

**Treball final de grau**

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:** Nau industrial amb cobertes de plaques solars.

**Document:** Memòria i Annexos

**Alumne:** Mohamed el aazzouzi ainaaissa

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

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

**Àrea:** Enginyeria de la Construcció

**Convocatòria (mes/any)** Juny de 2022

# Índex

<b>MEMÒRIA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Antecedents.....</b>	<b>6</b>
1.1.1. Peticionari.....	6
1.1.2. Entorns i croquis.....	6
1.1.3 Problema i solució.....	7
<b>1.2 Objecte: .....</b>	<b>7</b>
1.2.1. Especificacions de la petició.....	7
1.2.2. Abast del projecte.....	8
<b>2. NORMES D'APLICACIÓ.....</b>	<b>8</b>
<b>3. ESTRUCTURA METÀL·LICA .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Característiques dels materials .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Geometria de l'estructura.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Muntatge Materials de l'estructura i unions.....</b>	<b>9</b>
3.4.1 FONAMENTACIÓ I SOLERA.....	10
3.4.2 Perfils i elements suports. ....	11
3.4.3 Muntatge Protecció del sostre i Les plaques solars.....	18
<b>4. Instal·lació elèctrica fotovoltaica .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Normativa. ....</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Especificacions. ....</b>	<b>20</b>
<b>4.3 Elements de per connectar la fotovoltaica.....</b>	<b>21</b>
<b>4. RESUM DE LES CÀRREGUES.....</b>	<b>23</b>
<b>5. RESUM PRESSUPOST .....</b>	<b>23</b>
<b>6. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....</b>	<b>23</b>
<b>7.BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>24</b>
<b>ANNEX A: CÀLCUL ESTRUCTURAL .....</b>	<b>25</b>
<b>A.1 CONSIDERACIONS.....</b>	<b>26</b>
<b>A.2. Accions .....</b>	<b>26</b>
<b>A.2.2 Càrregues permanents .....</b>	<b>26</b>
<b>A.2.3 CARREGA MANTENIMENT. ....</b>	<b>27</b>
<b>A.2.4 CÀRREGA DE VENT. ....</b>	<b>27</b>

<b>A.2.3 CÀRREGUES VARIABLES</b> .....	<b>28</b>
A.2.3.1 Direcció vent de la nau 45 graus. ....	28
A.2.3.2 Direcció vent 135 graus .....	29
A.2.3.3 Carrega de neu. ....	30
<b>A.3 COMBINACIÓ D'ACCIONS</b> .....	<b>31</b>
<b>A.3.1 Combinació d'accions</b> .....	<b>31</b>
<b>A.3.2 Estat Límit de Servei (ELS)</b> .....	<b>33</b>
<b>A.4 ANÀLISI ESTRUCTURAL</b> .....	<b>34</b>
<b>A.4.1 Carreges i Reaccions</b> .....	<b>36</b>
<b>A.4.2 Pòrtic interior</b> .....	<b>36</b>
A.4.2.1 Verificació de resistència i estabilitat .....	36
A.4.2.2 Verificació de deformacions en ELS.....	37
A.4.2.3 ELU Comprovació fletxa vertical.....	38
A.4.2.4 Comprovació de la deformació de les bigues laterals. ....	38
A.4.2.5 Envoltent-ELS Comprovació fletxa vertical .....	39
<b>A.4.3 Verificació de resistència</b> .....	<b>40</b>
A.4.3.1 Verificació de resistència a nivell de secció.....	40
A.4.3.2 Verificació de resistència a nivell de barra .....	41
<b>A.4.4 Càlcul de resistència</b> .....	<b>41</b>
4.4.1 Verificació a nivell de lateral.....	42
4.4.2 Verificació a nivell de barra Central.....	44
<b>A.5.CÀLCUL D'UNIONS</b> .....	<b>46</b>
<b>A.5.1 Unió creus lateral.</b> .....	<b>47</b>
<b>A.5.2 Unió perfil HEA 400 a IPE360.</b> .....	<b>48</b>
<b>A.5.3 Unió tensor part superior de la nau</b> .....	<b>48</b>
<b>A.5.4 Unió tensor L60.</b> .....	<b>49</b>
<b>A.5.5 UNIÓ CREUS LATERAL.</b> .....	<b>50</b>
<b>A.6 CÀLCUL DE LA FONAMENTACIÓ</b> .....	<b>50</b>
<b>6.1 Càlcul de ancoratge Resistència zona compressió.</b> .....	<b>52</b>
<b>ANNEX B: FITXES TÈCNIQUES</b> .....	<b>54</b>
<b>ANNEX C: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT</b> .....	<b>57</b>
<b>C.1 OBJECTE</b> .....	<b>58</b>
<b>C.2 EN LA CONSTRUCCIÓ</b> .....	<b>58</b>
<b>C.3 IDENTIFICACIÓ DE RISCOS</b> .....	<b>59</b>

