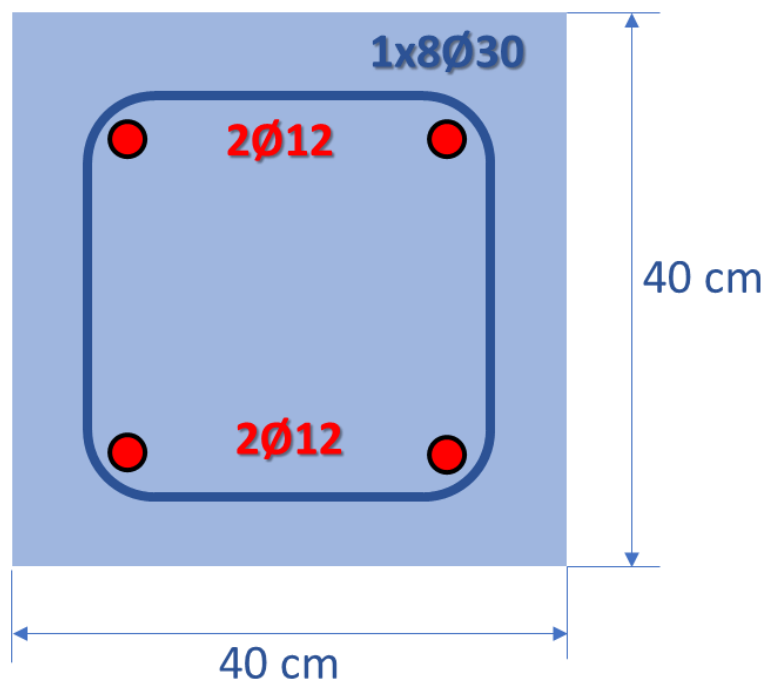
### 3.4.7.3 HABE LOTZAILEA

Zapatak banakakoak izan ez daitezen eta alboetan mugitu ez daitezen, portiko bakoitzeko zapatak habe zentratzaileen bidez lotuko dira. Habe zentratzaile horiek berdinak izango dira obra osoan, eta portikoetako zapata guztiak elkartuz jarriko dira. Hala, zapaten lerro jarraitua sortuko da, habe lotzaile baten bidez elkartuta (Irudia 3.127).



Irudia 3.127 - Habe lotzaileen kokapena

Zapata guztiak lotzen dituen habe lotzaileak 40 x 40 zentimetroko dimentsioak izango ditu eta 12 milimetroko 4 barra uzkurten bidez osatuta egongo da. Gainera, honek 8 mm-ko diametroa duten estribuak izango ditu 30 cm-ro.



Irudia 3.128 – Jolastokiko habe lotzailearen diagrama

Referencia: C.1 [N11-N10] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
No llegan estados de carga a la cimentación.		

### 3.4.8 LOTURAK

Elementuen arteko loturak Rothoblaas enpresak berrmatutako “MyProject” softwarearekin baliozkotuko dira. Software hori espresuki erabiltzen da zuzeko konexioetarako. Aplikazio honekin lotura gehienak balioztatu ahal izango dira, Europako EN-1995:2014 arauarekin bat. Softwareak hainbat modulu eskaintzen ditu karga egoera desberdinetarako edo lotura mota desberdinetarako:



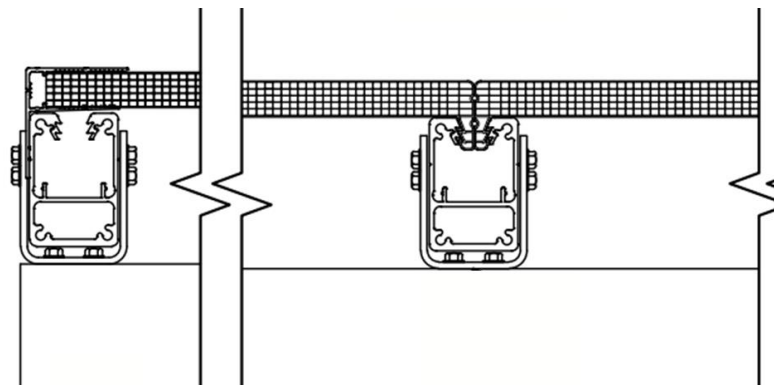
Irudia 3.129 - MyProject aplikazioaren modulu desberdinen erabilpena

Ondoren, elementuen arteko loturak azaldu, kalkulatu eta dimentsionatuko dira. Zehaztu beharra dago, halaber, loturen kalkulu guztiak 2. mailako zerbitzu klasearekin eta ekintza laburraren iraupenarekin egin direla.

#### 3.4.8.1 ESTALKIAREN LOTURA

Esan bezala, jolastokiaren eraikinean erabiliko den estalkia “Danpalon 16/900 - 3 celdillas – Hielo Softlite” izango da, “SeamLess” sistemarekin eta DPAC50 konektorearekin.

“Danpal” enpresak bere planoak eta karga taulak eskaini ditu horien erabilera baliozkotzeko. Horregatik lotura hori ez da kalkulatu behar izango; izan ere, honako hau elementu komertziala denez, ez da kalkulerik egin behar.



Irudia 3.130 - SeamLess konexioen planoak



### 3.4.8.2 TEILATUKO PETRALEN LOTURA

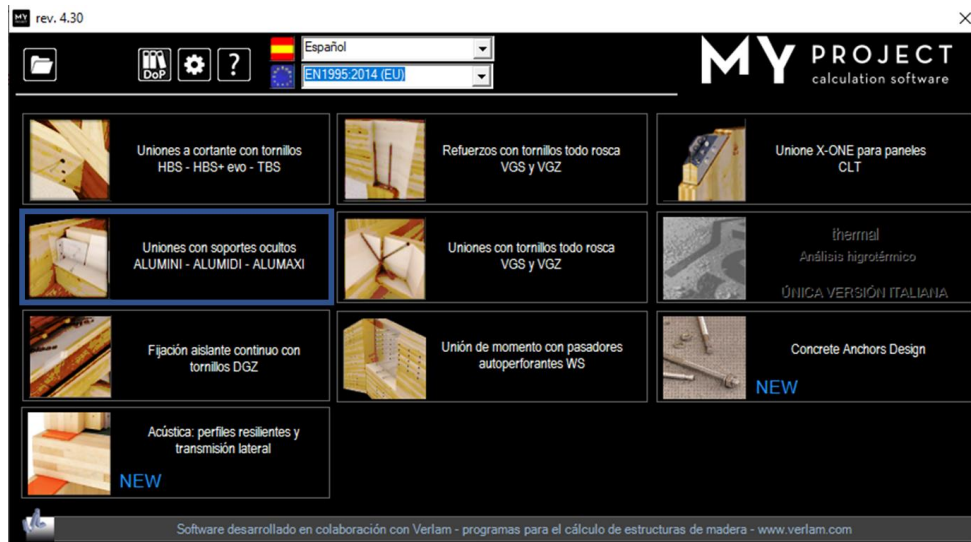
Teilatuko petralak portikoen artean euskarri ezkutuak dituen lotura baten bidez elkartuko dira. Aluminiozko xafla batzuk eta Rothoblaas-ek merkaturatutako larako batzuk erabiliko dira aplikazio honetarako.



**Irudia 3.131 - Rothoblaas Alumidi lotura**

Alde batetik, Rothoblaas-ek eskainitako “Alumidi” plaka portikoari lotuko zaio iltzeekin, eta, bestetik, petrala, aluminiozko plaka sartu ahal izateko barne zirrikitia izango duena, aluminiozko konektoreari lotuko zaio, larako lauen bidez.

Lotura balioztatu ahal izateko, Rothoblaas-ek eskaintzen duen MyProject programan aztertuko da, hain zuzen ere “ALUMINI - ALUMIDI - ALUMAXI euskarri ezkutuko loturak” moduluan.



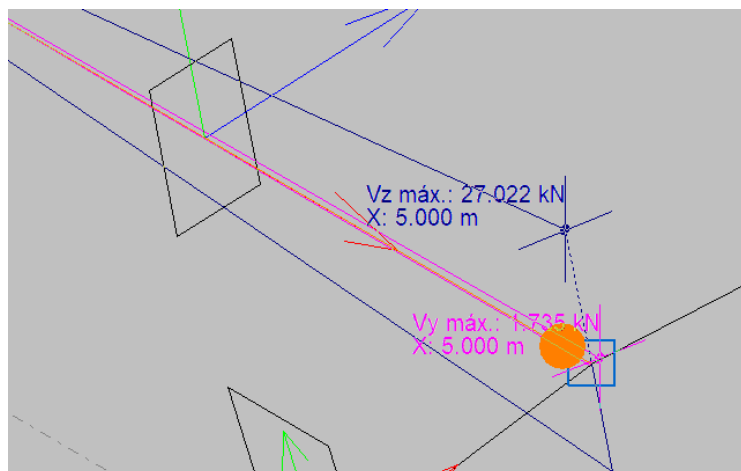
Irudia 3.132 - "Euskarri ezkutuko loturak ALUMINI - ALUMIDI - ALUMAXI" modulua

Zehaztuko den lehen parametroa petralek jasango duten tentsio maximotik ebakitzailera bitartekoa da. Hori dela eta, Cype 3Dk eskaintzen duen tresnaren bidez, azken muga egoeraren konbinazioen arabera tentsio maximoa zein den ikusi da.

$$V_{max, petrala} = \sqrt{V_{z,max}^2 + V_{y,max}^2} \quad (29)$$

Non,

- $V_{max, petrala}$  → Petral baten ertzean agertzen den ebakidura indar maximoa
- $V_{z,max}$  → Norabide perpendikularrean agertzen den ebakidura indar maximoa
- $V_{y,max}$  → Norabide paraleloan agertzen den ebakidura indar maximoa



Irudia 3.133 - Bi norabideetako ebakidura indar maximoak

Cype 3D-tik ateratako datuekin:

$$V_{max, petrala} = \sqrt{27'022^2 + 1'735^2} = 27'08kN$$

Behin ebakidura indar maximoa izanda, portikoaren eta petralaren datuak sartu egin dira: dimentsioak eta egurraren materialaren mota.

The screenshot shows the MY PROJECT calculation software interface. The main window is titled "Uniones con soportes ocultos ALUMINI - ALUMIDI - ALUMAXI". It features a left sidebar with calculation method options (experimental Rothoblaas, ETA 09/0361) and a list of support types (MIDI 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320). The main area contains input fields for beam dimensions (250 x 660 mm), wood type (Laminada GL24h), and connection details (Anker 4,0x 75 (Clavo)). A 3D diagram on the right illustrates the beam connection with dimensions H, B, b, h, ds, i, di, and angles  $\alpha$  and  $\beta$ . A "RESUMEN SINTÉTICO RESULTADOS" table is visible at the bottom right.

RESUMEN SINTÉTICO RESULTADOS:		
Resistencia característica resultante a cortante SOPORTE	RkALU	58,88 kN
Resistencia de diseño resultante a cortante SOPORTE	RdALU	36,23 kN
Comprobación global soporte ALU		0,75 CUMPLE

Irudia 3.134 - Petralen loturaren kalkulu leihoa

Lotura egiteko "Alumidi 240" bat aukeratzea erabaki da; izan ere, petralak 300 mm-ko ertza duela kontuan hartuta, uste da hobe dela alde pixka bat uztea. Gainerakoan, Anker iltzeen bidez lotu dira portikoak, merkea delako eta erraz muntatzen delako.

This screenshot provides a detailed view of the "Fijación viga secundaria" (Secondary beam fixation) settings. It shows a list of support types with "MIDI 240" selected. The connection type is set to "Pasadore liso 12,0 mm" with 6 connectors. The spacing between connectors is set to 40 mm, and the distance from the support edge is 20 mm. The eccentricity is 86 mm. A 3D image of the support plate is shown on the left.

Irudia 3.135 – ALUMIDI-ren lotura ezaugarriak

Petalaren eta aluminiozko loturaren arteko lotura 12 mm-ko diametroko 6 larako lau erabiliz egingo da. Gainera, 16 mm luze izango dira larakoak, petalaren alde bakoitzean 10 mm utzi ahal izateko eta egurrezko tapoi bat jarri ahal izateko.

Horrela, estetika hobea lortzen da, begi-bistan lotura metalikorik ez baitago, eta, bestalde, altzairuzko burdineria sutatik babesten da, eta, ondorioz, loturak ez du huts egiten. Hurrengoko irudietan, Rothoblaas “MyProject” softwarearen bidez egindako kalkulua erakusten da:

Taula 3.64 - Petral-Portiko loturaren kalkulua

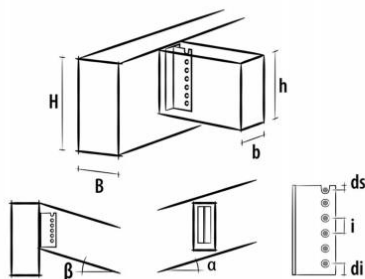


by Rothoblaas

INFORMACIÓN PROYECTO

Fecha : 28/05/2021  
 Proyecto : Artziniegako Jolaetokia  
 Cliente : Artziniegako Udala  
 Dirección proyecto : Martin Lopez  
 Redactado por :  
 Elemento calculado : Petral-Portiko lotura  
 Notas :  
 Norma de cálculo : EN1995:2014 (EU)

UNION SOPORTE OCULTO ALU



Soporte tipo ALU MIDI 240 (cod. ALUMIDI240)  
 Fijación alas con 46 Clavos Anker Ø4 mm - 4x75 (cod. PF601475)  
 Fijación alma con 6 Pasadores lisos 12x160 (S235JR) (cod. STA12160)



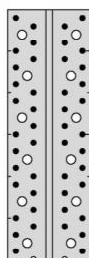
Marcado CE según ETA 09/0361

DATOS DE CÁLCULO

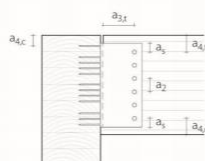
Cortante de diseño	F <sub>v,d</sub>	=	27,07 kN
Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	t <sub>q</sub>	=	Media
Factor de modificación k <sub>mod</sub>	k <sub>mod</sub>	=	0,80
Coefficiente de seguridad k <sub>M</sub>	γ <sub>M</sub>	=	1,30
Clase madera viga principal		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga principal	ρ <sub>k</sub>	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	660 mm
Ángulo viga principal	α	=	0,00°
Clase madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga secundaria	ρ <sub>k</sub>	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	300 mm
Ángulo viga secundaria	α	=	0,00°

INSTRUCCIONES GRÁFICAS DE INSTALACIÓN

Esquema clavazón: total



Colocación recomendada del soporte:



SECONDARY BEAM - TIMBER		smooth dowel STA Ø12
Dowel - Dowel	a <sub>2</sub> [mm]	≥ 3 d
Dowel - Beam extrados	a <sub>4,t</sub> [mm]	≥ 4 d
Dowel - Beam intrados	a <sub>4,c</sub> [mm]	≥ 3 d
Dowel - Beam end	a <sub>3,t</sub> [mm]	≥ [7 d, 80]
Dowel - Bracket edge	a <sub>5</sub> [mm]	≥ 1,2 d <sup>(1)</sup>

(1) hole diameter

MAIN BEAM - TIMBER		anker nail LBA Ø4	screw LBS Ø5
First connector - Beam extrados	a <sub>4,c</sub> [mm]	≥ 5 d	≥ 20

## 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 de diseño (Fv,d)	T	=	27,07 kN
Clase de servicio	cl	=	2
Clase de duración carga predominante	tq	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,8
Coefficiente de seguridad uniones	γM	=	1,3
Clase viga principal		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga principal	ρk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	660 mm
Ángulo viga principal	α	=	0,00 °
Clase viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga secundaria	ρk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	300 mm
Ángulo viga secundaria	β	=	0,00 °
Tipo soporte		=	ALU MIDI 240
Ángulo viga secundaria	β	=	0,00 °
Tipo conectores alas		=	Clavo
Tipo conectores alma		=	Pasadore liso
Clavos:			
Tipo clavo		=	Clavos Anker Ø4 mm - 4x75
Diámetro clavo	d	=	4,0 mm
Longitud clavo	lh	=	75 mm
Longitud eficaz clavo	lh	=	60 mm
Diámetro cabeza clavo	dh	=	8,0 mm
Número total clavos	nc	=	46

## Pasadores:

Diámetro pasador	dp	=	12 mm
Longitud pasador	lp	=	160 mm
Número total pasadores	np	=	6
Resistencia última característica	fuk	=	360 N/mm <sup>2</sup>
Momento plástico	MyRk	=	69071 N/mm
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	=	51 mm
Coef. Reducción segun EN1995:1995	k3	=	0,96
Distancia eficaz pasadores-borde superior	a4sup	=	60,0 mm
Distancia mínima del borde-pasador superior	a4s	=	39 mm
Distancia eficaz pasadores-borde inferior	a4inf	=	40,0 mm
Distancia mínima del borde-pasador inferior	a4i	=	36 mm
Coef. Reducción segun EN1995:1995	k4	=	1,00

## RESULTADOS CON MÉTODO EXPERIMENTAL ROTHOBLAAS:

Número de Clavos Anker Ø4 mm a tracción en las alas	ncN	=	8
Número de Clavos Anker Ø4 mm a cortante en las alas	ncT	=	30
Resistencia característica total a tracción	Rkh,tot	=	15,54 kN
Superficie comprimida correspondiente	Al	=	4144 mm <sup>2</sup>
Brazo de palanca conectores-superficie	bf	=	190 mm
Posición X centro rotación	ec	=	43,0 mm
Resistencia característica resultante a cortante SOPORTE	RkALU	=	68,70 kN
Resistencia de diseño resultante a cortante SOPORTE	RdALU	=	42,28 kN
Distancia X centro rotación Pasadores acero	es	=	43,0 mm
Momento parásito sobre Pasadores acero	Mp	=	2954305 Nmm
Fuerza de Cortante sobre Pasadores acero	FTp	=	11,45 kN
Fuerza de Momento sobre Pasadores acero	FMp	=	14,77 kN
Fuerza de Cortante resultante sobre Pasadores acero	Fp	=	18,69 kN
Resistencia característica a cortante Pasadores acero	Rkv,p	=	19,30 kN
Proporción característica Pasadores acero		=	0,97 CUMPLE
Fuerza de Cortante resultante sobre Clavos Anker Ø4 mm	FTc	=	2,29 kN
Resistencia característica a cortante Clavos Anker Ø4 mm	Rkv	=	2,54 kN
Proporción característica Clavos Anker Ø4 mm		=	0,90 CUMPLE
Fuerza de Tracción resultante sobre Clavos Anker Ø4 mm	FNc	=	1,94 kN
Resistencia característica a extracción Clavos Anker Ø4 mm	Rkh	=	1,94 kN
Proporción característica Clavos Anker Ø4 mm		=	1,00 CUMPLE
Comprobación global soporte ALU		=	0,64 CUMPLE

Resistencia característica resultante a cortante SOPORTE

RkALU = 68,70 kN

Resistencia de diseño resultante a cortante SOPORTE

RdALU = 42,28 kN

Comprobación global soporte ALU

= 0,64 CUMPLE



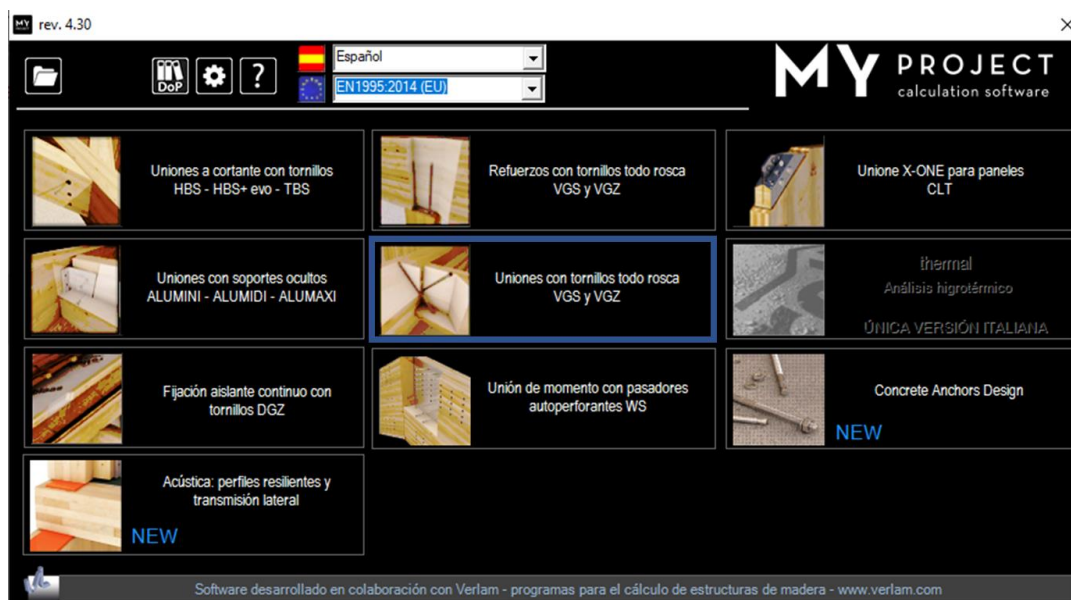
### 3.4.8.3 PORTIKO HASTIALEKO PETRALEN LOTURA

Ataripeko petralak “todo-rosca” torlojuen bidez lotuko dira. Torloju horiek diagonalean sartzen dira habe nagusiarekiko eta sekundarioarekiko, eta ezin hobeak dira kargak ebakitzailera eta axialera jasateko.



Irudia 3.136 - Hari totaleko torlojuen arteko lotura

Lotura “todo-rosca” torlojuetarako “MyProject” duen modulu espezifikoaren bidez kalkulatu da; zehazki, “Torlojuen bidezko loturak, ‘todo-rosca’ VGS eta VGZ” moduluaren bidez.

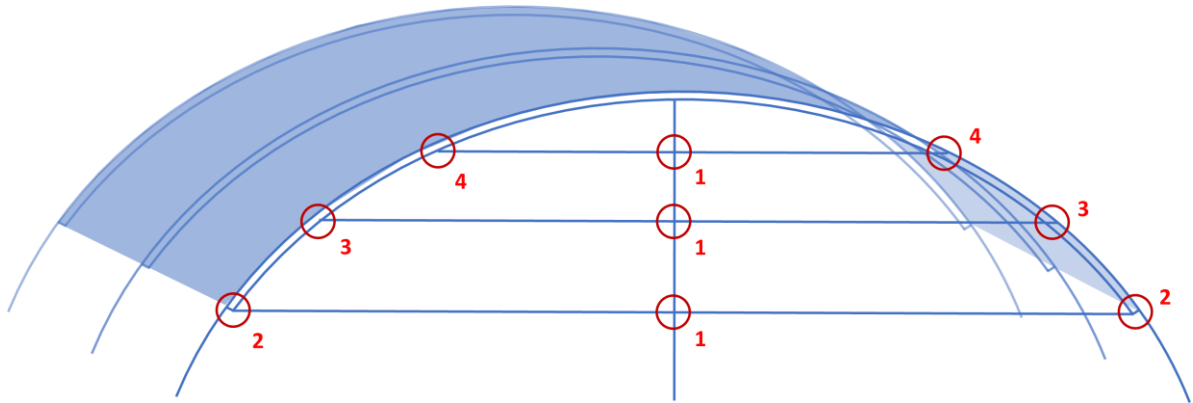


Irudia 3.137 - “Torlojuen bidezko loturak, todo rosca VGS y VGZ” modulua

Portiko hastialean hainbat lotura desberdin daudenez, lau mota ezberdintzea eta hauek banan-banan eta beren kabuz aztertzea erabaki da. Izan ere, portikoaren eta petralaren artean sortzen den angelua ezberdina da lotura bakoitzean.

