

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Disseny i càlcul d'un pòrtic grua de càrrega i descàrrega de 50 metres de llum.

**Document:** 1. Memòria i Annexos

**Alumne:** Eric Garcia Ripoll

**Tutor:** Dr. Xavier Cahis i Carola

**Departament:** Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria de la Construcció

**Convocatòria (mes/any) :** Setembre de 2023

**ÍNDEX**

<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 Antecedents</b> .....	<b>7</b>
1.1.1 Peticionari .....	7
1.1.2 Estat actual.....	7
1.1.3 Exposició del problema.....	8
<b>1.2 Objecte</b> .....	<b>8</b>
<b>1.3 Requeriments i abast</b> .....	<b>9</b>
1.3.1 Requeriments .....	9
1.3.2 Abast.....	9
<b>2. VISIÓ GLOBAL DE LA SOLUCIÓ</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 Descripció de l'emplaçament i situació del pòrtic</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2 Descripció de l'estructura</b> .....	<b>11</b>
2.2.1 Geometria .....	11
2.2.2 Tractament superficial.....	15
2.2.3 Elements del pòrtic .....	15
2.2.4 Unions i suports .....	16
<b>3. NORMES D'APLICACIÓ</b> .....	<b>18</b>
<b>4. ACCIONS I COMBINACIONS</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Resum de carregues</b> .....	<b>19</b>
4.1.1 Sol·licitacions principals.....	19
4.1.1 Sol·licitacions degudes al moviment .....	19
4.1.3 Sol·licitacions degudes als efectes climàtics .....	19
<b>4.2 Combinacions utilitzades</b> .....	<b>20</b>
4.2.1 CAS I. Aparell en servei sense vent .....	20
4.2.2 CAS II. Aparell en servei amb vent .....	20
4.2.3 CAS III. Aparell sotmès a sol·licitacions excepcionals.....	20
<b>5. CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS</b> .....	<b>21</b>
<b>6. RESUM DE PRESSUPOST</b> .....	<b>22</b>
<b>7. CONCLUSIONS</b> .....	<b>22</b>
<b>8. RELACIÓ DE DOCUMENTS</b> .....	<b>22</b>
<b>ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES</b> .....	<b>23</b>
<b>A.1 FITXA TÈCNICA DEL CARRO-POLIPAST</b> .....	<b>24</b>

<b>A.2 RAIL</b> .....	<b>25</b>
<b>A.3 CLIP RAIL</b> .....	<b>26</b>
<b>ANNEX B: CÀLCULS</b> .....	<b>29</b>
<b>B.1. CLASSIFICACIÓ DE LA GRUA</b> .....	<b>30</b>
<b>B.1.1 Classe d'utilització</b> .....	<b>30</b>
<b>B.1.2 Estat de càrrega</b> .....	<b>31</b>
<b>B.1.3 Determinació del grup de classificació de l'aparell complet</b> .....	<b>32</b>
<b>B.2. ACCIONS SOBRE L'ESTRUCTURA</b> .....	<b>33</b>
<b>B.2.1 Sol·licitacions principals</b> .....	<b>33</b>
<b>B.2.2 Sol·licitacions degudes al moviment vertical</b> .....	<b>33</b>
<b>B.2.3 Sol·licitacions degudes al moviment horitzontal</b> .....	<b>34</b>
B.2.3.1 Accions per translació de la càrrega/carro .....	<b>35</b>
B.2.3.2 Accions per moviment del pòrtic .....	<b>36</b>
B.2.3.3 Efectes del xoc .....	<b>37</b>
<b>B.2.4 Sol·licitacions degudes als efectes climàtics</b> .....	<b>37</b>
B.2.4.1 Efectes del vent en estat de servei .....	<b>37</b>
B.2.4.2 Efectes del vent fora de servei .....	<b>44</b>
B.2.4.3 Sobrecàrrega de neu .....	<b>46</b>
B.2.4.4 Variacions de temperatura.....	<b>46</b>
<b>B.3. COMBINACIONS D'ACCIONS</b> .....	<b>47</b>
B.3.1 CAS I. Aparell en servei sense vent .....	<b>47</b>
B.3.2 CAS II. Aparell en servei amb vent .....	<b>48</b>
B.3.3 CAS III. Aparell sotmès a sol·licitacions excepcionals.....	<b>48</b>
<b>B.4. DIMENSIONAMENT CAS I</b> .....	<b>49</b>
<b>B.4.1 Perfil HEB 260</b> .....	<b>49</b>
B.4.1.1 Comprovació a resistència .....	<b>49</b>
B.4.1.2 Comprovació de vinclament .....	<b>50</b>
B.4.1.3 Comprovació de fletxes.....	<b>50</b>
<b>B.4.2 Perfil CHS 168,3x5,0</b> .....	<b>51</b>
B.4.2.1 Comprovació a resistència .....	<b>51</b>
B.4.2.2 Comprovació de vinclament.....	<b>52</b>
B.4.2.3 Comprovació de fletxes .....	<b>52</b>
<b>B.4.3 Perfil CHS 114,3x5,0</b> .....	<b>54</b>
B.4.3.1 Comprovació a resistència .....	<b>54</b>

B.4.3.2 Comprovació de vinclament .....	55
B.4.3.3 Comprovació de fletxes .....	56
<b>B.4.4 Perfil CHS 101,6x4,0 .....</b>	<b>56</b>
B.4.4.1 Comprovació a resistència.....	56
B.4.4.2 Comprovació de vinclament.....	57
B.4.4.3 Comprovació de fletxes .....	58
<b>B.5 DIMENSIONAMENT CAS II .....</b>	<b>59</b>
<b>B.5.1 Perfil HEB 260 .....</b>	<b>59</b>
B.5.1.1 Comprovació de resistència .....	59
B.5.1.2 Comprovació de vinclament.....	60
B.5.1.3 Comprovació de fletxes .....	60
<b>B.5.2 Perfil CHS 168,3x5,0 .....</b>	<b>61</b>
B.5.2.1 Comprovació de resistència .....	61
B.5.2.2 Comprovació de vinclament.....	62
B.5.2.3 Comprovació de fletxes .....	63
<b>B.5.3 Perfil CHS 114,3x5,0 .....</b>	<b>65</b>
B.5.3.1 Comprovació de resistència .....	65
B.5.3.2 Comprovació de vinclament.....	65
B.5.3.3 Comprovació de fletxes .....	66
<b>B.5.4 Perfil CHS 101,6x4,0 .....</b>	<b>66</b>
B.5.4.1 Comprovació de resistència .....	66
B.5.4.2 Comprovació de vinclament.....	67
B.5.4.3 Comprovació de fletxes .....	68
<b>B.6. DIMENSIONAMENT CAS III.....</b>	<b>70</b>
<b>B.6.1 Perfil HEB 260 .....</b>	<b>70</b>
B.6.1.1 Comprovació de resistència .....	70
B.6.1.2 Comprovació de vinclament.....	70
B.6.1.3 Comprovació de fletxes .....	71
<b>B.6.2 Perfil CHS 168,3x5,0 .....</b>	<b>72</b>
B.6.2.1 Comprovació de resistència .....	72
B.6.2.2 Comprovació de vinclament.....	72
B.6.2.3 Comprovació de fletxes .....	73
<b>B.6.3 Perfil CHS 114,3x5,0 .....</b>	<b>75</b>
B.6.3.1 Comprovació de resistència .....	75

B.6.3.2 Comprovació de vinclament.....	75
B.6.3.3 Comprovació de fletxes .....	76
<b>B.6.4 Perfil CHS 101,6x4,0 .....</b>	<b>76</b>
B.6.4.1 Comprovació de resistència .....	76
B.6.4.2 Comprovació de vinclament.....	77
B.6.4.3 Comprovació de fletxes .....	78
<b>B.7. CÀLCUL D'UNIONS.....</b>	<b>79</b>
<b>B.7.1 Unió inferior de la biga a 25m .....</b>	<b>81</b>
<b>B.7.2 Unió superior de la biga a 25m.....</b>	<b>82</b>
<b>B.7.3 Unió superior de la biga al pilar .....</b>	<b>83</b>
<b>B.7.4 Unió del pilar a la biga .....</b>	<b>84</b>
<b>B.7.5 Unió inferior de la biga a 25m .....</b>	<b>85</b>
<b>B.7.6 Unió de la biga CHS 168,3x5,0 a 16,66m .....</b>	<b>86</b>
<b>B.7.7 Unió de la biga a CHS 101,6x4,0 a 16,66m .....</b>	<b>87</b>
<b>B.7.8 Unió de la biga HEB 260 a 16,66m .....</b>	<b>88</b>
<b>ANNEX C: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT .....</b>	<b>92</b>
<b>C.1 EN LA CONSTRUCCIÓ .....</b>	<b>93</b>
<b>C.1.1 Riscos professionals.....</b>	<b>93</b>
<b>C.1.2. Prevenció de riscos .....</b>	<b>96</b>
<b>C.2. EN L'ÚS .....</b>	<b>97</b>

# MEMÒRIA

## 1. INTRODUCCIÓ

### 1.1 Antecedents

#### 1.1.1 Peticionari

L'Autoritat Portuària de Barcelona (APB), també coneguda per la denominació comercial de Port de Barcelona, és una autoritat portuària espanyola, configurada com l'organisme públic encarregat d'operar el port de Barcelona.

#### 1.1.2 Estat actual

Al port de Barcelona es fan servir dos pòrtics grua per a la càrrega i descàrrega de mercaderies d'un camió a un tren. Aquests pòrtics són de grans dimensions donat que travessen sis bigues paral·leles. Els pòrtics tenen un moviment en paral·lel a les vies, a fi de poder carregar a diferents trams del tren. Un polispast s'encarrega de transportar la càrrega fins a la zona d'aturada dels camions, el polispast amb la càrrega es mou en una direcció tangencial a elles.



*Figura 1: Estat actual de la zona de càrrega i descàrrega*

### 1.1.3 Exposició del problema

Els pòrtics dels que disposa l'empresa ja tenen més de 15 anys de vida. Actualment estan en desús per no poder fer les funcions de la forma que necessita l'empresa. En els últims anys l'empresa ha sofert nombrosos canvis així com també han variat notablement les seves necessitats, recursos i dinàmiques laborals.

L'empresa treballa amb tot tipus de contenidors, però els que suporten més capacitat de càrrega són els contenidors *high cube*, que poden suportar fins a un màxim de 30.000 Kg.

A més, les dimensions d'aquestes estructures fan que el seu moviment en la direcció longitudinal a les vies per facilitar l'enganxament de les mercaderies sigui lent i tediós. Així doncs, es vol un nou pòrtic més senzill que ajudi a optimitzar el temps de treball, càrrega i descàrrega de camions, i situar-lo de forma estratègica per poder complir amb els objectius establerts del client en el seu dia a dia de feina.

Aprofitant la remodelació i ampliació, a la qual esta sotmesa avui en dia el port, es vol actualitzar aquests aparells.

## 1.2 Objecte

L'objectiu d'aquest projecte és el disseny i càlcul estructural d'un pòrtic grua de grans dimensions, amb el propòsit de ser localitzat al port de Barcelona, per a la càrrega i descàrrega de contenidors d'un tren a un camió, que compleixi les funcions establertes als requeriments, les expectatives de l'empresa i estigui llest per poder ser utilitzat un cop fabricat.

Així doncs, el pòrtic haurà de ser mòbil, mitjançant rails. També haurà de complir amb 50 metres de llum i tenir únicament els recolzaments als extrems amb la finalitat de no obstruir les vies del tren, i suportar la càrrega necessària per a la seva utilització amb tot tipus de contenidors.



### 1.3 Requeriments i abast

#### 1.3.1 Requeriments

TEMA	OBLIGATORI/DESITJAT	DESCRIPCIÓ
Ubicació	obligatori	Zona disponible de l'empresa
Funció	obligatori	Càrrega i descàrrega de camions
Corrosió	desitjat	Material resistent a la corrosió
Material	obligatori	Estructura metàl·lica
Distribució de l'espai	desitjat	Optimitzar l'espai
Vida útil	desitjat	Com a mínim 15 anys
Seguretat	obligatori	Garantir la seguretat dels contenidors i treballadors
Forces	obligatori	Màxima càrrega de contenidors de 30T
Dimensions	obligatori	Màxim 50 metres de llum
Manteniment	obligatori	Manteniment anual en ús habitual
Fabricació	desitjat	Temps de fabricació de 12 setmanes

#### 1.3.2 Abast

S'espera un projecte complet amb els cinc documents pertinents: memòria, plànols, estat d'amidaments, plec de condicions i pressupost. Contindrà també uns annexos de càlculs justificatius i un estudi de seguretat i salut. El projectista estarà implicat en aquest projecte fins que el pòrtic estigui muntat i en perfecte estat de funcionament per l'empresa.

En aquest estudi no es consideraran els càlculs a fatiga dels elements sotmesos a càrregues cícliques.

## 2. VISIÓ GLOBAL DE LA SOLUCIÓ

### 2.1 Descripció de l'emplaçament i situació del pòrtic

Es proposa la distribució que es mostra a la Figura 2. El nou pòrtic tindrà una llum de cinquanta metres entre pilars. L'estructura està marcada amb la línia vermella. D'aquesta manera, es proposa que s'utilitzi la zona grisa com a zona de càrrega i descàrrega dels contenidors.

La totalitat de les vies quedaran sota el pòrtic, degut a que estan situades entre ambdós pilars. Així doncs, trenta-tres dels cinquanta metres del pòrtic van a parar a la zona de les vies i els disset metres restants a la zona de terra establint el carril per on passaran els camions. Aquesta zona de disset metres es tan àmplia degut a que com a zona de càrrega i descàrrega dels contenidors, aquests a vegades no es retiren immediatament, sinó que es pot deixar un contenidor allà a l'espera que arribi el camió o toro. Com es pot contemplar a la Figura 1, hi ha les marques al terra per a aquestes situacions. Amb disset metres s'estima que es disposa d'espai suficient per a maniobrar amb el camió o toros.

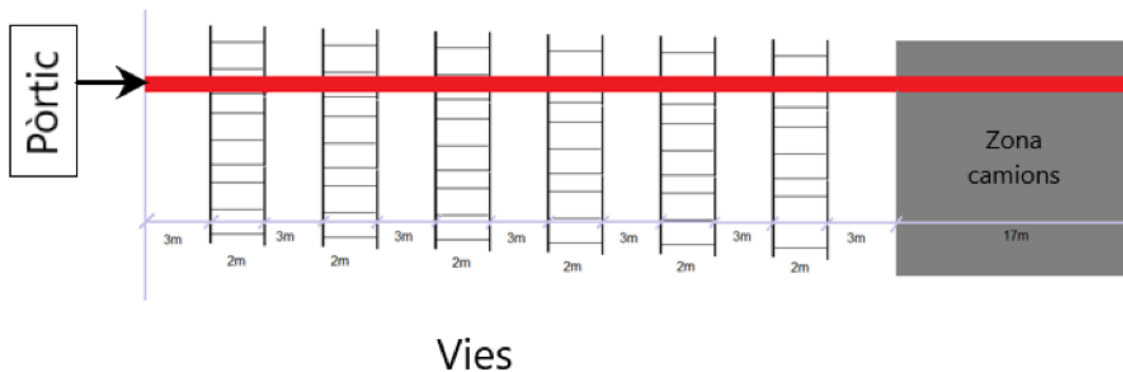


Figura 2: Distribució del pòrtic a l'emplaçament

L'alçada total de pòrtic serà de catorze metres, repartits entre els vuit del pilar, quatre de la biga triangular i dos del mecanisme de translació. El polispast té un recorregut de deu metres, el contenidor té una alçada de 2,6 metres, i el tren carregat amb el contenidor de 3,5 metres. Cal recordar que el contenidor està suportat com a la Figura 3, per tant l'altura és suficient com per a que el polispast pugui descarregar la càrrega. El mateix passa en el cas del camió. Per últim, és possible que el pòrtic hagi de carregar un tren que no estigui situat en la via contigua al camió, i hagi de sobrepassar algun tren que ja estigui amb un contenidor carregat. Aquest cas també s'ha tingut en consideració i és possible realitzar-lo.

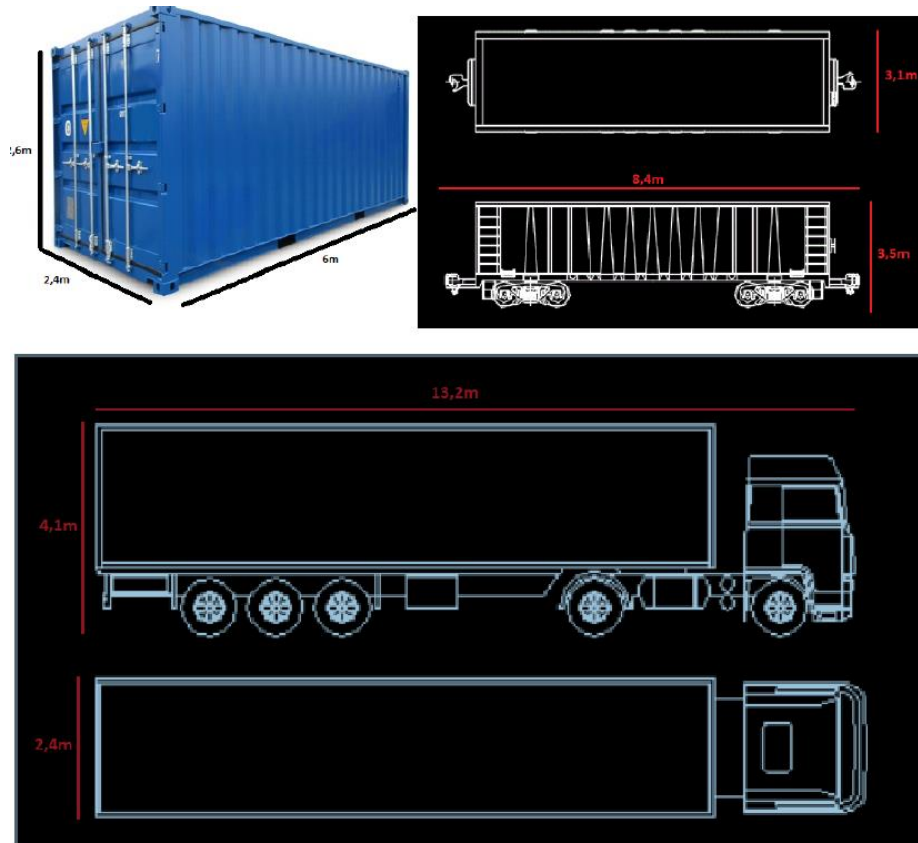


Figura 4: Dimensions dels camions i contenidors de l'empresa



Figura 3: Exemple de suport dels contenidors

## 2.2 Descripció de l'estructura

### 2.2.1 Geometria

L'estructura és un pòrtic d'acer que consta de dues bigues triangulades de 50 metres de llum entre els pilars també triangulats. S'ha decidit disposar de dues bigues paral·leles per així repartir

el pes de la càrrega i el carro-polispast. Les bigues s'han dissenyat com a bigues en gelosia, triangulada, amb cordons de tracció i compressió i diagonals a 45°, per a així poder distribuir i suportar el pes al llarg del pòrtic. L'estructura en gelosia, de caràcter 3D, permet alhora establir els cordons a compressió i dotar d'estabilitat lateral al pòrtic. Ja que es desplaça un carro-polispast per ella, els perfils que s'han decidit utilitzar són circulars, a excepció del perfil superior de la biga que és un perfil HEB, per a facilitar el muntatge i distribució del rail, pel qual es desplaça el carro-polispast. En quant als pilars, estan conformats per una biga-pilar en gelosia, de cantell total variable triangular, essent els pilars més exteriors d'aquesta estructura en gelosia els inclinats.