C.3.1 Maquinària.....	59
C.3.2 Treballs manuals.....	59
C.3.3 Relacionats amb l'entorn.....	59
<b>C.4 MESURES DE PROTECCIÓ .....</b>	<b>60</b>
C.4.1 Equip de protecció.....	60
C.4.2 Accions de prevenció .....	60
<b>C.5 PRIMERS AUXILIS .....</b>	<b>60</b>
<b>C.6 ALTRES ASPECTES A TENIR EN COMPTE.....</b>	<b>61</b>

# MEMÒRIA

## 1.INTRODUCCIÓ

### 1.1. Antecedents

#### 1.1.1. Peticionari

El canvi climàtic i la crisi energètica estan potenciant les energies renovables. Una de les conseqüències ha estat la reducció dràstica dels costos de instal·lació de plaques solars, la qual està fent possible la seva proliferació, sovint en zones de conreu, el qual podria ser evitable. Una forma de limitar l'impacte en l'entorn natural degut a les energies renovables és integrar-les en el paisatge urbà i industrial. Per aquest motiu he pensat dedicar aquest projecte a una nau industrial amb coberta solar.

#### 1.1.2. Entorns i croquis

Es un dels polígons més importants de Girona, amb grans fabricants de indústria i la nau del projecte es ubica a fernells de la selva (Girona).



Fig. 1: Ubicació projecte

### 1.1.3 Problema i solució

Un dels problemes genèrics que tenen les empreses, es el gasto del consum energètic i una de les solucions es incorporar plaques fotovoltaica. Fins feia anys no era tan rentable instal·lar plaques solars per el seu preu però avui dia l'energia solar es una solució per una inversió a llarg termini i per això per en aquest projecte s'incorporarà les plaques amb les respectives instal·lacions que a un principi l'idea es estalviar el gasto de les cobertes per posar directament panells solars fent us de cobertes i el mateix temps amortitzar l'energia elèctrica.

### 1.2 Objecte:

L'objecte és projectar una estructura metàl·lica amb el sostre inclinat de una sola caiguda d'aigua. La pendent serviria per incorporant plaques solars, la inclinació ajuda a treure el màxim rendiment de les plaques enfocant a llum del sol.

Principalment la idea es canviar les cobertes estàndards per plaques solars, es a dir les pròpies fotovoltaica farien us de coberta i el mateix temps per donar energia elèctrica a la nau industrial.

#### 1.2.1. Especificacions de la petició

Tema	O/D	Descripció
Ubicació	O	Situat al polígon de Girona, concretament a Fornells de la Selva
Funció	O	Suportar l'estructura amb les fotovoltaiques i amortitzar el consum elèctric
Tractament	O	A les unió de soldadura S'haurà d'aplicar un tractament de pintura a l'estructura per evitar l'oxidació del metall
Material	D	Perfils metàl·lics
Instal·lacions	O	Protecció de incendis i una il·luminació necessària per complir amb el reglament.
Dimensions	O	Una base de 25m x 35 m amb 5,5 m de un extrem i l'altre extrem de 10.5 m
Vida útil	D	65 anys
Forces	O	suportar el pes de l'estructura,
Manteniment	D	Revisions periòdiques i manteniment de les fotovoltaica
Costos	O	Cost de construcció no superior a 330.000 €

### 1.2.2. Abast del projecte.

A nivell general, aquest projecte inclourà la documentació necessària per a construir una nau industrial, pel que fa a estructura, coberta i fonamentacions. A nivell particular, aquest projecte inclourà una coberta fotovoltaica, i aquesta haurà de ser fàcilment incorporable i amortitzable.