Lau mota ezberdin horiek honako hauek dira:





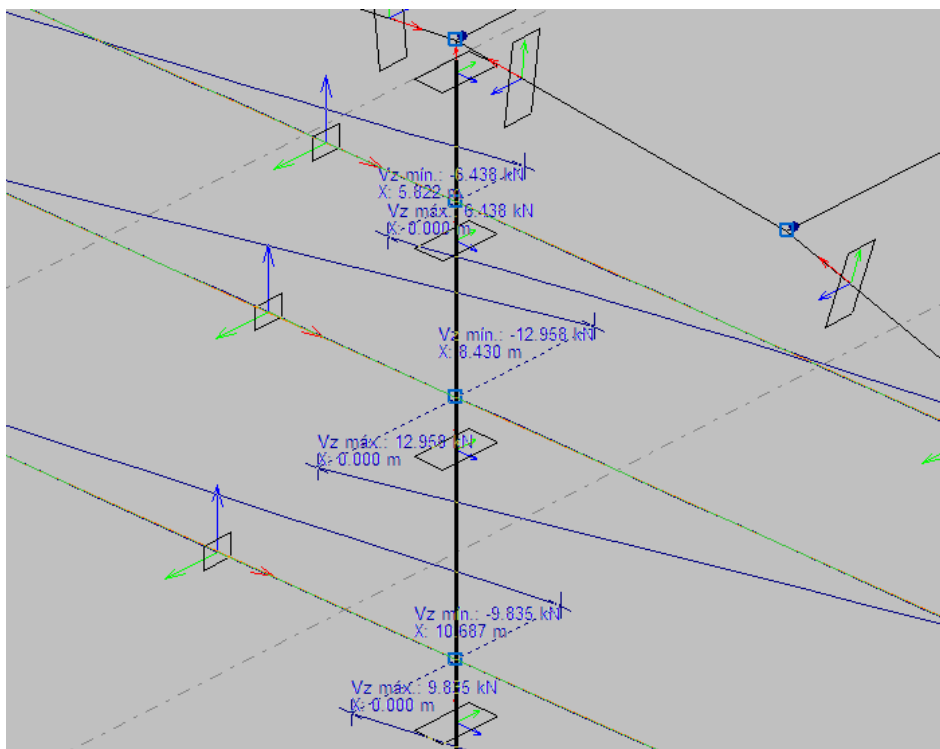
Irudia 3.138 - Portiko hastialeko petralen lotura desberdinak

### 1. LOTURA: Petral-Zutabe Lotura

Portiko hastialaren petralen eta portiko hastialaren zutabearen arteko lotura altuera desberdinetan dauden hiru petral horizontaletan berdina denez, horiek batera aztertuko dira, Irudia 3.138-n ondo adierazten den bezala.

Helburu honekin, petral horizontal guztien esfortzuak aztertuko dira, eta haizeak sortutako indar ebakitzaille maximoa hautatuko da. Ondoren, kalkulua egingo da. Azkenik, kalkulaturako lotura berdina izango da gainerako lotura guztientzat.

Cype 3D softwarearen bidez, petralak zutabearen korapiloan jasaten dituen esfortzu maximoak aztertu daitezke.



Irudia 3.139 - Portiko hastialeko indar ebakitzaille maximoak "Cype 3D"-tik aterata

$$V_{max, petrala} = \sqrt{12'96^2 + 2'865^2} = 13'28kN$$

Loturak jasango duen indar ebakitzaille maximoa jakin ondoren, gainerako parametroak zehaztu daitezke; adibidez, pilarearen edo petralaren neurriak edo hauek osatzen duten materialak.

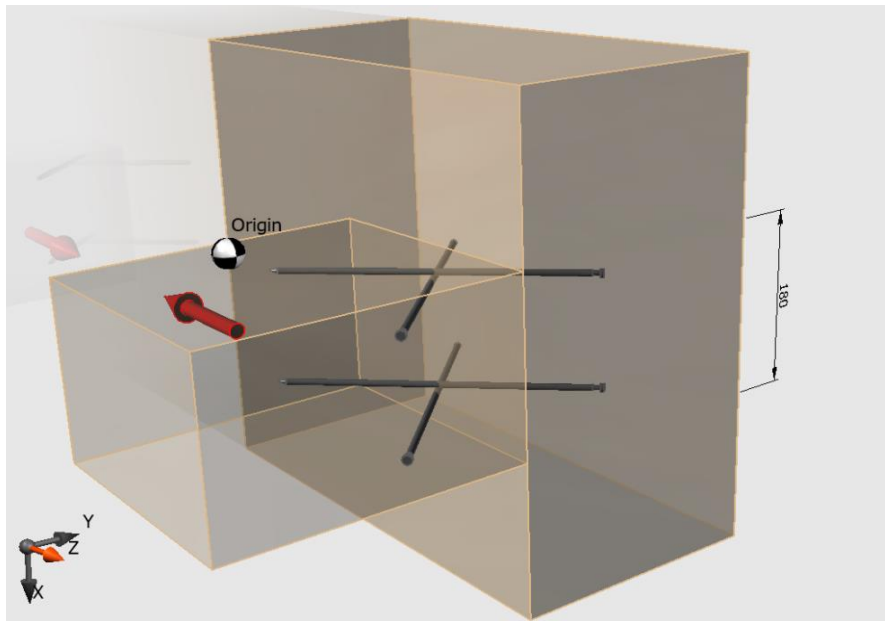
	Fv,Rk	27,26	kN
Resistencia característica a cortante de la entera union	Fv,Rd	17,82	kN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union		0,75	CUMPLE
Comprobación		0,31	CUMPLE
Comprobación tensión de cortante sección secundaria		0,31	CUMPLE
Comprobación tensión de cortante solo hef			

Irudia 3.140 – Portiko hastialetako petralen loturaren kalkulu leihoa

Esan bezala, lotura "todo-rosca" konektoreekin egingo da, M7x300mm buru zilindrikodunak, hain zuzen ere.

Irudia 3.141 - Hari totaleko torlojuen aukeraketa petral zutabe lotura egiteko

Lotura "todo-rosca" motako bi konektore parerekin egingo da, ebakiaren planoaren erdian, bata bestetik distantzia esanguratsura. Horrela, barraren momentuak eragindako esfortzu axialekiko erresistentzia maximizatzen da.



Irudia 3.142 - Hari totaleko bi pare torlojuen posizionamendua

Taula 3.65 – Petral Zutabearen arteko loturaren kalkulua

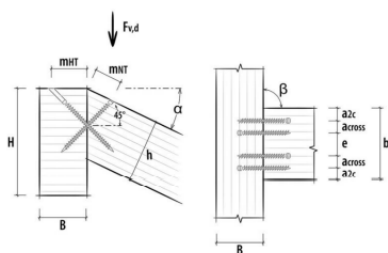


by Rothoblaas

INFORMACIÓN PROYECTO

Fecha : 28/05/2021  
 Proyecto : Artzinegako Jolastokia  
 Cliente : Artzinegako Udala  
 Dirección proyecto : Martin Lopez  
 Redactado por :  
 Elemento calculado : Petral-Zutabe Lotura  
 Notas :  
 Norma de cálculo : EN1995:2014 (EU)

Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ



VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica 7x300 mm - (cod. VGZ7300)  
 - Número tornillos: = 2 pz.

Marcado CE según ETA 11/0030

## DATOS DE CÁLCULO

## Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ

Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Coefficiente de seguridad uniones	$\gamma_M$	=	1,30
Acción cortante de diseño	Fv,d	=	13,28 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	0,00 °
Número de parejas de conectores		=	2

## DATOS TORNILLO:

Diámetro nominal/rosca del tornillo	d1	=	7,0 mm
Diámetro cuello	ds	=	5,0 mm
Diámetro núcleo	d2	=	4,6 mm
Diámetro cabeza	dk	=	9,5 mm
Longitud tornillo	Lv	=	300 mm
Longitud rosca	Lf	=	290 mm

## 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	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Acción cortante de diseño	Fv,d	=	12,96 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga principal		=	GI24h
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	0,00 °
Tipo madera viga secundaria		=	GI24h

## TIPO CONECTOR:

Diámetro rosca (nominal)	tornillo VGZ	=	7x300
Diámetro cuello	df	=	7,0 mm
Diámetro núcleo	dg	=	5,0 mm
Diámetro cabeza	dn	=	4,6 mm
Longitud tornillo	dh	=	9,5 mm
Longitud rosca	lv	=	300 mm
	lf	=	290 mm

## GEOMETRÍA UNIÓN:

Número de parejas de conectores		=	2
Ángulo de inserción tornillos		=	45,00 °
Tornillo viga principal		=	
Cota de montaje viga principal	mHT	=	108 mm
Longitud de penetración lado cabeza		=	153 mm
Longitud rosca lado cabeza	tf1	=	135 mm
Longitud de penetración lado punta		=	150 mm
Longitud rosca lado punta	tf2	=	135 mm
Ángulo tornillo/fibra lado cabeza - viga principal	$\gamma_{2,p}$	=	90,00 °
Ángulo tornillo/fibra lado punta - viga secundaria	$\gamma_{2,s}$	=	45,00 °
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado cabeza- viga principal	Fax,Rk,3	=	22,27 kN
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado punta - viga secundaria	Fax,Rk,4	=	20,24 kN

## ELEMENTO MÁS SOLICITADO:

Fuerza total producida por el cortante en el eje de los tornillos	Fax,d,tot	=	9,39 kN
Número eficaz	nef	=	1,9
Resistencia característica total a extracción	Fax,Rk	=	20,24 kN
Resistencia total de diseño a extracción	Fax,Rd	=	12,46 kN
Resistencia característica a cortante	Fv,Rk	=	27,26 kN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union	Fv,Rd	=	17,62 kN
Comprobación		=	0,75 CUMPLE

## COMPROBACIÓN A CORTANTE VIGA SECUNDARIA:

Altura efectiva (vinculada)  
Altura sin restricciones (por debajo de los tornillos)  
Coeficiente kcr  
ancho efectiva  
Coeficiente de reducción  
Tensión de cortante en hef  
Resistencia de diseño a cortante (madera)  
Comprobación tensión de cortante sección secundaria  
Comprobación tensión de cortante solo hef

=  
hef = 236 mm  
hint = 24 mm  
kcr = 0,67  
bef = 121 mm  
kv = 1,00  
T = 0,70 N/mm<sup>2</sup>  
fv,d = 2,24 N/mm<sup>2</sup>  
= 0,31 CUMPLE  
= 0,31 CUMPLE

**Resistencia característica resultante a cortante SOPORTE**

**Resistencia de diseño resultante a cortante SOPORTE**

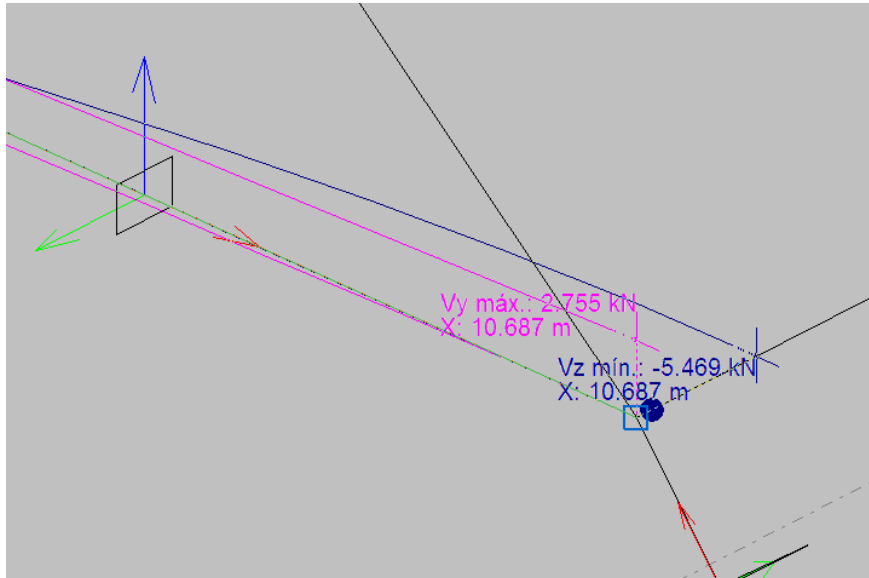
**Comprobación global soporte ALU**

RkALU = 58,88 kN  
RdALU = 36,23 kN  
= 0,75 CUMPLE

## 2. LOTURA: Petral-Portiko Lotura II

Petralaren eta portikoaren arteko lotura berdina izango da portiko hastialeko petralen altuera ezberdinetan. Hala ere, bakoitzak karga egoera desberdinak ditu eta, gainera, portikoarekin osatzen duten angelua desberdina da altuera bakoitzean. Hori dela eta, hirurak banan-banan aztertuko dira.

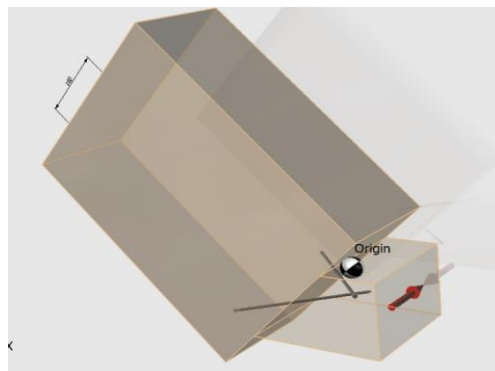
Lehenengo lotura beheko petralarena izango da. Honetarako, loturaren puntuan ebakitzaille maximoko esfortzua eta portikoarekin eratzen den angelua lortuko dira:



Irudia 3.143 – Beheko petralaren indar ebakitzaille maximoak

$$V_{max, 2.lotura} = \sqrt{5'47^2 + 2'76^2} = 6'13kN$$

$$\alpha_{2.lotura} = 43'2^{\circ}$$




Irudia 3.144 - 2. Loturaren diagrama

Kasu honetan, pare bakarra erabiliko da loturak egiaztatzeko (Irudia 3.144 ikusi daitekeen bezala), izan ere, kargak askoz txikiagoak direlako eta angeluak torlojuak ipintzeko lekua txikiagotzen duelako.

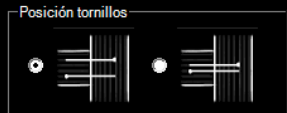


**Tipo unión**



En el centro del plano de corte

**Posición tornillos**



Acción cortante de diseño ( $F_{v,d}$ ) 6.13 kN

Viga principal: ancho (B) x alto (H) 260 x 520 mm

Tipo madera ? Laminada GL24h

Viga secundaria: ancho (B) x alto (H) 180 x 260 mm

Tipo madera ? Laminada GL24h

Ángulo en el plano vertical ( $\alpha$ ) 0 °

Ángulo en el plano horizontal ( $\beta$ ) 43.2 °

Número de parejas de conectores que utilizar 1


Longitud mínima - máxima utilizable 100 - 340 mm

**Conectores todo rosca**

Tipo VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica

7x100	Diámetro cuello / núcleo	5	4,6	mm
7x140	Diámetro rosca		7	mm
7x180	Longitud tornillo / rosca	300	290	mm
7x220	Diámetro cabeza		9,5	mm
7x260	<input checked="" type="checkbox"/> Agujero previo ( $\leq$ diámetro núcleo)			
7x300				
7x340				

Tipo tornillo VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica 7x300



Irudia 3.145 - 2. Loturaren kalkulu leihoa

Taula 3.66 - Petral eta portikoaren arteko 2. lotura

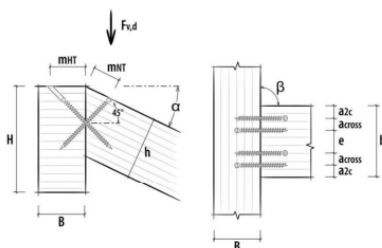


by Rothoblaas

INFORMACIÓN PROYECTO

Fecha : 28/05/2021  
 Proyecto : Artzinegako Jolastokia  
 Cliente : Artzinegako Udala  
 Dirección proyecto : Martín Lopez  
 Redactado por :  
 Elemento calculado : Petral-Portiko Lotura II  
 Notas :  
 Norma de cálculo : EN1995:2014 (EU)

Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ



VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica 7x300 mm - (cod. VGZ7300)  
 - Número tornillos: = 1 pz.

Marcado CE según ETA 11/0030

## DATOS DE CÁLCULO

## Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ

Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Coefficiente de seguridad uniones	$\gamma_M$	=	1,30
Acción cortante de diseño	F <sub>v,d</sub>	=	6,13 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	43,20 °
Número de parejas de conectores		=	1

## DATOS TORNILLO:

Diámetro nominal/rosca del tornillo	d1	=	7,0 mm
Diámetro cuello	ds	=	5,0 mm
Diámetro núcleo	d2	=	4,6 mm
Diámetro cabeza	dk	=	9,5 mm
Longitud tornillo	Lv	=	300 mm
Longitud rosca	Lf	=	290 mm

## 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	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Acción cortante de diseño	F <sub>v,d</sub>	=	6,13 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga principal		=	GL24h
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	43,20 °
Tipo madera viga secundaria		=	GL24h

## TIPO CONECTOR:

Diámetro rosca (nominal)	tornillo VGZ	=	7x300
Diámetro cuello	df	=	7,0 mm
Diámetro núcleo	dg	=	5,0 mm
Diámetro cabeza	dn	=	4,6 mm
Longitud tornillo	dh	=	9,5 mm
Longitud rosca	lv	=	300 mm
	lf	=	290 mm

## GEOMETRÍA UNIÓN:

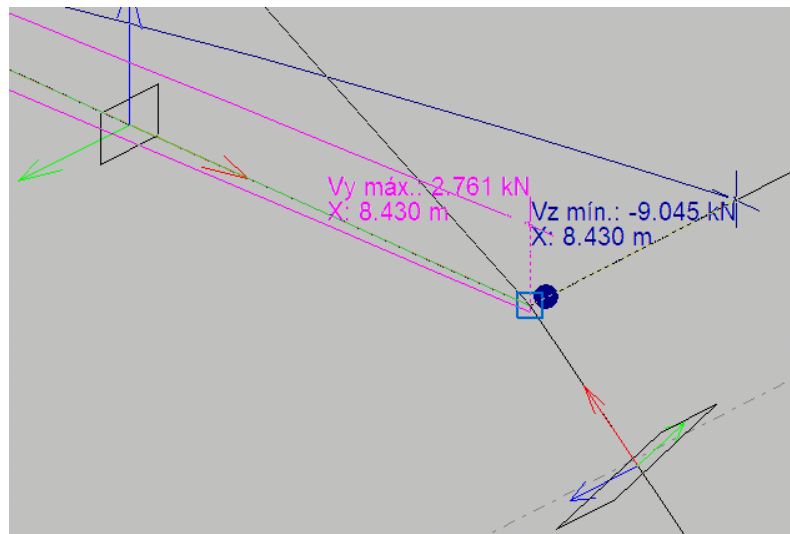
Número de parejas de conectores		=	1
Ángulo de inserción tornillos		=	45,00 °
Tornillo viga principal		=	
Cota de montaje viga principal	mHT	=	108 mm
Longitud de penetración lado cabeza		=	153 mm
Longitud rosca lado cabeza	tf1	=	135 mm
Longitud de penetración lado punta		=	150 mm
Longitud rosca lado punta	tf2	=	135 mm
Ángulo tornillo/fibra lado cabeza - viga principal	$\gamma_{2,p}$	=	90,00 °
Ángulo tornillo/fibra lado punta - viga secundaria	$\gamma_{2,s}$	=	45,00 °
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado cabeza- viga principal	Fax,Rk,3	=	11,93 kN
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado punta - viga secundaria	Fax,Rk,4	=	10,85 kN

ELEMENTO MÁS SOLICITADO:	=	
Fuerza total producida por el cortante en el eje de los tornillos	Fax,d,tot	= 4,33 kN
Número eficaz	nef	= 1,0
Resistencia característica total a extracción	Fax,Rk	= 10,85 kN
Resistencia total de diseño a extracción	Fax,Rd	= 6,68 kN
Resistencia característica a cortante	Fv,Rk	= 13,63 kN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union	Fv,Rd	= 9,44 kN
Comprobación	=	0,65 CUMPLE
COMPROBACIÓN A CORTANTE VIGA SECUNDARIA:	=	
Altura efectiva (vinculada)	hef	= 236 mm
Altura sin restricciones (por debajo de los tornillos)	hint	= 24 mm
Coefficiente kcr	kcr	= 0,67
ancho efectiva	bef	= 121 mm
Coefficiente de reducción	kv	= 1,00
Tensión de cortante en hef	$\tau$	= 0,32 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia de diseño a cortante (madera)	fv,d	= 2,24 N/mm <sup>2</sup>
Comprobación tensión de cortante sección secundaria	=	0,14 CUMPLE
Comprobación tensión de cortante solo hef	=	0,14 CUMPLE
<b>Resistencia característica resultante a cortante SOPORTE</b>	<b>RkALU</b>	<b>= 58,88 kN</b>
<b>Resistencia de diseño resultante a cortante SOPORTE</b>	<b>RdALU</b>	<b>= 36,23 kN</b>
<b>Comprobación global soporte ALU</b>	<b>=</b>	<b>0,75 CUMPLE</b>

Hemendik aurrera, gainerako loturak berdin egingo dira portikoaren eta petralaren arteko angelua eta karga ebakitzaille maximoa soilik aldatuz.