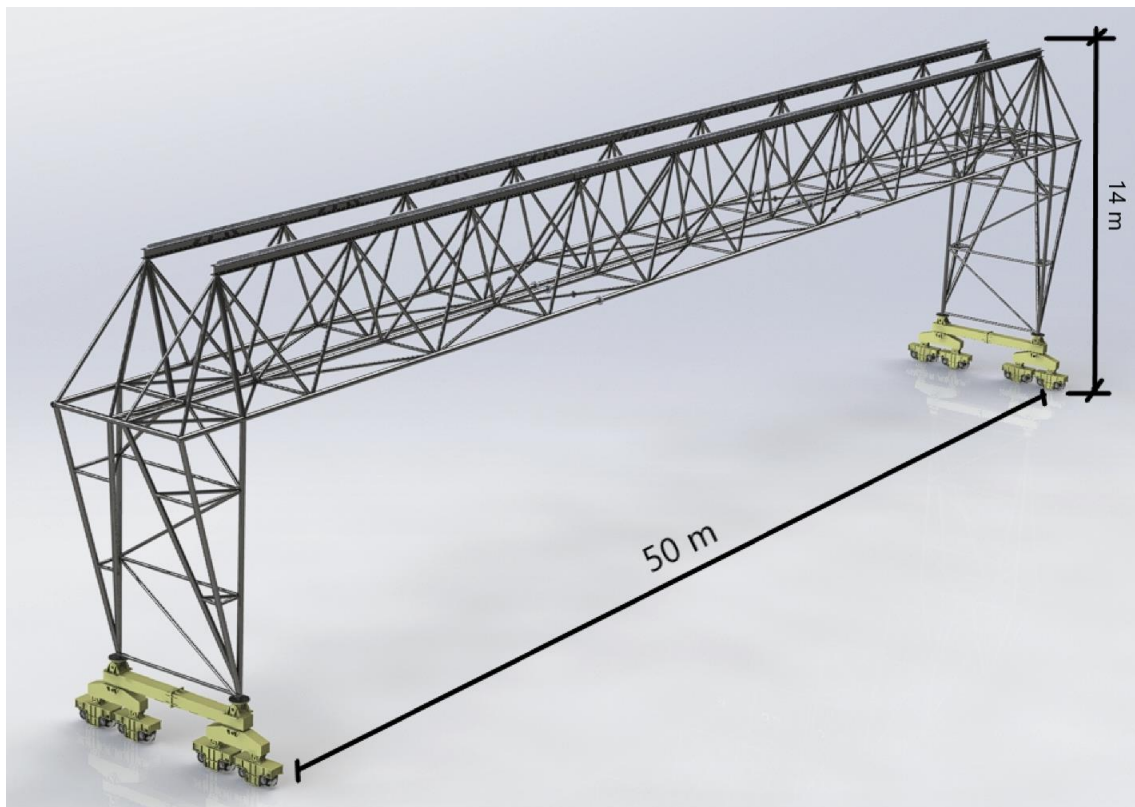
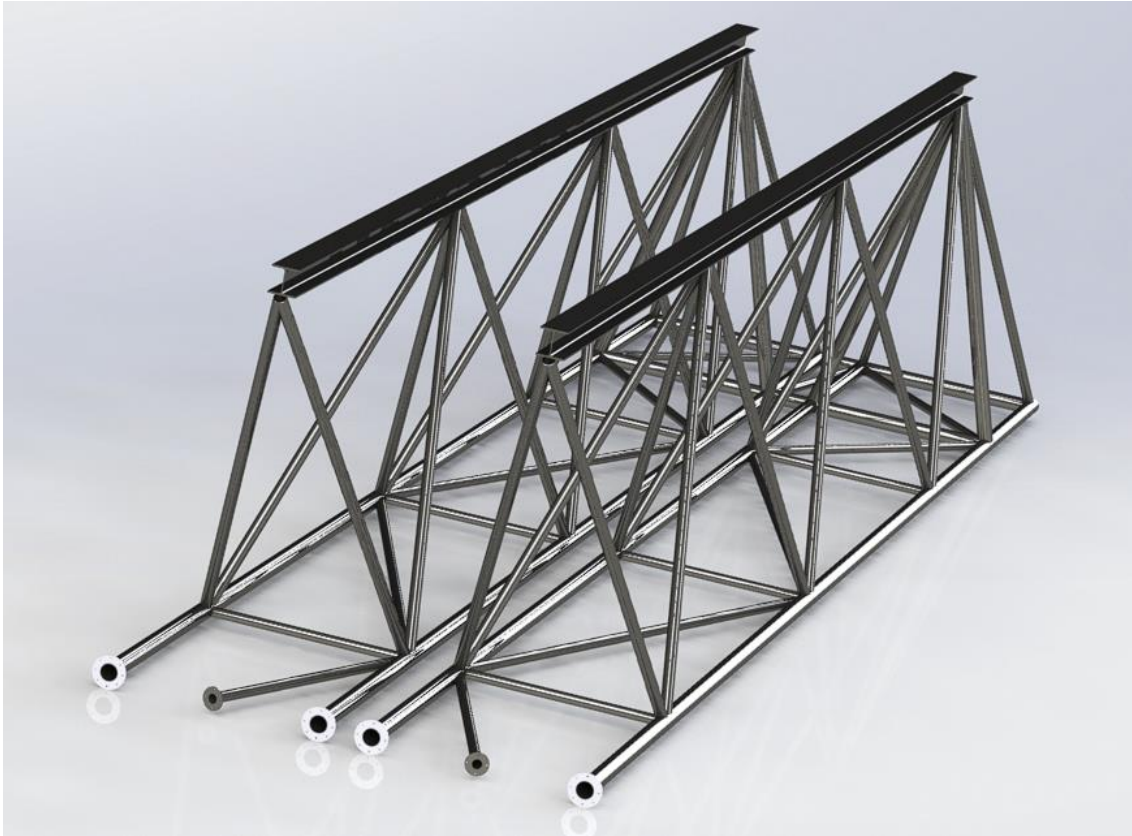


Figura 5: Geometria de l'estructura en 3D

La biga en gelosia es pot observar a la Figura 6 i consta del perfil superior HEB 260 separat 4 metres dels dos perfils tubulars circulars inferiors, en anglès Circular Hollow Section (CHS), de dimensions 168,3x5,0. Com a element rigiditzador entre els perfils inferiors es col·loca un perfil CHS 101,6x4,0. La unió entre els perfils CHS 168,3x5,0 i el perfil HEB260 està realitzada amb perfils CHS 114,3x5,0 units de forma triangular cada 5,56m al llarg de la biga.



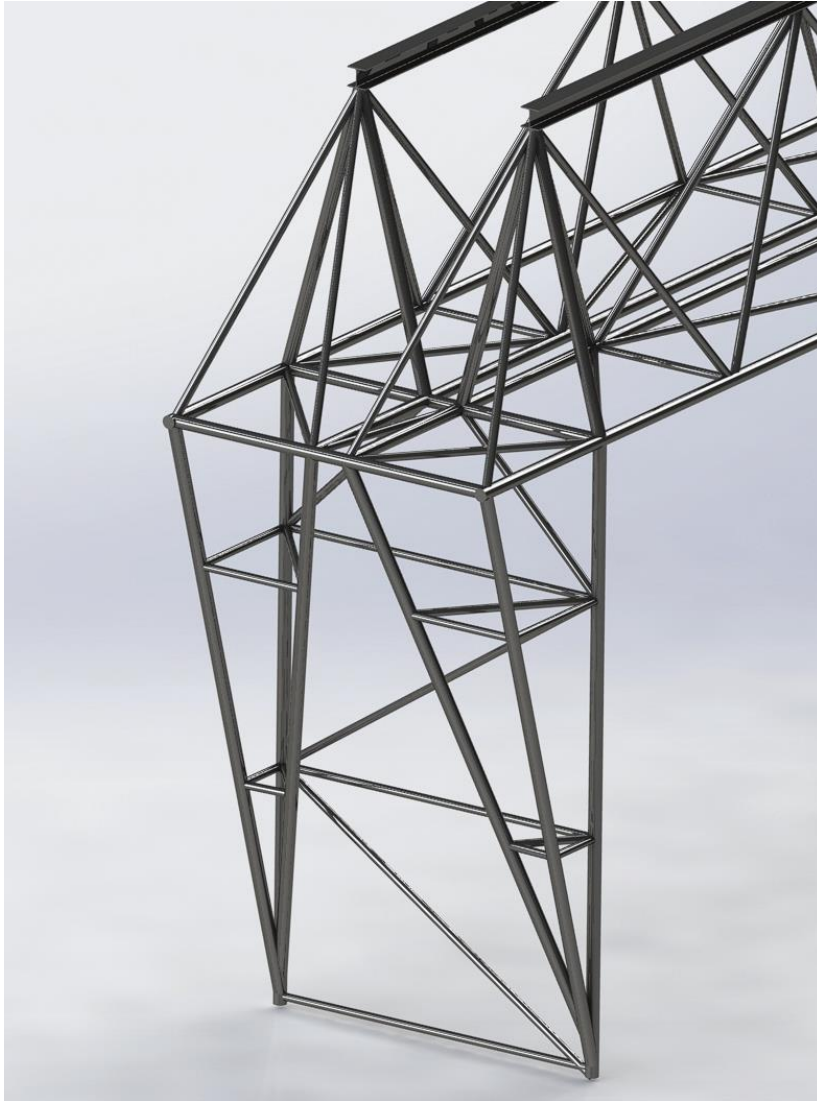
*Figura 6: Representació d'una part de l'estructura, de 1/3 de la longitud, amb unions amb placa de testa cargolades amb cargols d'alta resistència.*

La unió entre ambdues bigues està realitzada a l'altura de la biga amb perfil CHS 168,3x5,0, perpendicular a aquesta i a les bigues-pilars. Així, es col·loca aquesta biga d'unió a l'altura dels pilars inclinats i els pilars verticals.

A l'altura dels pilars inclinats també surten dues bigues que suporten la biga HEB i la uneixen amb els pilars verticals CHS 168,3x5,0.

Els pilars de vuit metres d'altura que formen una estructura triangular en els tres perfils principals són perfils CHS 168,3x5,0. Consten de suports CHS101,6x4,0 que uneixen els perfils CHS 168,3x5,0 als sis i tres metres.

Els pilars verticals a cada costat del pòrtic estan units per perfils CHS 101,6x4,0 a l'altura de tres i sis metres, units horitzontalment i també de forma inclinada entre les diferents altures, com a elements rigiditzadors. Els pilars consten d'un perfil CHS 114,3x5,0 situat a sis metres unit al perfil interior CHS 168,3x5,0 de la biga com a element de suport d'aquesta.



*Figura 7: Representació de les bigues-pilars e cantell total variable triangular.*

L'alçada total de pòrtic serà de catorze metres, repartits entre els vuit del pilar i quatre de la biga triangular.

L'estructura constarà d'unions de soldadura en la seva major part, exceptuant a setze coma seixanta-sis metres de cada pilar vertical. El qual constarà de platines soldades i unions amb cargols a la biga. S'ha optat per dividir l'estructura en 5 parts. La biga en tres parts de 16,66 metres i els dos pilars per a poder facilitar el transport d'aquesta mateixa.

### 2.2.2 Tractament superficial

Es té en especial consideració la situació al costat del mar de l'estructura. Per respondre al requeriment d'atenció a la corrosió, com a tractament superficial s'aplicarà un galvanitzat en fred al metall de tota l'estructura durant el seu procés de fabricació. Aquest galvanitzat es total amb les platines foradades i soldades, també s'han de realitzar forats que permetin la circulació del galvanitzat per l'interior dels tubs, i la eventual sortida de l'aigua si hi hagués condensació. Es recomana periòdicament l'aplicació d'algun tipus de pintura anticorrosiva per una cura i manteniment òptims del pòrtic.

### 2.2.3 Elements del pòrtic

Tots els elements que completen l'estructura per formar el sistema de càrrega i descàrrega que es descriuen a continuació poden reemplaçats per altres cases o fabricants sempre i quan siguin de característiques equivalents.

L'estructura consta dels elements necessaris per la seva funció com són:

#### Carro-Polispast

Que es pugui desplaçar en la direcció de la biga. S'ha escollit el model EM 70000D de la marca EMH. És un carro-polispast motoritzat per a bigues pòrtic dobles, que pot aixecar pesos de fins a trenta-sis tones i un rang màxim de deu metres.



Figura 8: Polispast EM 70000D

#### Rail

Indispensable per a que el carro-polispast es pugui desplaçar. S'ha optat per el model ASTM 104-CRANE, de la marca Atlantic Track. És un rail Americà, però degut a que el nostre carro-polispast també ho és, no hi ha problema. El disseny consta de dos rails.

### Subjeccions del rail

El rail ha d'estar subjectat al Perfil HEB 260, per tant s'utilitzen unes subjeccions de la mateixa marca Atlantic Track, per a buscar la màxima compatibilitat. S'ha optat per els Clips AT / F1-37. Es requereixen 80 clips.

### Mecanisme de translació

Aquest és un element que s'ha optat per comprar-lo degut a la seva complexitat. El disseny consta de dos mecanismes, un per a cada parell de pilars.

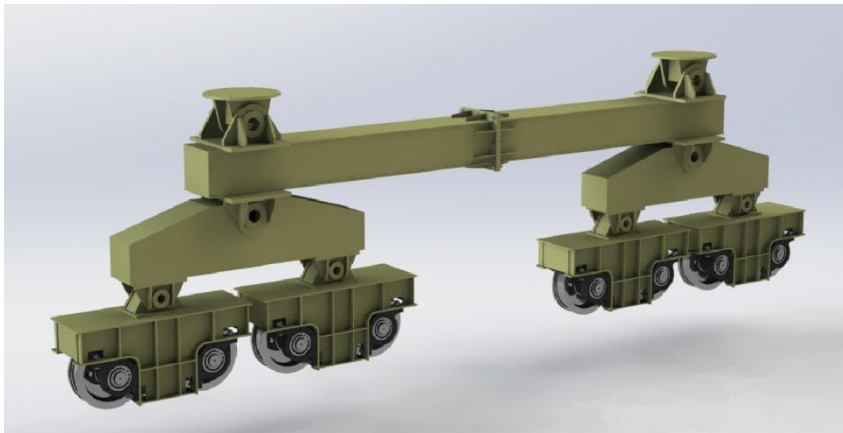


Figura 9: Mecanisme de translació

### 2.2.4 Unions i suports

La majoria de les unions del nostre pòrtic són soldadures entre perfils, que s'han dissenyat per a estandarditzar-les i així facilitar el muntatge. El cordó de soldadures entre perfils de l'estructura és de 5mm.

La unió dels perfils HEB 260 de l'estructura amb la platina que els uneix serà soldada amb cordó de soldadura de 10 mm. Aquesta unió també consta de cargols. Aquests seran pretesats de M24 amb volanderes i femelles. Per a veure la disposició de la cargoleria en aquesta platina consulteu el plànol 1.0 del "Doc.2: Plànols".





Figura 10: Unió dels perfils HEB 260.

Les unions platina - perfil circular es realitzaran amb un cordó de soldadura de 5mm. Per a la unió entre les platines s'utilitzaran cargols pretesats de M16 amb volanderes i femelles. Per a veure la disposició de la cargoleria entre les bigues del pont i els pilars de les bases consulteu el plànol 1.0 del "Doc.2: Plànols". Es recomana realitzar la soldadura abans del galvanitzat.



Figura 11: Unió dels perfils circulars.

### 3. NORMES D'APLICACIÓ

Tot seguit es relacionen les normes que s'han tingut en compte per a la realització d'aquest projecte:

EN 1993-1-1:2005. Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1. Reglas generales y reglas para edificios.

EN 10210-2:2006. Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado y de grano fino. Parte 2.

UNE 36524:1994. Productos de acero laminados en caliente. Perfiles HE de alas anchas y caras paralelas.

UNE 58112-1:1991. Grúas y aparatos de elevación. Clasificación. Parte 1: General.

UNE 58132-2:2005. Aparatos de elevación. Reglas de cálculo. Parte 2: Solicitaciones y casos de sollicitaciones que deben intervenir en el cálculo de las estructuras y de los mecanismos.

UNE 58113:1985. Grúas. Acción del viento.

## 4. ACCIONS I COMBINACIONS

### 4.1 Resum de carregues

#### 4.1.1 Sol·licitacions principals

##### **Pes propi de l'estructura ( $S_G$ ):**

El pes propi serà segons el perfil utilitzat. Aquest pes el calcula automàticament el propi programa Diamonds.

##### **Carrega de servei ( $S_L$ ): 80kN**

Inclou el pes del carro-polispast (2500 kg) i de la càrrega a elevar (30.000 Kg). El carro es desplaça i recolza al rail mitjançant 4 rodes, 2 a cada rail, les quals estan separades 1810 mm entre elles. Així doncs, es tenen 4 càrregues SL1, SL2, SL3, SL4 = 8125 Kg.

#### 4.1.1 Sol·licitacions degudes al moviment

##### **Coefficient dinàmic: $\Psi=1,15$**

##### **Accions de translació del carro ( $S_{hc}$ ): 11,03kN**

No compatibles amb  $S_{hp}$ .

##### **Accions de translació del portic ( $S_{hp}$ ): 4,14kN**

No compatibles amb  $S_{hc}$ .

##### **Efectes de xoc ( $S_t$ ): 0 kN/m<sup>2</sup>**

No aplica degut a que la càrrega es pot balancejar. Tampoc aplica a l'estructura degut a que no supera 0,4 m/s.

#### 4.1.3 Sol·licitacions degudes als efectes climàtics

##### **Efectes del vent en servei ( $S_w$ ):**

Degut a que cada perfil obté un valor diferent, consultar a l'Annex B, taules de l'apartat B.2.4.1

**Efectes del vent fora de servei (S<sub>w</sub>):**

Degut a que cada perfil obté un valor diferent, consultar a l'Annex B, taules de l'apartat B.2.4.2

**Càrrega de neu: 0 kN/m<sup>2</sup>**

No es tenen en compte sobrecàrregues per neu en els aparells d'elevació.

**Variacions de temperatura: Valor màxim de 10. kN en els pilars**

Calculat automàticament amb el Diamonds, intruint uns valors de -20°C a +45°C.

**4.2 Combinacions utilitzades**

La norma **UNE58132-2:2005** estipula que s'han de considerar tres casos.

**4.2.1 CAS I. Aparell en servei sense vent**

Es consideren les sol·licitacions estàtiques degudes al pes propi S<sub>G</sub>, les sol·licitacions degudes a la càrrega de servei S<sub>L</sub> multiplicades pel coeficient dinàmic Ψ i els dos efectes horitzontals més desfavorables S<sub>H</sub>, amb l'exclusió del xoc; totes multiplicades pel coeficient de majoració γ<sub>c</sub>, el qual té un valor de γ<sub>c</sub>= 1,14, si es vol més informació de γ<sub>c</sub> consultar l'apartat B.3 de l'annex B, d'aquest document.

$$\gamma_c(S_G + \Psi S_L + S_H) \quad (\text{Eq. 1})$$

S'ha considerat que el moviment del pòrtic i del carro no poden ser simultanis. També s'ha tingut en compte que realitza el seu servei de forma estàtica i per tant en moure la càrrega de servei es considerarà estàtic.

**4.2.2 CAS II. Aparell en servei amb vent**

A les sol·licitacions del cas I se li afegeixen del vent límit de servei S<sub>w</sub> i, si escau, la sol·licitació de la variació de la temperatura.

$$\gamma_c(S_G + \Psi S_L + S_H) + S_W \quad (\text{Eq. 2})$$

**4.2.3 CAS III. Aparell sotmès a sol·licitacions excepcionals**

En aquest aspecte, es poden donar diferents casos:

Aparell fora de servei i sotmès a vent màxim fora de servei.

$$S_G + S_{W \text{màx.}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Aparell en servei sota els efectes d'un xoc. Com s'ha comentat abans, en el nostre cas els efectes del xoc es poden considerar negligibles. Per tant aquest cas no es realitza.

## 5. CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS

Per a tots els perfils de l'estructura s'ha escollit acer S235. S'ha seleccionat aquest acer degut al fet de ser un dels acers més estàndards a la construcció i així poder obtenir fàcilment el perfil demanat, sense requerir un perfil personalitzat o amb una "exòtic" amb una baixa disponibilitat dins el mercat. Aquest tipus d'acer també té molt bona soldabilitat. A l'hora de fer els càlculs s'ha comprovat que, per les seves propietats, és un tipus d'acer adient pel dimensionat de l'estructura, ajustant d'aquesta manera el pressupost sense necessitat d'usar un acer amb un límit elàstic major i, per tant, més car.

Les propietats mecàniques de l'acer estructural S235 del perfil metàl·lic utilitzat són:

- límit elàstic ( $f_y$ ) = 235N/mm<sup>2</sup>
- mòdul de Elasticitat (E) 210.000N/mm<sup>2</sup>
- mòdul de Rigidesa (G): 81.000n/mm<sup>2</sup>

## **6. RESUM DE PRESSUPOST**

El pressupost pel present projecte és de cinc-cents seixanta-set mil nou-cents noranta-quatre euros amb trenta-vuit cèntims (567.994,38 €).

## **7. CONCLUSIONS**

Es pot concloure que en haver aconseguit dimensionar l'estructura per a una grua pòrtic de grans dimensions i càrrega, seguint la normativa vigent i els requeriments previs, l'objectiu del projecte queda complet.

El procés de càlcul de l'estructura és laboriós per diverses raons. En primer lloc perquè la normativa a aplicar està repartida entre varis documents. D'altra banda la mateixa normativa és difícil d'interpretar. Seria convenient revisar-la i intentar-la adaptar a una comprensió menys laboriosa com és el CTE. La segona raó seria que una estructura d'aquestes dimensions està composta d'un gran número d'elements i la configuració d'un d'ells depèn de la resposta dels altres. Una última consideració a tenir en compte és que en ser una estructura per la qual s'hi ha de desplaçar un carro, s'ha de mantenir una rigidesa i estabilitat, aspectes no habituals en estructures d'edificació, els quals manquen d'elements mòbils, cosa que dona un valor afegit al càlcul.

## **8. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

### **Document 1 – MEMÒRIA I ANNEXOS**

#### **ANNEX A “DESCRIPCIONS TÈCNIQUES”**

#### **ANNEX B “CÀLCULS”**

#### **ANNEX C “ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT”**

### **Document 2 – PLÀNOLS**

### **Document 3 – PLEC DE CONDICIONS**

### **Document 4 – ESTAT D'AMIDAMENTS**

### **Document 5 – PRESSUPOST**

### **Document 6 – RESUM**

# **ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES**

**A.1 FITXA TÈCNICA DEL CARRO-POLIPAST**

**EMH Wire Rope Hoists  
Dimensions and Specifications**

**Hoist Model: EM 7000D  
Trolley Type: Top Running for Double Girder Cranes**

**Reeving: 6 to 1**

**Capacities: 25, 30, 35 and 40 tons**

<b>Rope Diameter:</b>	18 mm
<b>Drum Diameter:</b>	16"
<b>Sheave Diameter:</b>	13"
<b>Hoist Motor HP:</b>	32.5/8
<b>Trolley Motor HP:</b>	2 x 2.0
<b>Speeds (fpm) 25 ton only:</b>	16/4
<b>Speeds (fpm) 30 &amp; 35 ton:</b>	14/3.5
<b>Speeds (fpm) 40 ton only:</b>	11/2.8
<b>Std. Trolley Speed (fpm):</b>	80 VFD

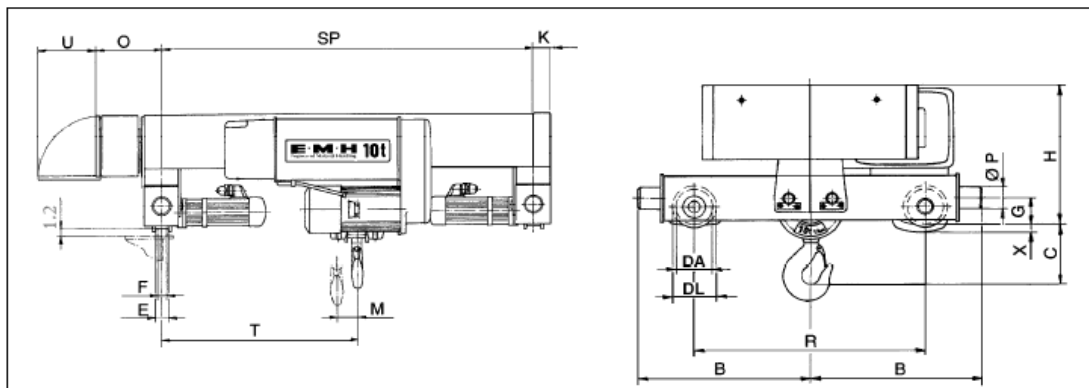
<b>Duty Service Classification</b>			
	<b>FEM</b>	<b>HMI</b>	
<b>Capacity in US Tons</b>	<b>25</b>	3	H4
	<b>30</b>	3	H4
	<b>35</b>	2	H4
	<b>40</b>	1	H3

<b>Dimensions (inches):</b>		
Refer to drawing below, M, T and Standard SP (trolley gauge) dimensions plus weight shown in adjacent tables.	<b>B:</b>	46
	<b>C:</b>	27.5
	<b>DA:</b>	10
	<b>DL:</b>	11.25
	<b>E:</b>	3
	<b>F:</b>	2
	<b>G:</b>	3.25
	<b>H:</b>	39.25
	<b>K:</b>	6
	<b>O *:</b>	24
	<b>P:</b>	4.75
	<b>R:</b>	71.25
	<b>U *:</b>	22
<b>X:</b>	0	

<b>Standard SP (trolley gauge):</b>		
Varies with lifts shown at right.	<b>22 ft.</b>	<b>33 ft.</b>
	98.5	98.5

<b>Available Lifts (feet):</b>				
M, T, and Wt. vary with lift.		<b>M (in.)</b>	<b>T (in.)</b>	<b>Wt. (lbs.)</b>
	<b>22</b>	4.25	51.375	8000
	<b>33</b>	6.25	52.375	8900

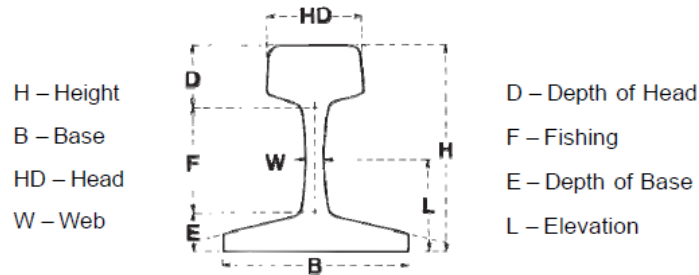
\* Dimensions O and U may vary depending on the type of control.