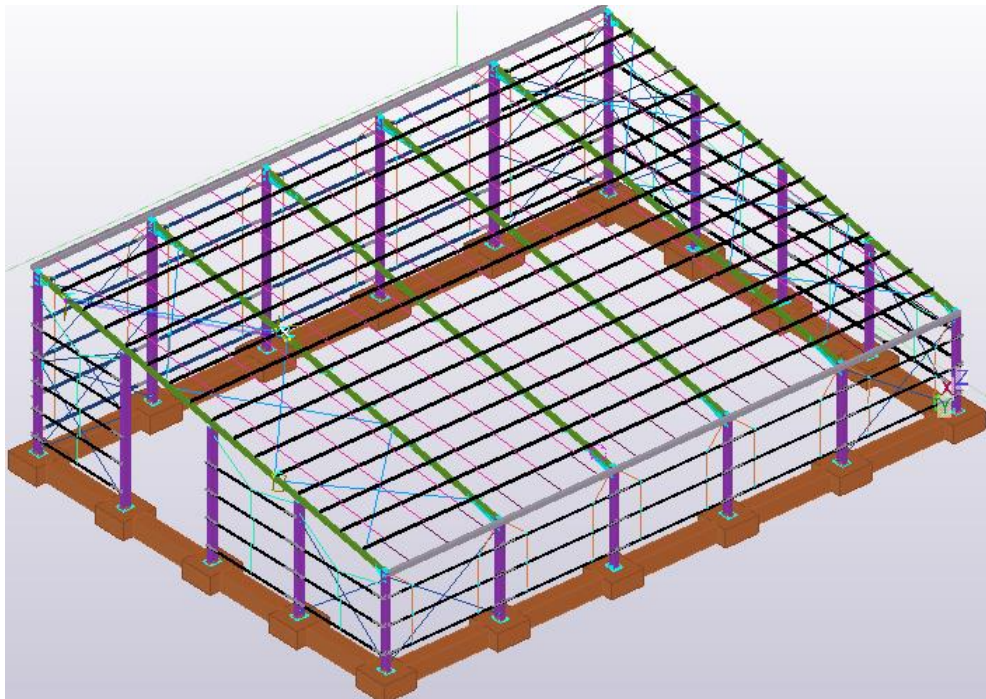
## 2. NORMES D'APLICACIÓ

Per la realització del projecte, en l'annex de càlcul s'ha tingut en compte l'aplicació del codi tècnic de l'edificació, en concret el Document Bàsic en Seguretat Estructural en estructures d'acer (DB SE-A), per a la comprovació d'esforços de les bigues i per la definició de les càrregues aplicades.

## 3. ESTRUCTURA METÀL·LICA

### 3.1 Característiques dels materials

El material utilitzat per els perfils de l'estructura és acer S-275JR i S355. Son un acers molt utilitzats en fabricació d'estructures d'acer soldat, ja que aquests admeten molt bé la soldadura. Les característiques mecàniques del material són les següents:



*Fig. 2: Model 3D de l'estructura*



### 3.3 Geometria de l'estructura

S'ha dissenyat l'estructura fent que un extrem de l'estructura sigui més llarg que un altre per treure més rendiment a les plaques, en concret un extrem es de 5.5 metres altura i l'altre es de 10.5 metres, la separació de pòrtics de 6.2 metres mentre que els perfils laterals que subjecten el perfil IPE 360 de cada extrems la seva separació es de 7 metres.

Les columnes que aguanta l'estructura es una perfil HEA 400 i son els perfils més rígids de l'estructura, s'ha optat per aquest perfil perquè suporten i contenen la pressió, pes, tensió i flexió.

Les bigues que aguanta tot el sostre es un IPE 360, s'ha ha calculat si el perfil per si sol podria suportar tota la carrega sense provocar gaire fletxa i segons els càlculs s'ha demostrat que no era suficient els perfils únicament, i com a solució s'ha forçat els perfils mitjançant cartel·les de costat a costat per suportar la màxima resistència de la fletxa. Segons la normativa cada cartel·la ha de ser de 10-15% de la longitud total del perfil.

Per les bigues, contra empentes de vent, per a cada cantonada de l'estructura s'ha instal·lat pòrtics cabeces per garantir l'estabilitat de l'estructura front a la carrega de vent, per tant mitjançant soldadura i unions cargolades, s'ha ha fet un disseny em forma de creus, fent servir material en forma de L precisament un perfil L60x6. I per els laterals del sostre s'ha reforçat amb tensors en forma de X, Son fixats amb soldadura i son tensors material cable rígid de diàmetre 16.

Per a les resistència a elements de carrega, s'ha optat per un perfil de tipus Z que va aguantat de entre cada pòrtic mitjançant suports cargolats i els extrems per fer el tancament s'ha dissenyat un tipus de canaló de un perfil Sleeve EB250-5-45-200-10

El perfil Z També s'han fet servir en els plans laterals de l'estructura, per garantir una alta resistència i son fixats al perfils HEA 400 amb cargols.

La idea principal es substituir les cobertes estàndards per plaques fotovoltaica però s'ha comprovat que la manera en que estarien col·locades les plaques, es dificultaria el seu manteniment.

Per altre banda la inclinació de les fotovoltaica, per un màxim rendiment, s'ha comprovat que no es suficient ja que la inclinació hauria de estar entre 25 i 30 graus, i la garantia de que no es penetri aigua a la nau no es segura i tampoc es troba cap normativa per seguir a nivell de naus industrials o edificis. Degut això s'ha fet alguns canvis necessaris per complir amb el correcta funcionament.