### 3. LOTURA: Petral-Portiko Lotura III

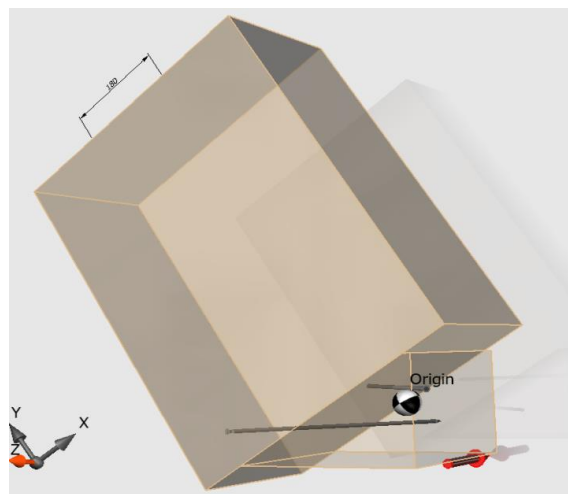
Petralaren eta portikoaren arteko bigarren lotura honetarako, tarteko petrala aztertuko da. Horretarako, loturaren puntuan esfortzu maximoa, eta petralak portikoarekin eratzten duen angelua lortuko dira:



**Irudia 3.146 – Erdiko petralaren indar ebakitzaila maximoak**

$$V_{max, 3.lotura} = \sqrt{9'045^2 + 2'76^2} = 9'46kN$$

$$\alpha_{3.lotura} = 54'9^{\circ}$$



**Irudia 3.147 - 3. Loturaren diagrama**

Kasu honetan, pare bakarra erabiliko da loturak egiaztatzeko (Irudia 3.144 ikusi daitekeen bezala), izan ere, kargak askoz txikiagoak direlako eta angeluak torlojuak ipintzeko lekua txikiagotzen duelako.

**Tipo unión**

En el centro del plano de corte

**Posición tornillos**

Acción cortante de diseño ( $F_{v,d}$ ) 9.45 kN

Viga principal: ancho (B) x alto (H) 260 x 520 mm

Tipo madera ? Laminada GL24h

Viga secundaria: ancho (B) x alto (H) 180 x 260 mm

Tipo madera ? Laminada GL24h

Ángulo en el plano vertical ( $\alpha$ ) 0 °

Ángulo en el plano horizontal ( $\beta$ ) 54.9 °

Número de parejas de conectores que utilizar 1

Longitud mínima - máxima utilizable 100 - 340 mm

**Conectores todo rosca**

Tipo VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica

7x180	Diámetro cuello / núcleo	5	4,6	mm
7x220	Diámetro rosca	7		mm
7x260	Longitud tornillo / rosca	340	330	mm
7x300	Diámetro cabeza		9,5	mm
7x340	<input checked="" type="checkbox"/> Agujero previo ( $\leq$ diámetro núcleo)			
9x160				
9x200				

Tipo tornillo VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica 7x340

Irudia 3.148 - 3. Loturaren kalkulu leihoa

Taula 3.67 - Petral eta portikoaren arteko 2. lotura

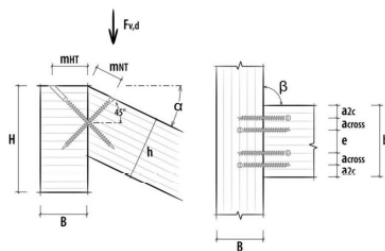


by Rothblaas

**INFORMACIÓN PROYECTO**

Fecha : 28/05/2021  
 Proyecto : Artzinegako Jolastokia  
 Cliente : Artzinegako Udala  
 Dirección proyecto : Martin Lopez  
 Redactado por :  
 Elemento calculado : Petral-Portiko Lotura III  
 Notas :  
 Norma de cálculo : EN1995:2014 (EU)

**Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ**



VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica 7x340 mm - (cod. VGZ7340)  
 - Número tornillos: = 1 pz.

Marcado CE según ETA 11/0030

## DATOS DE CÁLCULO

## Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ

Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Coefficiente de seguridad uniones	$\gamma_M$	=	1,30
Acción cortante de diseño	Fv,d	=	9,45 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	54,90 °
Número de parejas de conectores		=	1

## DATOS TORNILLO:

Diámetro nominal/rosca del tornillo	d1	=	7,0 mm
Diámetro cuello	ds	=	5,0 mm
Diámetro núcleo	d2	=	4,6 mm
Diámetro cabeza	dk	=	9,5 mm
Longitud tornillo	Lv	=	340 mm
Longitud rosca	Lf	=	330 mm

## 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	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Acción cortante de diseño	Fv,d	=	9,45 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga principal		=	GI24h
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	54,90 °
Tipo madera viga secundaria		=	GI24h
		=	

## TIPO CONECTOR:

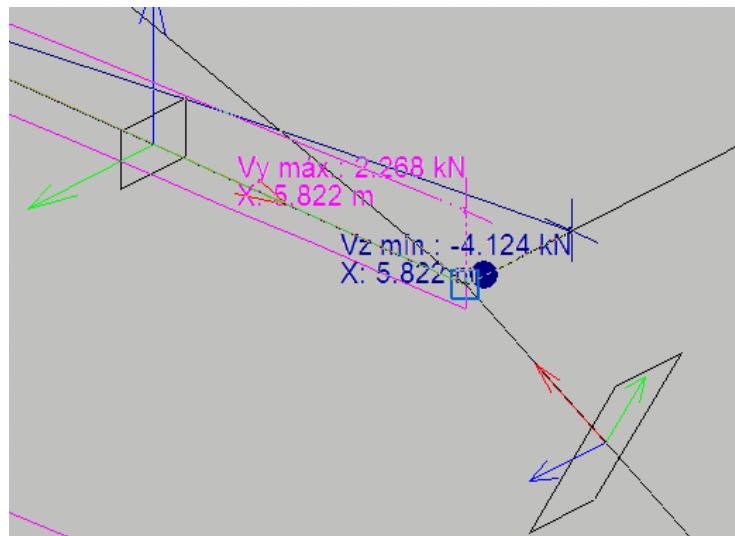
Diámetro rosca (nominal)	tornillo VGZ	=	7x340
Diámetro cuello	df	=	7,0 mm
Diámetro núcleo	dg	=	5,0 mm
Diámetro cabeza	dn	=	4,6 mm
Longitud tornillo	dh	=	9,5 mm
Longitud rosca	lv	=	340 mm
	lf	=	330 mm



GEOMETRÍA UNIÓN:	=	
Número de parejas de conectores	=	1
Ángulo de inserción tornillos	=	45,00 °
Tornillo viga principal	=	
Cota de montaje viga principal	mHT	= 123 mm
Longitud de penetración lado cabeza	=	173 mm
Longitud rosca lado cabeza	tf1	= 155 mm
Longitud de penetración lado punta	=	170 mm
Longitud rosca lado punta	tf2	= 155 mm
Ángulo tornillo/fibra lado cabeza - viga principal	γ <sub>2,p</sub>	= 90,00 °
Ángulo tornillo/fibra lado punta - viga secundaria	γ <sub>2,s</sub>	= 45,00 °
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado cabeza- viga principal	Fax,Rk,3	= 13,70 kN
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado punta - viga secundaria	Fax,Rk,4	= 12,45 kN
ELEMENTO MÁS SOLICITADO:	=	
Fuerza total producida por el cortante en el eje de los tornillos	Fax,d,tot	= 6,68 kN
Número eficaz	nef	= 1,0
Resistencia característica total a extracción	Fax,Rk	= 12,45 kN
Resistencia total de diseño a extracción	Fax,Rd	= 7,66 kN
Resistencia característica a cortante	Fv,Rk	= 13,63 kN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union	Fv,Rd	= 10,84 kN
Comprobación	=	0,87 CUMPLE
COMPROBACIÓN A CORTANTE VIGA SECUNDARIA:	=	
Altura efectiva (vinculada)	hef	= 250 mm
Altura sin restricciones (por debajo de los tornillos)	hint	= 10 mm
Coefficiente kcr	kcr	= 0,67
ancho efectiva	bef	= 121 mm
Coefficiente de reducción	kv	= 1,00
Tensión de cortante en hef	τ	= 0,47 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia de diseño a cortante (madera)	fv,d	= 2,24 N/mm <sup>2</sup>
Comprobación tensión de cortante sección secundaria	=	0,21 CUMPLE
Comprobación tensión de cortante solo hef	=	0,21 CUMPLE
<b>Resistencia característica resultante a cortante SOPORTE</b>	<b>RkALU</b>	<b>= 58,88 kN</b>
<b>Resistencia de diseño resultante a cortante SOPORTE</b>	<b>RdALU</b>	<b>= 36,23 kN</b>
<b>Comprobación global soporte ALU</b>	<b>=</b>	<b>0,75 CUMPLE</b>

#### 4. LOTURA: Petral-Portiko Lotura IV

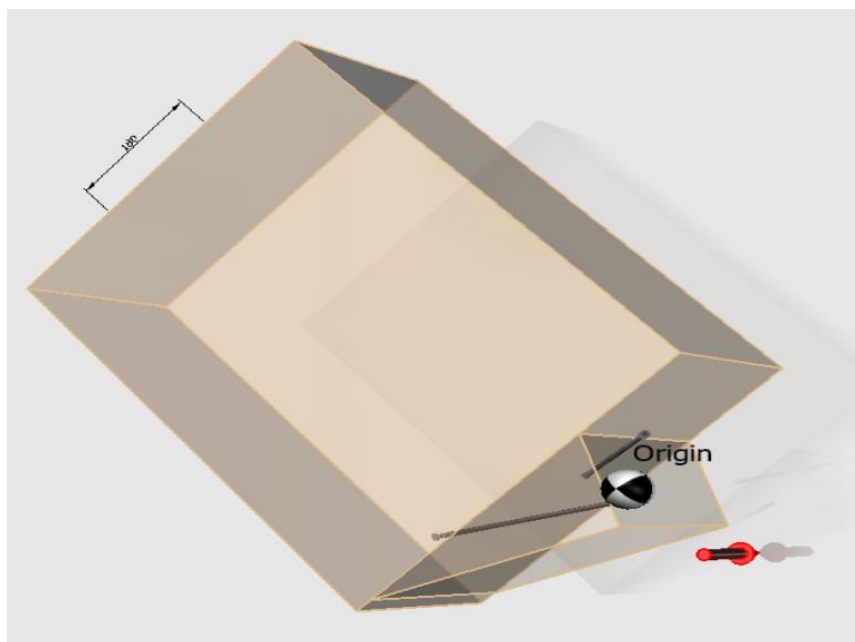
Petralaren eta portikoaren arteko hirugarren lotura honetarako tarteko petrala aztertuko da. Horretarako, loturaren puntuan ebakitzaille maximoko esfortzua lortuko da eta, horrez gain, petralak portikoarekin sortzen duen angelua aztertuko da:



Irudia 3.149 – Erdiko petralaren indar ebakitzaille maximoak

$$V_{max, 4.lotura} = \sqrt{4'124^2 + 2'272^2} = 4'71kN$$

$$\alpha_{4.lotura} = 66'6^{\circ}$$



Irudia 3.150 - 3. Loturaren diagrama

Kasu honetan, pare bakarra erabiliko da loturak egiaztatzeko (Irudia 3.144 ikusi daitekeen bezala), izan ere, kargak askoz txikiagoak direlako eta angeluak torlojuak ipintzeko lekua txikiagotzen duelako.

**Tipo unión**

Conectores cruzados

En el centro del plano de corte

**Posición tornillos**

Acción cortante de diseño (Fv,d) 4.71 kN

Viga principal: ancho (B) x alto (H) 260 x 520 mm

Tipo madera ? Laminada GL24h

Viga secundaria: ancho (B) x alto (H) 180 x 260 mm

Tipo madera ? Laminada GL24h

Ángulo en el plano vertical (α) 0 °

Ángulo en el plano horizontal (β) 66.6 °

Número de parejas de conectores que utilizar 1

Longitud mínima - máxima utilizable 100 - 340 mm

**Conectores todo rosca**

Tipo VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica

7x180	Diámetro cuello / núcleo	5	4,6	mm
7x220	Diámetro rosca	7		mm
7x260	Longitud tornillo / rosca	220	210	mm
7x300	Diámetro cabeza		9,5	mm
7x340	<input checked="" type="checkbox"/> Agujero previo (≤ diámetro núcleo)			
9x160				
9x200				

Tipo tornillo VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica 7x220

**Irudia 3.151 - 3. Loturaren kalkulu leihoa**

**Taula 3.68 - Petral eta portikoaren arteko 2. lotura**

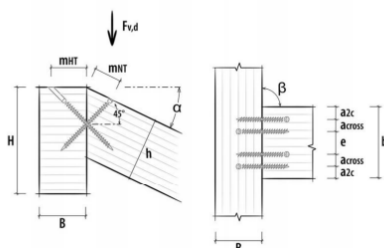


by Rothblaa

**INFORMACIÓN PROYECTO**

Fecha : 28/05/2021  
 Proyecto : Artziniegako Jolastokia  
 Cliente : Artziniegako Udala  
 Dirección proyecto : Martin Lopez  
 Redactado por :  
 Elemento calculado : Petral-Portiko Lotura IV  
 Notas :  
 Norma de cálculo : EN1995:2014 (EU)

**Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ**



**VGZ - Conector todo rosca cabeza cilíndrica 7x220 mm - (cod. VGZ7220)**  
 - Número tornillos: = 1 pz.

Marcado CE según ETA 11/0030

## DATOS DE CÁLCULO

## Uniones con tornillos todo rosca VGS y VGZ

Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga predominante	tq	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Coefficiente de seguridad uniones	$\gamma_M$	=	1,30
Acción cortante de diseño	Fv,d	=	4,71 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Tipo madera viga secundaria		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	66,60 °
Número de parejas de conectores		=	1

## DATOS TORNILLO:

Diámetro nominal/rosca del tornillo	d1	=	7,0 mm
Diámetro cuello	ds	=	5,0 mm
Diámetro núcleo	d2	=	4,6 mm
Diámetro cabeza	dk	=	9,5 mm
Longitud tornillo	Lv	=	220 mm
Longitud rosca	Lf	=	210 mm

## 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	=	Media
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,80
Acción cortante de diseño	Fv,d	=	4,71 kN
Ancho viga principal	B	=	260 mm
Altura viga principal	H	=	520 mm
Tipo madera viga principal		=	GI24h
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ancho viga secundaria	b	=	180 mm
Altura viga secundaria	h	=	260 mm
Ángulo en el plano vertical - viga secundaria	$\alpha$	=	0,00 °
Ángulo en el plano horizontal - viga secundaria	$\beta$	=	66,60 °
Tipo madera viga secundaria		=	GI24h

## TIPO CONECTOR:

Diámetro rosca (nominal)	tornillo VGZ	=	7x220
Diámetro cuello	df	=	7,0 mm
Diámetro núcleo	dg	=	5,0 mm
Diámetro cabeza	dn	=	4,6 mm
Longitud tornillo	dh	=	9,5 mm
Longitud rosca	lv	=	220 mm
	lf	=	210 mm

## GEOMETRÍA UNIÓN:

Número de parejas de conectores		=	1
Ángulo de inserción tornillos		=	45,00 °
Tornillo viga principal		=	
Cota de montaje viga principal	mHT	=	80 mm
Longitud de penetración lado cabeza		=	113 mm
Longitud rosca lado cabeza	tf1	=	95 mm
Longitud de penetración lado punta		=	110 mm
Longitud rosca lado punta	tf2	=	95 mm
Ángulo tornillo/fibra lado cabeza - viga principal	$\gamma_{2,p}$	=	90,00 °
Ángulo tornillo/fibra lado punta - viga secundaria	$\gamma_{2,s}$	=	45,00 °
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado cabeza- viga principal	Fax,Rk,3	=	8,40 kN
Resistencia característica a extracción de los tornillos lado punta - viga secundaria	Fax,Rk,4	=	7,63 kN

## ELEMENTO MÁS SOLICITADO:

Fuerza total producida por el cortante en el eje de los tornillos	Fax,d,tot	=	3,33 kN
Número eficaz	nef	=	1,0
Resistencia característica total a extracción	Fax,Rk	=	7,63 kN
Resistencia total de diseño a extracción	Fax,Rd	=	4,70 kN
Resistencia característica a cortante	Fv,Rk	=	10,80 kN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union	Fv,Rd	=	6,64 kN
Comprobación		=	0,71 CUMPLE

## COMPROBACIÓN A CORTANTE VIGA SECUNDARIA:

Altura efectiva (vinculada)

Altura sin restricciones (por debajo de los tornillos)

Coeficiente kcr

ancho efectiva

Coeficiente de reducción

Tensión de cortante en hef

Resistencia de diseño a cortante (madera)

Comprobación tensión de cortante sección secundaria

Comprobación tensión de cortante solo hef

=	=
hef	= 208 mm
hint	= 52 mm
kcr	= 0,67
bef	= 121 mm
kv	= 0,81
$\tau$	= 0,28 N/mm <sup>2</sup>
fv,d	= 2,24 N/mm <sup>2</sup>
=	= 0,16 CUMPLE
=	= 0,13 CUMPLE

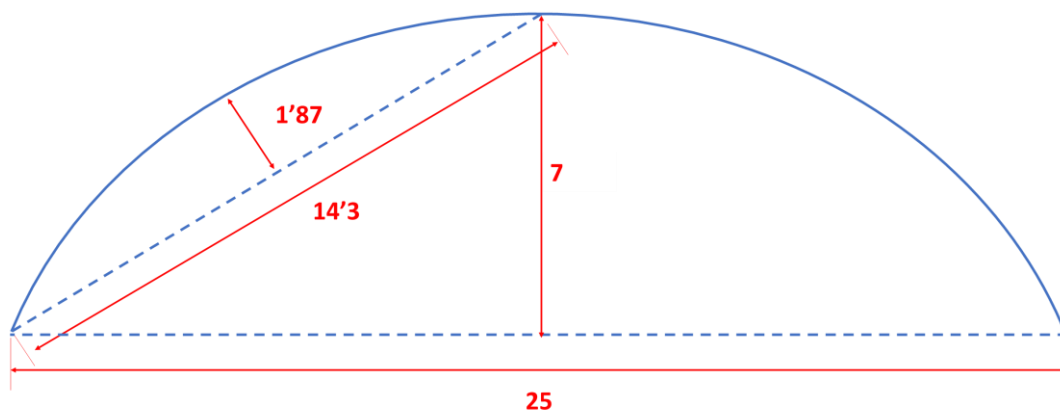
**Resistencia característica resultante a cortante SOPORTE****Resistencia de diseño resultante a cortante SOPORTE****Comprobación global soporte ALU**

<b>RkALU</b>	<b>= 58,88 kN</b>
<b>RdALU</b>	<b>= 36,23 kN</b>
<b>=</b>	<b>= 0,75 CUMPLE</b>

### 3.4.8.4 PORTIKOEN ARTEKO LOTURA

Portikoek 25 metroko argia eta 7 metroko altuera erlatiboa dute. Hauek handiegiak dira pieza bakarra bezala fabrikatuak izateko eta kokalekura eramateko. Gainera, fabrikazioa zaildu eta garestitu egingo litzateke eta hauek garraiatzeko trailerrak 7 metroko zabalera izan beharko luke. Beraz, hau guztiz bideraezina da.

Horregatik, portikoak bi piezatan fabrikatu eta garraiatuko dira, eta obraren lekuan bi portikoen arteko lotura egin beharko da gailurraren aldean. Erdetik abiatuta, altuera erlatiboa eta luzera murriztea lortzen da: 7 x 25 metrotik 1,87 x 14,3 metrora. Honek, piezak modu seguruan garraiatzen laguntzen du.



Irudia 3.152 - Portikoaren zatitzearen dimentsioak

Pentsatutako lotura guztiz zurruna izan beharko da eta egitura osoko karga axialak, ebakitzaileak eta momentuak jasan beharko ditu. Horretarako, altzairuzko plaka bat eta larakoak batuko dira, egurrezko bi portikoak lotzeko.



Irudia 3.153 - Bi portikoen arteko loturaren diagrama

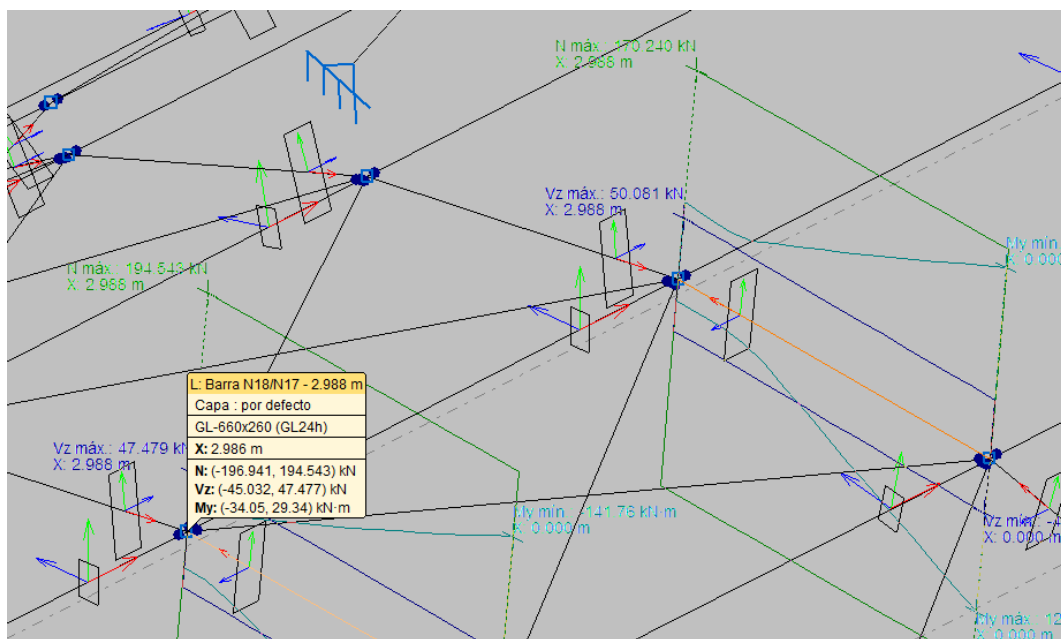


Lotura hori kalkulatzeko, Rothoblaas modulua erabiliko da, “Unión de momento con pasadores auto perforantes WS”.



Irudia 3.154 - “Unión de momento con pasadores auto perforantes WS” modulua

Beti bezala, Cype 3D-ra jo da portikoen gailurrean sortzen diren momentu eta indar maximoak kalkulatzeko.