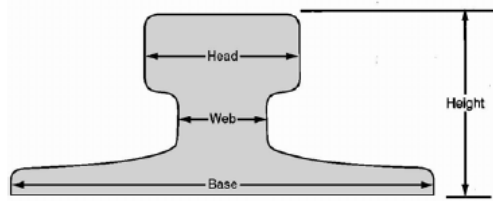
**A.2 RAIL**

**CRANE RAIL (AMERICAN AND EUROPEAN PROFILES)**



**NEW ASTM SECTIONS**

Rail Weight and Section	H	B	HD	W	D	F	E	L
MRS87A	6	6	4	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
175-CRANE	6	6	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>7</sup> / <sub>64</sub>	1 <sup>9</sup> / <sub>64</sub>	2 <sup>21</sup> / <sub>32</sub>
171-CRANE	6	6	4 <sup>3</sup> / <sub>10</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>
135-CRANE	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	5 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	3 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	2 <sup>15</sup> / <sub>32</sub>
105-CRANE	5 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	5 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	2 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>25</sup> / <sub>32</sub>	2 <sup>13</sup> / <sub>32</sub>	1	2 <sup>13</sup> / <sub>64</sub>
104-CRANE	5	5	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>



**NEW DIN SECTIONS**

DIN Number	Height		Base		Head		Web		Weight	
	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	kg/m	lbs/yd
A150	150	5.91	220	8.66	150	5.91	80	3.15	150.30	302.99
A120	105	4.13	220	8.66	120	4.72	72	2.83	101.30	204.21
A100	95	3.74	200	7.87	100	3.94	60	2.36	75.20	151.60
A75	85	3.35	200	7.87	75	2.95	45	1.77	56.60	114.10
A65	75	2.95	175	6.89	65	2.56	38	1.50	43.50	87.69
A55	65	2.56	150	5.91	55	2.17	31	1.22	32.00	64.51
A45	55	2.17	125	4.92	45	1.77	24	.94	22.20	44.75

All dimensions are in inches.



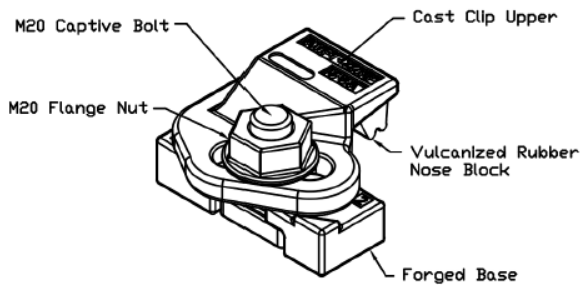
### A.3 CLIP RAIL



**ATLANTIC TRACK - CRANE RUNWAY DIVISION**

**AT / F1-37**

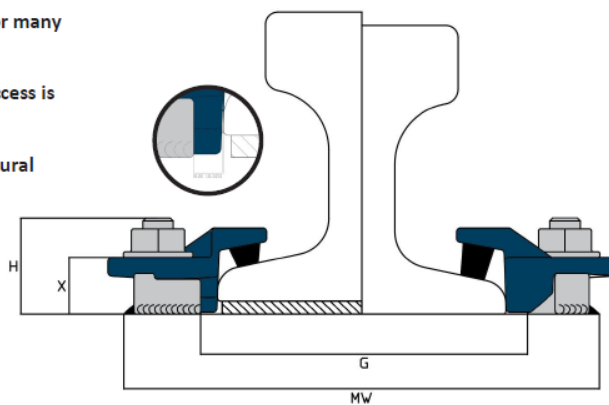
Clip Specifications	
Max Side Load Capacity:	37 Kips (165kN)
Horizontal Rail Adjustment	21mm (5/8") Total
Approximate Clip Weight	2.8 bs (w/ Hardware)
Bolt Torque	259 ft/lbs



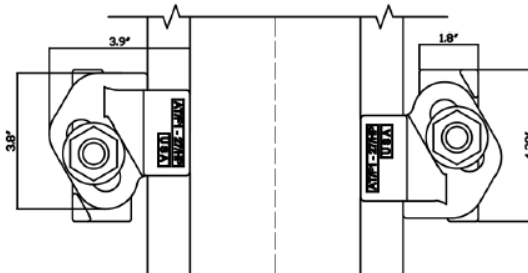
The Atlantic Track F1-37 Adjustable Crane Rail Clip is designed specifically to fix Crane Rail mounted on a narrow support beam or plate.

The low profile design allows this clip to be fitted on rail systems supporting cranes equipped with guide rollers.

- This proven design has been used successfully for many years throughout the world.
- The clip base is welded to the rail support. No access is required from below.
- The two components are locked together (structural friction connection) by properly torquing the grade 10.9 Captive Bolt.
- The clip has a self-tightening mechanism.
- A special vulcanized rubber nose block applies a controlled downforce to the rail.



Assembly Dimensions	
Clip Gauge (G)	Rail Base + 0.63"
Minimum Mounting Width (MW)	Rail Base + 3.94"
Clip Dimensions	H = 2.2" X = 1.2"



**Engineered and Manufactured in the USA**


1001 James Drive, Suite B37 • Leesport, PA 19533 • Phone: 610-916-2840 • Fax: 610-916-0898

Atlantic Track reserves the right to discontinue or change specifications or design at any time without prior notice and without incurring any obligation whatsoever.



**ATLANTIC TRACK - CRANE RUNWAY DIVISION**

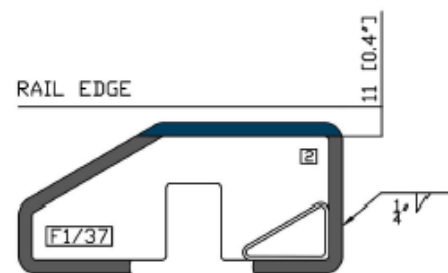
**AT / F1-37**

	Base (B) Inches	Height (H) Inches	Head Width (W) Inches	Suggested Minimum Mounting Width (MW) (Inches)	AT/F1-37 Pad Mounted	AT/F1-37 No Pad
ASCE 60	4 $\frac{1}{4}$	4 $\frac{1}{4}$	2 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{3}{4}$	F1-37/60P	N/A
ASCE 80	5	5	2 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$	F1-37/80P	N/A
ASCE 85	5 $\frac{3}{16}$	5 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{9}{16}$	10 $\frac{1}{2}$	F1-37/85P	N/A
104 CR (MRS51)	5	5	2 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$	F1-37/104P	F1-37/104NP
105 CR (MRS52)	5 $\frac{3}{16}$	5 $\frac{3}{16}$	2 $\frac{9}{16}$	10 $\frac{1}{2}$	F1-37/105P	F1-37/105NP
135 CR (MRS67)	5 $\frac{3}{16}$	5 $\frac{3}{16}$	3 $\frac{7}{16}$	10 $\frac{1}{2}$	F1-37/135P	F1-37/135NP
171 CR (MRS85)	6	6	4.3	11 $\frac{1}{2}$	F1-37/171P	F1-37/171NP
175 (MRS87B)	6	6	4 $\frac{1}{4}$	11 $\frac{1}{2}$	F1-37/175P	F1-37/175NP
MRS87A	6	6	4	11 $\frac{1}{2}$	F1-37/MRS87A-P	F1-37/MRS87A-NP
DIN A65	6.89	2.95	2.56	11 $\frac{1}{2}$	F1-37/a65P	N/A
DIN A75	7.87	3.35	2.95	13 $\frac{1}{2}$	F1-37/a75P	F1-37/a75NP
DIN A100	7.87	3.74	3.94	13 $\frac{1}{2}$	F1-37/a100P	F1-37/a100NP
DIN A120	8.66	4.13	4.72	14 $\frac{1}{2}$	F1-37/a120P	F1-37/a120NP
DIN A150	8.66	5.91	5.91	14 $\frac{1}{2}$	F1-37/a150P	F1-37/a150NP

Welding and Installation Guidelines

- Mark out and position clip base across rail centerline according to 'G' dimension on this Data Sheet.
- Weld all around the clip base with a 1/4" fillet weld, using low hydrogen electrodes. Recommended electrodes include AWS E7018 or E7028. Clip base is manufactured from weldable forged steel.

\*For Clip Installation on systems without a Rail Pad, the weld closest to and parallel with the rail must be adapted or omitted. Please contact Atlantic Track for additional weld detail when pad is not to be used.



- Do not apply coatings to the contact surface between upper and lower components. Consult with Atlantic Track prior to painting or coating any component.
- For complete installation guidelines, please contact Atlantic Track for the applicable Technical Bulletin.

**Engineered and Manufactured in the USA**

1001 James Drive, Suite B37 • Leasport, PA 19533 • Phone: 610-916-2840 • Fax: 610-916-0898  
 Atlantic Track reserves the right to discontinue or change specifications or design at any time without prior notice and without incurring any obligation whatsoever.

Rev. 1 / 8-2018



### Technical Weld Details

The Atlantic Track F1-37 Crane Rail Clip has been designed to take lateral forces from crane rails. It consists of an upper part which has a feature to contact the side of the rail, a vulcanized rubber nose block which bears down on the rail and one Grade 10.9 captive bolt which fasten the two metal parts together. The designed lateral load for the clip is dependent on the amount of weld that is used to attach the lower part to the rail support. It is also dependent on other features of the design of the clip.

Atlantic Track has carried out calculations, using AISC Manual (Allowable Stress Design Method), to determine the allowable load. The calculations below show that with the recommended amount of weld the clip can carry a lateral load (allowable load) of 37 kips. Atlantic Track has undertaken a range of tests done independently. Based on the results of these tests and consideration of the rails that can be fixed with this clip, the Atlantic Track Technical Data Sheet shows a lateral load capacity of 37 kips.

#### Welding Instructions:

Weld all around the clip base with a 1/4" fillet weld, using low hydrogen electrodes. Recommended electrodes include AWS E7018 or E7028. The Clip base is manufactured from weldable forged steel. Throat thickness cannot exceed 5mm. For Clip Installation on systems without a Rail Pad, the weld closest to and parallel with the rail must be adapted or omitted.

#### Atlantic Track F1-27 Rail Clip Calculations:

Total length of 1/4" fillet weld = 10 inches.

Available strength of weld is determined in accordance with AISC (American Institute of Steel Construction Manual) specification using section J2.4 and table J2.5.

Nominal load capacity of weld,  $R_n = 0.6 \times F_{EXX} \times 0.707 \times D/16 \times l$

Where,  $F_{EXX} = 70$  ksi

D - weld size in sixteenth of an inch

l - weld length, inches.

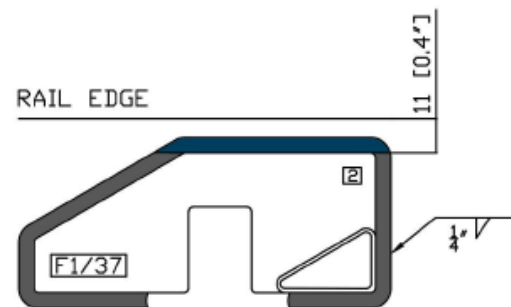
Nominal load capacity of weld,  $R_n = 0.6 \times 70 \times 0.707 \times 4/16 \times 10 = 74.23$  kips.

Available strength / Allowable strength using ASD method,  $R_n/\Omega = 74.23 / 2 = 37.115$  kips.

Where  $\Omega = 2.00$ , safety factor.

Atlantic Track suggested maximum load considering both the calculated value and the results of tests = 165kN or 37 kips

Atlantic Track normally test clips to twice the specified allowable load. Some clips have been tested to loads higher than twice the design load to determine their suitability for use in nuclear installations.



Engineered and Manufactured in the USA

1001 James Drive, Suite 837 • Leesport, PA 19533 • Phone: 610-916-2840 • Fax: 610-916-0898

Atlantic Track reserves the right to discontinue or change specifications or design at any time without prior notice and without incurring any obligation whatsoever.

Rev. 1 / 8-2018

# **ANNEX B: CÀLCULS**

## B.1. CLASSIFICACIÓ DE LA GRUA

Per a classificar la grua utilitzarem la norma **UNE58112-1:1991**, que estableix la classificació general per als aparells d'elevació.

### B.1.1 Classe d'utilització

La norma defineix diferents classificacions dels aparells segons el nombre de cicles que aquest realitzarà en la seva vida útil. S'entén que s'inicia un cicle de maniobra en el moment en que la càrrega està preparada per a ser desplaçada i finalitza quan l'aparell està disponible per a desplaçar la següent càrrega.

Amb les dades d'utilització establertes anteriorment procedim a establir el nombre de cicles per vida útil de l'aparell.

$$Cicles\ Totals = V_{\acute{u}til} * d * h * C \quad (Eq. B. 1)$$

On:

- $V_{\acute{u}til}$  = Vida útil de la grúa
- $d$  = Dies d'utilització a l'any
- $h$  = Hores d'utilització al dia
- $C$  = Cicles de maniobra per hora

$$Cicles\ Totals = 25 * 345 * 18 * 2$$

$$Cicles\ Totals = 310500 \rightarrow 3,11 * 10^5\ Cicles$$

La taula següent és la "Tabla 1" de la norma **UNE58112-1:1991**.

Clase de utilización	Número máximo de ciclos de maniobra	Observaciones
U <sub>0</sub>	1,6 × 10 <sup>4</sup>	Utilización ocasional
U <sub>1</sub>	3,2 × 10 <sup>4</sup>	
U <sub>2</sub>	6,3 × 10 <sup>4</sup>	
U <sub>3</sub>	1,25 × 10 <sup>5</sup>	
U <sub>4</sub>	2,5 × 10 <sup>5</sup>	Utilización regular en servicio ligero
U <sub>5</sub>	5 × 10 <sup>5</sup>	Utilización regular en servicio intermitente
U <sub>6</sub>	1 × 10 <sup>6</sup>	Utilización regular en servicio intensivo
U <sub>7</sub>	2 × 10 <sup>6</sup>	Utilización intensiva
U <sub>8</sub>	4 × 10 <sup>6</sup>	
U <sub>9</sub>	Más de 4 × 10 <sup>6</sup>	

Taula B. 1 Classe d'utilització

Amb la Taula B.1 podem definir que els nostre pòrtic grua pertany a una classe U<sub>5</sub> (utilització regular en servei intermitent) degut a que:

$$2,5 * 10^5 < 3,11 * 10^5 < 5 * 10^5$$

### B.1.2 Estat de càrrega

Els segon paràmetre establert per a la classificació és l'estat de càrrega, aquest es tracta del número de vegades que és elevada la càrrega, depenent de la capacitat de l'aparell.

El nostre aparell no està constantment treballant a la capacitat màxima, degut a que els contenidors tenen diferents càrregues i no sempre es treballarà amb els contenidors de màxima capacitat.

La Taula B.2 dona valors nominals per al coeficient a l'espectre de càrregues ( $K_p$ ), representant, amb una forma numèrica, un estat de càrrega nominal corresponent.

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de las cargas $K_p$	Observaciones
Q1 – Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga máxima de servicio y corrientemente cargas muy pequeñas
Q2 – Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas pequeñas
Q3 – Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas medianas
Q4 – Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga máxima de servicio

Taula B. 2: Estat de càrrega

Així doncs, amb la taula anterior, es pot definir que el nostre pòrtic grua estaria a l'estat de càrrega Q3 – Pesat, el qual correspon a un coeficient nominal de càrregues ( $K_p$ ) de 0,50.

### B.1.3 Determinació del grup de classificació de l'aparell complet

Havent determinat la classe de utilització i l'estat de càrrega, es determina el grup en el qual es classifica l'aparell amb l'ajuda de la Taula B.3.

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de las cargas $K_p$	Clases de utilización y número máximo de ciclos de maniobra del aparato									
		$U_0$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$	$U_6$	$U_7$	$U_8$	$U_9$
Q1 – Ligero	0,125	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2 – Moderado	0,25	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q3 – Pesado	0,5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4 – Muy pesado	1,0	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

Taula B. 3: Grups de classificació de l'aparell complet

Per tant, es pot definir que el nostre pòrtic grua està considerat dins el Grup A6.



## B.2. ACCIONS SOBRE L'ESTRUCTURA

Per a definir les accions utilitzarem la norma **UNE58132-2:2005**, que especifica les accions a considerar-se en el càlcul d'estructures en els aparells d'elevació.

### B.2.1 Sol·licitacions principals

Les sol·licitacions principals poden ser degudes:

- Al pes dels propis elements de l'estructura:  $S_G$ . El programa de càlcul (Diamonds) ja ens proporciona el pes propi de cada element.
- A la càrrega de servei:  $S_L$ . Inclou el pes del carro-polispast (2500 kg) i de la càrrega a elevar (30.000 Kg). El carro es desplaça i recolza al rail mitjançant 4 rodes, 2 a cada rail, les quals estan separades 1810 mm entre elles. Així doncs, es tenen 4 càrregues  $S_{L1}$ ,  $S_{L2}$ ,  $S_{L3}$ ,  $S_{L4} = 8125$  Kg.

### B.2.2 Sol·licitacions degudes al moviment vertical

Aquestes sol·licitacions provenen d'elevar d'una manera més o menys brusca la càrrega, de les acceleracions en el moviment d'elevació i dels xocs verticals degut al rodament de les vies.

Les oscil·lacions provocades per l'elevació de la càrrega es multipliquen per un factor anomenat "coeficient dinàmic  $\Psi$ ". Tal i com estableix la norma, aquest coeficient  $\Psi$  té en compte l'elevació més o menys brusca de la càrrega de servei, la qual constitueix el xoc més important. Les altres sol·licitacions degudes a l'acceleració del moviment d'elevació es deprecien, així com les reaccions verticals degudes al rodament sobre les vies correctament muntades.

El valor del coeficient dinàmic ve donat per l'expressió:

$$\Psi = 1 + \xi V_L \quad (\text{Eq. B. 2})$$

On:

- $V_L$  és la velocitat d'elevació en m/s.  $V_L = 14/3.5$  fpm.

$$\frac{14}{3.5} = 4$$

$$4 \text{ fpm} \rightarrow 0,02032 \text{ m/s}$$

- $\xi = 0.6$

El valor del coeficient dinàmic donat a l'expressió anterior és fins a velocitats de 1 m/s. En la Figura B. 1, extreta de la norma **UNE58132-2:2005**, es representen els valors de  $\Psi$  per a altres velocitats.

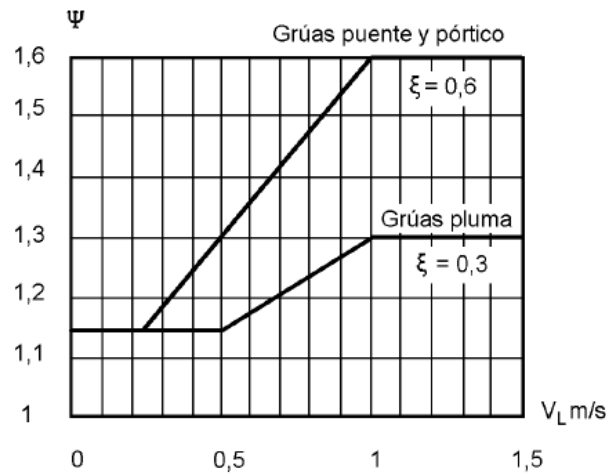


Figura B. 1: Valors de  $\Psi$

Substituïm els valors a la fórmula:

$$\Psi = 1 + 0.6 * 0,02032$$

$$\Psi = 1,0121$$

Tal i com estableix la norma, el valor de  $\Psi$  no pot ser inferior a 1,15; per la qual cosa el valor final de  $\Psi=1,15$ .

### B.2.3 Sol·licitacions degudes al moviment horitzontal

Les accions degudes al moviment horitzontal poden ser degudes a la translació, sigui del carro o del pòrtic, a causa de xocs.

Tal i com diu la norma **UNE58132-2:200** en l'apartat 3.2.1, no es tindrà en compte la translació del pòrtic donat que és un moviment situacional i l'aparell realitzà les operacions en un punt fix. Així doncs, en el nostre pòrtic no es poden considerar simultànies les accions del moviment del pòrtic i del carro. Quan s'apliqui una, mai s'aplicarà l'altra.

### B.2.3.1 Accions per translació de la càrrega/carro

Les forces d'inèrcia degudes a la translació produeixen el mateix efecte sobre el moviment que el parell accelerador o el descelerador aplicat pel motor o el fre. S'apliquen en el punt de suspensió de la càrrega.

La força d'inèrcia màxima ve definida per la següent fórmula:

$$F_{cmax} = \Psi_h * F_{cm} \quad (\text{Eq. B. 3})$$

On:

- $F_{cm} = m_1 * j_m$
- $m_1$  és la massa de la càrrega,  $m_1 = 30.000 \text{Kg}$ .
- $j_{cm}$  és l'acceleració mitja del punt de suspensió de la càrrega,  $j_{cm} = 0,098 \text{ m/s}^2$ . Valor extret de la taula 2-1, per a una velocitat de 0,4 m/s.

Així doncs  $\Psi$  té un valor diferent si la translació l'efectua el pòrtic o el carro.