Per tant la geometria de les fotovoltaiques de com estar col·locades, quedarà modificada, i les plaques anirà collades sobre un suport inclinat que estarà fixat el sostre.

### 3.4 Muntatge Materials de l'estructura i unions

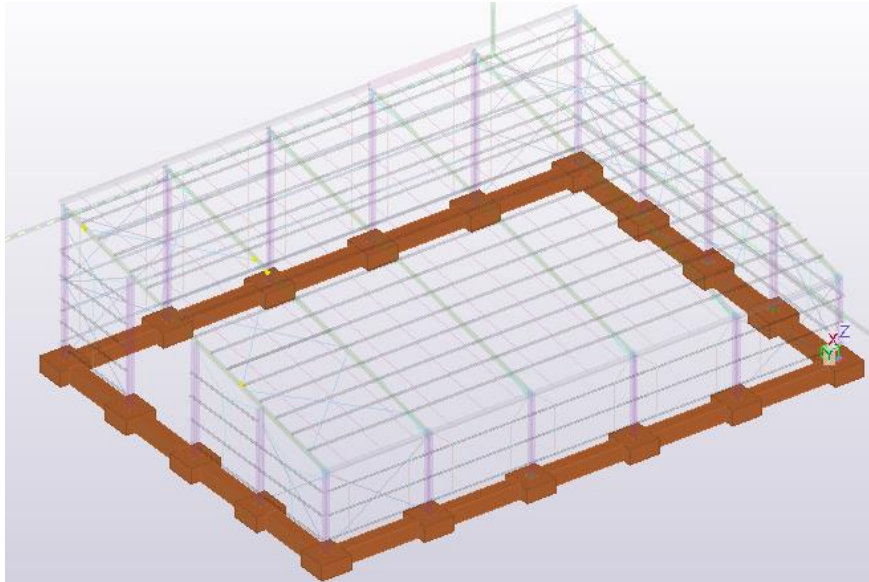
L'estructura està formada per diferents tipus de bigues i perfils de HEA 400, IPE 360, Sleeve EB250-5-45-200-10, perfils tipus Z, amb un material d'acer S355 i S-275JR .

Les unions consisteixen principalment en plaques cargolades i perfils units mitjançant soldadura.

Tota l'estructura està pintada amb pintures resistents a les condicions climatològiques.

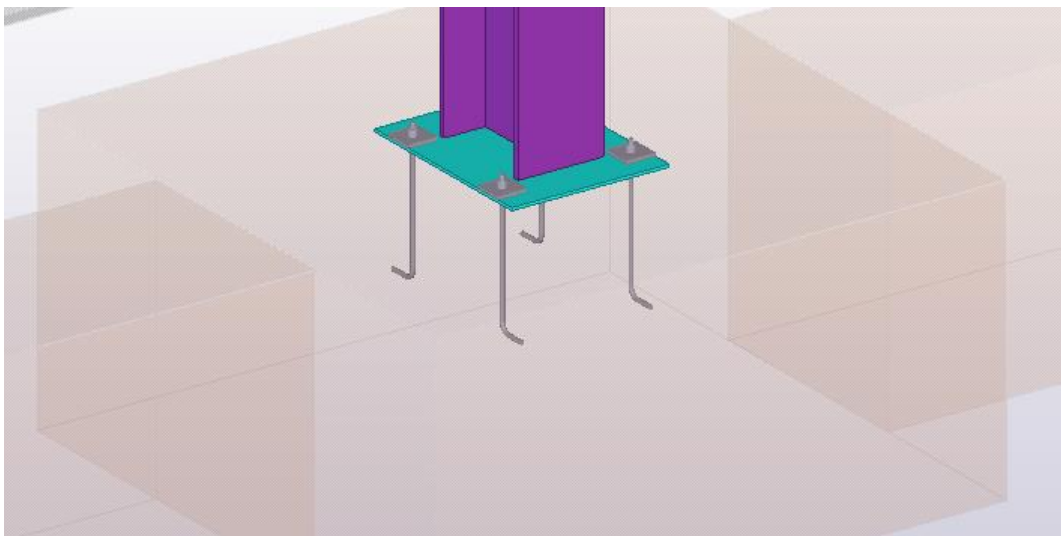
### 3.4.1 FONAMENTACIÓ I SOLERA.

La fonamentació és de sabates quadrades excèntriques i estaran unides mitjançant biga de HEA 400.