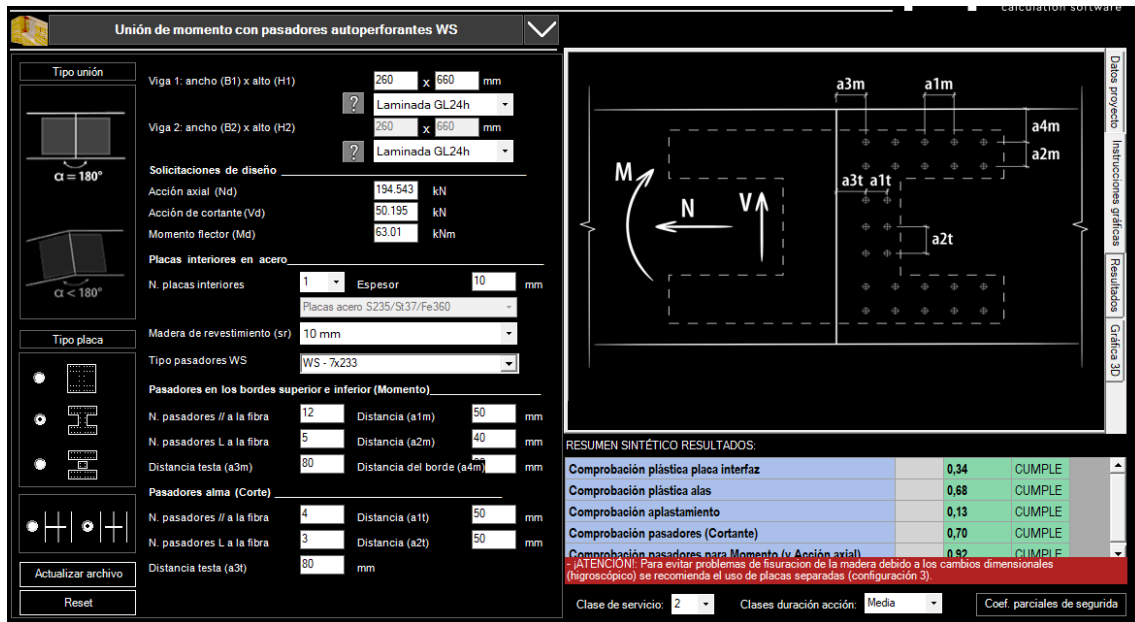
Irudia 3.155 - Esfertzua maximoak portikoaren aldakan

$$N_{max, portiko} = 194'543 \text{ kN}$$

$$V_{max, portiko} = 50'081 \text{ kN}$$

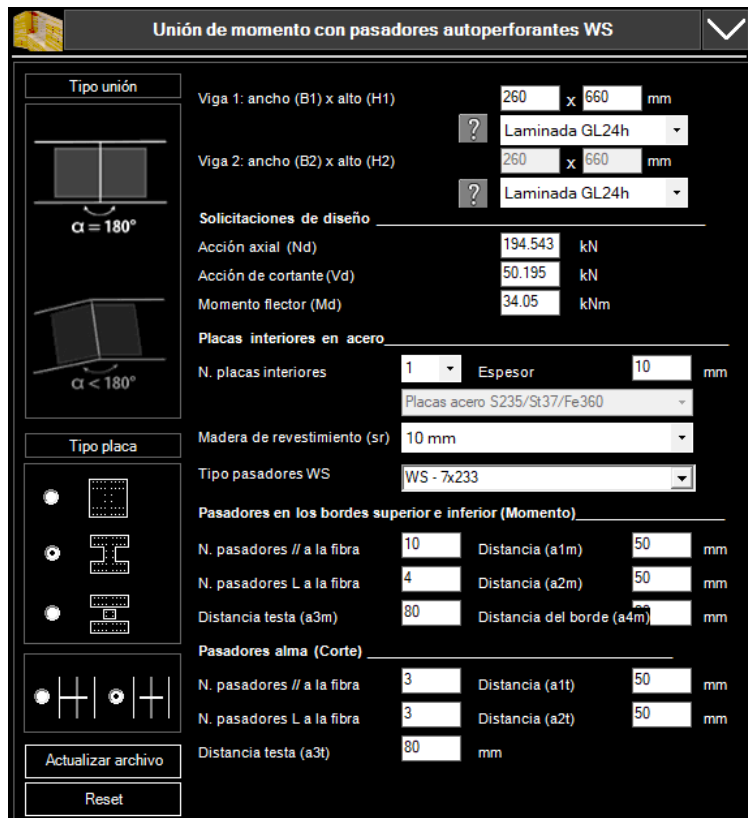
$$M_{max, portiko} = 34'05 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Gailurrean aplikatutako gehieneko kargak atera ondoren, adierazitako moduluaren bitartez kalkulatu da lotura.



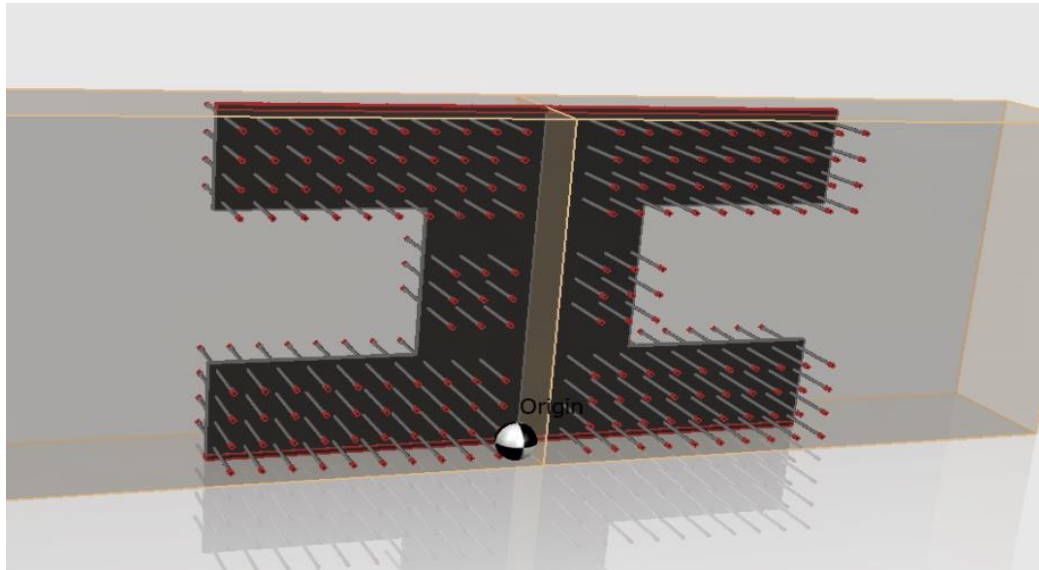
Irudia 3.156 - Portikoen arteko loturaren kalkulu leihoa

Portikoen eta kargen neurriei buruzko datuak sartuko dira. Gainera, kalkulatu da lotura lortzeko, 10 mm-ko altzairuzko xafla bat eta WS motatako 7mm-ko diametroko eta 233 mm-ko luzerako larakoak erabiliko dira. Luzera horrekin, larakoak barraren erdian jarriko dira, ondoren estaldura zura sartzeko eta loturak suaren irismenetik babesteko.



Irudia 3.157 - Datuen eta diseinuaren sarrera MyProject softwareara

Kargak sartu ondoren, larakoen lehen dimentsionamendua egin da kargak ebakitzailerara eta axialera baliozkotzeko (momentuak eta axial esfortzuak eragindakoak). Softwareak kalkulua egin du, eta loturaren neurriak aldatu dira loturari eusteko ahalik eta larako gutxien erabiltzeko.



Irudia 3.158 - Portikoen arteko loturaren kalkuluaren osteko diseinua

Taula 3.69 - Portikoen arteko loturaren kalkulua

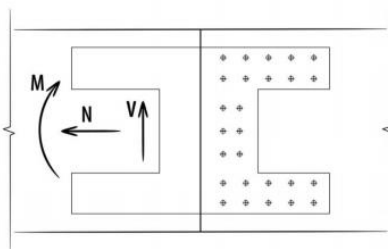


by Rothblaas

INFORMACIÓN PROYECTO

Fecha : 28/05/2021  
 Proyecto : Artzinegako jolastokia  
 Cliente : Artzinegako Udala  
 Dirección proyecto : Martin Lopez  
 Redactado por :  
 Elemento calculado : Portiko-Portiko lotura  
 Notas :  
 Norma de cálculo : EN1995:2014 (EU)

UNIÓN DE MOMENTO CON PASADORES AUTOPERFORANTES WS



**Pasadores autoperforantes WS - 7x233 mm - (cod. CS100255)**

N. pasadores (Momento flector): [10 x 4]x2x2 = 160 pz.

N. pasadores (Cortante): [3 x 3]x2 = 18 pz.



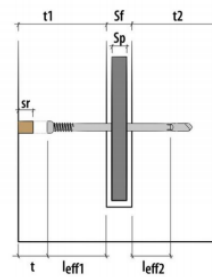
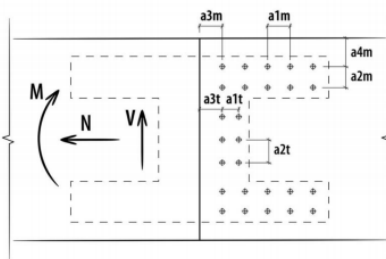
Instalacion en obra con atomilladores minimo 1500 rpm.  
 Placa en acero no tratada térmicamente

Marcado CE según EN 14592

**DATOS DE CÁLCULO**

Acción cortante de diseño	Vd	=	50,20 kN
Acción axial de diseño	Nd	=	194,54 kN
Momento flector de diseño	Md	=	34,05 kNm
Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga dominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,90
Coefficiente de seguridad uniones	γM	=	1,30
Clase resistencia viga 1		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga 1	ρk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga 1	B1	=	260 mm
Alto viga 1	H1	=	660 mm
Clase resistencia viga 2		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga 2	ρk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga 2	B2	=	260 mm
Alto viga 2	H2	=	660 mm

**INSTRUCCIONES GRÁFICAS DE INSTALACIÓN**



**NOTAS**

Antes de la ejecución, todos los cálculos deben ser comprobados y aprobados por el responsable 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 dominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,9
Coefficiente de seguridad uniones	γM	=	1,3
Acción axial de diseño	Nd	=	194,54 kN
Acción cortante de diseño	Vd	=	50,20 kN
Momento flector de diseño	Md	=	34,05 kNm
Ancho viga 1	B1	=	260 mm
Alto viga 1	H1	=	660 mm
Tipo madera viga 1		=	GL24h
Ancho viga 2	B2	=	260 mm
Alto viga 2	H2	=	660 mm
Tipo madera viga 2		=	GL24h

**Placas interiores en acero:**

N. placas interiores	np	=	1
Espesor placas	sp	=	10 mm
Tensión del límite elástico acero	fyk	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Espesor de fresado	sf	=	12 mm
Madera de revestimiento	sr	=	10 mm

**Pasador autopercutor:**

		=	<b>WS - 7x233</b>
Diámetro pasador	ds	=	7,0 mm
Longitud pasador	ls	=	233,0 mm
Longitud eficaz	leff	=	221,0 mm
Momento plástico	Myk	=	31930 Nmm
Profundidad cabeza	t	=	13,5 mm

**Pasadores en los bordes superior e inferior (Momento):**

N. pasadores // a la fibra	N. (a1m)	=	10
Distancia entre pasadores // a la fibra	a1m	=	50 mm
N. pasadores L a la fibra	N. (a2m)	=	4
Distancia entre pasadores L a la fibra	a2m	=	50 mm
Distancia testa	a3m	=	80 mm
Distancia del borde	a4m	=	20 mm

**Pasadores alma (Corte):**

N. pasadores // a la fibra	N. (a1t)	=	3
Distancia entre pasadores // a la fibra	a1t	=	50 mm
N. pasadores L a la fibra	N. (a2t)	=	3
Distancia entre pasadores L a la fibra	a2t	=	50 mm
Distancia testa	a3t	=	80 mm

**Diseño placa:**

Altura total	Htot	=	640 mm
Longitud total	Ltot	=	1088 mm
Alto ala	Hb	=	178 mm
Ancho alma	La	=	388 mm

**COMPROBACIÓN:**

Brazo pasadores - alas	bsam	=	470 mm
Brazo pasadores - alma	bsat	=	260 mm
Momento parásito	Mpt	=	13,05 kNm
Fuerza total en el ala superior	Fas	=	-2,94 kN
Fuerza total en el ala inferior	Fai	=	197,49 kN
Resistencia plástica axiles placa interfaz	Np,d	=	1432,38 kN
Resistencia última axiles placa interfaz	Nu,d	=	1459 kN
Resistencia plástica cortante placa interfaz	Vc,d	=	827 kN
Momento resistente plástico placa interfaz	Mc,d	=	224,95 kNm
Resistencia plástica alas	Np,d	=	398,38 kN
Resistencia última alas	Nu,d	=	388,80 kN
<b>Comprobación plástica placa interfaz</b>		=	<b>0,15 CUMPLE</b>
<b>Comprobación plástica alas</b>		=	<b>0,51 CUMPLE</b>
<b>Comprobación aplastamiento</b>		=	<b>0,17 CUMPLE</b>

**Posición pasador:**

Espesor madera lateral	t1 = t2	=	124 mm
Longitud eficaz (lado cabeza)	leff1	=	111 mm
Longitud eficaz (lado punta)	leff2	=	99 mm
Longitud de penetración eficaz	leff	=	99 mm

**Pasadores en alma central (Cortante):**

Número eficaz pasadores	neff	=	9,0
<b>Resistencia característica - pasador(BM=hh)</b>	Rvk	=	<b>9,77 kN</b>
<b>Resistencia total de diseño</b>	Rvdot	=	<b>60,88 kN</b>
<b>Comprobación pasadores (Cortante)</b>		=	<b>0,82 CUMPLE</b>

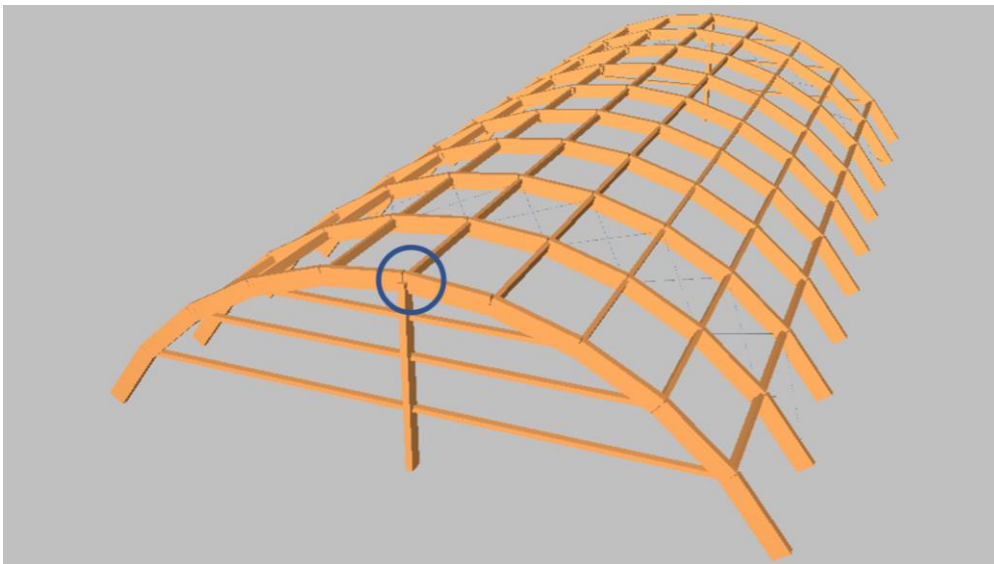
**Pasadores alas (Momento y Acción axial)**

Número eficaz pasadores	neff	=	27,4
<b>Resistencia característica pasador(BM=hh)</b>	Rvk	=	<b>11,78 kN</b>
<b>Resistencia total de diseño</b>	Rvdot	=	<b>223,16 kN</b>
<b>Comprobación pasadores para Momento (y Acción axial)</b>		=	<b>0,88 CUMPLE</b>

<b>Comprobación plástica placa interfaz</b>	=	<b>0,15 CUMPLE</b>
<b>Comprobación plástica alas</b>	=	<b>0,51 CUMPLE</b>
<b>Comprobación aplastamiento</b>	=	<b>0,17 CUMPLE</b>
<b>Comprobación pasadores (Cortante)</b>	=	<b>0,82 CUMPLE</b>
<b>Comprobación pasadores para Momento (y Acción axial)</b>	=	<b>0,88 CUMPLE</b>

### 3.4.8.5 PORTIKO HASTIALAREN ZUTABEAREN LOTURA

Jakina denez, portiko hastialetan zutabe bat dago, aurreko fatxada bitan banatzen duena. 7 metroko luzera duten zutabe horiek lehen eta azken portikoarekin lotzen dira, eta, hala, estalkian agertzen diren luzetarako eta bertikaleko indarrak zutabera transmititzen dira.

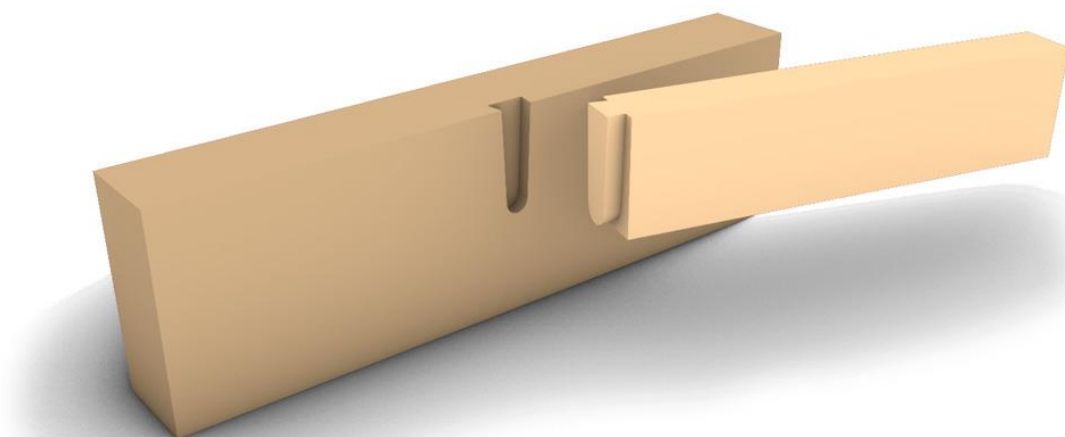


Lotura horrek zura eraikitzeko gehien erabiltzen diren bi lotura motak bilduko ditu: arotzeria loturak eta lotura metalikoak.

Alde batetik, luzetarako mugimendua murrizteko, arotzeria lotura bat erabiliko da (zehazki, milano buztana), estalkian sortutako luzetarako esfortzuak transmitituko dituena. Bestalde, torlojuen bidezko lotura metaliko bat erabiliko da, estalkiaren xurgapenak eragin dezakeen mugimendu bertikala murrizteko.

#### AROTZERIA LOTURA – MILANO BUZTANA

Esan bezala, milano buztana biribildua erabiliko da luzetarako esfortzuak murrizteko.



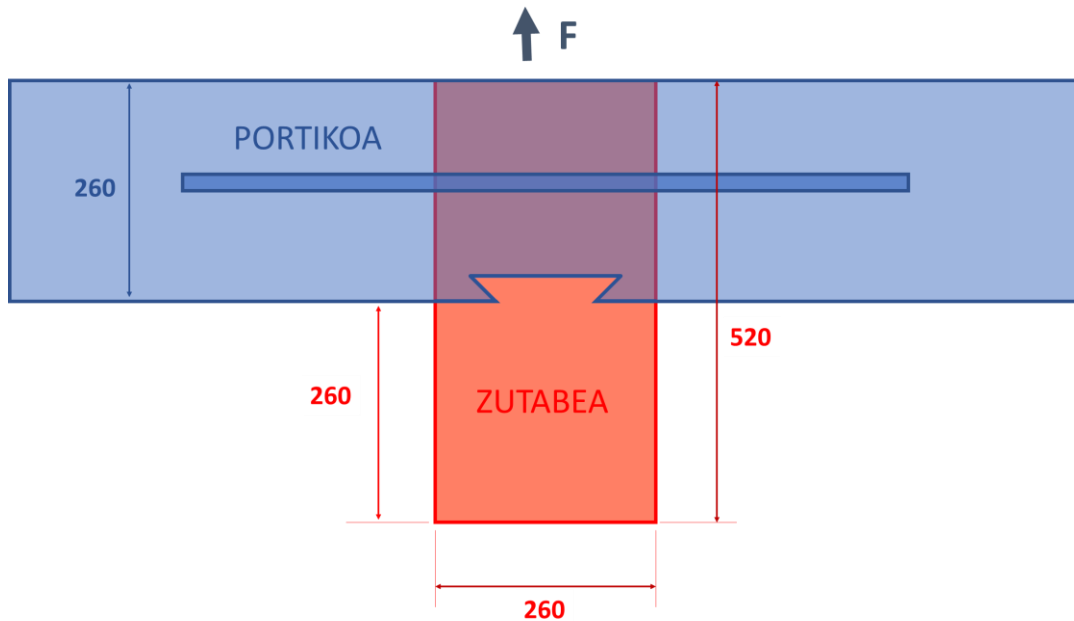
Irudia 3.159 - Milano buztan biribilduaren lotura



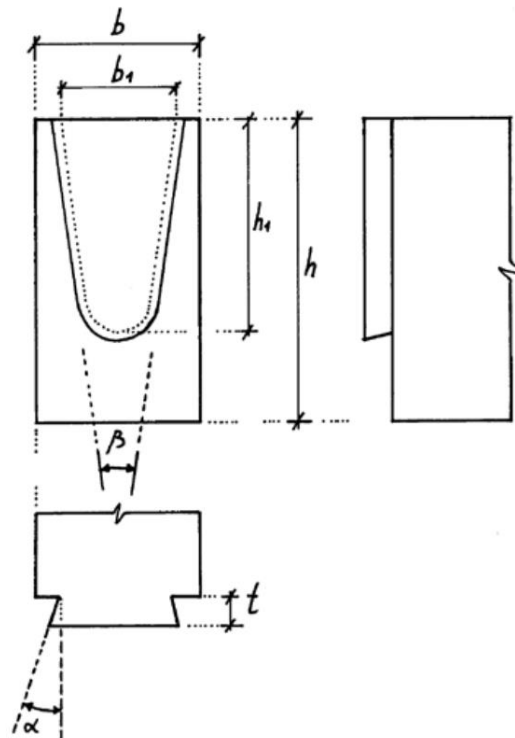
Lotura hori kalkulatzeko, diseinu parametro zehatzak erabiliko dira. Ondoren, karga ahalmena kalkulatu da "Egoin" enpresak, zeinek egitura erabilerarako zura fabrikatzen duen, eskainitako egitura loturak kalkulatzeko gidaren bidez.

- **DISEINU PARAMETROAK**

Lehenik eta behin, zehaztu beharra dago lotura hau dimentsionatzeko erabiliko diren oinarrizko dimentsioak:



Irudia 3.160 - Zutabe eta portikoaren arteko milano buztanaren loturaren goiko bista



Irudia 3.161 - Milano buztanaren kota nagusiak (Werner 2002)

Egoin gida eta Irudia 3.161 kontuan hartuta, diseinu hoberena egiteko dimentsio ezberdinak aztertuko dira:

Taula 3.70 - Milano buztanaren diseinu parametroak (Egoin)

EGOIN LOTURA GIDAREN PARAMETROAK	AUKERATUTAKO DIMENTSIOA
Ziriaren edo buztanaren luzera: $t \leq 25$ o $30$ mm	$t = 25mm$
Portikoaren kaxaren sakonera: $p \leq t + 3$ mm	$p = 28mm$
Buztanaren altuera: $h_1 > h/2$ (h zutabearen sekzioaren altuera da). Ahalmen mekanikoari begira, gomendatzen da altuera $h_1 = 2 \cdot h/3$ (Tannert 2008).	$h_1 = 200mm$
Buztanen aurpegiaren arteko angelua: $\beta = 10$ a $15^\circ$ (Tannert 2008).	$\beta = 15^\circ$
Habe nagusiaren gutxienerako lodiera: $b_v \geq t + 50$ mm alboko euskarrirako; $b_v \geq t + 100$ mm albo bietarako euskarrirako.	$b_v = 260mm$
Lasaiera mekanikoa: $\leq 0,2$ mm	$l = 0'2mm$
Buztanaren eraso angelua: $\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 15^\circ$
Milano buztanaren lodiera bere kotarik altuenean	$b_1 = 150mm$

Fabrikazioan, egur lehorra erabili eta hezetasun edukia gutxienera murriztu behar da (fabrikatzen denetik obran jartzen den arte). Fabrikazio hezetasunaren edukiera zerbitzu edukia ahalik eta antzekoena izan beharko luke. Mekanizazio abiadura motela izan behar da zehaztasun handiagoa lortzeko.