El moviment de translació del carro ve definit per la següent expressió:

$$\Psi_h = \sqrt{2 + \mu + \frac{1}{\mu}} \quad (\text{Eq. B. 4})$$

On:

- $\mu = \frac{m_1}{m}$
- $m_1 = 30.000 \text{ Kg}$ , és la massa de la càrrega.
- $m = 2500 \text{ Kg}$ , la massa del carro.

Per tant:

$$\Psi_h = \sqrt{2 + 12 + \frac{1}{12}}$$

$$\Psi_h = 3,7527$$

En definitiva:

$$F_{cmax} = 3,7527 * 30000 * 0,098$$

$$F_{cmax} = 11.033 N \rightarrow 11,03 KN$$

Podem definir que les accions a la càrrega per la translació del carro són:  $S_{hc} = 11,03 KN$ .

### B.2.3.2 Accions per moviment del pòrtic

Pel moviment del pòrtic es fa servir la mateixa equació que a l'apartat anterior. El valor  $\Psi$  varia, com ja s'ha especificat l'apartat anterior.

$$F_{cmax} = \Psi_h * F_{cm} \quad (Eq. B. 5)$$

On:

- $F_{cm} = m_1 * j_m$
- $m_1$  és la massa de l'estructura (24.010 Kg), donada pel propi programa Diamonds, i del carro (2500 Kg),  $m_1 = 26.510 Kg$ .
- En el cas de desplaçament de la grua completa  $\Psi=2$ .
- $j_{cm}$  és l'acceleració mitja,  $j_{cm} = 0,078 m/s^2$ . Valor extret de la taula 2-1, per a una velocitat de 0,25 m/s.

Per tant:

$$F_{cmax} = 2 * 26.510 * 0,078$$

$$F_{cmax} = 4.135 N \rightarrow 4,14 KN$$

Es pot definir que les accions a la càrrega per al translació del pòrtic son:  $S_{hp} = 4,14 KN$ .

La Taula B.4 és la "Tabla 6" de la norma **UNE 76201**, on venen definits els valors mitjans d'acceleració i velocitat per a aparells d'elevació.

Velocidad m/s	1 Velocidad lenta y media con gran recorrido		2 Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		3 Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s <sup>2</sup>	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s <sup>2</sup>	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s <sup>2</sup>
4,00			8,0	0,50	6,0	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,50			6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,45
1,00	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,40	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

Taula B. 4: Valors mitjans d'acceleració i velocitat.

### B.2.3.3 Efectes del xoc

Els efectes de xoc,  $S_T$ , es poden considerar sobre l'estructura o sobre la càrrega suspesa.

Pel que fa al xoc sobre la càrrega, en el nostre cas, no s'han de calcular degut a que la càrrega es pot balancejar.

En el cas de xoc sobre l'estructura, es poden negligir els efectes de la col·lisió si el desplaçament horitzontal no és superior a 0,4 m/s. La nostre grua pòrtic entra dins aquesta especificació, així que no és necessari dimensionar cap xoc.

### B.2.4 Sol·licitacions degudes als efectes climàtics

Tal i com ve definit en la norma **UNE58132-2:2005**, les accions a tenir en compte són les accions del vent, la sobrecàrrega per neu i les variacions de temperatura.

#### B.2.4.1 Efectes del vent en estat de servei

La pròpia norma **UNE58132-2:2005** ens redirigeix a la norma **UNE58113** per definir les sol·licitacions del vent, exceptuant quan l'aparell està fora de servei, en què es continua fent

servir la norma **UNE58132-2:2005**. Cal deixar clar que la norma estableix que el vent aplicat es en direcció horitzontal. Per lo tant en ser una estructura simètrica, es tindran en compte un vent frontal i un altre lateral.

Per a la majoria d'estructures de grues, l'acció degudes al vent  $F$  es donen en kilonewtons per la següent formula:

$$F = A * p * C_f \quad (\text{Eq. B. 6})$$

On:

- $A$  és la superfície neta, en metres quadrats, de l'element considerat.
- $p$  és la pressió del vent.
- $C_f$  és el coeficient de forma, en la direcció del vent, per l'element considerat.

La Taula B.5 defineix la velocitat i pressió del vent, segons el tipus de grua.

Tipo de Grúa	Velocidad del viento m/s	Presión del viento kPa/m <sup>2</sup>
a) Grúas fácilmente protegibles contra la acción del viento y concebidas para utilizarse exclusivamente en caso de viento ligero (por ejemplo, grúas bajas cuya pluma pueda abatirse fácilmente hasta el suelo).	14	0,125
b) Todos los tipos normales de grúas que se instalen al aire libre.	20	0,25
c) Grúas de tipo portuario que deben poder continuar funcionando incluso en caso de viento fuerte.	28,5	0,50

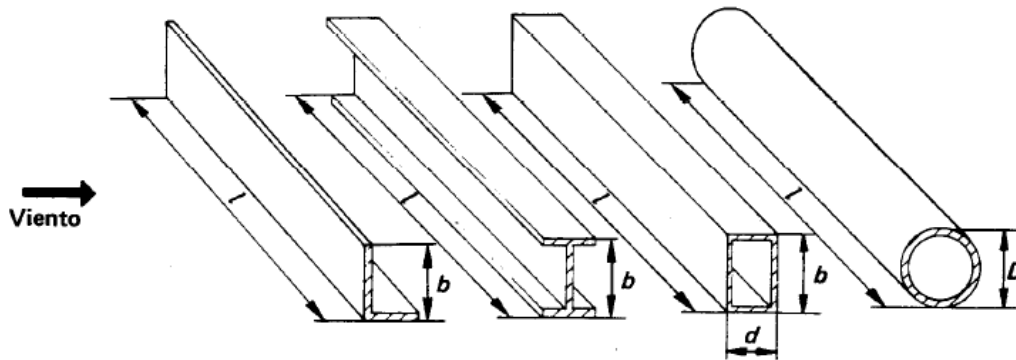
Taula B. 5: Velocitats i prestacions del vent de servei.

La nostra grua encaixa dins el tipus c, grues portuàries, el qual es defineix amb una velocitat del vent de 28,5 m/s i una pressió de 0,5 kPa/m<sup>2</sup>.

Per a definir el coeficient de forma utilitzem les Taula B.6, juntament amb la Figura B.2.

Tipo	Descripción	Coeficiente aerodinámico l/b ó l/D					
		5	10	20	30	40	50
Elementos simples	Perfiles laminados en L, en U y chapas planas	1,3	1,35	1,6	1,65	1,7	1,9
	Perfiles redondos, en los que $D v_s < 6 \text{ m}^2/\text{s}$ en los que $D v_s \geq 6 \text{ m}^2/\text{s}$	0,75 0,60	0,80 0,65	0,90 0,70	0,95 0,70	1,0 0,75	1,1 0,8
	Perfiles cuadrados de más de 350 mm de lado y rectangulares de más de 250 mm X 450 mm	b/d $\geq 2$ 1 0,5 0,25	1,55 1,40 1,0 0,8	1,75 1,55 1,2 0,9	1,95 1,75 1,3 0,9	2,1 1,85 1,35 1,0	2,2 1,9 1,4 1,0
Marcos simples de celosía	Perfiles de caras planas	1,7					
	Perfiles redondos en los que $D v_s < 6 \text{ m}^2/\text{s}$ en los que $D v_s \geq 6 \text{ m}^2/\text{s}$	1,2 0,8					
Casetas de máquinas, etc.	Estructuras rectangulares llenas, sobre el suelo o sobre fundación maciza (el aire no puede circular bajo la estructura)	1,1					

Taula B. 6: Coeficient de forma.



$$\text{Coeficiente aerodinámico} = \frac{\text{longitud del elemento}}{\text{altura de la sección cara al viento}} = \frac{l}{b} \quad \text{ó} \quad \frac{l}{D}$$

$$\text{Proporción de sección (Perfiles cuadrados)} = \frac{\text{altura de la sección cara al viento}}{\text{ancho de la sección, paralela al viento}} = \frac{b}{d}$$

Figura B. 2: Coeficient aerodinàmic i proporcions de la secció.

En el nostre cas, no tenim elements quadrats, per la qual cosa es realitzarà el coeficient aerodinàmic per als elements que componen l'estructura. Tot i així, la nostra estructura està composta de marcs de gelosia, no d'elements simples, pel que el nostre  $C_f$  per elements no rodons serà de  $C_f = 1,7$  i pels elements rodons serà de  $C_f = 0,8$ , degut a que la velocitat del vent ( $V_s$ ) es superior a 6,  $28,5 > 6$ .

En el cas d'estructures compostes, es pot donar que algun element abrigui a un altre, en aquests casos el coeficient de forma es multiplica per un factor de pantalla  $\eta$ , el qual es pot consultar a la taula 2-3, i serà depenent dels coeficient de separació (Figura B.7) i el coeficient de superfície neta (figura 2-4).

Coeficiente de separación a/b	Coeficiente de superficie neta A/A <sub>e</sub>					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,5	0,75	0,4	0,32	0,21	0,15	0,1
1,0	0,92	0,75	0,59	0,43	0,25	0,1
2,0	0,96	0,8	0,63	0,5	0,33	0,2
4,0	1	0,88	0,76	0,66	0,55	0,45
5,0	1	0,95	0,88	0,81	0,75	0,68
6,0	1	1	1	1	1	1

Taula B. 7: Coeficient per efecte pantalla.

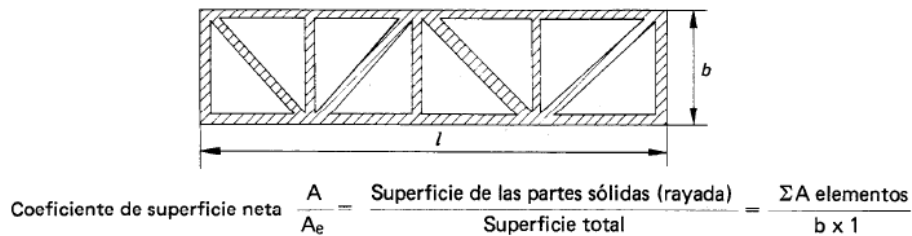


Figura B. 3: Coeficient de superfície neta.

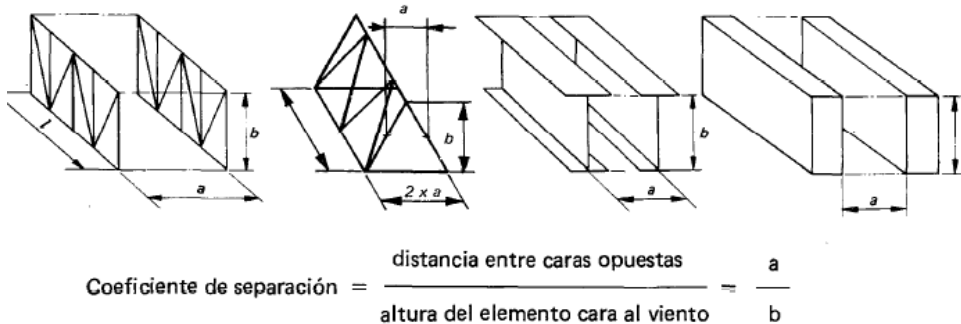


Figura B. 4: Coeficient de separació.



Per al coeficient de separació apliquem la fórmula.

En la biga:

$$\frac{2 * 2}{4} = 1$$

El coeficient de separació valor de separació és de 1.

En els pilars:

$$\frac{2}{2,5} = 0,8$$

El coeficient de separació és de 0,8, el qual es manté, ja que la reducció és proporcional en tot el pilar. Degut a que 0,8 és més proper a 1 que a 0,5, s'agafarà que el coeficient és 1.

A continuació s'adjunten les taules amb els resultats de les càrregues i els coeficients aplicats.

Per a la part frontal:

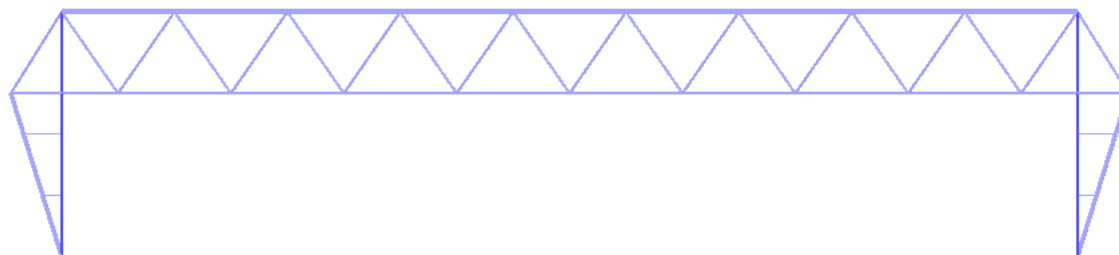


Figura B. 5: Croquis de la part frontal.

Perfil	b (m)	Longitud (m)	Nº Barres	Àrea (m²)	Coeficient Aerodinàmic	Coeficient de forma (Cf)	F <sub>exposat</sub> (N/m)	F <sub>fabrigat</sub> (N/m)
<b>HEB 260</b>	0,26	50,00	1,00	13,00	192,31	1,70	221,00	165,75
<b>CHS 168,3x5,0</b>	0,1683	55,00	1,00	9,26	326,80	0,80	67,32	50,49
<b>CHS 168,3x5,0</b>	0,1683	12,00	2,00	4,04	71,30	0,80	67,32	50,49
<b>CHS 168,3x5,0</b>	0,1683	8,38	2,00	2,82	49,79	0,80	67,32	50,49

<b>CHS</b> <b>114,3x5,0</b>	0,1143	4,97	20,00	11,36	43,48	0,80	45,72	34,29
<b>CHS</b> <b>101,6x4,0</b>	0,1016	2,13	2,00	0,43	20,96	0,80	40,64	30,48
<b>CHS</b> <b>101,6x4,0</b>	0,1016	1,37	2,00	0,28	13,48	0,80	40,64	30,48

Taula B. 8: Carregues frontals del vent per tipus de perfil.

	Torre	Torre superior	Biga	Total (m2)	Superfície solida (m <sup>2</sup> )	Coefficient de superfície neta	Coefficient de separació	Coefficient efecte pantalla (η)
<b>Superfície cops</b>	10	5	200	230	41,19	0,18	1,00	0,75
	2	2	1					

Taula B. 9: Coeficient efecte pantalla frontal.

Per a la part lateral:

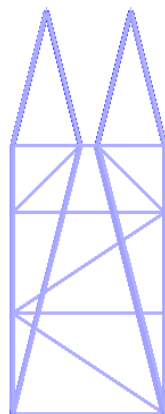


Figura B. 6: Croquis de la part lateral.

Cal remarcar que en el cas de vent lateral no s'ha aplicat coeficient d'efecte pantalla en els pilars principals que estan separats 50m, s'ha considerat que en estar a 50m, no es podia considerar com una part abrigada.

Perfil	b (m)	Longitud (m)	Nº Barres	Àrea (m <sup>2</sup> )	Coeficient Aerodinàmic	Coeficient de forma (Cf)	F <sub>exposat</sub> (N/m)	F <sub>abrigat</sub> (N/m)
CHS 168,3x5,0	0,1683	4,82	4	3,24	28,64	0,80	67,32	50,49
CHS 168,3x5,0	0,1683	8	2	2,69	47,53	0,80	67,32	50,49
CHS 168,3x5,0	0,1683	8,25	2	2,78	49,02	0,80	67,32	50,49
CHS 114,3x5,0	0,1143	0,5	1	0,06	4,37	0,80	45,72	34,29
CHS 101,6x4,0	0,1016	4,6	3	1,40	45,28	0,80	40,64	30,48
CHS 101,6x4,0	0,1016	3,2	2	0,65	31,50	0,80	40,64	30,48
CHS 101,6x4,0	0,1016	3,77	2	0,77	37,11	0,80	40,64	30,48
CHS 101,6x4,0	0,1016	5,72	2	1,16	56,30	0,80	40,64	30,48

Taula B. 10: Carregues laterals del vent per tipus de perfil.

	Torre	Bigues	Total (m <sup>2</sup> )	Superfície solida (m <sup>2</sup> )	Coeficient de superfície neta	Coeficient de separació	Coeficient efecte pantalla (η)
Superfície cops	36 1	4 2	44	12,752412	0,289827545	1	0,75

Taula B. 11: Coeficient efecte pantalla lateral.

Per a calcular l'acció del vent sobre la càrrega mòbil, s'aplica la següent fórmula, donat que el nostre aparell és del tipus C, segons la taula 2-1.

$$f = 0,06 mg \quad (\text{Eq. B. 7})$$

On:

- $f$  és la força exercida per el vent, en Kilonewtons, sobre la càrrega mòbil.
- $g$  és l'acceleració de la gravetat, igual a 10 m/s, segons la norma.
- $M$  és la massa, en tones de la càrrega mòbil,  $m=30T$

$$f = 0,06 * 30 * 10$$

$$f = 18 \text{ KN}$$

Per tant, podem definir que la càrrega màxima que el vent aplica sobre la càrrega mòbil és de 18 KN.

#### B.2.4.2 Efectes del vent fora de servei

En aquest cas es fa servir la norma **UNE58132-2:2005** per a definir les sol·licitacions de l'aparell fora de servei. Concretament es tracta que l'aparell pugui romandre estable en les condicions de fora de servei. Així doncs, s'adjunta la Taula B.12 que defineix la pressió del vent i la seva velocitat corresponent.

Altura sobre el suelo	Presión del viento fuera de servicio	Velocidad aproximada equivalente del viento fuera de servicio
m	N/m <sup>2</sup>	m/s
0 a 20	800	36
20 a 100	1 100	42
más de 100	1 300	46

Taula B. 12: Pressions fora de servei.

Per a calcular les carregues degudes al vent, la pressió del vent és considerada constant en tot l'interval de l'altura vertical.

Com es defineix, el nostre aparell no supera els 20m, per tant estaríem parlant de una pressió de 800N/m<sup>2</sup> constant en tot l'aparell.

Perfil	b (m)	Longitud (m)	Nº Barres	Area (m2)	F (N/m)
HEB 260	0,26	50,00	1,00	13,00	208,00
CHS 168,3x5,0	0,1683	55,00	1,00	9,26	134,64
CHS 168,3x5,0	0,1683	12,00	2,00	4,04	134,64
CHS 168,3x5,0	0,1683	8,38	2,00	2,82	134,64
CHS 114,3x5,0	0,1143	4,97	20,00	11,36	91,44
CHS 101,6x4,0	0,1016	2,13	2,00	0,43	81,28
CHS 101,6x4,0	0,1016	1,37	2,00	0,28	81,28

Taula B. 13: Pressió fora de servei part frontal

Perfil	b (m)	Longitud (m)	Nº Barres	Area (m2)	F (N/m)
CHS 168,3x5,0	0,1683	4,82	4	3,24	134,64
CHS 168,3x5,0	0,1683	8	2	2,69	134,64
CHS 168,3x5,0	0,1683	8,25	2	2,78	134,64
CHS 114,3x5,0	0,1143	0,5	1	0,06	91,44
CHS 101,6x4,0	0,1016	4,6	3	1,40	81,28
CHS 101,6x4,0	0,1016	3,2	2	0,65	81,28
CHS 101,6x4,0	0,1016	3,77	2	0,77	81,28
CHS 101,6x4,0	0,1016	5,72	2	1,16	81,28

Taula B. 14: Pressió fora de servei part lateral.

**B.2.4.3 Sobrecàrrega de neu**

No es tenen en compte sobrecàrregues per neu en els aparells d'elevació.

**B.2.4.4 Variacions de temperatura**

La norma estableix que en el cas que els elements no es puguin dilatar lliurement, s'ha de considerar variacions per temperatura. En aquests casos la variació màxima serà de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+45^{\circ}\text{C}$ . El programa Diamonds ens permet intruir les càrregues de variacions per temperatura aplicant un rang, així doncs utilitzarem aquesta funció.

### B.3. COMBINACIONS D'ACCIONS

La norma **UNE58132-2:2005** estipula que s'han de considerar tres casos. A part, existeix un coeficient de majoració  $\gamma_c$  que depèn del grup de classificació de la grua, ja definit en l'apartat 1 de l'annex.

Grupo del aparato	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>
$\gamma_c$	1,00	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20

Taula B. 15: Valor de coeficient de majoració  $\gamma_c$ .

Així doncs la nostra grua pòrtic està a la classificació A<sub>6</sub> i per tant li correspon  $\gamma_c = 1,14$ .

#### B.3.1 CAS I. Aparell en servei sense vent

Es consideren les sol·licitacions estàtiques degudes al pes propi  $S_G$ , les sol·licitacions degudes a la càrrega de servei  $S_L$  multiplicades pel coeficient dinàmic  $\Psi$  i els dos efectes horitzontals més desfavorables  $S_H$ , amb l'exclusió del xoc; totes multiplicades pel coeficient de majoració  $\gamma_c$ .

$$\gamma_c(S_G + \Psi S_L + S_H) \quad (\text{Eq. B. 8})$$

S'ha considerat que el moviment del pòrtic i del carro no poden ser simultanis. També s'ha tingut en compte que realitza el seu servei de forma estàtica i per tant en moure la càrrega de servei es considerarà estàtic.

Cas	Pes propi ( $S_G$ )	Càrrega de servei ( $S_L$ )	de Moviment carro ( $S_{Hc}$ )	Moviment pòrtic ( $S_{Hp}$ )
1	1,14	1,15 x 1,14	0	0
2	1,14	1,15 x 1,14	1,14	0
3	1,14	0	0	1,14
4	1,14	0	0	0

Taula B. 16: Combinacions cas I

### B.3.2 CAS II. Aparell en servei amb vent

A les sol·licitacions del cas I se li afegeixen del vent límit de servei  $S_w$  i, si escau, la sol·licitació de la variació de la temperatura.

$$\gamma_c(S_G + \Psi S_L + S_H) + S_w \quad (\text{Eq. B. 9})$$

Cas	Pes propi ( $S_G$ )	Càrrega de servei ( $S_L$ )	Moviment carro ( $S_{Hc}$ )	Moviment pòrtic ( $S_{Hp}$ )	Vent límit de servei ( $S_w$ )	Variació temperatura
1	1,14	1,15 x 1,14	0	0	1	0
2	1,14	1,15 x 1,14	0	0	0	1
3	1,14	1,15 x 1,14	0	0	1	1
4	1,14	1,15 x 1,14	1,14	0	1	0
5	1,14	1,15 x 1,14	1,14	0	0	1
6	1,14	1,15 x 1,14	1,14	0	1	1
7	1,14	0	0	1,14	1	0
8	1,14	0	0	1,14	0	1
9	1,14	0	0	1,14	1	1

Taula B. 17: Combinacions cas II.