*Fig. 3: Representació sabates*

Per poder fer un muntatge òptim de l'estructura, es farà la fonamentació amb els ancoratges de tipus HA- 25/B/20/IIa,



*Fig. 4: Ancoratge*

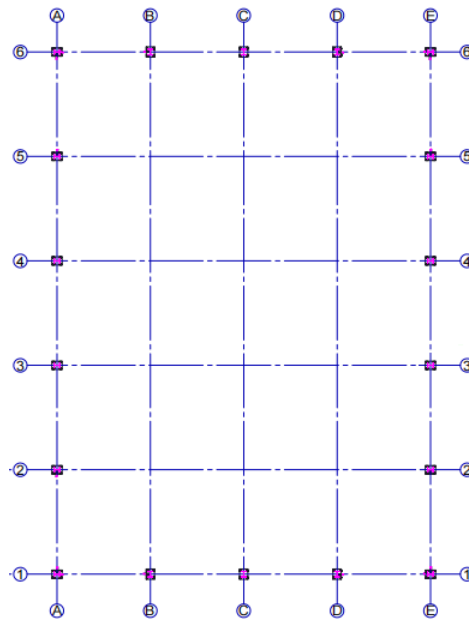


Fig. 5: Representació d'ancoratges

### 3.4.2 Perfils i elements suports.

Per aconseguir una inclinació de la nau, es disposa de diferents mides de perfil HEA 400, s'unirà cada pilars amb l'ancoratge segons indiquen els plànols.

Es posaran drets amb l'ajuda la grua.

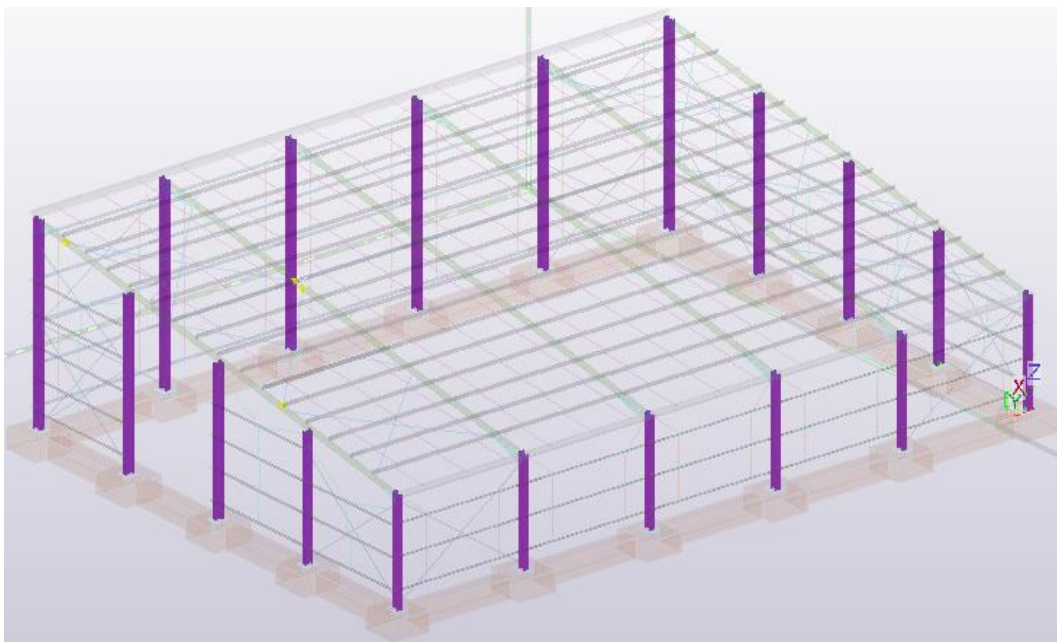
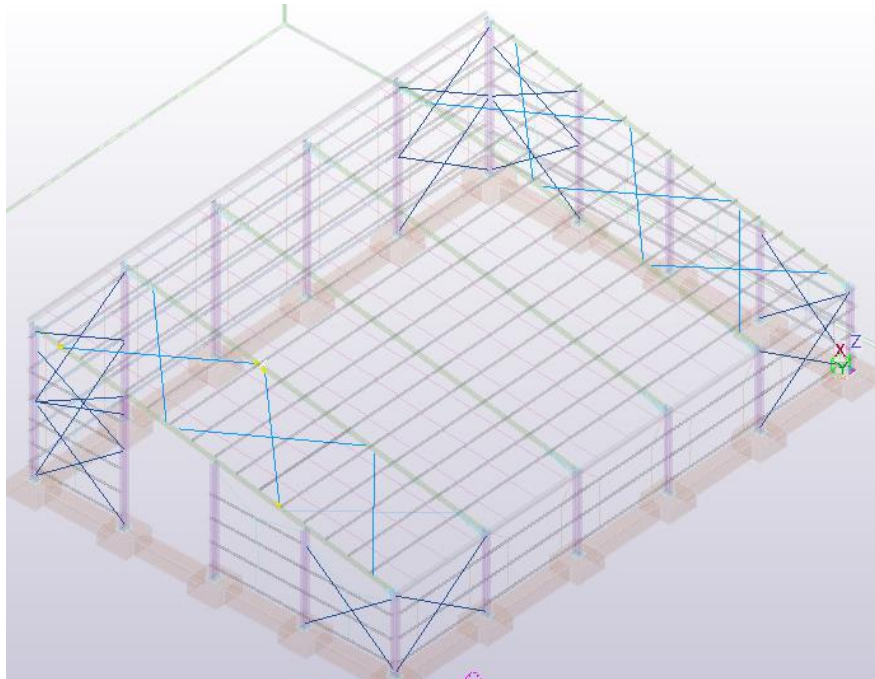