#### • KARGA AHALMENA

Lotura horien karga ahalmena ez dago kalkulu arauetan jasota, baina egiaztapen adierazpenen proposamen bat dago, elementu finituen metodoaren bidezko esperimentazioaren eta analisiaren laguntzarekin lortu dena (Werner 2002, Tannert 2008).

$$F_{max,zutabe} = \frac{2}{3} \cdot A_{ef} \cdot k_s \cdot f_{v,g,k} \quad (30)$$

Non,

- $F_{max,zutabe}$  → Milano buztanak jasan ahal duen indar ebakitzaille maximoa
- $A_{ef}$  → Ziriaren azalera eraginkorra (31. ekuazioa)
- $k_s$  → Tamaina faktorea (32. ekuazioa)
- $f_{v,g,k}$  → Kalkulu ebakitzaillearekiko erresistentzia (Taula 3.45 - Zur ijeztu kolatu homogeneoko ezaugarriak, GL24h)

$$A_{ef} = \left( b_1 + \tan \frac{\beta}{2} \cdot \left( h_1 - \frac{b_1}{2} \right) \right) \cdot \left( h_1 - \frac{b_1}{2} \right) + \frac{\pi \cdot b_1^2}{8} \quad (31)$$

Non,

- $b_1$ ,  $\beta$  eta  $h_1 \rightarrow$  Irudia 3.161-an definituta dauden.

$$k_s = \left( \frac{3600 \text{ mm}^2}{A_{ef}} \right)^{0,2} \quad (32)$$

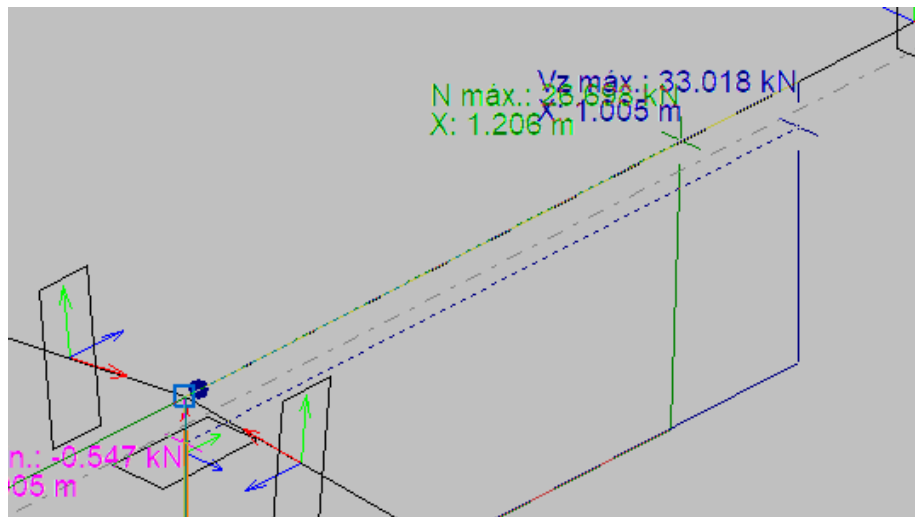
Aipatutako hiru ekuazioak kontuan hartzen badira, milano buztanak jaso beharreko karga ebakitzaille maximoa lortu daiteke:

$$A_{ef} = \left( 150 + \tan \frac{15}{2} \cdot \left( 200 - \frac{150}{2} \right) \right) \cdot \left( 200 - \frac{150}{2} \right) + \frac{\pi \cdot 150^2}{8} = 29.642'8 \text{ mm}^2$$

$$k_s = \left( \frac{3600 \text{ mm}^2}{29.642'8 \text{ mm}^2} \right)^{0,2} = 0'656$$

$$F_{max,zutabe} = \frac{2}{3} \cdot 29.642'8 \text{ mm}^2 \cdot 0'656 \cdot 2'7 = 35.002'22 \text{ N} = 35 \text{ kN}$$

Milano buztanaren loturak jasan dezakeen indar maximoa zein den jakin ondoren, hau aurreko ataletan lortutako indarrekin espero den indar maximo eta ebakitzailleekin alderatuko da. Horretarako, Cype 3D-ren laguntzaz indar maximoa lortuko da:



Irudia 3.162 - Zutabearen gaineko trakzio eta ebakidura indarrak

$$V_{max,zutabe} = 33'018 \text{ kN}$$

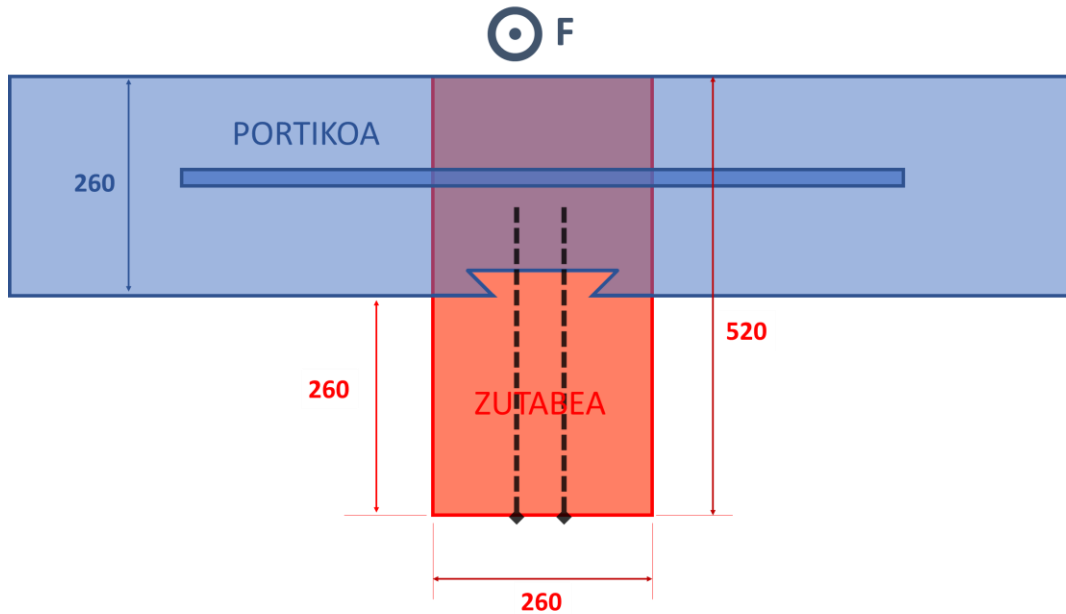
Honek, loturaren aprobeixamendu nahiko handia ezartzen du, zein egokiena ez den:

$$\mu = \frac{V_{max,zutabe}}{F_{max,zutabe}} = \frac{33'018}{35'022} = 0'943$$

Hala ere, kontuan hartu beharra dago, orain kalkulatu den torlojudun loturak ere elementu lotura ezartzen duela, loturaren zurruntasuna handituz eta hau seguruago bihurtuz.

**LOTURA METALIKOA – TORLOJU ABEILANATUA**

Lotura honen helburua estalkian sortzen diren indar bertikalak zutabera transmititzea da. Horretarako, HBS abelburuko torlojuak erabiliko dira.



**Irudia 3.163 - Zutabe eta portikoaren arteko lotura metalikoaren goiko bista**

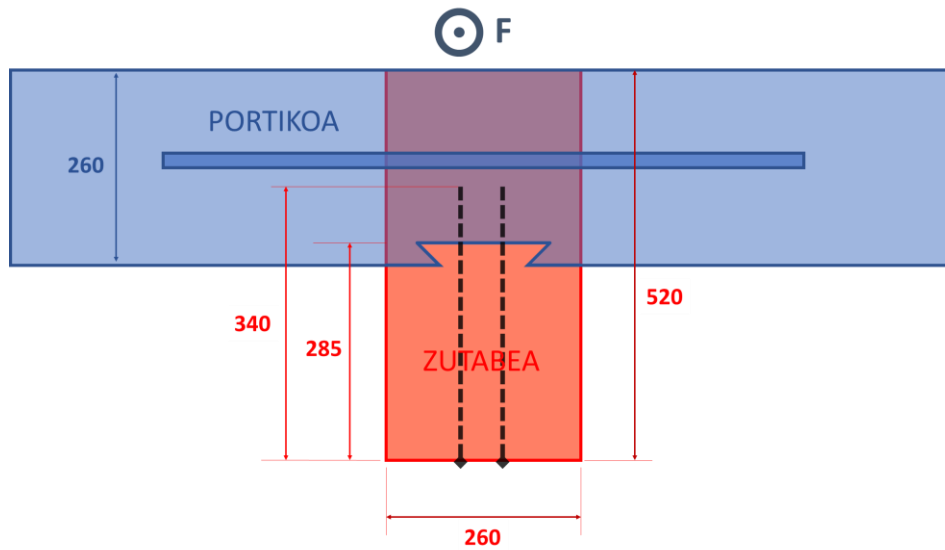
Lotura hau Rothoblaas-ek eskaintako “MyProject” softwareekin; konkretuki, “Uniones a cortante con tornillos HBS – HBS+evo - TBS” moduluarekin egingo da.

Resistencia de diseño a cortante de la entera union	Fv,rd,tot	36,55	kN
Resistencia de diseño a extracción de la entera union	Faxd,tot,ef	31,24	kN
Deslizamiento conector para plano de corte	Kser	3,74	kN/mm
Comprobación a cortante de diseño		0,73	CUMPLE

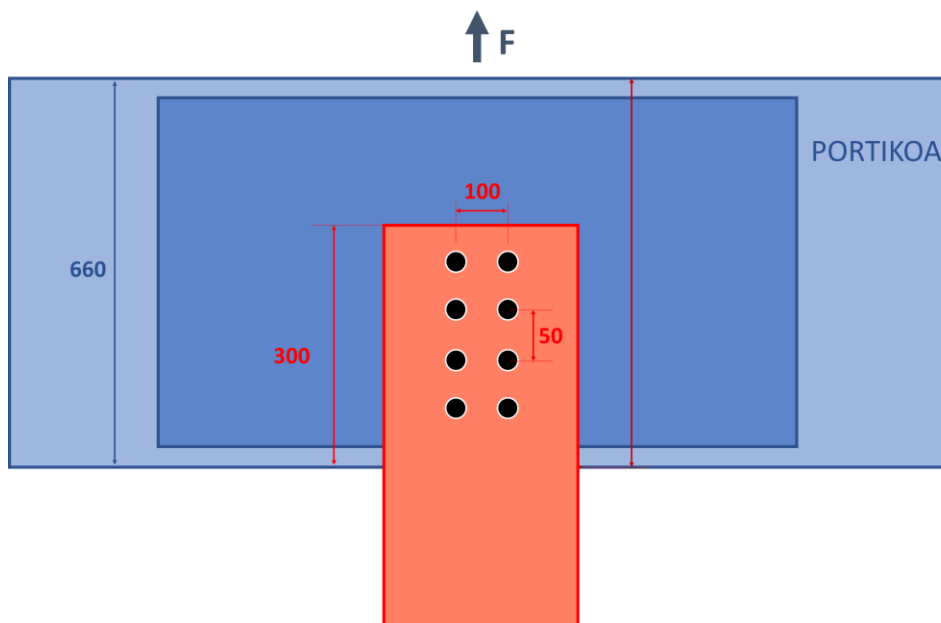
**Irudia 3.164 - “Uniones a cortante con tornillos HBS – HBS+evo - TBS” moduluaren kalkulu leihoa**

340 mm-ko luzerako abelburuko torlojuak aukeratu dira. Horiek nahikoak dira zutabea eta portikoa pasatzeko, bi portikoak lotzeko erabiltzen den altzairuzko xafra kaltetu gabe. Hala ere, kontuan hartu behar da torloju horiek milano buztanaren barruan joango direla, eta, ondorioz, portikoaren distantzia murriztu egingo dutela (Irudia 3.165).

Horrez gain, zutabeak izango lukeen xurgatze karga maximoa ere zehaztu eta programara sartu da (Irudia 3.162):



Irudia 3.165 - Lotura metalikoaren goitiko bista

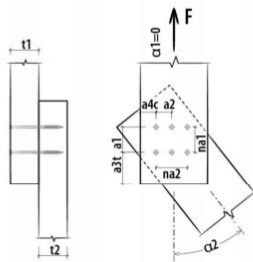


Irudia 3.166 - Lotura metalikoaren aurretiko bista

MyProject-en erantzuna 8 torloju abeilanatu erabiltzea da, hauek 10 mm-ko diametroa izanik eta 340mm-ko luzeera, nahikoa portikoak elkartzen duen txapa ez ukitzeko. Hala ere, milano buztana jartzeagatik portikoak elkartzen duten loturaren torloju batzuk txikitu beharko dira, 213mm-tako luzeerako torloju autozulatuak erabiliz, 233 mm-koa baizik (Irudia 3.157).

**INFORMACIÓN PROYECTO**

Fecha	: 29/05/2021
Proyecto	: Artziniegako Jolastokia
Cliente	: Artziniegako Udala
Dirección proyecto	: Martin Lopez
Redactado por	:
Elemento calculado	: Portiko Zutabe lotura
Notas	:
Norma de cálculo	: EN1995:2014 (EU)

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


- Tornillo tipo HBS - Tornillos cabeza avellanada 10x340 mm - (cod. HBS10340)  
 (utilizada arandela de diámetro 32,0 mm )  
 - Número tornillos: 2 x 4 = 8 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	gamma_M	=	1,30
Diámetro nominal/rosca del tornillo	d1	=	10,0 mm
Diámetro cuello	ds	=	7,0 mm
Diámetro núcleo	d2	=	6,4 mm
Diámetro cabeza	dk	=	18,3 mm
Longitud tornillo	Lv	=	340 mm
Longitud rosca	Lf	=	100 mm
Espesor madera elemento 1	t1	=	260 mm
Ángulo elemento 1	alpha_1	=	0,00°
Clase madera elemento 1		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Espesor madera elemento 2	t2	=	125 mm
Ángulo elemento 2	alpha_2	=	0,00°
Clase madera elemento 2		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Número conectores paralelos a la fibra	nf	=	4
Distancia conectores paralelos a la fibra	a1	=	50 mm
Número conectores perpendiculares a la fibra	nc	=	2
Distancia conectores perpendiculares a la fibra	a2	=	80 mm

Agujero previo ≤ Diámetro núcleo 6,4 mm

Desplazamiento transversal  $1.0 \cdot d$  en la dirección de las fibras = 6,4 mm

Acción cortante de diseño Fvd = 26,70 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	yM	=	1,3
Tipo de madera elemento t1		=	GI24h
Densidad madera	pk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Tipo de madera elemento t2		=	GI24h
Densidad madera	pk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente seguridad acero	yMa	=	1,25
Espesor elemento 1	t1	=	285 mm
Espesor elemento 2	t2	=	110 mm
Angulo elemento 1	α1	=	0,00 °
Angulo elemento 2	α2	=	0,00 °
Número de filas tornillos	na1	=	4
Distancia filas	a1	=	50 mm
Número de columnas tornillos	na2	=	2
Distancia columnas	a2	=	100 mm

## DATOS TORNILLO:

HBS - Tornillos cabeza avellanada 10x340			
Diámetro cuello	dg	=	7,0 mm
Diámetro rosca	df	=	10,0 mm
Diámetro núcleo	dn	=	6,4 mm
Diámetro convencional tornillo EN1995:2014	def=df	=	10,0 mm
Longitud rosca	lf	=	100 mm
Longitud tornillo	lh	=	340 mm
Angulo de inserción (tornillo - fibra)	β	=	90,00 °
Agujero previo ≤ Diámetro cuello		=	
Desplazamiento transversal 1.0°d		=	
Diámetro cabeza tornillo	dh	=	18,3 mm
Utilizada arandela: diámetro arandela	dr	=	32,0 mm

## RESULTADOS:

Longitud penetración elemento 1	Lp1	=	285 mm
Longitud penetración elemento 2	Lp2	=	55 mm
Resistencia característica a tracción acero	frens,k	=	31400 N
Longitud eficaz extracción rosca (lado punta)		=	55 mm
Resistencia extracción rosca (lado punta)	Fax,rk	=	6945 N
Longitud rosca (lado cabeza)		=	45 mm
Resistencia extracción rosca (lado cabeza)	Fax,rk	=	5682 N
Resistencia penetración cabeza	Fhead,rk	=	11604 N
Resistencia eficaz lado cabeza	max Fax,rk	=	11604 N
Resistencia característica al aplastamiento elemento 1	Fh,1,k	=	28,41 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia característica al aplastamiento elemento 2	Fh,2,k	=	28,41 N/mm <sup>2</sup>
Momento plástico acero	Myk	=	35830 Nmm
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras elemento 1	nef	=	4,00
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras elemento 2	nef	=	4,00
Número eficaz tornillos paralelos a las fibras	nef	=	4,00

## DISTANCIAS MÍNIMAS elemento 1 (madera):

Paralelo a las fibras	a1	=	50 mm
Perpendicular a las fibras	a2	=	30 mm
De la testa no cargada (// fibras)	a3c	=	70 mm
De la testa cargada (// fibras)	a3t	=	120 mm
Del borde no cargado (perp. fibras)	a4c	=	30 mm
Del borde cargado (perp. fibras)	a4t	=	30 mm

## DISTANCIAS MÍNIMAS elemento 2 (madera):

Paralelo a las fibras	a1	=	50 mm
Perpendicular a las fibras	a2	=	30 mm
De la testa no cargada (// fibras)	a3c	=	70 mm
De la testa cargada (// fibras)	a3t	=	120 mm
Del borde no cargado (perp. fibras)	a4c	=	30 mm
Del borde cargado (perp. fibras)	a4t	=	30 mm

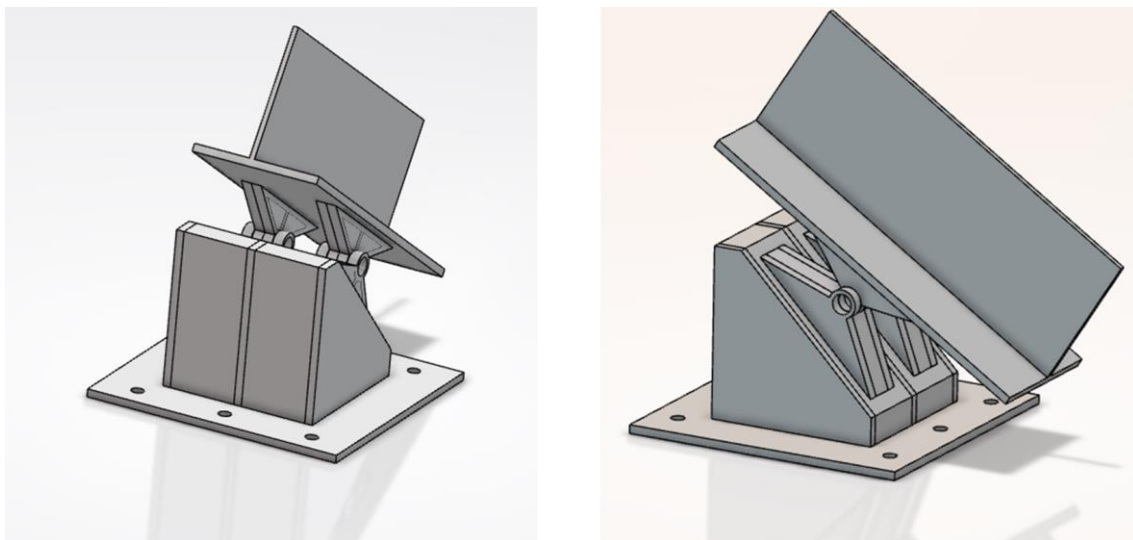
## VALORES DE RESISTENCIA:

Número planos de corte	nT	=	1
Contribución a tracción pesado con Johansen	Fax,Rk/4	=	1,41 kN
Resistencia característica a cortante tipo a (elemento t1)	Fv,Rk	=	80,98 kN
Resistencia característica a cortante tipo b (elemento t2)	Fv,Rk	=	15,63 kN
Resistencia característica a cortante tipo c (elemento t2)	Fv,Rk	=	28,83 kN
Resistencia característica a cortante tipo d (elemento t1)	Fv,Rk	=	29,88 kN
Resistencia característica a cortante tipo e (elemento t2)	Fv,Rk	=	7,54 kN
Resistencia característica a cortante tipo f (elemento t2)	Fv,Rk	=	6,60 kN
Resistencia característica a cortante tornillos por plano de corte (elemento t2)	Fv,Rk	=	6,60 kN
Resistencia característica a cortante tornillos	Fv,Rd	=	6,60 kN
Resistencia de diseño a cortante tornillos por plano de corte	Fv,Rd	=	4,57 kN
Resistencia de diseño a cortante tornillos		=	4,57 kN
Resistencia de diseño a cortante del singulo tornillos con número eficaz y contribución a tracción		=	4,57 kN
Resistencia de diseño a cortante de la entera union		=	36,55 kN
Número eficaz a extracción		=	6,50
Resistencia característica a extracción del singulo conector		=	6,94 kN
Resistencia característica a extracción de la entera union		=	45,13 kN
Resistencia de diseño a extracción de la entera union		=	31,24 kN
Deslizamiento conector para plano de corte		=	3,74 kN/mm
Comprobación a cortante de diseño		=	0,73 CUMPLE
<b>Resistencia de diseño a cortante de la entera union</b>	<b>Fv,rd,tot</b>	<b>=</b>	<b>36,55 kN</b>
<b>Resistencia de diseño a extracción de la entera union</b>	<b>Faxdot,ef</b>	<b>=</b>	<b>31,24 kN</b>
<b>Deslizamiento conector para plano de corte</b>	<b>Kser</b>	<b>=</b>	<b>3,74 kN/mm</b>
<b>Comprobación a cortante de diseño</b>		<b>=</b>	<b>0,73 CUMPLE</b>

### 3.4.8.6 PORTIKO ETA ZIMENDAPENAREN ARTEKO LOTURA

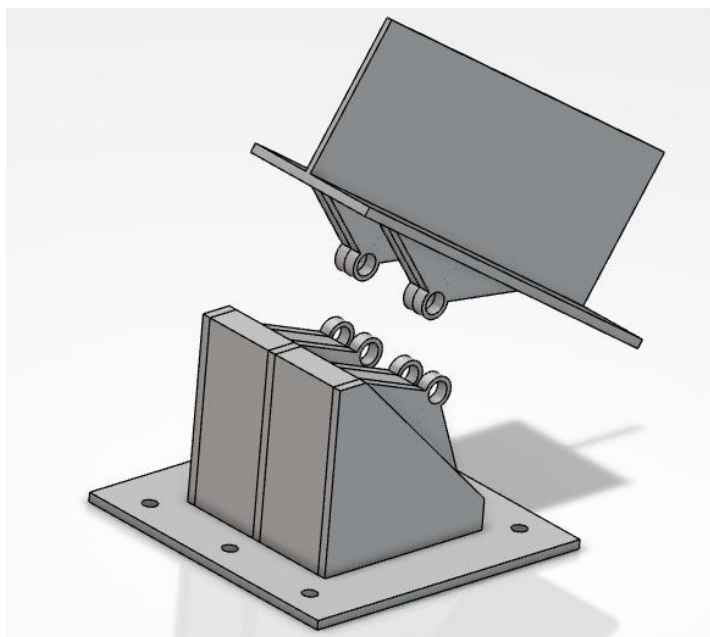
Portikoaren eta zimenduaren arteko lotura lan honetarako berriaz diseinatu eta egindako euskarri artikulatu baten bidez egingo da. Honen arrazoi nagusia angelu zehatz bat duten zurezko egituretarako diseinatutako euskarri artikulaturik ez dagoela da, egitura honetan portiko bakoitza bermatzeko behar den moduan.