### B.3.3 CAS III. Aparell sotmès a sol·licitacions excepcionals

En aquest aspecte, es poden donar diferents casos:

Aparell fora de servei i sotmès a vent màxim fora de servei.

$$S_G + S_{W \text{ màx.}} \quad (\text{Eq. B. 10})$$

Aparell en servei sota els efectes d'un xoc. Com s'ha comentat abans, en el nostre cas els efectes del xoc es poden considerar negligibles. Per tant aquest cas no es realitza.

Cas	Pes propi ( $S_G$ )	Vent màxim ( $S_w$ )
1	1	1

Taula B. 18: Combinacions cas III.



## B.4. DIMENSIONAMENT CAS I

Per al dimensionament s'utilitza el programa Diamonds. No s'exposaran els càlculs de tots els perfils, només d'aquells que suporten els esforços més alts. També s'analitzarà el vinclament de les barres, amb l'ajuda el propi programa.

La normativa no estipula en cap moment una fletxa màxima. Tot hi així és realitzarà una comprovació seguint la combinació d'accions del CAS I (Eq. B.8). Aquesta comprovació es un decisió personal, de caràcter visual, no contemplada en la normativa aplicada.

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300} \quad (\text{Eq. B. 11})$$

### B.4.1 Perfil HEB 260

#### B.4.1.1 Comprovació a resistència

El perfil HEB 260, que està just al centre del pòrtic, és el perfil que suporta la tensió més gran. Resisteix una tensió màxima de 161,4 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 12})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(161,4 * 1.05)} = 1,38$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,38, per tant la biga suporta la tensió.

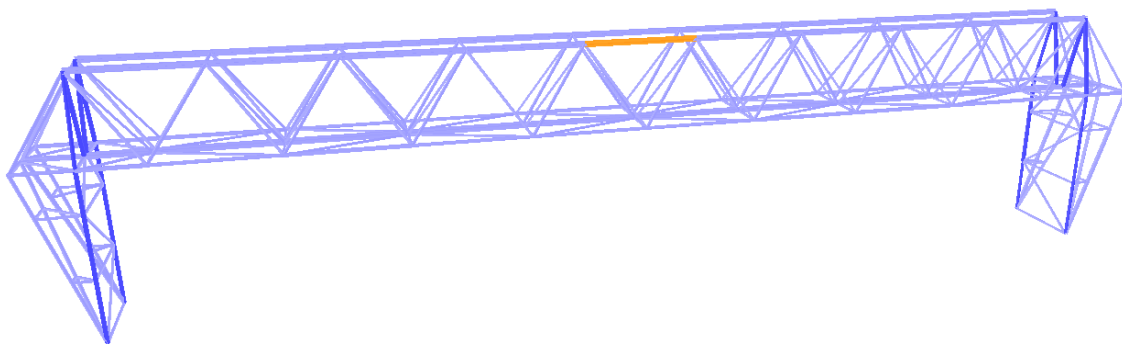
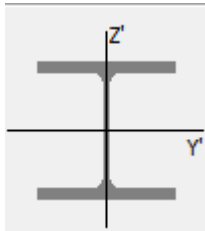


Figura B. 7: Ubicació de l'element estudiat.

### B.4.1.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament de la biga, la biga paral·lela a l'esmentada és la mes afectada. El propi programa Diamonds, ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 74% en el vinclament en Y + flexió i un 65% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.



Pandeo Y	27 %
Pandeo Z	39 %
Pandeo por Torsión	29 %
Pandeo lateral	39 %
Pandeo Y + Flexión	74 %
Pandeo Z + Flexión	65 %

Figura B. 9: Referència dels eixos de vinclament.

Figura B. 8: Resultats vinclament al Diamonds.

### B.4.1.3 Comprovació de fletxes

Per a la fletxa màxima en els perfils HEB 260 es coincideix amb el perfil estudiat a l'apartat anterior de vinclament.

El seu desplaçament vertical màxim és de 77 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$77 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix.

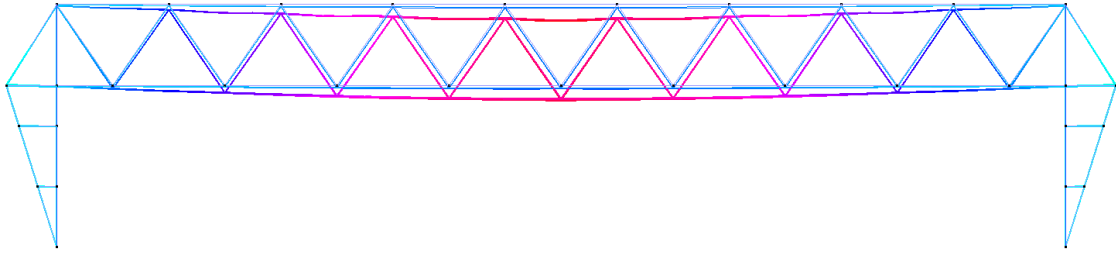


Figura B. 10: Deformació vertical en l'estructura.

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 39,4 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$39,4 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix.

#### B.4.2 Perfil CHS 168,3x5,0

##### B.4.2.1 Comprovació a resistència

El perfil CHS 168,3x5,0 que està just al centre del pòrtic és el perfil que suporta la tensió més gran. Resisteix una tensió màxima de 154,9 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 13})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(154,9 * 1.05)} = 1,44$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,25, per tant la biga suporta la tensió.

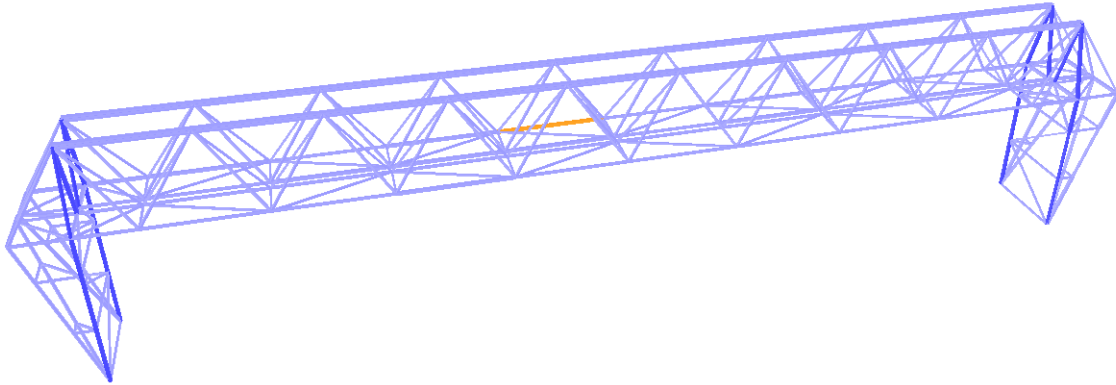


Figura B. 11: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.4.2.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament dels perfils CHS 168,3x5,0, el més afectat són els pilars verticals. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 67% en el vinclament en Y + flexió i un 65% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

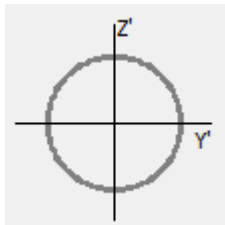


Figura B. 12: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	59 %
Pandeo Z	59 %
Pandeo por Torsión	53 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	67 %
Pandeo Z + Flexión	65 %

Figura B. 13: Resultats vinclament al Diamonds.

#### B.4.2.3 Comprovació de fletxes

Per a la fletxa màxima en els perfils CHS 168,3x5,0 cada desplaçament màxim està en una barra diferent, per la qual cosa s'analitzaran només les fletxes màximes en el total de l'estructura.

La fletxa amb desplaçament vertical màxim és de 64,3 mm. Està situada al mig de l'estructura, dins la biga de 50m. Ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$64,3 \leq 166,6$$

Es compleix la condició.

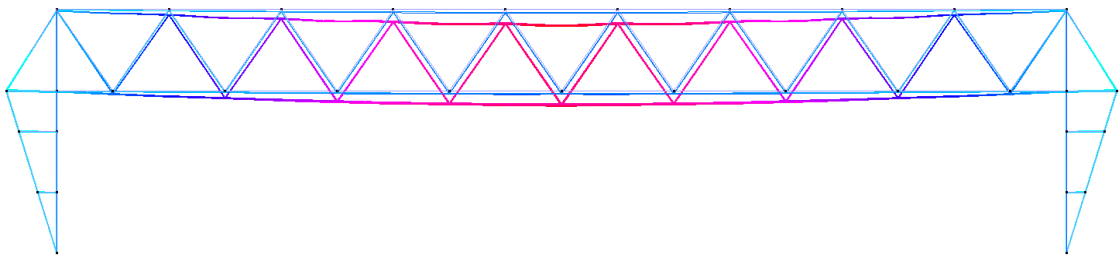


Figura B. 14: Deformació vertical en l'estructura.

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 12,4 mm en el punt on el pilar inclinat s'ajunta amb l'estructura triangular. En ser una biga de 8m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{8400}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 28 \text{ mm}$$

$$12,4 \leq 28$$

Per tant la biga compleix.

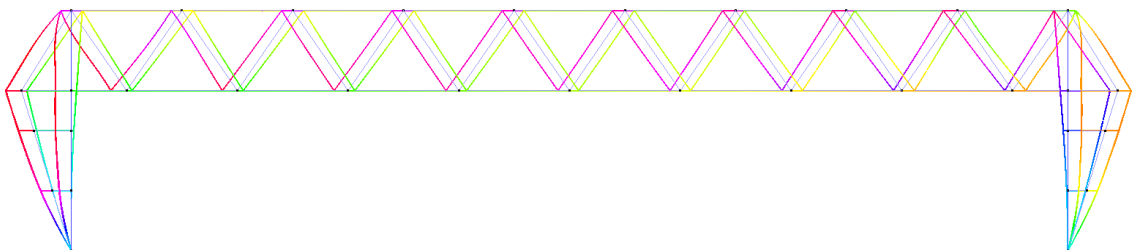


Figura B. 15: Deformació horitzontal en l'estructura.

L'altre desplaçament horitzontal que pateix el pòrtic, en la mateixa direcció que les vies del tren, a la meitat de l'estructura, és de 2,4 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$2,4 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix. S'adjunta una croquis en 3D, per a poder contemplar on la fletxa és màxima. Els colors representen la fletxa, on el blau es 0 i el vermell es 2,3mm.

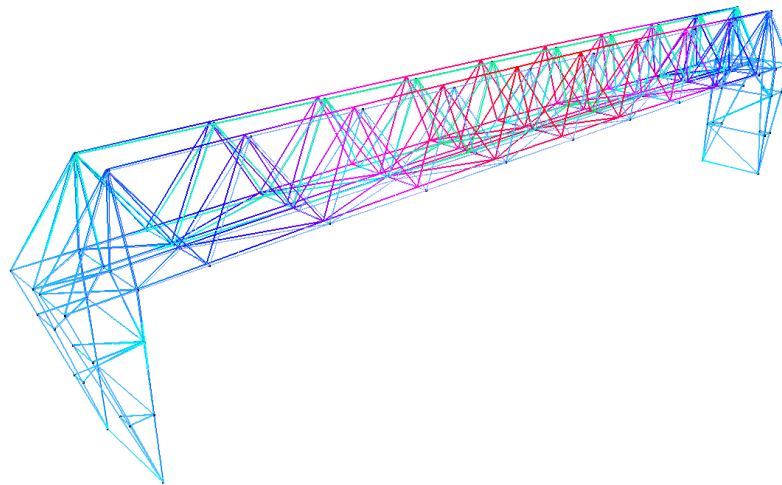


Figura B. 16: Deformació horitzontal en l'estructura en 3D.

### B.4.3 Perfil CHS 114,3x5,0

#### B.4.3.1 Comprovació a resistència

El perfil CHS 114,3x5,0 que uneix la biga i el pilar és el perfil que suporta la tensió més gran. Resisteix una tensió màxima de 31,9 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{màx} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 14})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(31,9 * 1.05)} = 7,01$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 7,01, per tant la biga suporta la tensió.

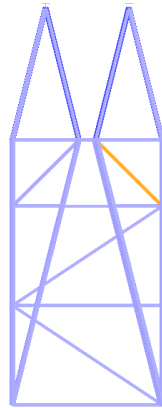


Figura B. 17: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.4.3.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament dels perfils 114,3x5,0, el més afectat és el mateix que el comprovat a l'apartat de resistència. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 63% en el vinclament en Y + flexió i un 64% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

Pandeo Y	58 %
Pandeo Z	58 %
Pandeo por Torsión	47 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	63 %
Pandeo Z + Flexión	64 %

Figura B. 19: Resultats vinclament al Diamonds.

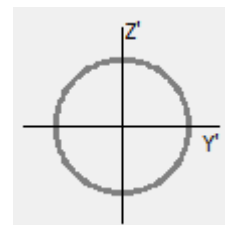


Figura B. 18: Referència dels eixos de vinclament.

### B.4.3.3 Comprovació de fletxes

Pel que fa al seu desplaçament vertical màxim, aquest és de 12,4 mm en el mateix punt que a l'apartat de vinclament. En ser una biga de 2,8m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{2830}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 9,43 \text{ mm}$$

$$3,7 \leq 9,43$$

Per tant la biga compleix.

Degut a que les altres fletxes del perfil 114,3x5,0 no superen el 1mm no s'analitzaran, ja que es considera que compleixen directament.

## B.4.4 Perfil CHS 101,6x4,0

### B.4.4.1 Comprovació a resistència

Els perfils CHS 101,6x4,0 són un cas especial, ja que són perfils rigiditzadors i de menor longitud. La barra que suporta més esforços està situada entre els dos pilars verticals, col·locada de manera horitzontal. Resisteix 111,7 MPa, essent el coeficient de seguretat de l'acer de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 15})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(111,7 * 1.05)} = 2,003$$



Obtenim un coeficient de seguretat de 2,003, per tant la biga suporta la tensió.

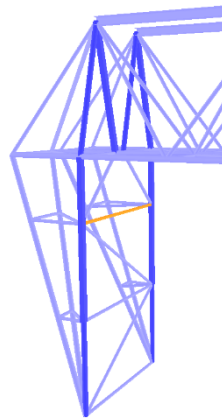


Figura B. 20: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.4.4.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament dels perfils 101,6x4,0, els més afectats són les barres inclinades. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 19% en el vinclament en Y + flexió i un 19% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

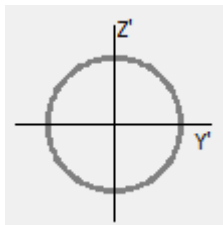


Figura B. 22: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	14 %
Pandeo Z	14 %
Pandeo por Torsión	10 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	19 %
Pandeo Z + Flexión	19 %

Figura B. 23: Resultats vinclament al Diamonds.

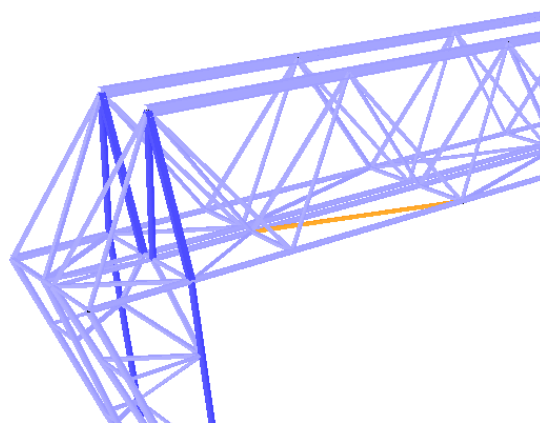


Figura B. 21: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.4.4.3 Comprovació de fletxes

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 12,4 mm en el punt on el pilar inclinat s'ajunta amb l'estructura triangular. En ser una biga de 4,82m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{4820}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 16,06 \text{ mm}$$

$$12,4 \leq 16,06$$

Per tant la biga compleix.

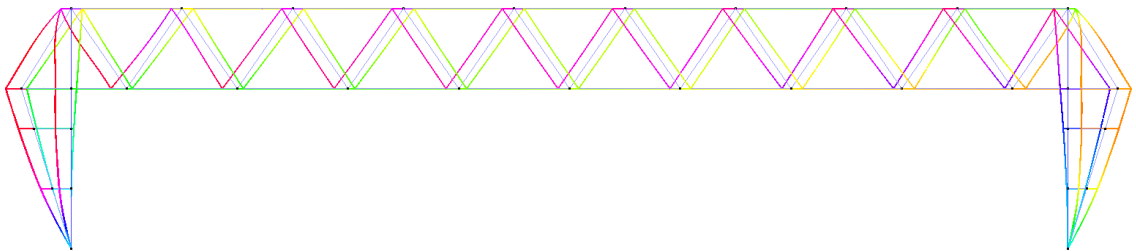


Figura B. 24: Deformació horitzontal en l'estructura.

L'altre desplaçament horitzontal que pateix el pòrtic, en el mateixa direcció que les vies del tren, a la mateixa biga que a l'apartat de resistència, és de 17,2 mm. El ser una biga de 5,9m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{5900}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 19,66 \text{ mm}$$

$$17,2 \leq 19,66$$

Es compleix la condició.

## B.5. DIMENSIONAMENT CAS II

Al igual que per a l'apartat anterior, per al dimensionament s'utilitza el programa Diamonds. No s'exposaran els càlculs de tots els perfils, només d'aquells els quals suporten els esforços més alts. També s'analitzarà el vinclament de les barres, amb l'ajuda el propi programa.

La normativa no estipula en cap moment una fletxa màxima. Tot hi així és realitzarà una comprovació seguint la combinació d'accions del CAS II (Eq. B.9). Aquesta comprovació es un decisió personal, de caràcter visual, no contemplada en la normativa aplicada.

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300} \quad (\text{Eq. B. 16})$$

### B.5.1 Perfil HEB 260

#### B.5.1.1 Comprovació de resistència

El perfil HEB 260, que està just al centre del pòrtic, és el perfil que suporta la tensió més gran. Resisteix una tensió màxima de 163,1 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 17})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(163,1 * 1.05)} = 1,38$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,38, per tant la biga suporta la tensió.

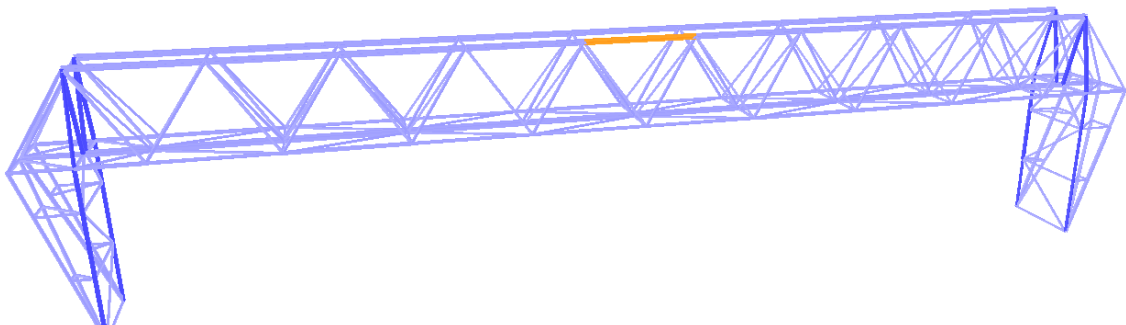


Figura B. 25: : Ubicació de l'element estudiat.

### B.5.1.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament de la biga, la biga paral·lela a l'esmentada és la més afectada. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 84% en el vinclament en Y + flexió i un 72% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

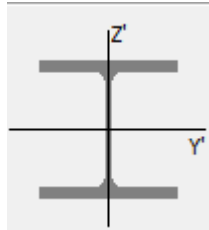


Figura B. 26: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	29 %
Pandeo Z	42 %
Pandeo por Torsión	31 %
Pandeo lateral	44 %
Pandeo Y + Flexión	84 %
Pandeo Z + Flexión	72 %

Figura B. 27: Resultats vinclament al Diamonds.

### B.5.1.3 Comprovació de fletxes

Per a la fletxa màxima en els perfils HEB 260, es coincideix amb el perfil estudiat a l'apartat anterior de vinclament.

El seu desplaçament vertical màxim és de 81,6 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$81,6 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix.

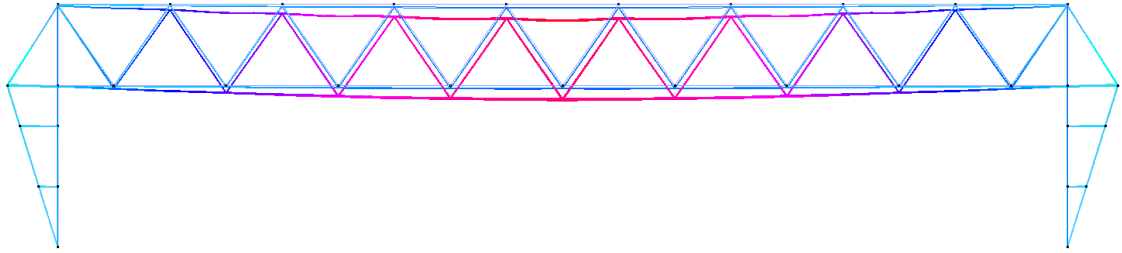


Figura B. 28: Deformació vertical en l'estructura.

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 48 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$48 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix.

Es pot observar que els resultats són semblants als del cas 1.

## B.5.2 Perfil CHS 168,3x5,0

### B.5.2.1 Comprovació de resistència

En el perfil CHS 168,3x5,0 els resultats ja són diferents als del cas 1. En aquest cas, el perfil que suporta la tensió més gran és el pilar vertical. Resisteix una tensió màxima de 185,4 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{màx} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 18})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{màx} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(179,3 * 1.05)} = 1,21$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,21, per tant la biga suporta la tensió.

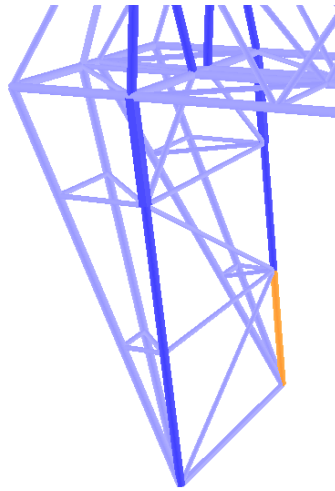


Figura B. 29: Ubicació de l'element estudiat.