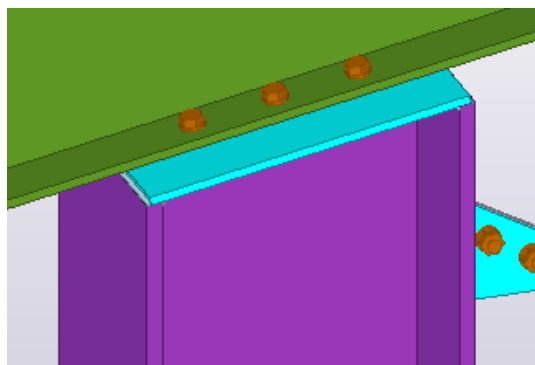
Fig. 6: Representació Pilars IPE400

Després unirem els pilars dels perfils HEA 400 amb els perfil IPE 360. Els perfils IPE 360 es posaran sobre els pilars amb l'ajuda de dues grues col·locant-los un darrera l'altre fins tenir l'escalet de l'estructura.

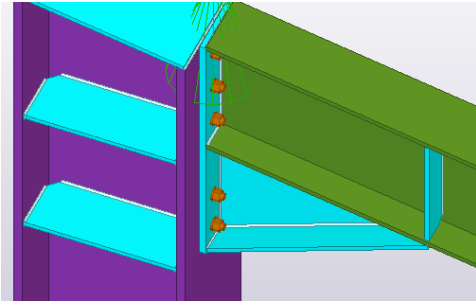


*Fig. 7: Representació muntatge IPE360 unit a HEA 400*

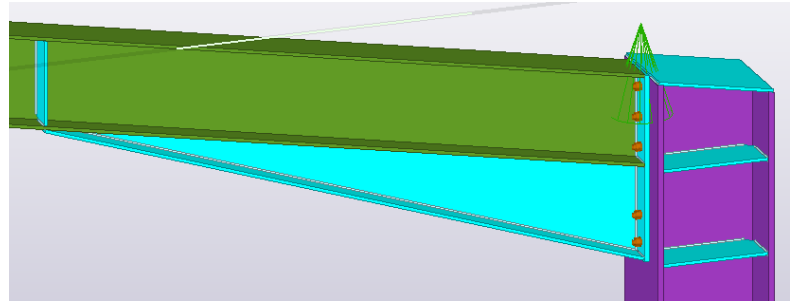
les cartella dels perfils extrems del perfil IPE 360 vindran muntats de fabrica i s'uniran a sobre les columnes a l'emplaçament de l'obra mitjançant cargols.