“Dassault Systems” enpresak eskaintzen duen “Catia V6” softwarearen bidez, angelu aldakorreko euskarri artikulatua diseinatu da. Horrela, portikoak euskarrietan ezartzea errazago izango da obra lekuan (Irudia 3.167).



**Irudia 3.167 – Portikoaren euskarri artikulatuaren diseinua**

Euskarria 10 eta 15 milimetroko altzairuzko xaflekin egingo da, eta horiek guztiak bata bestearekin soldatuta egongo dira, hau errementari profesional batek eginda. Multzoa bi zatitan bana daiteke: bata, zimenduetan finkatuko da zirindola eta azkoinaren loturaren bitartez; eta, bestea, egurrezko portikoari finkatuta joango da larakoen bidez, gero ikusiko dugunez.



**Irudia 3.168 - Euskarri artikulatuaren zatitzea**

Aipatutako bi piezen artean bi M30 x 110 mm-ko torlojuak jarriko dira, bi zatiak lotuta mantentzeko helburuz.

Edozein lotura mota kalkulatu aurretik, portikoaren oinetan ematen diren indar maximoak lortuko dira. Beti bezala, Cype 3D programara jotzen da azken muga egoeraren konbinazio guztien bilakaera ikusteko.

Ikus daitekeenez, oinarrian ez da inolako momenturik ematen; izan ere, lotura artikulazio bat da. Hala ere, karga axial eta ebakitzaile maximoak honako hauek dira:

$$N_{max,artik} = 209 \text{ kN}$$

$$V_{max,artik} = 48 \text{ kN}$$

Lotura artikulatuak jasan behar dituen karga maximoak zein diren jakin ondoren, altzairuzko oinarriaren eta zurezko portikoaren arteko lotura eta altzairuzko oinarriaren bi zatien arteko loturak kalkulatu dira (Irudia 3.168).

### ARTIKULAZIO-PORTIKO LOTURA

Bi elementuen arteko lotura egurraren barruko xafla bat larako auto-zulatzailerekin lotzearen bidez egingo da; 3.4.8.4 atalean, portikoen gailurrean egin den bezala.

Altzairuzko oinarriaren eta zurezko portikoaren arteko lotura dimentsionatzeko, Rothoblaas-ek eskainitako "MyProject" softwarearekin eta, konkretuki, "Unión de momento con pasadores auto perforantes WS" moduluarekin egingo da (Irudia 3.154).

Kalkulu mota hori gailurrean loturak egiteko pentsatuta badago ere, aztertzen ari garen lotura baliozkotzeko erabil daiteke baita ere. Izan ere, momenturik ez egon arren, karga axial eta ebakitzaileekin beharrezkoak izango diren larakoak jakin daiteke eta horiek ezartzeko beharrezkoak diren elementuak ere.

**Unión de momento con pasadores auto perforantes WS**

Tipo unión: Viga 1: ancho (B1) x alto (H1) 260 x 660 mm; Laminada GL24h; Viga 2: ancho (B2) x alto (H2) 260 x 660 mm; Laminada GL24h; Ángulo entre las vigas (α) 117,00°

Solicitaciones de diseño: Acción axial (Nd) 209,00 kN; Acción de cortante (Vd) 48,00 kN; Momento flector (Md) 0,001 kNm

Placas interiores en acero: N. placas interiores 1; Espesor 10 mm; Placas acero S235/S137/Fe360

Madera de revestimiento (sr) 10 mm; Tipo pasadores WS WS - 7x233

Pasadores en los bordes superior e inferior (Momento): N. pasadores // a la fibra 5; Distancia (a1m) 50 mm; N. pasadores L a la fibra 12; Distancia (a2m) 50 mm; Distancia testa (a3m) 80; Distancia del borde (a4m) mm

Actualizar archivo; Reset

RESUMEN SINTÉTICO RESULTADOS:

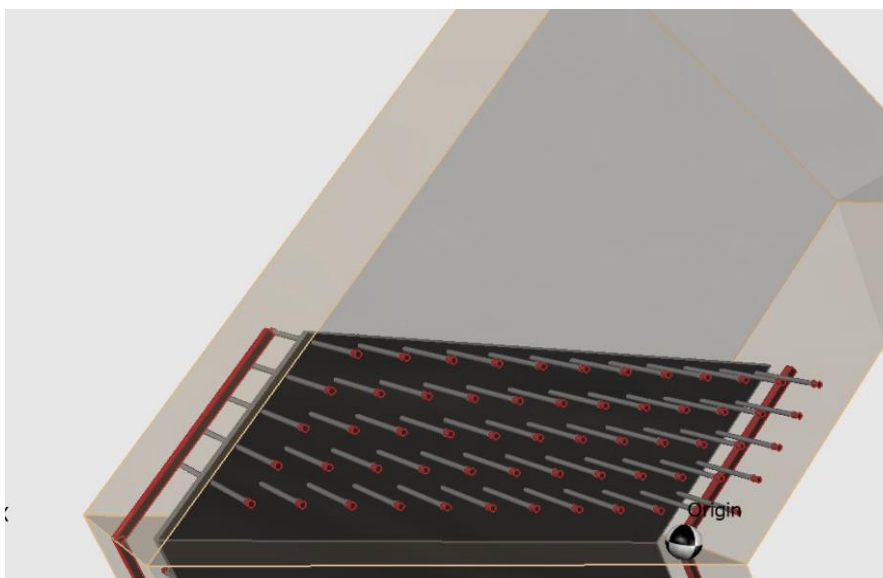
Comprobación pasador	0,76	CUMPLE
Comprobación plástica placa	0,00	CUMPLE
Comprobación aplastamiento	0,14	CUMPLE

¡ATENCIÓN! Para evitar problemas de fisuración de la madera debido a los cambios dimensionales (higroscópico) se recomienda el uso de placas separadas (configuración 3).

Clase de servicio: 2; Clases duración acción: Cotta; Coef. parciales de seguridad

Irudia 3.169 - Artikulazioaren eta portikoaren arteko loturaren kalkulu leihoa

Karga maximoei buruzko datuak, barne-plakaren lodiera eta beharrezko torlojuen hurbilketa iteratiboa eginda, ondorioztatu da zuntzaren 5 pasadore paralelo eta 12 perpendikular behar direla (Irudia 3.170).

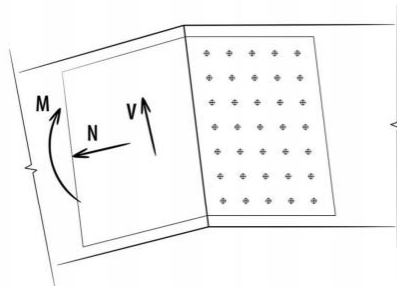


Irudia 3.170 – Portikoaren artikulazioaren loturaren diagrama

**INFORMACIÓN PROYECTO**

Fecha : 30/05/2021  
 Proyecto : Artziniegako Jolastokia  
 Cliente : Artziniegako Udala  
 Dirección proyecto : Martin Lopez  
 Redactado por :  
 Elemento calculado : Artikulazioaren Lotura  
 Notas :  
 Norma de cálculo : EN1995:2014 (EU)

**UNIÓN DE MOMENTO CON PASADORES AUTOPERFORANTES WS**



**Pasadores autoperforantes WS - 7x233 mm - (cod. CS100255)**  
 N. pasadores (Momento flector): [5 x 12]x2 = 120 pz.



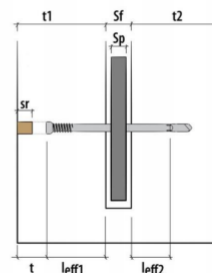
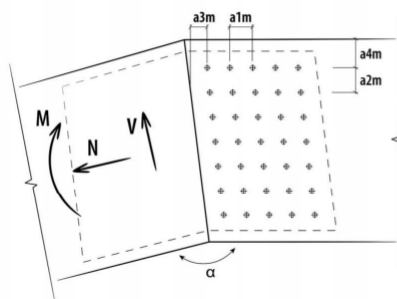
Instalacion en obra con atornilladores mínimo 1500 rpm.  
 Placa en acero no tratada térmicamente

Marcado CE según EN 14592

**DATOS DE CÁLCULO**

Acción cortante de diseño	Vd	=	48,00 kN
Acción axial de diseño	Nd	=	209,00 kN
Momento flector de diseño	Md	=	0,00 kNm
Clase de servicio	cl	=	2
Duración carga dominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,90
Coefficiente de seguridad uniones	γM	=	1,30
Clase resistencia viga 1		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga 1	ρk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga 1	B1	=	260 mm
Alto viga 1	H1	=	660 mm
Clase resistencia viga 2		=	Madera laminada GL24h (homogénea)
Densidad madera viga 2	ρk	=	385 kg/m <sup>3</sup>
Ancho viga 2	B2	=	260 mm
Alto viga 2	H2	=	660 mm
Ángulo entre vigas	α	=	117,00°

**INSTRUCCIONES GRÁFICAS DE INSTALACIÓN**



**NOTAS**

Antes de la ejecución, todos los cálculos deben ser comprobados y aprobados por el responsable 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 dominante	tq	=	Corta
Factor de modificación kmod	kmod	=	0,9
Coefficiente de seguridad uniones	YM	=	1,3
Acción axial de diseño	Nd	=	209,00 kN
Acción cortante de diseño	Vd	=	48,00 kN
Momento flector de diseño	Md	=	0,00 kNm
Ancho viga 1	B1	=	260 mm
Alto viga 1	H1	=	660 mm
Tipo madera viga 1		=	Gl24h
Ancho viga 2	B2	=	260 mm
Alto viga 2	H2	=	660 mm
Tipo madera viga 2		=	Gl24h

## Placas interiores en acero:

N. placas interiores	np	=	1
Espesor placas	sp	=	10 mm
Tensión del límite elástico acero	fyk	=	235 N/mm <sup>2</sup>
Espesor de fresado	sf	=	12 mm
Madera de revestimiento	sr	=	10 mm

## Pasador autopercutor:

Díametro pasador	ds	=	7,0 mm
Longitud pasador	ls	=	233,0 mm
Longitud eficaz	leff	=	221,0 mm
Momento plástico	Myk	=	31930 Nmm
Profundidad cabeza	t	=	13,5 mm

## Distribución pasadores:

N. pasadores // a la fibra	N. (a1m)	=	5
Distancia entre pasadores // a la fibra	a1m	=	50 mm
N. pasadores L a la fibra	N. (a2m)	=	12
Distancia entre pasadores L a la fibra	a2m	=	50 mm
Distancia testa	a3m	=	80 mm
Distancia del borde	a4m	=	20 mm
Momento polar de inercia pasadores	Jp	=	2087500 mm <sup>4</sup>

## Pasador mas solicitado

Acción por acción axial para pasador	Fn	=	3,48 kN
Acción por cortante para pasador	Ft	=	0,80 kN
Acción por momento flector para pasador	Fm	=	1,21 kN
Acción total para pasador	Ftot	=	4,64 kN

## Posición pasador:

Espesor madera lateral	t1 = t2	=	124 mm
Longitud eficaz (lado cabeza)	leff1	=	111 mm
Longitud eficaz (lado punta)	leff2	=	99 mm
Longitud eficaz de calculo	leff	=	99 mm
Ángulo acción máximo para pasador	$\alpha$	=	4,77 °
Resistencia característica - pasador(BM=hh)	Rvk	=	11,77 kN
Resistencia de diseño - pasador	Rvdtot	=	6,10 kN
<b>Comprobación pasador</b>		=	<b>0,76 CUMPLE</b>

## Diseño de la placa:

Altura total	Htot	=	678 mm
Longitud total	Ltot	=	588 mm
Resistencia plástica axiles placa	Np,d	=	1517,21 kN
Resistencia última axiles placa	Nu,d	=	1539,39 kN
Resistencia plástica cortante placa interfaz	Vc,d	=	875,96 kN
Momento resistente plástico placa interfaz	Mc,d	=	257,03 kNm
<b>Comprobación plástica placa</b>		=	<b>0,00 CUMPLE</b>
<b>Comprobación aplastamiento</b>		=	<b>0,14 CUMPLE</b>

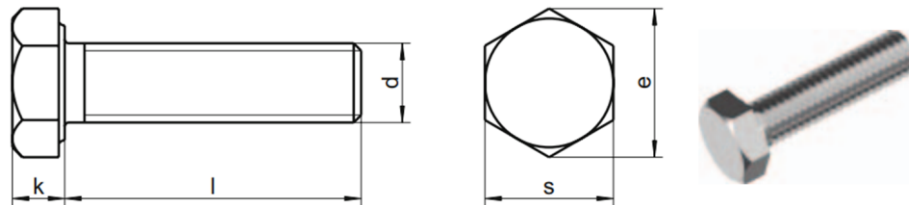
<b>Comprobación pasador</b>	=	<b>0,76 CUMPLE</b>
<b>Comprobación plástica placa</b>	=	<b>0,00 CUMPLE</b>
<b>Comprobación aplastamiento</b>	=	<b>0,14 CUMPLE</b>



## ARTIKULAZIOAREN ARTEKO LOTURA

Artikulazioaren oinarriak bi zati ditu (Irudia 3.168), zeintzuk bi M30x110mm-ko torlojurekin lotuta daude. Torloju hauek "Wasi" enpresak hornituko ditu, honek lotura metaliko normalizatuak baititu.

sim. ISO 4017 - **DIN 933** - **Página 3**  
**Tornillo de cabeza hexagonal**  
 rosca completa



k max.	14,0	15,0	17,0	18,7	21,0	22,5
s	32	36	41	46	50	55
e	35,72	39,98	45,20	50,85	55,37	60,79
●	32	36	41	46	50	55
Long. / Ø	M22	M24	M27	M30	M33	M36
80	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
85	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
90	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
95	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
100	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
110	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
120	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
130	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
140	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
150	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●	▲●
160		▲●				▲●
170		▲●				▲●

Irudia 3.171 - Artikulazioaren loturan erabiliko den torlojuen dimentsioak

Lotura hau ebakitzailerak bidez soilik kalkulatu da, hori baita indar nagusia, eta nagusiki horrela landuko baita torlojuak. Gainera, kontuan hartu behar da oinarria 2 torlojuz osatuta dagoela, eta, ondorioz, torloju bakoitzaren kalkulu indarra erdira murrizten da. Torlojuak karga ebakitzailerak kalkulatzeko ekuazio hau erabiliko da:

$$F_{v,Rd} = \frac{0'6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} \quad (33)$$

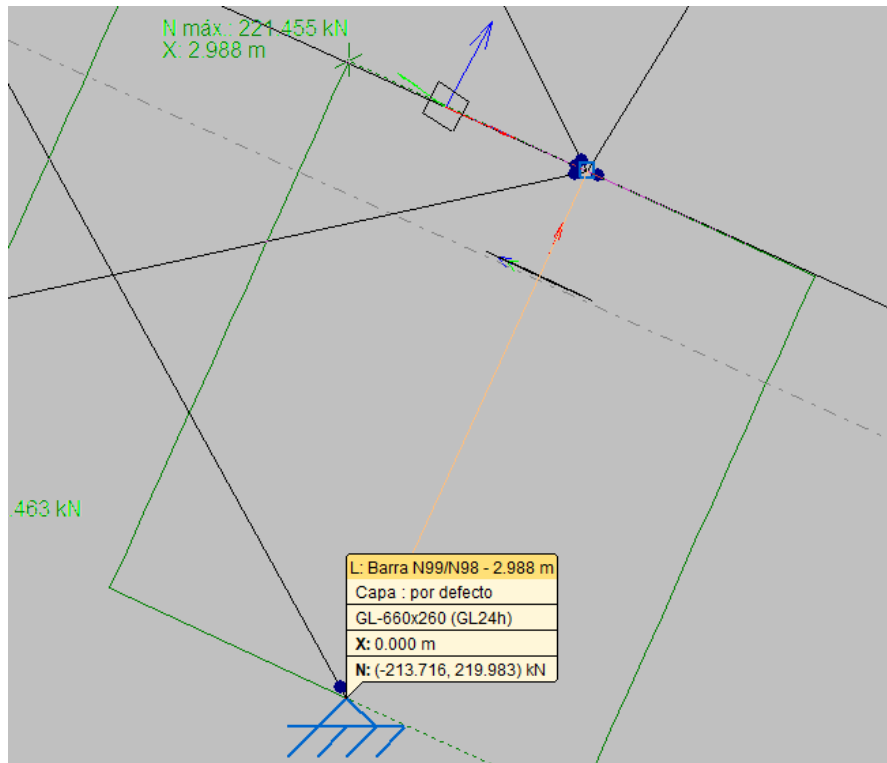
Non,

- $F_{v,Rd}$  → Torlojuaren erresistentzia ebakitzailerak
- $f_{ub}$  → Torlojuaren haustura tentsioa trakzioan ( $600 \text{ N/mm}^2$  para los tornillos de clase 8.8)
- $A_s$  → Torlojuaren trakzioarekiko erresistentzia azalera (M30-ren kasuan:  $560 \text{ mm}^2$ )
- $\gamma_{Mb}$  → Segurtasunaren koefiziente partziala (Torlojuen kasuan: 1'25)

$$F_{v,Rd} = \frac{0'6 \cdot 600 \cdot 560}{1'25} = 161.280 \text{ N} = 161'28 \text{ kN}$$

Ebakitzaitetik ebakitzailerako indar maximoa eta indar horri eusteko behar diren bi torlojuak kontuan hartuta, loturak karga eskaerak betetzen ditu:

$$\mu_{torloj} = \frac{219'98kN}{2 \cdot 161'28 kN} = 0'68$$



Irudia 3.172 - Portikoaren karga axial maximoa

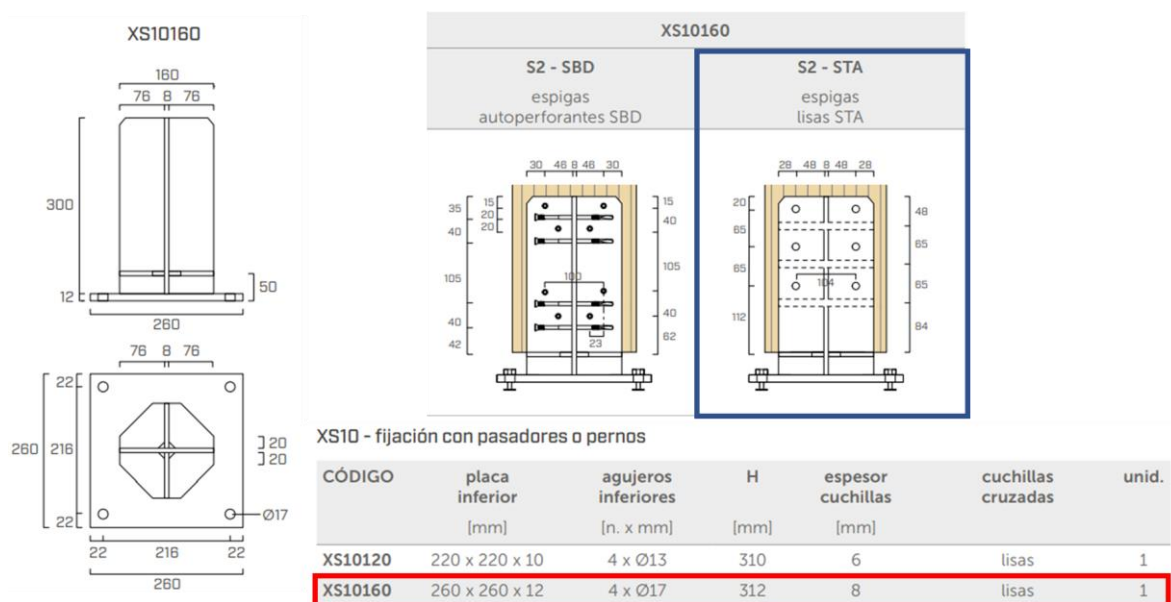
### 3.4.8.7 ZUTABE ETA ZIMENDAPENAREN ARTEKO LOTURA

Portiko hastialen zutabearen eta zimenduen arteko lotura lotzeko, Rothblaasek hornitutako lotura zurruna erabiliko da. Honako hau “pie de pilar” izeneko lotura da, eta erabat ezkutatuta dago egurraren azpian. Gainera, oinaren eta zutabearen arteko lotura egiteko, bestelako loturetan erabili diren altzairuzko larakoak erabiliko dira.