### B.5.2.2 Comprovació de vinclament

En quant al vinclament dels perfils CHS 168,3x5,0, els més afectats són els pilars verticals paral·lels a l'analitzat a l'apartat de resistència. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 80% en el vinclament en Y + flexió i un 78% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

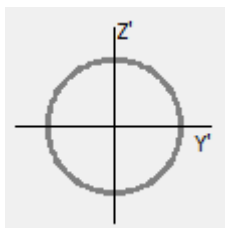


Figura B. 30: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	70 %
Pandeo Z	70 %
Pandeo por Torsión	64 %
Pandeo lateral	0 %
<b>Pandeo Y + Flexión</b>	<b>80 %</b>
Pandeo Z + Flexión	78 %

Figura B. 31: Resultats vinclament al Diamonds.

### B.5.2.3 Comprovació de fletxes

Per a la fletxa màxima en els perfils CHS 168,3x5,0 cada desplaçament màxim està en una barra diferent, per la qual cosa s'analitzaran només les fletxes màximes dels perfils definits de l'estructura.

La fletxa amb desplaçament vertical màxim és de 68,1 mm. Està situada al mig de l'estructura, dins la biga de 50m. Ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$68,1 \leq 166,6$$

Es compleix la condició.

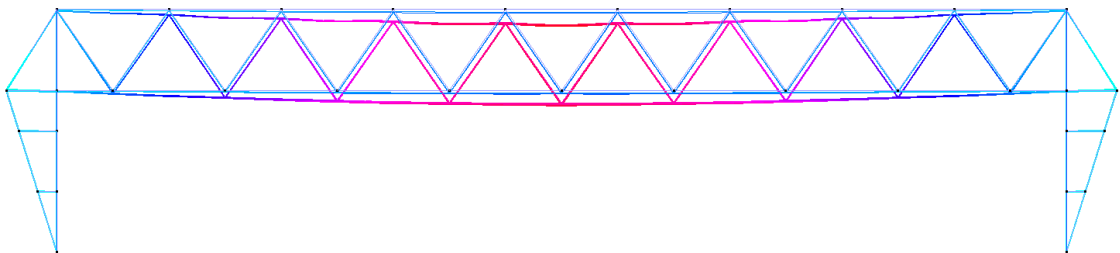


Figura B. 32: Deformació vertical en l'estructura.

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 12,4 mm en el punt on el pilar inclinat s'ajunta amb l'estructura triangular. En ser una biga de 8,4m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{8400}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 28 \text{ mm}$$

$$24,7 \leq 28$$

Per tant la biga compleix.

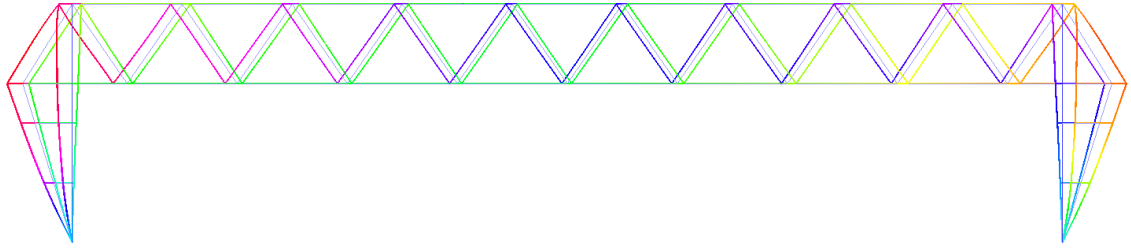


Figura B. 33: Deformació horitzontal en l'estructura.

L'altre desplaçament horitzontal que pateix el pòrtic, en la mateixa direcció que les vies del tren, a la meitat de l'estructura, és de 42,4 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$42,4 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix. S'adjunta un croquis en 3D, per a poder contemplar on la fletxa es màxima. Els colors representen la fletxa, on el blau es 0 i el vermell es 42,4mm.

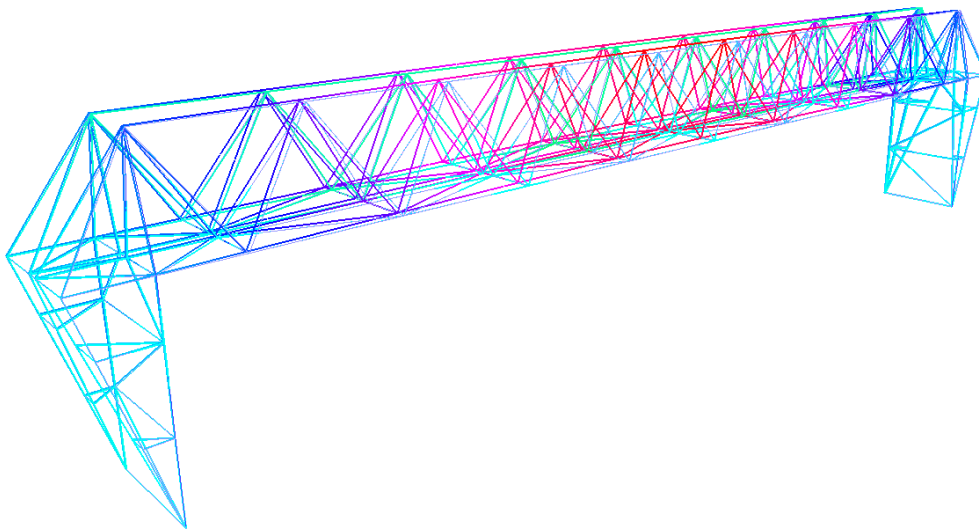


Figura B. 34: Deformació horitzontal en l'estructura en 3D.



### B.5.3 Perfil CHS 114,3x5,0

#### B.5.3.1 Comprovació de resistència

El perfil CHS 114,3x5,0 que uneix la biga i el pilar, és el perfil que suporta la tensió més gran. Resisteix una tensió màxima de 157,4 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 19})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(154,4 * 1.05)} = 1,42$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,42, per tant la biga suporta la tensió.

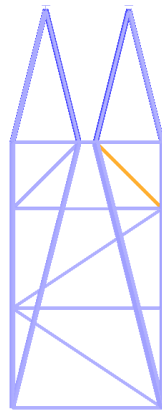


Figura B. 35: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.5.3.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament dels perfils 114,3x5,0, el més afectat és el mateix que el comprovat a l'apartat de resistència. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 75% en el vinclament en Y + flexió i un 76% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

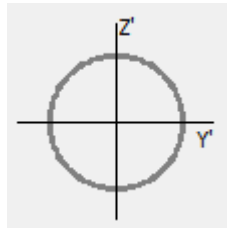


Figura B. 36: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	67 %
Pandeo Z	67 %
Pandeo por Torsión	54 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	75 %
Pandeo Z + Flexión	76 %

Figura B. 37: Resultats vinclament al Diamonds.

### B.5.3.3 Comprovació de fletxes

Pel que fa al seu desplaçament vertical màxim, aquest és de 8,6 mm en el mateix punt que a l'apartat de vinclament. En ser una biga de 2,83m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{2830}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 9,43 \text{ mm}$$

$$8,6 \leq 9,43$$

Per tant la biga compleix.

## B.5.4 Perfil CHS 101,6x4,0

### B.5.4.1 Comprovació de resistència

Els perfils CHS 101,6x4,0 són un cas especial, ja que són perfils rigiditzadors i de menor longitud. La barra que suporta més esforços està situada entre els dos pilars verticals, col·locada de manera horitzontal. Resisteix 128,9MPa, essent el coeficient de seguretat de l'acer de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 20})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(128,9 * 1.05)} = 1,74$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,74, per tant la biga suporta la tensió.

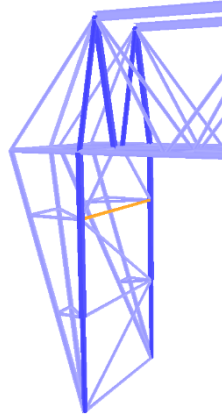


Figura B. 38: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.5.4.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament dels perfils 101,6x4,0, els més afectats són les barres inclinades. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 20% en el vinclament en Y + flexió i un 20% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

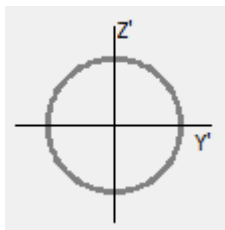


Figura B. 39: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	15 %
Pandeo Z	15 %
Pandeo por Torsión	11 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	20 %
Pandeo Z + Flexión	20 %

Figura B. 40: Resultats vinclament al Diamonds.

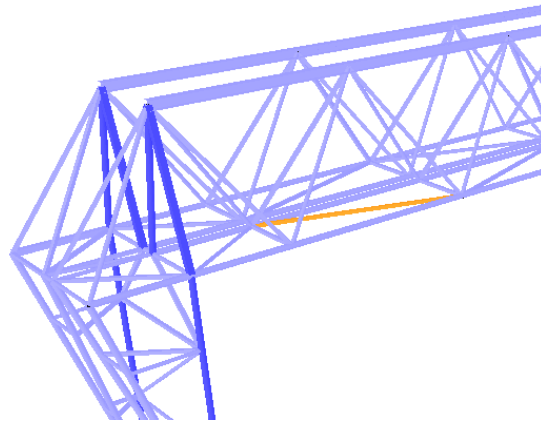


Figura B. 41: Ubicació de l'element estudiat.

### B.5.4.3 Comprovació de fletxes

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 10,8 mm en el punt on el pilar inclinat s'ajunta amb l'estructura triangular. En ser una biga de 4,82m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{4820}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 16,06 \text{ mm}$$

$$10,8 \leq 16,06$$

Per tant la biga compleix.

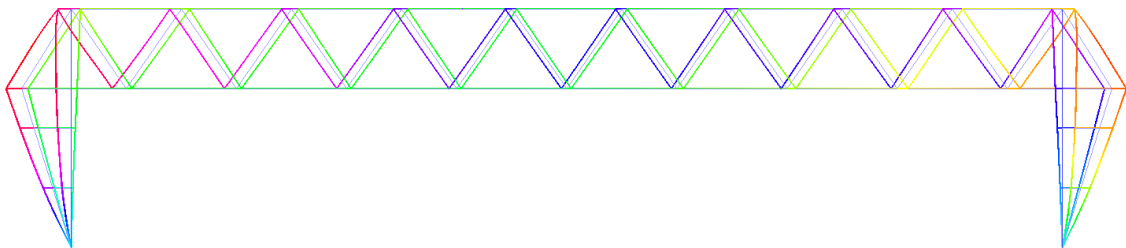


Figura B. 42: Deformació vertical en l'estructura.

L'altre desplaçament horitzontal que pateix el pòrtic, en el mateixa direcció que les vies del tren, a la mateixa biga que a l'apartat de resistència, és de 17,5 mm. En ser una biga de 5,9m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{5900}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$17,5 \leq 19,6$$

Es compleix la condició.

## B.6. DIMENSIONAMENT CAS III

Per dimensionar l'últim cas, utilitzarem el mateix programa que als 2 apartats anteriors, Diamonds. No s'exposaran els càlculs de tots els perfils, només d'aquells els quals suporten els esforços més alts. També s'analitzarà el vinclament de les barres, amb l'ajuda el propi programa.

La normativa no estipula en cap moment una fletxa màxima. Tot hi així és realitzarà una comprovació seguint la combinació d'accions del CAS III (Eq. B.10). Aquesta comprovació es un decisió personal, de caràcter visual, no contemplada en la normativa aplicada.

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300} \quad (\text{Eq. B. 21})$$

### B.6.1 Perfil HEB 260

#### B.6.1.1 Comprovació de resistència

En aquest cas el perfil HEB 260 gairebé no pateix esforços, i la part més afectada està just al centre del pòrtic. Resisteix una tensió màxima de 17,8 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 22})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(17,8 * 1.05)} = 12,57$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,38, per tant la biga suporta la tensió.

#### B.6.1.2 Comprovació de vinclament

En quant al vinclament de la biga, la biga paral·lela a l'esmentada és la mes afectada. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 8% en el vinclament en Y + flexió i un 11% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

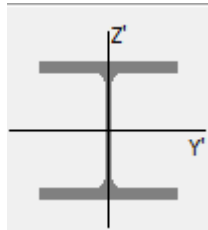


Figura B. 43: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	6 %
Pandeo Z	9 %
Pandeo por Torsión	7 %
Pandeo lateral	1 %
Pandeo Y + Flexión	8 %
Pandeo Z + Flexión	11 %

Figura B. 44: Resultats vinclament al Diamonds.

### B.6.1.3 Comprovació de fletxes

Per a la fletxa màxima en els perfils HEB 260, es coincideix amb el perfil estudiat a l'apartat anterior de vinclament.

El seu desplaçament vertical màxim és de 19,0 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$19 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix.

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 49,5 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$49,5 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix.

## B.6.2 Perfil CHS 168,3x5,0

### B.6.2.1 Comprovació de resistència

En el perfil CHS 168,3x5,0, és el que suporta la tensió més gran és el pilar vertical. Resisteix una tensió màxima de 87,7 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 23})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{87,7 * 1.05) = 2,55$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 1,21, per tant la biga suporta la tensió.

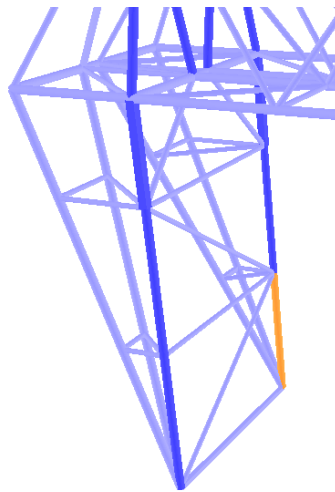


Figura B. 45: Ubicació de l'element estudiat.

### B.6.2.2 Comprovació de vinclament

En quant al vinclament dels perfils CHS 168,3x5,0, els més afectats són els mateixos pilars verticals als analitzats a l'apartat de resistència. El propi programa Diamonds, ens calcula a quin % estan del seu límit de vinclament.



S'obté un valor del 38% en el vinclament en Y + flexió i un 37% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

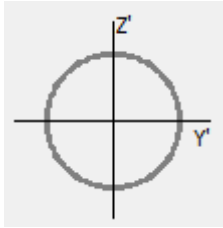


Figura B. 47: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	34 %
Pandeo Z	34 %
Pandeo por Torsión	31 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	38 %
Pandeo Z + Flexión	37 %

Figura B. 46: Resultats vinclament al Diamonds.

### B.6.2.3 Comprovació de fletxes

Per a la fletxa màxima en els perfils CHS 168,3x5,0 cada desplaçament màxim està en una barra diferent, per la qual cosa s'analitzaran només les fletxes màximes dels perfils definits de l'estructura.

La fletxa amb desplaçament vertical màxim és de 14,6 mm. Esà situada al mig de l'estructura, dins la biga de 50m. Ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$14,6 \leq 166,6$$

Es compleix la condició.

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 10,7 mm en el punt on el pilar inclinat s'ajunta amb l'estructura triangular. En ser una biga de 8,4m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{8400}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 28 \text{ mm}$$

$$10,7 \leq 28$$

Per tant la biga compleix.

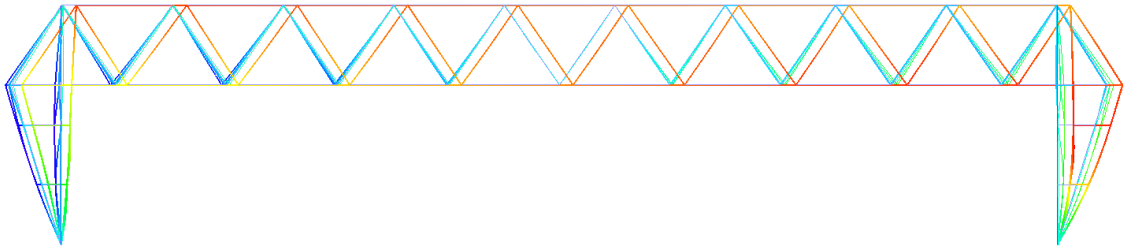


Figura B. 48: Deformació horitzontal en l'estructura.

L'altre desplaçament horitzontal que pateix el pòrtic, en la mateixa direcció que les vies del tren, a la meitat de l'estructura, és de 42,5 mm. En ser una biga de 50m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{50000}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 166,6 \text{ mm}$$

$$42,5 \leq 166,6$$

Per tant la biga compleix. S'adjunta un croquis en 3D, per a poder contemplar on la fletxa és màxima. Els colors representen la fletxa, on el blau és 0 i el vermell és 42,5mm.

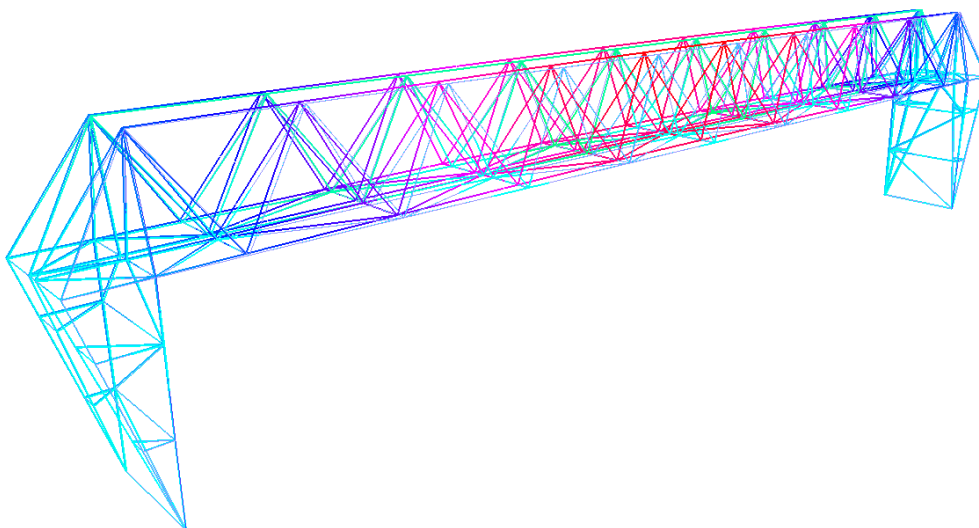


Figura B. 49: Deformació horitzontal en l'estructura en 3D.

### B.6.3 Perfil CHS 114,3x5,0

#### B.6.3.1 Comprovació de resistència

El perfil CHS 114,3x5,0 que uneix la biga i el pilar és el perfil que suporta la tensió més gran. Resisteix una tensió màxima de 57,5 MPa.

El coeficient de seguretat de l'acer és de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\grave{a}x} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 24})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(57,5 * 1.05)} = 3,90$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 3,90, per tant la biga suporta la tensió.

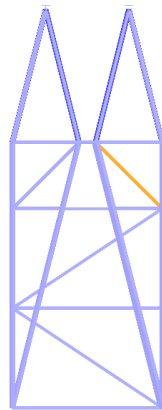


Figura B. 50: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.6.3.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament dels perfils 114,3x5,0, el més afectat és el mateix que el comprovat a l'apartat de resistència. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 28% en el vinclament en Y + flexió i un 27% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

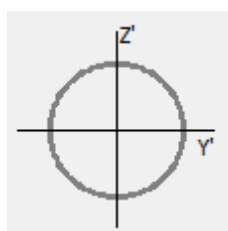


Figura B. 51: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	22 %
Pandeo Z	22 %
Pandeo por Torsión	18 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	28 %
Pandeo Z + Flexión	27 %

Figura B. 52: Resultats vinclament al Diamonds.

### B.6.3.3 Comprovació de fletxes

Pel que fa al seu desplaçament vertical màxim, aquest és de 8,6 mm en el mateix punt que a l'apartat de vinclament. En ser una biga de 1,2m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{2830}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 9,43 \text{ mm}$$

$$1 \leq 9,43$$

Per tant la biga compleix.

## B.6.4 Perfil CHS 101,6x4,0

### B.6.4.1 Comprovació de resistència

Els perfils CHS 101,6x4,0 son un cas especial, ja que són perfils rigiditzadors i de menor longitud. La barra que suporta més esforços està situada entre els dos pilars verticals, col·locada de manera inclinada. Resisteix 52,9MPa, essent que el coeficient de seguretat de l'acer es de  $\gamma = 1.05$ , i la seva resistència de 235MPa. Seguint l'equació següent podem obtenir el coeficient de seguretat corresponent.

$$\sigma_{adm} = \sigma_{màx} * \gamma \quad (\text{Eq. B. 25})$$

$$\frac{\sigma_{adm}}{(\sigma_{m\grave{a}x} * \gamma)} = \text{Coeficient de seguretat}$$

$$\frac{235}{(52,9 * 1.05)} = 4,23$$

Obtenim un coeficient de seguretat de 4,23, per tant la biga suporta la tensió.

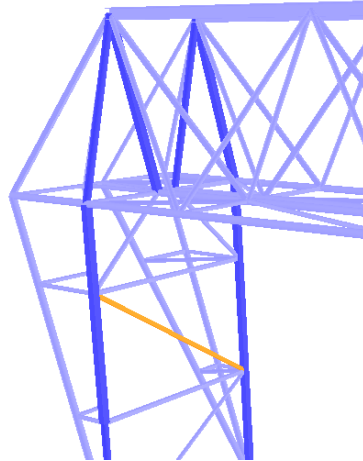


Figura B. 53: Ubicació de l'element estudiat.

#### B.6.4.2 Comprovació de vinclament

Pel que fa al vinclament dels perfils 101,6x4,0, la barra més afectada és la mateixa que la barra de l'apartat de resistència. El propi programa Diamonds ens calcula a quin % està del seu límit de vinclament.

S'obté un valor del 65% en el vinclament en Y + flexió i un 65% en el vinclament en Z + flexió. Com no es supera el 100%, significa que no es supera el vinclament màxim que la barra permet.

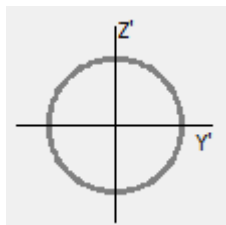


Figura B. 54: Referència dels eixos de vinclament.

Pandeo Y	62 %
Pandeo Z	62 %
Pandeo por Torsión	19 %
Pandeo lateral	0 %
Pandeo Y + Flexión	65 %
Pandeo Z + Flexión	65 %

Figura B. 55: Resultats vinclament al Diamonds.

**B.6.4.3 Comprovació de fletxes**

Pel que fa al seu desplaçament horitzontal màxim, aquest és de 10,7 mm en el punt on el pilar inclinat s'ajunta amb l'estructura triangular. En ser una biga de 4,82m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{4820}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 16,06 \text{ mm}$$

$$10,7 \leq 16,06$$

Per tant la biga compleix.