*Fig.8: Unió extrem perfils IPE 300 i HAE 400*

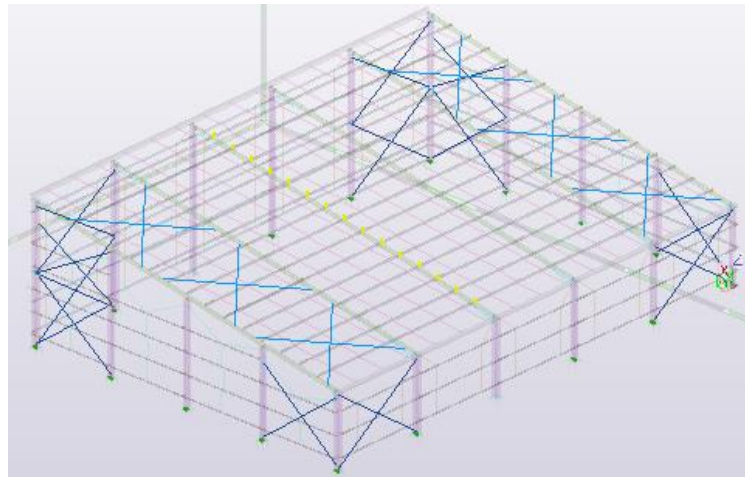


*Fig. 9: Cartel·la perfils extrems*

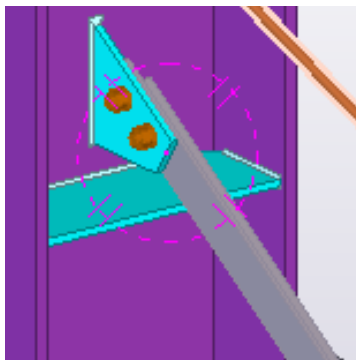


*Fig. 10: Cartel·la del perfils intermitg*

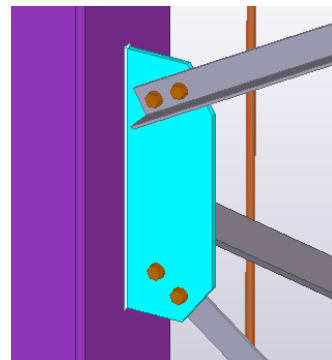
Després de obtenir pilars i columnes fixats de l'estructura, es muntaran els cantons les creus en forma de X amb perfils tipus L, i també les creus al sostre es forçarà amb tensors en forma de X, son cables tensats de diàmetre 20 i es important que de creu a creu les puntes coincideixin amb una coratge, es la millor manera perquè els tensors fessin treballin bé.



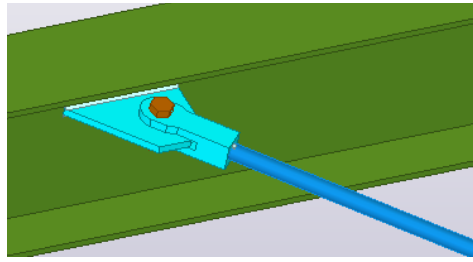
*Fig. 11: Muntatge de creus X*



*Fig.12: Unió creu de de cantonada*



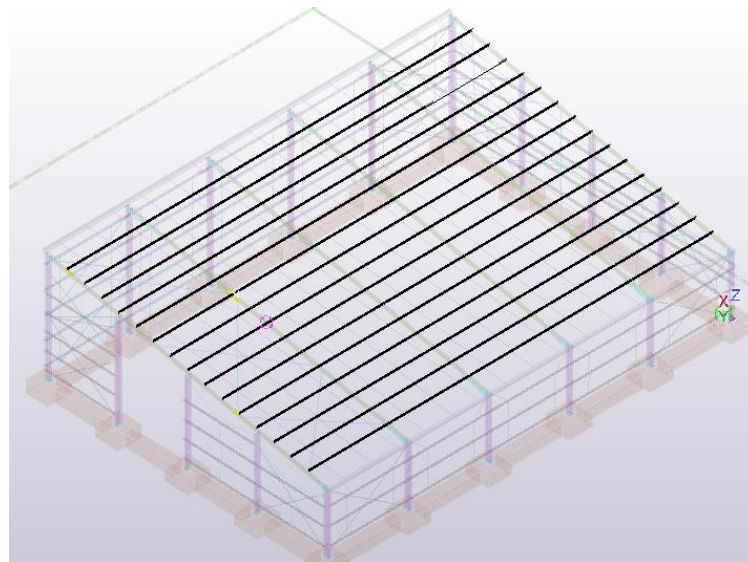
*Fig. 13: Unió creu intermitja de cantonada*



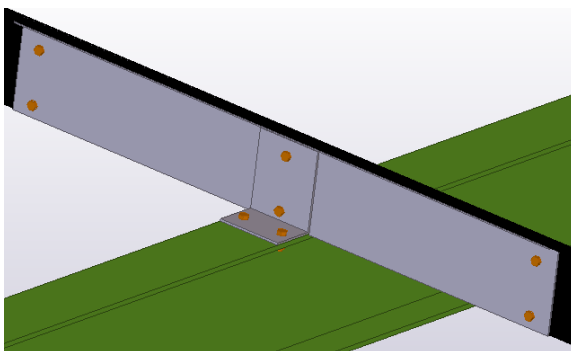
*Fig.14: Unió creu de els tensors del sostre*

Un cop tenim l'estructura de la nau, es procedirà a muntar les corretges sobre el perfil IPE 360 amb la separació segons indiquen els plànols.