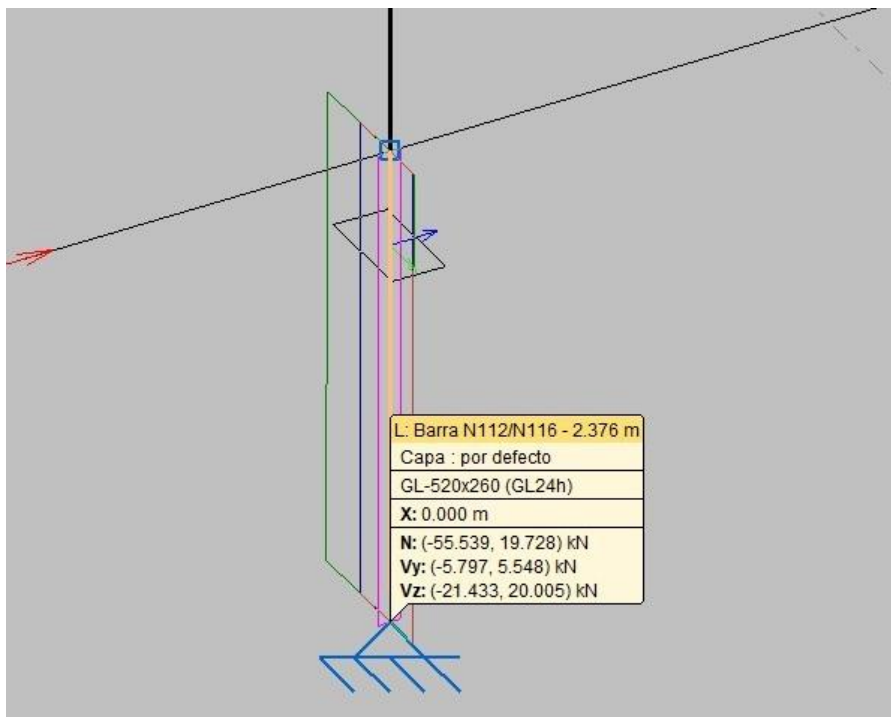
Irudia 3.173 - Zutabe eta zimendapenaren arteko lotura

Zehazki, XS10160 eredu erabiliko da, STA larakoekin lotua. Horrela, zutabeak indar eta momentu gehiago jasateko gai izango da.



Irudia 3.174 - XS10160 S2 - STA-ren dimentsio orokorrak

Cype 3D-ren bidez, zutabearen eta zimenduaren arteko konexio puntuaren gehieneko eskakizunak lortuko dira, lotura balioztatzeko.



Irudia 3.175 - Cype3D-k ateratako karga maximoa portiko hastialaren zutabearen

Aipatutako zutabearen oinak jasan ditzakeen tentsio maximoekin konparatuko dira karga horiek. Rothoblaas-en orritik produktuaren fitxa teknikoak atera daiteke. Fitxa horretan, erabilitako konfigurazioaren eta konektoreen arabera, produktuak jasan ditzakeen karga maximoak agertzen dira (Taula 3.71).

Taula 3.71 - XS10160 S2 - STA-ren indar maximoak

XS10

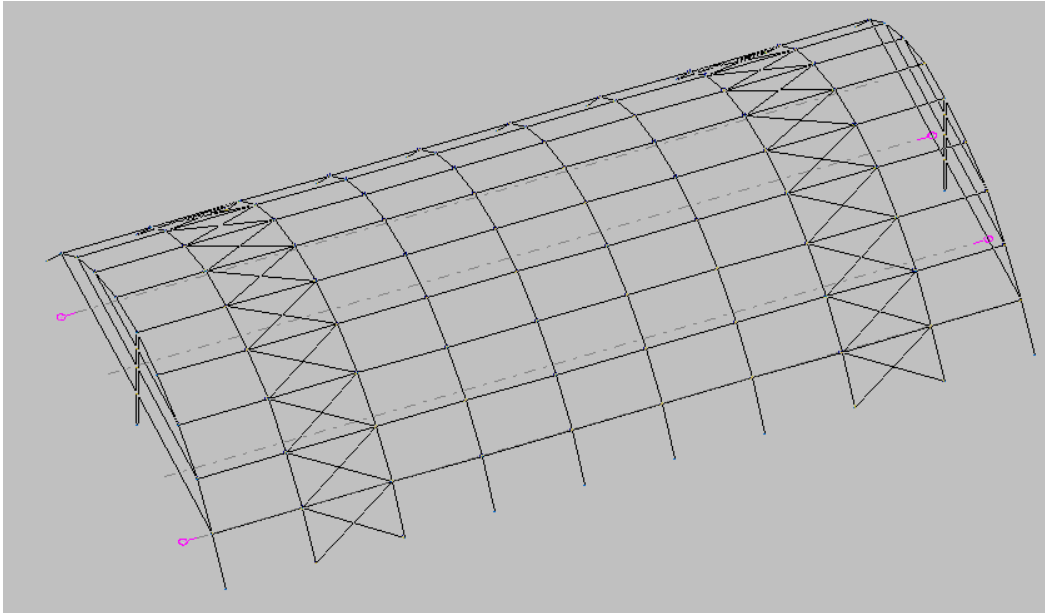
CODE	config.	connector						COMPRESSION		TENSION <sup>(2)</sup>		SHEAR <sup>(1) (2)</sup>		MOMENT <sup>(1) (2)</sup>	
		type	n	Ø		L		F <sub>1,c</sub> timber		F <sub>1,t</sub> timber		F <sub>2/3</sub> timber		M <sub>2/3</sub> timber	
				[mm]	[in]	[mm]	[in]	[kN]	[lbf]	[kN]	[lbf]	[kN]	[lbf]	[kNm]	[lbf*inch]
XS10120	S1 - SBD	SBD	16	7.5	0.30	135	5.31	51.52	11,582.69	17.01	3,823.90	16.05	3,607.18	1.37	12,157.18
	S1 - STA	STA	8	12.0	0.47	120	4.72	51.52	11,582.69	19.60	4,406.12	15.37	3,455.13	1.19	10,565.36
XS10160	S2 - SBD	SBD	16	7.5	0.30	155	6.10	136.52	30,691.09	17.01	3,823.90	16.05	3,607.18	1.34	11,824.51
	S2 - STA	STA	12	12.0	0.47	160	6.30	136.52	30,691.09	29.40	6,609.17	24.77	5,569.05	1.80	15,967.53

Ikus daitekeenez, karga maximoetatik hurbilen dagoen parametroa ebakitzailako indarra da, nahiz eta, printzipioz, lotura baliozkoa den:

$$\mu_{zutab,zimen} = \frac{21'433 \text{ kN}}{24'777 \text{ kN}} = 0'865$$

### 3.4.9 ARRIOSTRAMENDUA

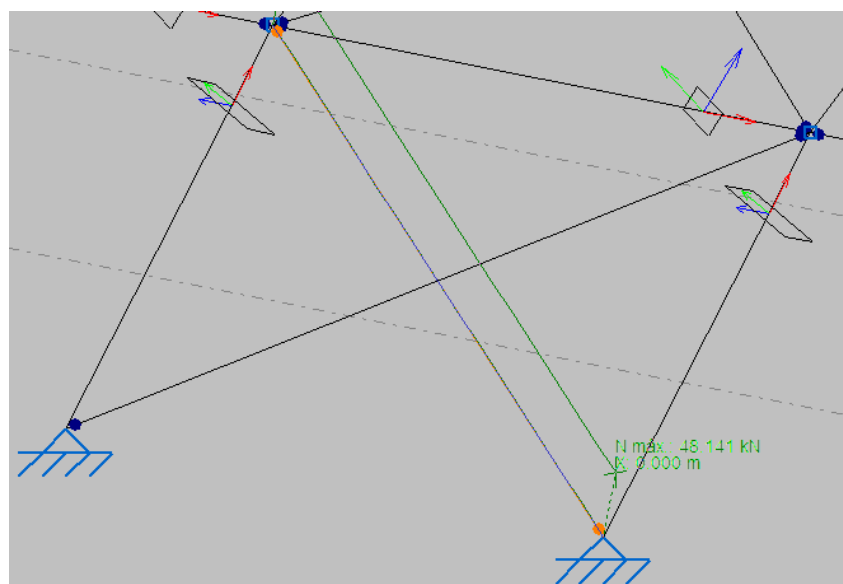
Jolastokiaren egituraren arriostramendua oso garrantzitsua da, honek zimendapenera luzerako karga gehienak transmititzen baititu. Izan ere, eraikingintzako euste eta oreka egitura da. Kasu honetan, altzairuzko tiranteak erabiliko dira, San Andrés gurutzea prozedura erabiliz, bigarren eta azken-aurreko banoetan:



Irudia 3.176 - Arriostramenduaren kokapena jolastokiaren egituran

#### 3.4.9.1 KABLEAREN DIMENSIONAMEDUA

Arriostramendurako kableak Cype 3D bidez kalkulatu dira, estalkiari eta horma hastialari aplikatutako indarrak kontuan hartuta. Garrantzitsua da aipatzea kable horiek trakzioz baino ez dutela lan egiten, eta, beraz, nahiko erraz neurtzen direla. Hurrengo irudian ikus daitekeenez, zimenduetatik hurbilen jarritako arriostramenduek jasango dituzte kargarik gehienak.



Irudia 3.177 - Konbinazioekin ateratako karga axial maximoa arriostramenduetan

$$N_{max,arrios} = 48'14 \text{ kN}$$

Gehieneko karga axial hori kontuan hartuta, arriostamenduen lehen dimentsionamendua egin daiteke. Ez da kalkulatu kable horien suarekiko erresistentzia, kablearen diametroak 50 mm-tik gorakoa izan behar baitu 30 minutu baino gehiago iraun dezan. Gainera, aurretik esan den bezala, lan honetan sua kalkulatzeko ez ezinbestekoa izan daiteke, sutea sortzeko aukerak oso mugatuak baitira. Gainera, inguruneak ebakuzio azkarra eta segurua errazten du.

Cype 3D-en arabera, karga osoari aurre egin ahal izango dion lehen kablea 16 mm-ko diametroko biribilkia da, nahiz eta aurrerago ikusiko den bezala, hau altzairuaren limite elastikotik nahiko urrun geratzen den.

Perfil	Peso	Resistencia	Flecha
✗ R 10	0.62	234.04 %	0.00 %
✗ R 12	0.89	162.52 %	0.00 %
✗ R 14	1.21	119.41 %	0.00 %
✗ R 15	1.39	104.02 %	0.00 %
✓ R 16	1.58	91.42 %	0.00 %
✓ R 17	1.78	84.04 %	0.00 %
✓ R 18	2.00	74.96 %	0.00 %
✓ R 19	2.23	67.28 %	0.00 %
✓ R 20	2.47	60.72 %	0.00 %
✓ R 22	2.98	50.18 %	0.00 %
✓ R 22.25	3.05	49.06 %	0.00 %
✓ R 23.6	3.43	43.61 %	0.00 %
✓ R 24	3.55	42.16 %	0.00 %
✓ R 24.5	3.70	40.46 %	0.00 %
✓ R 25	3.85	38.86 %	0.00 %
✓ R 26	4.17	35.93 %	0.00 %
✓ R 26.7	4.40	34.07 %	0.00 %

Se ha seleccionado no realizar la comprobación de resistencia al fuego

Significado de los iconos

- ✗ Perfil que no cumple alguna comprobación.
- ✓ Perfil que cumple todas las comprobaciones.

Irudia 3.178 - Cype 3D-ek proposaturiko kable diametroak arriostamenduarentzako

Esan bezala, kableak trakzio kargak baino ez ditu jasaten eta, beraz, karga horrekiko soilik dimentsionatu da:



Taula 3.72 - Jolastokiaren arriostamenduren kalkulua (R 16)

Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N99	N87	5.825	2.01	0.32	0.32	0.64
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	λ̄	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N99/N87	λ̄ ≤ 4.0 Cumple	η = 91.4	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(1)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(2)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(2)	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(3)	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	<b>CUMPLE</b> η = 91.4

Notación:  
 λ̄: Limitación de esbeltez  
 N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción  
 N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
 M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
 M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
 V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z  
 V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y  
 M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados  
 NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η: **0.914** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·HaizeaGoraG+1.5·Haizea90°.

N<sub>t,Ed</sub>: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N<sub>t,Ed</sub>: **48.14** kN

La resistencia de cálculo a tracción N<sub>t,Rd</sub> viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{td}$$

N<sub>t,Rd</sub>: **52.66** kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A: **2.01** cm<sup>2</sup>

f<sub>td</sub>: Resistencia de cálculo del acero.

f<sub>td</sub>: **261.90** MPa

$$f_{td} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f<sub>y</sub>: **275.00** MPa

γ<sub>M0</sub>: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ<sub>M0</sub>: **1.05**

Aurrerago ikusiko den bezala, kablea %90eko mugan dagoela dirudien arren, horrek ez du kontuan hartzen kable horiek egiten dituen fabrikatzailea. Horregatik hautatu behar dira arriostamendurako erabiliko diren kableak.

Arriostamenduen kableak "Cables Estructurales" enpresak hornituko ditu, konkretuki 1x19 kable disposiziokoa. Kableak altzairu herdoilgaitzarekin eginda daude, haien mantentzea txikitzeko.

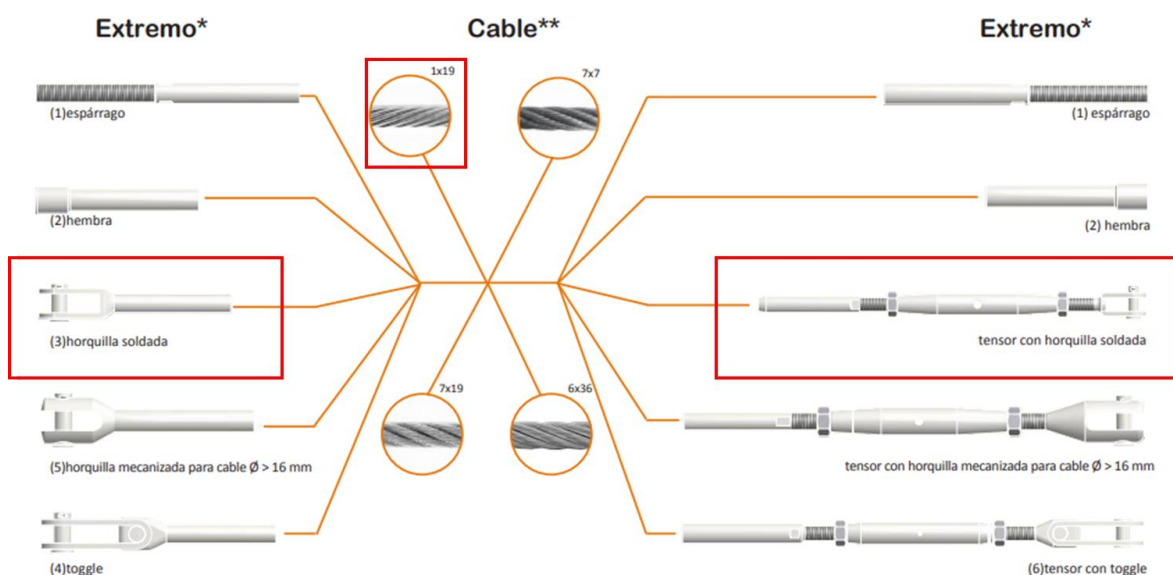
Taula 3.73 - "Cables Estructurales"-en haustura karga

1X19				
Ø Nominal mm	Peso* kg/m	Sección mm <sup>2</sup>	Carga de rotura**	
			kN	kg
1,00	0,005	0,60	0,82	84
1,50	0,011	1,34	1,85	189
2,00	0,020	2,40	2,94	300
2,50	0,031	3,70	5,15	525
3,00	0,045	5,30	7,42	756
3,50	0,061	7,30	10,10	1030
4,00	0,079	10,00	13,15	1340
5,00	0,124	14,00	20,60	2100
6,00	0,178	21,00	29,72	3030
7,00	0,243	29,00	40,42	4120
8,00	0,317	38,00	52,78	5380
10,00	0,495	59,00	82,40	8400
12,00	0,713	83,00	118,70	12100
14,00	0,971	123,00	161,87	16500
16,00	1,270	153,00	210,92	21500
19,00	1,790	216,00	286,45	29200
22,00	2,360	283,00	391,42	39900
26,00	3,300	399,00	533,66	54400

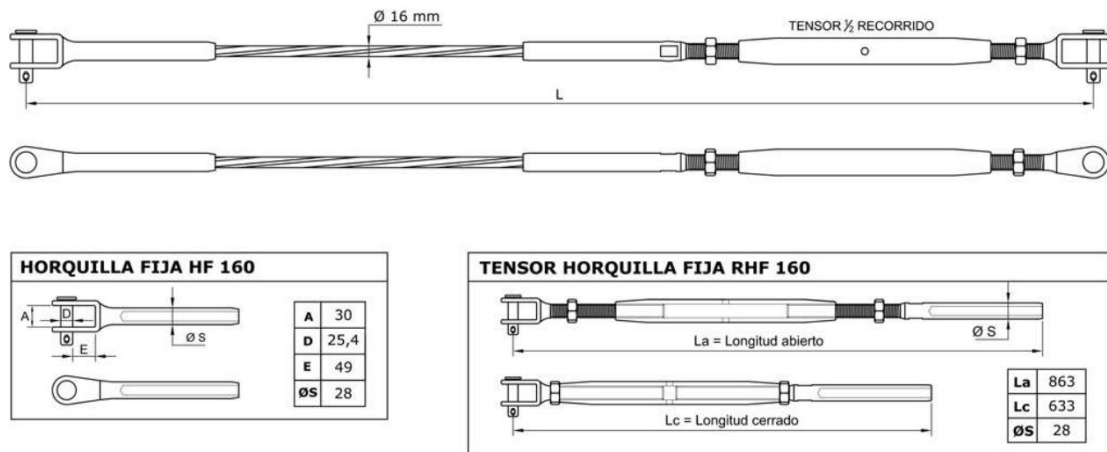


- Acero inoxidable AISI316
- Resistencia 1570 N/mm<sup>2</sup>
- Módulo elástico (E) 130000 N/mm<sup>2</sup>
- Acabado pulido
- Stainless steel AISI316
- Strength 1570 N/mm<sup>2</sup>
- Elastic modulus (E) 130000 N/mm<sup>2</sup>
- Polished finishing
- Acier inoxydable AISI316
- Résistance 1570 N/mm<sup>2</sup>
- Module élastique (E) 130000 N/mm<sup>2</sup>
- Finition poulie

Beste aldetik, tiranteak portikoetara finkatuko dira diseinaturiko burdineria batekin. Baita, tiranteak mutur bakoitzean urkila soldatu izango du tirantearen eta portikoaren burdineriaren arteko lotura egiteko. Gainera, kablea tinkatzeko urkila baten muturrean tentsore bat kokatuko da, hurrengo irudiak erakusten duen moduan.



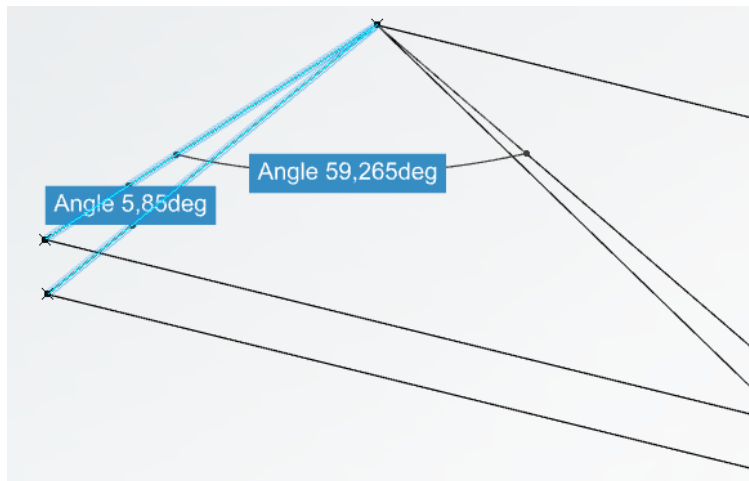
Irudia 3.179 - Arriostamenduen parte desberdinen aukeraketa



Irudia 3.180 - Urkilaren eta tentsorearen dimentsio orokorrak

### 3.4.9.2 PLAKAREN DIMENSIONAMENDUA

Kablearen, urkilaren eta tentsorearen multzoa portikora lotzeko, beharrezkoa da altzairuzko burdineriaren bat sortzea, portikoarekiko lotura ziurtatzeko. Gainera, kontuan hartu beharra dago arriostamenduek portikoarekin eratzen duten angelua.

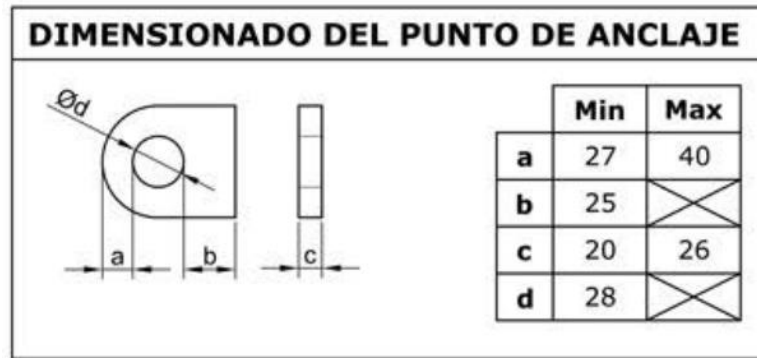


Irudia 3.181 - Arriostamenduaren plaka diseinatzeko kontuan hartu behar diren angeluak

$$\alpha_{bertikala} = 5'85^{\circ}$$

$$\alpha_{longitudinala} = 59'265^{\circ}$$

Beste alde batetik, “Cables Estructurales” enpresak 16 mm-ko kableak izan behar duen finkatze puntuaren lehen iterazioa eskaintzen du (Irudia 3.182). Datu horiek izanda, jolastokiaren arriostamendu guztietarako berdina izango den plaka diseinatuko da.



Irudia 3.182 - Finkatze puntuaren dimentsionaketaren lehenengo iterazioa.

Gainera, garrantzitsua da kontuan izatea portikoarekiko burdineria loturak gehienbat karga axialari eutsi behar diola. Hori dela eta, zurari eusteko gai izango diren torlojuak diseinatu behar dira.

Lehenik eta behin, burdineriak mantendu behar izango duen karga axial maximoa atera beharko da:

$$N_{max,torloju} = 2 \cdot N_{max,kable} \cdot \sin(\alpha_{longitudinala}) \quad (34)$$

Non,

- $N_{max,torloju}$  → Torlojuak jasango duen indar axial maximoa
- $N_{max,kable}$  → Kableak jasaten duen karga axial maximoa
- $\alpha_{longitudinala}$  → Arriostramenduaren eta portikoaren arteko angelua goitiko bistan

Beraz, kalkulua egiten bada ateratako datu guztiekin:

$$N_{max,torloju} = 2 \cdot 48'14 \cdot \sin(59'265) = 82'75 \text{ kN}$$

Rothoblaas-en orrira jo eta trakzioz ondo portatzen den torloju bat aukeratuko da, hala nola "VGZ - Conector todo rosca de cabeza cilindrica". Horrela, torloju bakoitzak izan dezakeen karga maximoa atera ahal izango da, diametroaren eta luzeraren arabera torloju hautatuz. Jolastokiaren kasuan, 9 mm-ko diametroa eta 240 mm-ko hari luzera duen VGZ aukeratuko da.

Kontuan hartu beharra dago, baita ere, loturak

Lotura dimentsionatzeko, bi faktore hartu behar dira kontuan: batetik, zuraren eta torlojuaren arteko loturaren erresistentzia, eta, bestetik, torlojuak berak trakzio kargen aurrean duen erresistentzia, honek muga elastikoa iritsi ez dadin.