L'altre desplaçament horitzontal que pateix el pòrtic, en el mateixa direcció que les vies del tren, a la mateixa biga que a l'apartat de resistència, és de 12 mm. En ser una biga de 5,9m, ha de complir:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300}$$

$$\delta_{max} \leq \frac{5900}{300}$$

$$\delta_{max} \leq 19,66 \text{ mm}$$

$$12 \leq 19,66$$

Es compleix la condició.

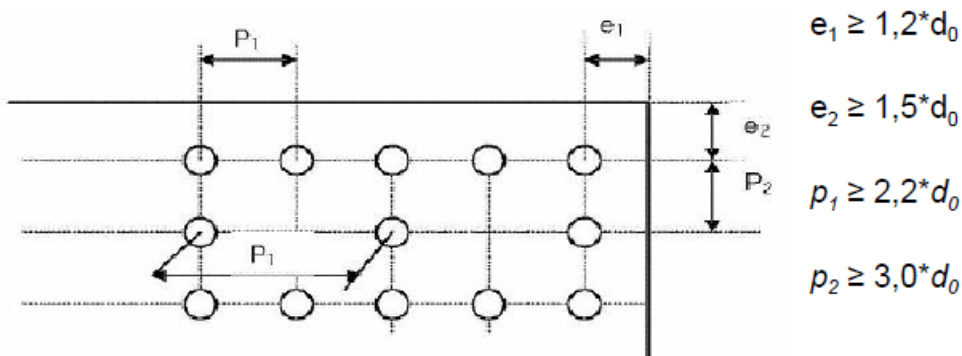
## B.7. CÀLCUL D'UNIONS

Per a realitzar el càlcul d'unions s'ha utilitzat el programa IDEA StatiCa, un programa d'elements. Utilitzarem les sol·licitacions calculades en el Diamonds per a garantir que les soldadures, plaques i cargols suportin la tensió.

L'estudi es realitzarà seguint el model cas II, degut a que és el que sotmet a més esforços l'estructura.

S'ha realitzat una verificació de les unions que tenen els casos més desfavorables. Les unions no presentades en l'annex seguiran els mateixos paràmetres de disseny.

El programa IDEA StatiCa utilitza el sistema de càlcul d'elements finits per a verificar les sol·licitacions dels elements dissenyats, tals com els cargols i les plaques. El programa també verifica que la col·locació dels cargols a les plaques sigui correcte.



<b>Categoría A</b>	Cortante y aplastamiento en T, TR (sin pretensado)
	$F_{v,Sd} \leq F_{v,Rd}$
	$F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$
<b>Categoría B</b>	Resistentes al deslizamiento en ELS (sólo TR)
	$F_{v,Sd,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$
	$F_{v,Sd} \leq F_{v,Rd}$
<b>Categoría C</b>	Resistentes al deslizamiento en ELU (sólo TR)
	$F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$
<b>Categoría D</b>	Tracción en tornillos ordinarios
	$F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$
<b>Categoría E</b>	Tracción en tornillos de alta resistencia
	$F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$

Taula B. 19: Base teòrica per a la verificació de plaques i cargols.

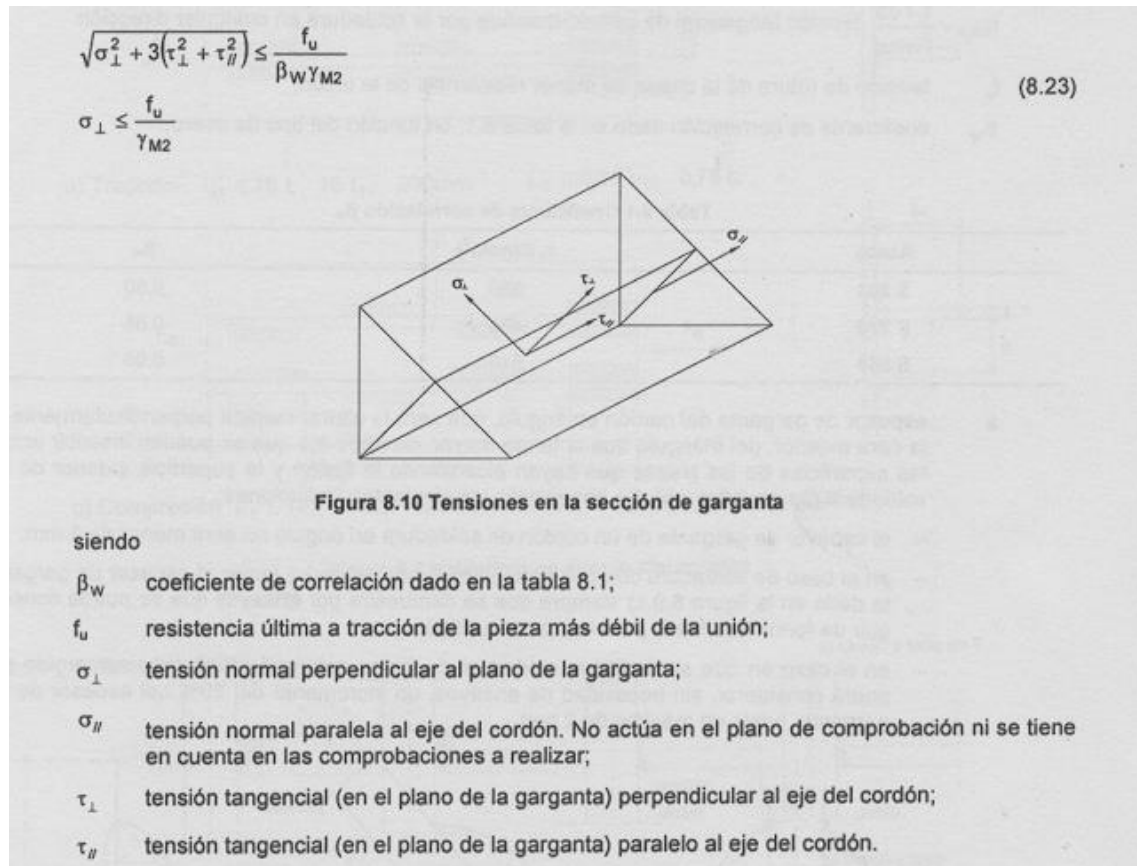


Figura B. 56: Base teòrica per a la verificació de les soldadures.

A la Figura B.56 es pot obtenir l'equació fonamental per a la verificació de soldadures. Per a la verificació es farà servir la formula dins la taula B. 20, la qual és una simplificació pel cantó de la seguretat, vàlida per a qualsevol direcció de la sol·licitació.

$F_{w,Rd} = \frac{a \cdot f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$	Acer	$\beta_w$
	S235	0,80
	S275	0,85
	S355	0,90

Taula B. 20: Simplificació de la verificació de les soldadures amb materials.







### B.7.3 Unió superior de la biga al pilar

Aquesta unió està damunt dels pilars verticals. Uneix de perfil HEB 260, dos perfils CHS 168,3x5,0, tres perfils CHS114,3x5,0 i un perfil CHS 101,6x4,0. La soldadura que suporta un esforç màxim és de 353MPa, amb un límit de 360MPa, per tant la nostra soldadura està al 98% de la seva capacitat.

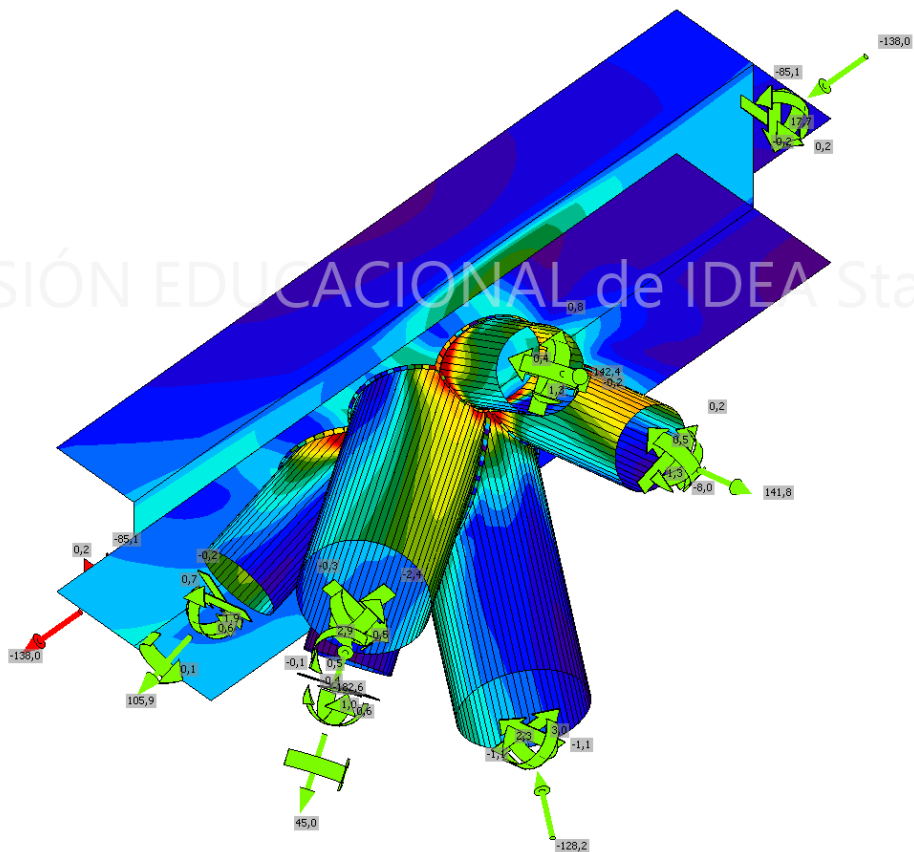


Figura B. 61: Repartiment de la tensió en la unió.

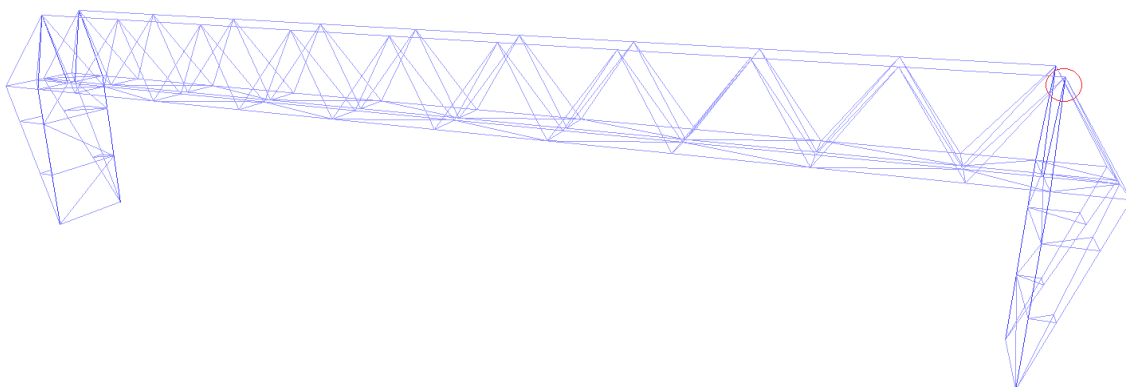


Figura B. 62: Ubicació de la unió estudiada.



### B.7.5 Unió inferior de la biga a 25m

Aquesta és la unió del pilar vertical amb els altres pilars inclinats. Uneix tres perfils CHS 168,3x5,0. La soldadura que suporta un esforç màxim és de 231,8MPa, amb un límit de 360MPa, per lo tant la nostra soldadura està al 64,4% de la seva capacitat.

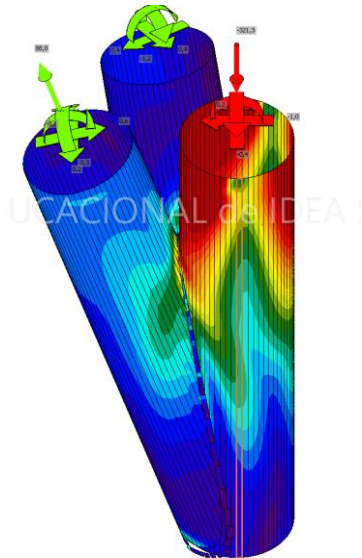


Figura B. 65: Repartiment de la tensió en la unió.

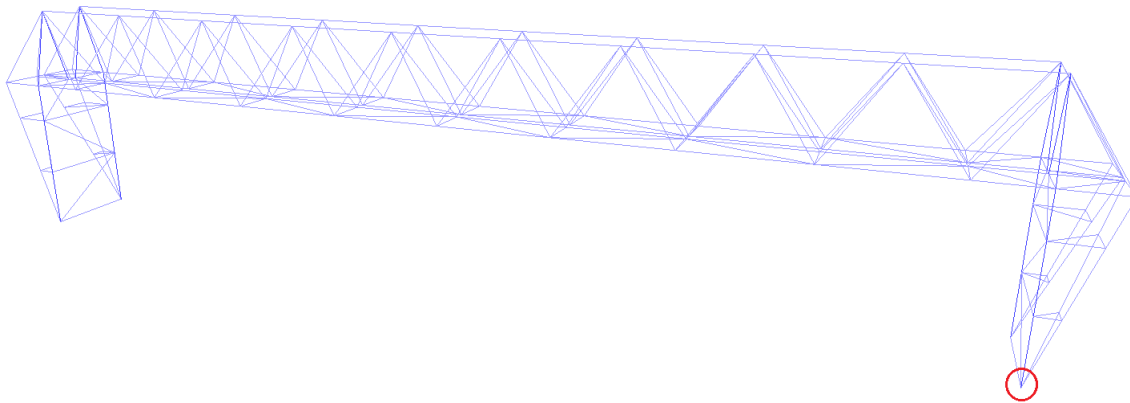


Figura B. 66: Ubicació de la unió estudiada.

### B.7.6 Unió de la biga CHS 168,3x5,0 a 16,66m

Aquesta unió de la biga CHS 168,3x5,0 està a 16,66m del pilar vertical. Uneix dos perfils CHS 168,3x5,0 a través d'una placa circular de radio 160 mm i  $e=12$ mm, soldada a cada perfil. Conté 8 cargols M16 8.8 repartits radialment. La soldadura que suporta un esforç màxim és de 353,1MPa, amb un límit de 360MPa, per tant la nostra soldadura està al 98,1% de la seva capacitat. El cargol que més carrega suporta és de 86,1 KN amb un límit de 90,4 KN, per tant compleix. La placa suporta un esforç de 240,8 MPa, per tant compleix.

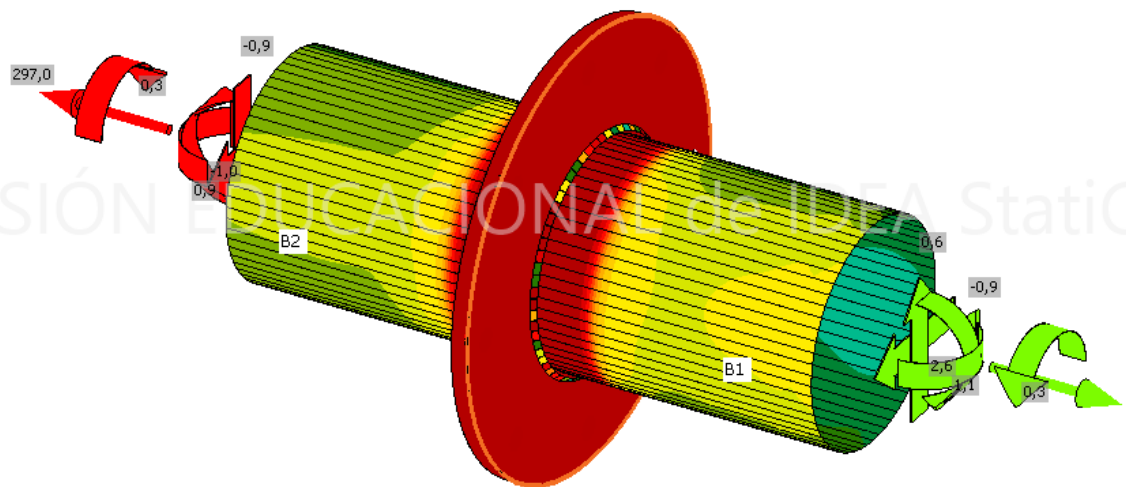


Figura B. 67: Repartiment de la tensió en la unió.

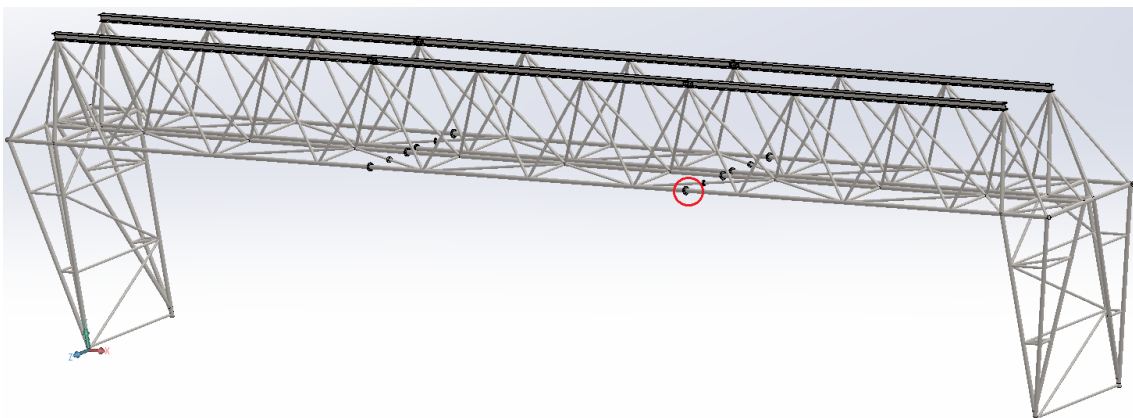


Figura B. 68: Ubicació de la unió estudiada.

**Verificación de tornillos para los efectos de la carga extrema**

		Estado	Ítem	Calidad	Cargas	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t_t}$ [%]	$U_{t_s}$ [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]
>	+	✓	B1	M16 8.8 - 1	LE1	80,2	0,5	69,0	88,7	0,8	64,1
	+	✓	B2	M16 8.8 - 1	LE1	82,0	0,5	85,7	90,7	0,8	65,6
	+	✓	B3	M16 8.8 - 1	LE1	84,4	0,4	88,5	93,4	0,6	67,3
	+	✓	B4	M16 8.8 - 1	LE1	86,1	0,3	83,5	95,2	0,4	68,4
	+	✓	B5	M16 8.8 - 1	LE1	86,0	0,2	82,9	95,1	0,3	68,3
	+	✓	B6	M16 8.8 - 1	LE1	84,4	0,1	84,3	93,3	0,2	66,9
	+	✓	B7	M16 8.8 - 1	LE1	82,0	0,1	64,9	90,7	0,2	65,0
	+	✓	B8	M16 8.8 - 1	LE1	80,2	0,3	60,2	88,6	0,5	63,8

Taula B. 22: Verificació cargols segons IDEA StatiCa

**Verificación de soldaduras para los efectos de la carga extrema**

		Estado	Ítem	Borde	$T_h$ \\\ [mm]	L [mm]	Cargas	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon,PI$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{  }$ [MPa]	$U_t$ [%]	$U_{tc}$ [%]
>	+	✓	PP1a	B1	▲ 5,0	513	LE1	353,1	0,2	134,2	-68,4	-175,7	98,1	56,2
	+	✓	PP1b	B2	▲ 5,0	513	LE1	353,1	0,2	136,2	-69,9	174,6	98,1	55,8

Taula B. 21: Verificació soldadures segons IDEA StatiCa

**B.7.7 Unió de la biga a CHS 101,6x4,0 a 16,66m**

Aquesta unió de la biga CHS 101,6x4,0 està a 16,66m del pilar vertical. Uneix dos perfils CHS 101,6x4,0 a través d'una placa circular de radio 160 mm i e=12mm, soldada a cada perfil. Conté 4 cargols M16 8.8 repartits radialment. La soldadura que suporta un esforç màxim és de 31,0MPa, amb un límit de 360MPa, per tant la nostra soldadura està al 8,6% de la seva capacitat. El cargol que més carrega suporta és de 6,8 KN amb un límit de 90,4 KN, per tant compleix. La placa suporta un esforç de 39,0 MPa, per tant compleix.

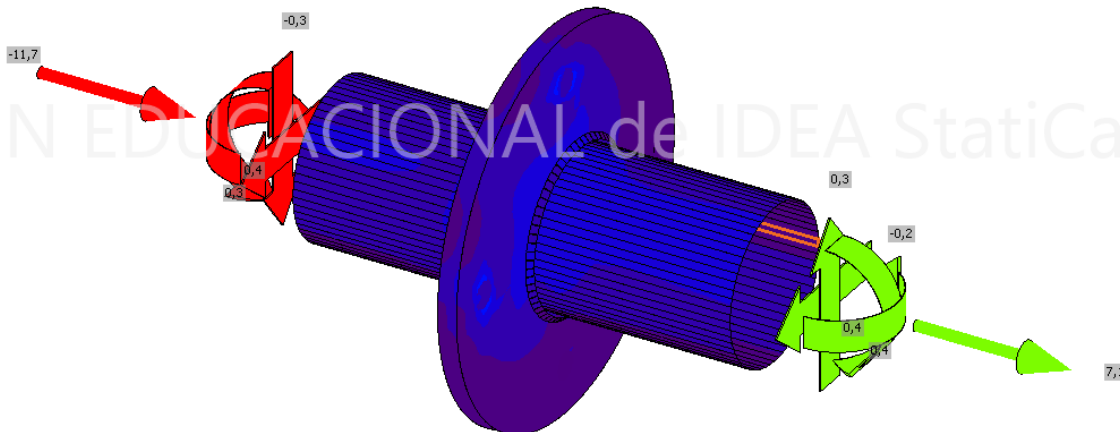


Figura B. 69: Repartiment de la tensió en la unió.