Taula 3.74 - VGZ torlojuaren indar axial maximoa

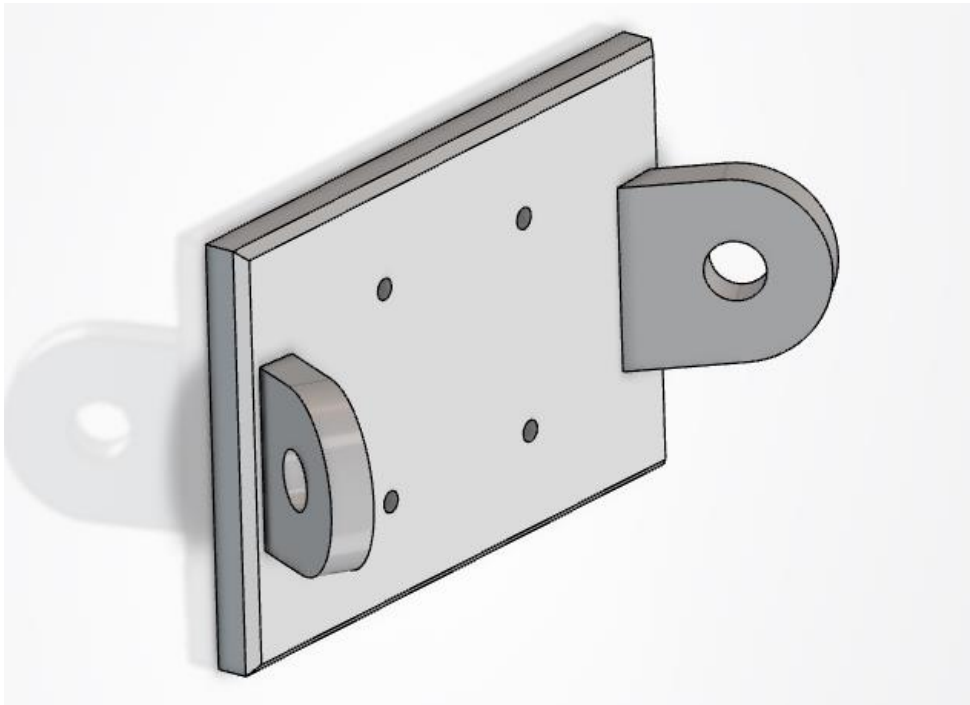
VALORES ESTÁTICOS				VALORES CARACTERÍSTICOS EN 1995:2014				
geometría				TRACCIÓN <sup>(1)</sup>				
		extracción de la rosca total <sup>(2)</sup>		extracción de la rosca parcial <sup>(2)</sup>		tracción acero		
$d_1$ [mm]	L [mm]	b [mm]	$A_{min}$ [mm]	madera $R_{ax,k}$ [kN]	$S_g$ [mm]	$A_{min}$ [mm]	madera $R_{ax,k}$ [kN]	acero $R_{tens,k}$ [kN]
9	160	150	170	17,05	65	85	7,39	25,40
	180	170	190	19,32	75	95	8,52	
	200	190	210	21,59	85	105	9,66	
	220	210	230	23,87	95	115	10,80	
	240	230	250	26,14	105	125	11,93	
	260	250	270	28,41	115	135	13,07	
	280	270	290	30,68	125	145	14,21	
	300	290	310	32,96	135	155	15,34	
	320	310	330	35,23	145	165	16,48	
	340	330	350	37,50	155	175	17,61	
	360	350	370	39,78	165	185	18,75	
	380	370	390	42,05	175	195	19,89	
	400	390	410	44,32	185	205	21,02	
	440	430	450	48,87	205	225	23,30	
480	470	490	53,41	225	245	25,57		
520	510	530	57,96	245	265	27,84		

Datu horiekin, behar ditugun torlojuak eta loturaren fidagarritasuna kalkula ditzakegu:

$$n_{torloju} = \frac{N_{max,torloju}}{N_{ax,k}} = \frac{82'75}{25'4} = 3'2578 \rightarrow n_{torloju} = 4 \text{ torloju}$$

$$\mu_{arrios,torloju} = \frac{N_{max,torloju}}{n_{torloju} \cdot N_{ax,k}} = \frac{82'75}{4 \cdot 25'4} = 0'8145$$

Neurri eta esfortzuei buruzko datu guztiak izanda, arriostamendua karga guztiak jasango dituen burdineriaren diseinura pasa gaitzke.



Irudia 3.183 - Arriostramenduaren finkapenaren diseinua



### 3.4.10 SANEAMENDUA

Jolastokiko saneamendu sistemak euri uren hustuketa bakarrik hartuko du kontuan, ez baita ur hornidurarako punturik sortuko eta ez baita hondakin urik sortuko.

Hori dela eta, EKTko Osasungarritasuneko (DB - HS) dokumentuko "5. atala Ur-hustuketa" ataleko "4.2 Euri-uren hustuketarako sarearen dimentsionaketa" erabiliko da, saneamendu sistema guztia dimentsionatzeko.

Hasteko, zenbat hustubide jarri behar diren ikusiko da. Horretarako 4.2.1 puntuko "4.6 taula Hustubide zenbatekoa estalkiaren azaleraren arabera (Taula 3.75)" erabiliko da.

Taula 3.75 - Hustubide kopurura estalkiaren azaleraren arabera

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

$$n_{hustubide} = \frac{1}{150} \cdot (21'4 \cdot 45) = 7 \text{ hustubide}$$

Sistema simetrikoa izan dadin, 8 hustubide jarriko dira, 4 portikoaren alde baten eta beste 4 portikoaren beste aldean, Irudia 3.185-an ikusi daitekeen bezala.

Gero, erretenaren diametro nominala aukeratu da. EKTko taulan agertzen diren dimentsioak 100 mm/h ko erregimen plubiometrikorako dira. Artziniegako zonaldean erregimena handiagoa da, "B eranskina. Intentsitate plubiometria lorpena" eranskineko B.1 irudiak (Irudia 3.184) erakusten duenez.



Irudia 3.184 - Isoieta eta zona plubiometrikoen mapa

Taula 3.76 - Intentsitate plubiometrikoa (mm/h)

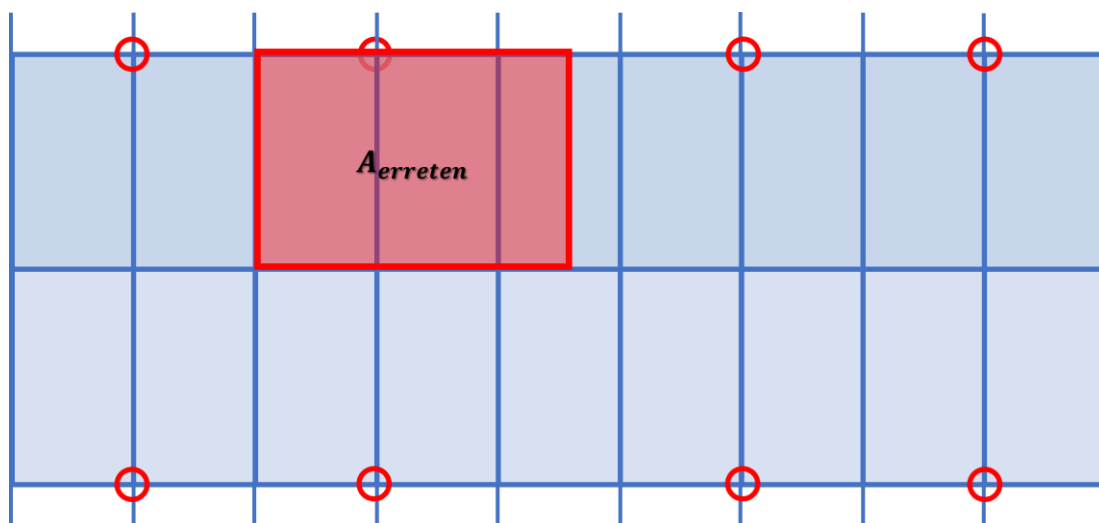
<b>Isoyeta</b>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>Zona A</b>	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
<b>Zona B</b>	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

### 3.4.10.1 ERRETENEN DIMENTSIONAMENDUA

Hori dela eta, B eranskineko B taulatik (Taula 3.76) lortutako intentsitate plubiometrikoa zati 100 egingo da, f faktorea lortzeko. Faktore hori azalergatik biderkatuko egingo da, "4.2.2 Erretenak" puntuaren 2. puntuaren arabera. Gainera, 8 hustubide daudenez, erreten bakoitzak hartuko duen azalera atera dezakegu.

$$f = \frac{125}{100} = 1'25$$

$$A_{erreten\ bakoitza} = 1'25 \cdot \frac{21'4m}{2} \cdot (5m + 7'5m) = 167'19\ m^2/hustubide$$



Irudia 3.185 - Erreten batek hartuko duen euriaren azalera

Taula 3.77 - Erretenaren diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Beraz, erretenek %2-ko malda izango dute eta 150 mm-ko diametroa izango dute. Hauek guztiak 8 hustubideetara ailegatuko dira eta lurperatu egingo dira.

### 3.4.10.2 HUSTUBIDEEN DIMENTSIONAMENDUA

Hustubideek erretenen euri kantitate berdina izango dute, izan ere, hustubide bakoitzak hartzen duen estalkiaren azalera, erretenaren berdintsua izan behar delako. Hala ere, hustubideak guzti bertikalak dira, hortaz, euria azkarrago pasaraztea eragiten dute, haien diametroa txikitu daitekeelarik.

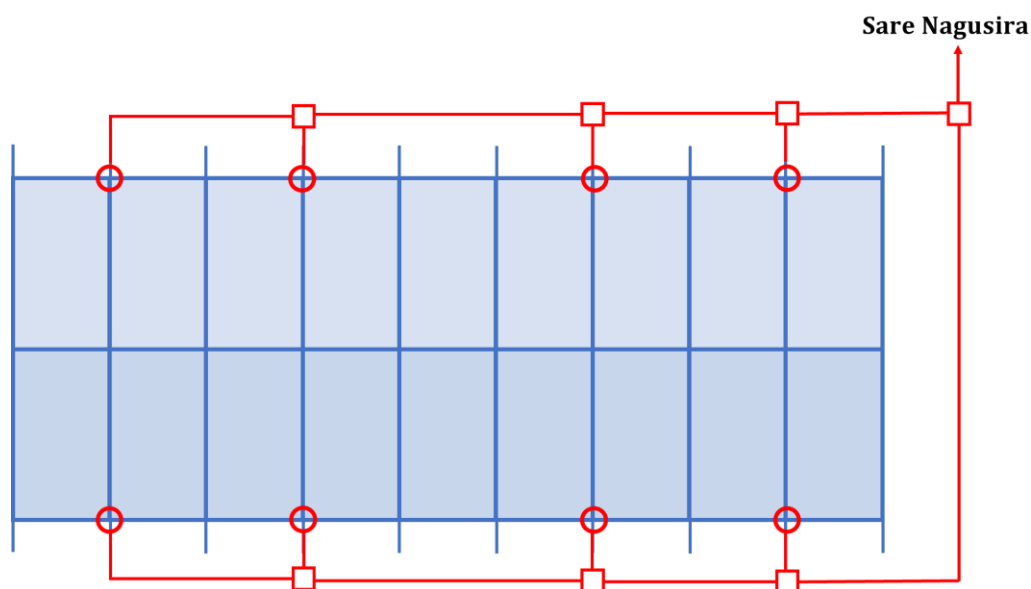
Taula 3.78 - Hustubideen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin

Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Hortaz, jolastokian kokatuta egongo diren 8 hustubideen diametroa 75 mm-ko diametroa izango da. Hauek, jolastokiaren portikoetatik jaitsiko dira geroago lurperatzek.

### 3.4.10.3 KOLEKTOREEN DIMENTSIONAMENDUA

Behin hustubideak lurperatu direnean, haien artean konektatuko dira, geroago guztia sare nagusira eramateko.



Irudia 3.186 - Kolektoreen eta erregistro kutxatilen kokapena

Kolektore eta erregistro kutxatila guztiak berdintsuak izango dira, beraz, Jolastokiaren azalera guztiarekin dimentsionatuko dira:

$$A_{kolektore} = 1'25 \cdot (21'4 \cdot 45) = 1203'75 \text{ m}^2$$

Taula 3.79 - Kolektoreen diametro minimoa 100 mm/h erregimen plubiometrikoarekin

Superficie proyectada (m <sup>2</sup> )	Pendiente del colector		Diámetro nominal del colector (mm)
	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Beraz, kolektoreen diametroa 200 mm-takoa izango da, %2-ko maldarekin.

Hala ere, 4. Dokumentuan ikusi daitezenez, bi eraikinek eskuratzen duten euri guztia kolektore bakar batetik isurtzen da, hortaz, bi estalkiek sortzen duten euri kantitatea kontuan hartu behar da azken ibilbidea dimentsionatzeko, izan ere, azkenean euri ur guztia errekan amaituko delako.

$$A_{kolektore, Padel} = 1'25 \cdot (24'05 \cdot 22) = 661'4 \text{ m}^2$$

$$A_{kolektore, Jolastoki} = 1'25 \cdot (21'4 \cdot 45) = 1203'75 \text{ m}^2$$

$$A_{kolektore, TOTALA} = 661'4 + 1203'75 = 1865'15 \text{ m}^2$$

Taula 3.80 –Kolektore orokorraren diametro minimoa

Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) Pendiente del colector			Diámetro nominal del colector (mm)
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Beraz, azken kolektoreen diametroa 250 mm-takoa izango da, %2-ko maldarekin. Hauek bi eraikuntzen euri ura elkartzen direnetik errekarara isuri arte erabiliko da.

### 3.4.11 ARGIZTAPENA

Jolastokiko estalkia zeharrargitsua da, hau da, egunez argi natural osoa edukitzeko aukera ematen du, argi artifizialik behar izan gabe. Hala ere, egun lainotsuetan edo neguan, batzuetan argi naturala ez da nahikoa. Horregatik, erabiltzaileen erosotasunerako luminariak jarriko dira.

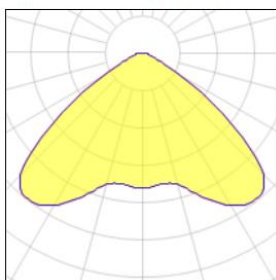
Argiteriaren ikasketa hau burutzeko Dialux programa erabili da, lanpararen kokapena eta dimentsionaketa egiteko. Programa honetan argiztatu behar den eraikinaren azalera sartu behar da. Baita, erabiliko den lanpara mota adieraziko da, bere propietate guztiekin. Ondoren, aterpeak altuera ezberdinak dituzenez, aurretik hainbat pauso egin beharko litzateke, lanpara motaren araberako posizio hoberena aukeratzeko. Hala eta guztiz ere, ikasketa honetan kalkuluak erraztu dira eta lanpara guztiak altuera berdinerako kokatu dira, kalkulua errazteko.

Jolastokiaren eraikinean "Cooper Lighting" diseinatutako "SSLED-LD5-30-W-UNV-L850-CD2-U" modeloa erabiliko da, LED mota dena eta okupatzaile eta eguneko eguzkiaren sentsorea dituen.



**Irudia 3.187 - Cooper Lighting "SSLED-LD5-30-W-UNV-L850-CD2-U" modeloa**

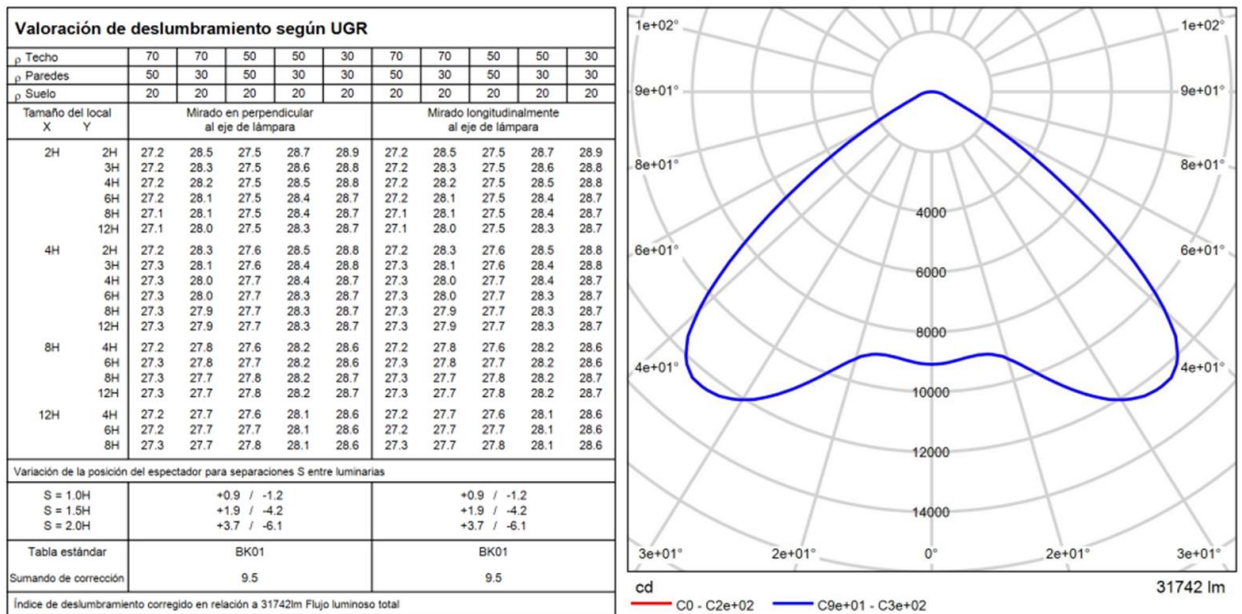
Emisión de luz 1 (integrada)



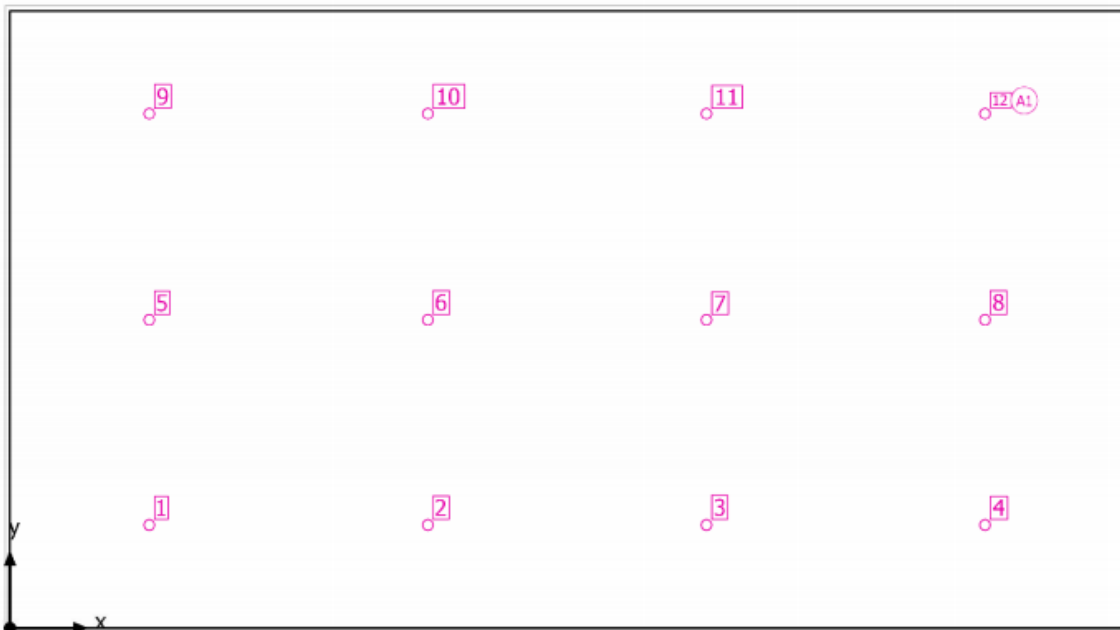
Tipo de lámpara	LED	CCT	5000 K
Potencia nominal de lámpara	266,35 W	CRI	80
Flujo total	31742 lm	LOR	100 %
Eficiencia luminosa	119 lm/W	Potencia total	266,35 W

**Irudia 3.188 - Lanparen ezaugarri orokorrak**

Taula 3.81 - UGR diagrama eta CDL polarra



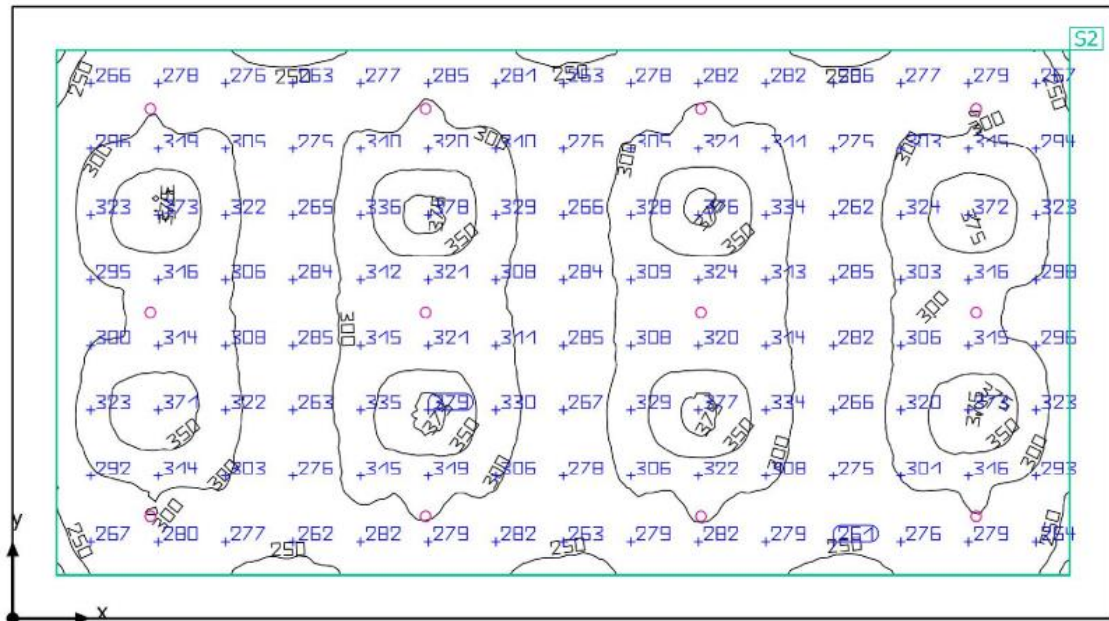
Dialux programaren barruan behin lanpararen propietate guztiak sartuta izanda, 250 luxen argiztatze bataz bestekoa lortzeko helburua jarri da, area publikoetan erabiltzen dena.



Irudia 3.189 - Argiztapenerako lanparen kokalekua jolastokiaren barruan

Behin lanpara aukeratuta eta haren dispozizioa ezagututa, kalkulatu egin da eta ateratako erantzunak Irudia 3.190-an daude.





Irudia 3.190 - Argiztapenaren luxen diagrama