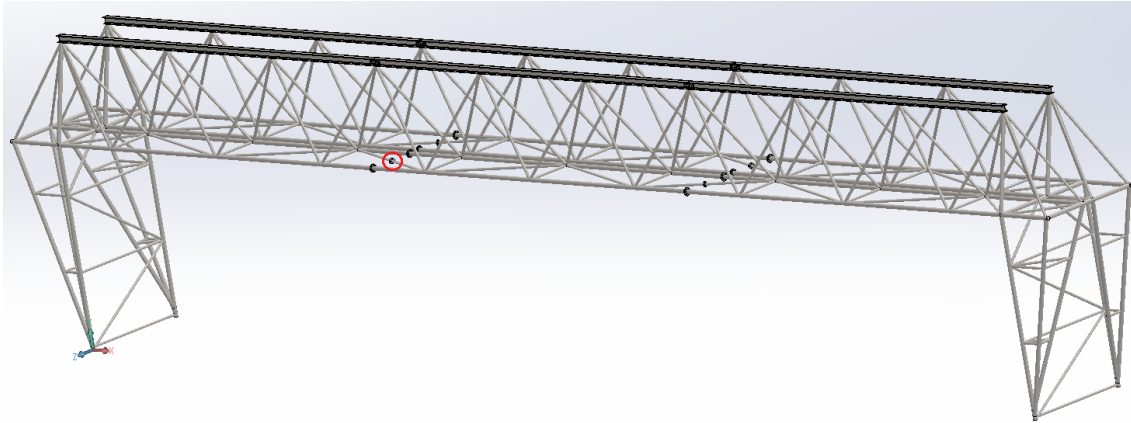


Figura B. 70: Ubicació de la unió estudiada.

**Verificación de soldaduras para los efectos de la carga extrema**

	Estado	Ítem	Borde	Th \\\ [mm]	L [mm]	Cargas	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon,PI$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	Ut [%]	U <sub>tc</sub> [%]	
>	+	✓	PP1a	B1	▲ 5,0	306	LE1	31,0	0,0	17,9	-14,2	-3,2	8,6	4,1
	+	✓	PP1b	B2	▲ 5,0	306	LE1	30,5	0,0	17,8	-14,1	2,5	8,5	4,0

Taula B. 24: Verificació soldadures segons IDEA StatiCa

**Verificación de tornillos para los efectos de la carga extrema**

	Estado	Ítem	Calidad	Cargas	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U <sub>t<sub>t</sub></sub> [%]	U <sub>t<sub>s</sub></sub> [%]	U <sub>t<sub>ts</sub></sub> [%]	
>	+	✓	B1	M16 8.8 - 1	LE1	0,9	0,1	83,2	1,0	0,2	0,8
	+	✓	B2	M16 8.8 - 1	LE1	6,8	0,1	76,8	7,5	0,1	5,5
	+	✓	B3	M16 8.8 - 1	LE1	6,8	0,1	83,5	7,5	0,2	5,5
	+	✓	B4	M16 8.8 - 1	LE1	0,9	0,1	76,8	1,0	0,1	0,8

Taula B. 23: Verificació cargols segons IDEA StatiCa

**B.7.8 Unió de la biga HEB 260 a 16,66m**

Aquesta unió de la biga HEB 260 està situada a 16,66m del pilar vertical. Uneix dos perfils HEB 260 i quatre perfils CHS114,3x5,0. Conté una placa de 496x 223 mm i e = 15mm. També conté 32 cargols M24 8.8. La placa està soldada a l'ànima de les bigues HEB 260.

La soldadura que suporta un esforç màxim és de 356,0MPa, amb un límit de 360MPa, per tant la nostra soldadura està al 98,9% de la seva capacitat. El cargol que més carrega suporta és de 43,5,8 KN amb un límit de 203,3 KN, per tant compleix. La placa suporta un esforç de 238,3 MPa, per tant compleix.



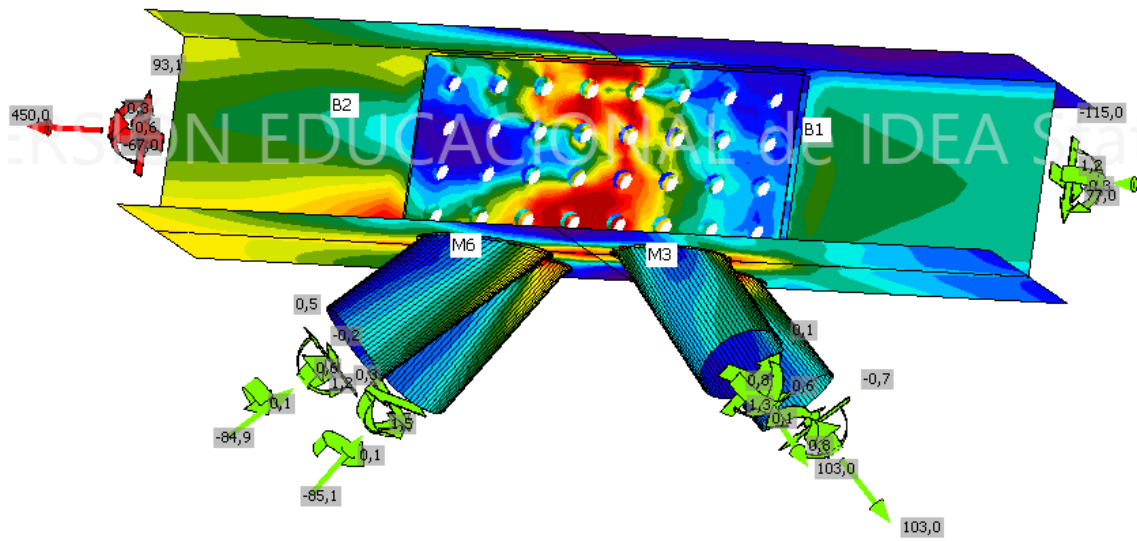


Figura B. 71: Repartiment de la tensió en la unió.

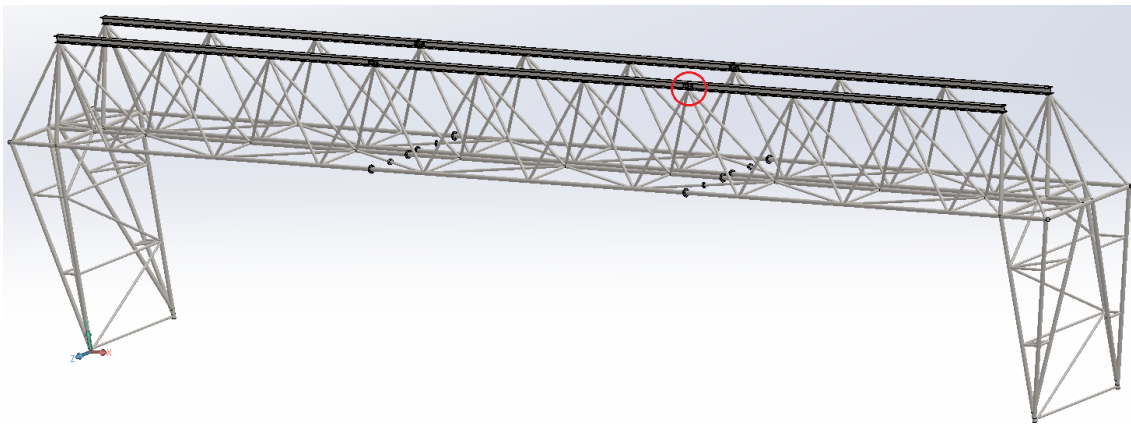


Figura B. 72: Ubicació de la unió estudiada.

**Tornillos**

Forma	Ítem	Calidad	Cargas	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{v,Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t_t}$ [%]	$U_{t_s}$ [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Estado
	B1	M24 8.8 - 1	LE1	1,9	1,3	33,5	0,9	7,2	1,6	OK
	B2	M24 8.8 - 1	LE1	1,1	0,5	56,0	0,6	1,3	0,8	OK
	B3	M24 8.8 - 1	LE1	0,6	0,4	93,7	0,3	0,4	0,5	OK
	B4	M24 8.8 - 1	LE1	0,6	0,2	94,7	0,3	0,1	0,3	OK
	B5	M24 8.8 - 1	LE1	0,7	2,5	48,2	0,3	10,1	2,1	OK
	B6	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	1,5	137,1	0,0	1,7	1,1	OK
	B7	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	0,9	137,1	0,0	0,8	0,7	OK
	B8	M24 8.8 - 1	LE1	1,4	0,4	67,9	0,7	0,6	0,8	OK
	B9	M24 8.8 - 1	LE1	0,8	4,6	137,1	0,4	6,3	3,7	OK
	B10	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	2,3	137,1	0,0	2,7	1,7	OK
	B11	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	1,1	69,2	0,0	2,1	0,8	OK
	B12	M24 8.8 - 1	LE1	2,4	0,5	67,9	1,2	0,8	1,2	OK
	B13	M24 8.8 - 1	LE1	2,8	4,2	46,2	1,4	9,2	4,1	OK
	B14	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	1,2	45,3	0,0	4,1	0,9	OK
	B15	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	0,6	43,7	0,0	1,3	0,4	OK
	B16	M24 8.8 - 1	LE1	1,3	0,4	43,9	0,6	0,9	0,7	OK
	B17	M24 8.8 - 1	LE1	0,7	3,0	41,9	0,3	11,6	2,4	OK
	B18	M24 8.8 - 1	LE1	0,2	1,0	45,3	0,1	2,7	0,8	OK
	B19	M24 8.8 - 1	LE1	0,3	0,3	45,3	0,2	0,5	0,4	OK
	B20	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	0,2	58,7	0,0	0,3	0,1	OK
	B21	M24 8.8 - 1	LE1	1,4	1,6	33,5	0,7	8,6	1,7	OK
	B22	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	1,4	137,1	0,0	1,3	1,0	OK
	B23	M24 8.8 - 1	LE1	0,0	0,7	137,1	0,0	0,5	0,5	OK
	B24	M24 8.8 - 1	LE1	0,5	0,3	58,7	0,2	0,5	0,4	OK
	B25	M24 8.8 - 1	LE1	0,7	4,0	45,3	0,3	15,4	3,2	OK
	B26	M24 8.8 - 1	LE1	0,1	2,3	45,3	0,1	7,1	1,7	OK
	B27	M24 8.8 - 1	LE1	0,2	1,1	45,3	0,1	2,4	0,9	OK
	B28	M24 8.8 - 1	LE1	2,8	0,6	67,9	1,4	0,9	1,4	OK
	B29	M24 8.8 - 1	LE1	10,0	5,7	45,3	4,9	24,2	7,7	OK
	B30	M24 8.8 - 1	LE1	2,8	0,9	45,3	1,4	2,7	1,7	OK
	B31	M24 8.8 - 1	LE1	1,6	0,3	48,4	0,8	0,6	0,8	OK
	B32	M24 8.8 - 1	LE1	4,1	0,3	60,9	2,0	0,5	1,7	OK

**Datos de diseño**

Calidad	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M24 8.8 - 1	203,3	309,4	135,6

Taula B. 25: Verificació cargols segons IDEA StatiCa

**Soldadures**

Ítem	Borde	$T_w$ [mm]	L [mm]	Cargas	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$U_t$ [%]	$U_{t,c}$ [%]	Estado
B1-w 1	SPL3a	▲ 8,0	244	LE1	353,6	0,5	30,2	36,3	-200,1	98,2	28,3	OK
B1-w 1	SPL3a	▲ 8,0	244	LE1	353,1	0,2	-60,9	11,1	-200,5	98,1	20,9	OK
B2-w 1	SPL3a	▲ 8,0	244	LE1	356,0	2,2	-49,0	52,9	196,6	98,9	64,4	OK
B2-w 1	SPL3a	▲ 8,0	244	LE1	355,8	2,1	33,2	-38,1	200,9	98,8	51,3	OK
B2-w 1	SPL3b	▲ 8,0	244	LE1	355,5	1,9	40,0	45,7	198,8	98,7	40,4	OK
B2-w 1	SPL3b	▲ 8,0	244	LE1	356,1	2,3	-23,8	-59,2	196,4	98,9	68,5	OK
B1-w 1	SPL3b	▲ 8,0	244	LE1	354,0	0,8	24,0	-36,9	-200,5	98,3	33,9	OK
B1-w 1	SPL3b	▲ 8,0	244	LE1	353,1	0,2	-23,9	6,2	-203,3	98,1	22,6	OK
B1-w 1	SPL3a	▲ 8,0	222	LE1	70,6	0,0	-28,0	-22,8	29,7	19,6	14,8	OK
B2-w 1	SPL3a	▲ 8,0	222	LE1	119,3	0,0	-51,5	-44,9	43,0	33,1	18,4	OK
B2-w 1	SPL3b	▲ 8,0	221	LE1	135,4	0,0	-57,8	51,5	48,4	37,6	17,7	OK
B1-w 1	SPL3b	▲ 8,0	221	LE1	79,3	0,0	-25,2	19,8	38,6	22,0	17,7	OK
B1-bfl 1	M3	▲ 4,0	355	LE1	353,0	0,2	70,9	-196,3	36,3	98,1	42,3	OK
B1-bfl 1	M4	▲ 4,0	279	LE1	353,0	0,1	53,3	-166,1	-114,0	98,1	42,0	OK
M3-arc 53	M4	▲ 4,0	135	LE1	259,4	0,0	-35,7	-22,7	-146,6	72,1	19,8	OK
B2-bfl 1	M6	▲ 4,0	279	LE1	334,7	0,0	-252,0	102,0	75,8	97,2	30,4	OK
M5-arc 53	M6	▲ 4,0	135	LE1	184,6	0,0	19,9	4,8	105,8	51,3	12,2	OK
B2-bfl 1	M5	▲ 4,0	355	LE1	297,4	0,0	-177,4	88,3	-105,9	82,6	30,4	OK

**Datos de diseño**

Material	$\beta_w$ [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 235	0,80	360,0	259,2

Taula B. 27: Verificació soldadures segons IDEA StatiCa

**Placas**

Nombre	$t_p$ [mm]	Cargas	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{c,Ed}$ [MPa]	Estado
B1-bfl 1	17,5	LE1	230,6	0,0	0,0	OK
B1-tfl 1	17,5	LE1	72,9	0,0	0,0	OK
B1-w 1	10,0	LE1	228,6	0,0	15,7	OK
B2-bfl 1	17,5	LE1	231,7	0,0	0,0	OK
B2-tfl 1	17,5	LE1	142,1	0,0	0,0	OK
B2-w 1	10,0	LE1	236,3	0,6	20,9	OK
M3	5,0	LE1	215,8	0,0	0,0	OK
M4	5,0	LE1	213,8	0,0	0,0	OK
M5	5,0	LE1	227,1	0,0	0,0	OK
M6	5,0	LE1	208,0	0,0	0,0	OK
SPL3a	15,0	LE1	238,3	1,6	19,6	OK
SPL3b	15,0	LE1	237,5	1,2	10,0	OK

**Datos de diseño**

Material	$f_y$ [MPa]	$\epsilon_{lim}$ [%]
S 235	235,0	5,0

Taula B. 26: Verificació plaques i platines segons IDEA StatiCa

# **ANNEX C: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT**

L'Estudi de seguretat i salut servirà per donar unes directrius bàsiques a l'empresa constructora per dur a terme les seves obligacions en el terreny de la prevenció de riscos professionals, facilitant el seu desenvolupament.

## **C.1 EN LA CONSTRUCCIÓ**

### **C.1.1 Riscos professionals**

#### C.1.1.1 Pols i soroll

Segons normativa espanyola RD286/2006, s'estableixen uns valors límit d'exposició:

- Exposició diària: el nivell de soroll mig en dB que rep un treballador en una jornada de 8 hores no podrà sobrepassar els 87 dB.
- Nivell de pic: en qualsevol instant el nivell de soroll no pot sobrepassar els 140 dB. S'utilitzaran mesures preventives quan el nivell d'exposició diària sigui superior als 85 dB o als 80 dB i el nivell de pic sigui de 137 dB o 135 dB respectivament.

Per prevenir o disminuir qualsevol acció que provoqui molèsties es duran a terme els següents punts:

- Bon manteniment de les màquines i equips de treball que generin soroll.
- Instal·lació de proteccions, ja siguin silenciadors, aïllants de vibracions, absorbidors de soroll, etc.
- Retirar les màquines de parets o cantonades.
- Protectors auditius pel treballador.

S'utilitzaran ulleres protectores en el cas que se'n pugui desprendre pols del material o pugui ser elevat del terra pel fet de caminar, seguin la norma UNE. EN 167/96.

De la mateixa manera també s'utilitzaran màscares amb paper filtrant mecànic per la possible inhalació constant.

### C.1.1.2 Cops contra objectes

Aquets cops solen ocasionar lesions lleus com talls, ferides, contusions, etc.

Per prevenir-ho s'han de deixar les zones de pas exemptes d'objectes, respectar els sentits de circulació establerts per a persones i trasllat d'equips.

- Vigilar en llocs de creuament, passadissos o rampes.
- No deixar res sobresortint o en voladís del seu lloc d'estància per evitar cops. En distingim també aquells cops ocasionats per vehicles.

### C.1.1.3. Caiguda d'objectes

La caiguda d'objectes és majoritàriament causa del treballador que duu a terme una acció o diposita incorrectament un element. Depenent de l'objecte pot ser que ningú sigui afectat si no és una zona gaire transitada, o greu o molt greu si cau des de certa altura i és contundent. S'han de seguir certs factors per evitar o disminuir considerablement les probabilitats que caigui un objecte, tant en moviment com si es troba estàtic.

- Respectar sempre les limitacions de càrrega en qualsevol vehicle de transport.
- Desar i emmagatzemar cada càrrega en el seu lloc corresponent, i que aquest sigui adequat i fàcil d'emmagatzemar.
- Assegurar-se que les màquines elevadores estan en bon estat.
- Evitar la manipulació de peces o caixes sense protecció a les mans, i més si aquestes són difícils d'agafar.
- Elements de seguretat a tots els ganxos o elements d'elevació.
- No transitar per sota de càrregues que estiguin suspeses.
- Formar als treballadors per dur a terme les accions d'elevació i descens de càrregues amb maquinària correctament.
- Elements sonors i visuals quan es desplacin càrregues.

#### C.1.1.4. Elements tallants

Quan es manipulen certes eines o màquines per a la mecanització o qualsevol procés, és fàcil que es produeixin lesions lleus com talls o ferides i, tot i que no tant probable, també se'n poden produir de greus com amputacions o pèrdua de membres.

Per disminuir el risc es recomana:

- Correcte manteniment de les màquines i eines.
- Evitar les distraccions durant la manipulació d'aquestes.
- Facilitar guants de seguretat per a la correcta activitat.
- Formar als treballadors en el cas d'inexperiència per evitar sorpreses o desconeixement.
- No netejar les màquines o eines amb les pròpies mans.

#### C.1.1.5. Atrapament per maquinària

L'atrapament per maquinària és aquell que esdevé en la manipulació de màquines que poden comportar lesions lleus com ferides, talls, etc. o greus com amputacions, aixafament o pèrdua de membres degut a la funció que s'està duent a terme. Davant de la perillositat i la gravetat que comporta i segons el grau de facilitat a què es pot estar sotmès, es defineixen certes precaucions o elements de seguretat els quals seran d'obligada implementació.

- Formació dels treballadors per avisar-los del grau de perillositat al que estan exposats.
- Tots els elements mòbils mecànics han d'estar prevists amb elements de protecció (pantalles protectores, resguards, etc.) per impedir l'accés a les zones més problemàtiques.
- Respectar els procediments especificats pel fabricant alhora de interactuar amb les màquines.
- Implementació de sistemes d'arrencada i parada per evitar el funcionament d'aquestes sense personal al davant.
- Respectar les operacions establertes pel fabricant de manteniment, neteja i reparació, les quals es duran a terme sempre amb personal especialitzat i amb les màquines en repòs.

#### C.1.1.6. Accionament involuntari

Un dels factors que comporta certa perillositat és el fet de l'accionament involuntari de les màquines. Sense les mesures preventives tant per part de la màquina com per part del que hi interactua, es poden produir lesions tant per part del propi treballador com per la resta.

Per evitar-ne l'accionament sense la pròpia voluntat es descriuen a continuació aspectes a seguir:

- Equipar la maquinària amb els accionaments i polsadors adequats per tal que aquesta no pugui accionar-se a causa d'un cop o gests involuntaris.
- Tenir especial cura a l'hora d'estar a prop de màquines per no provocar l'accionament d'aquestes.

#### C.1.1.7. Sobreesforç

Per la correcta i funcional jornada del treballador és imprescindible que aquest no sigui sotmès a postures incòmodes, ja sigui per una persona que fa treball estàtic com per una persona que carrega pesos o fa treball dinàmic. Poden ser-ne fruit lesions lleus o greus, des de luxacions fins a problemes a l'esquena per carregar molt de pes.

Per evitar aquestes lesions:

- Facilitar i evitar que el treballador carregui molt de pes; hauria de ser ajudat per una màquina.
- Formar als treballadors de les correctes postures, baixada de càrregues, temps màxim duent una tasca a terme, etc.
- No sobrepassar les hores límit assentat ni de jornada.

#### **C.1.2. Prevenció de riscos**

Descripció de tots els riscos possibles als que els treballadors poden ser exposats o presenciar en qualsevol moment de la seva estància o jornada de treball. En distingim els riscos professionals i els riscos de danys a tercers.

Quan ens referim a un treballador en concret:

- Cascs per a totes aquelles persones que participin tant activament com passivament a l'obra.
- Guants d'ús general, distingint-ne els especialitzats per soldadura, de goma, dielèctrics, etc.
- Botes de seguretat.
- Ulleres contra impactes i antipols, així com per oxitall.



- Pantalla de soldador.
- Màscares antipols i gasos nocius.
- Protectors auditius.
- Armilles reflectants.

Si parlem d'un col·lectiu:

- Tanques de limitació i protecció.
- Senyals visuals i acústiques.
- Finals de trajecte per a vehicles.
- Elements de protecció passiva contra incendis.
- Roba de protecció o "mono" adequat per a cada treballador, per tal de poder realitzar la seva tasca correctament sense impediments ni dificultats.

## **C.2. EN L'ÚS**

- Obligatori seguir les normes de seguretat esmentades i establertes per la pròpia empresa. En cas de faltar alguna alerta notificar-ho per prendre mesures.
- No es poden desmuntar sota cap concepte els elements de seguretat de què disposen les màquines. S'ha d'avisar a personal especialitzat per actuar-hi en cas que sigui necessari accedir a algun lloc.
- Per a la realització de proves es necessita personal dedicat per poder-les realitzar.
- En cas d'emergència avisar a tothom i no utilitzar els sistemes de protecció passiva i activa, mai intentar apagar-ho un mateix o eliminar-ne la substància sense notificació a experts.
- No manipular maquinària sense les proteccions adients, així com sense certificació per poder-la utilitzar.
- Davant de qualsevol averia o incidència en una màquina no manipular-la un mateix, es requereix sempre de personal especialitzat. Notificar-ho tot i no utilitzar-la novament, per qui pugui fer-ne ús més tard.