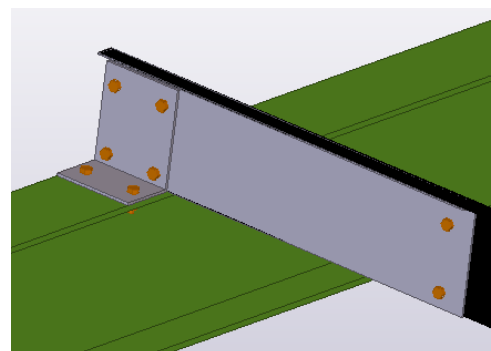
Les corretges es fixaran a l'estructura mitjançant suports en forma de Z connectats amb cargols.



*Fig.15: Muntatge de corretges*



*Fig. 16: Coratxe intermitge cargolada*



*Fig. 17: Coratxe de l'extrem cargolada*

I per assegurar l'estabilitat de l'ala lliure de la corretja, a nivell pràctic es col·locarà tirants de vereta anomenades "anti sag-bars" entre corretja i corretja.

On "anti sag-bars", Son varetes roscades a les puntes que es fixaran amb el perfil Z col·locant femelles i arandelles a cada extrem de la vareta en forma inclinada tal com es representa a la fig17.

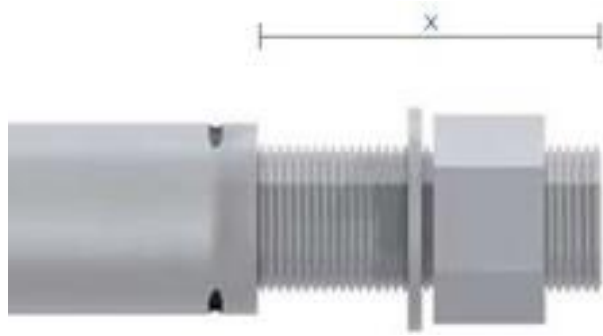
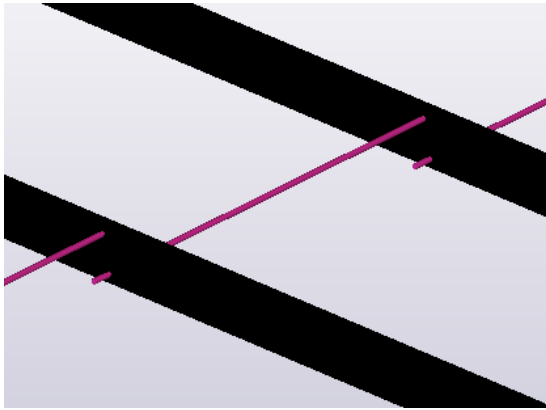


Fig. 18: Representació tirants "anti sag-bars"

Fig.19 Unió torna-punta mitjançant femelles

La funció principal de les corretges és la de suportar els tancaments de panell sandvitx. Seran perfils lleugers conformats en fred de 3 mm i de 4 mm d'espessor, d'acer galvanitzat de qualitat S250 GD. Es dissenyen les corretges de coberta amb un perfil Z, per reduir al màxim la càrrega de pes propi del tancaments per a les jàsseres de l'estructura i perquè es podrà realitzar el muntatge el més ràpid possible i amb el menor nombre d'accessoris.

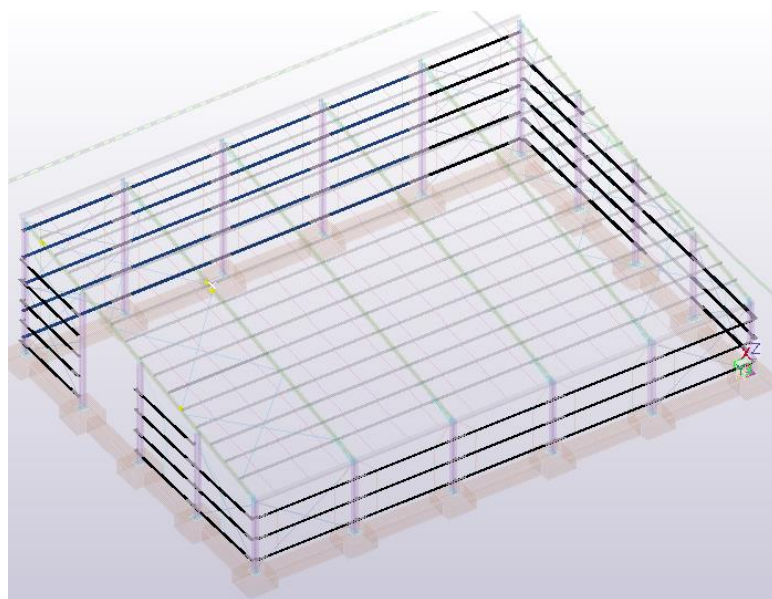
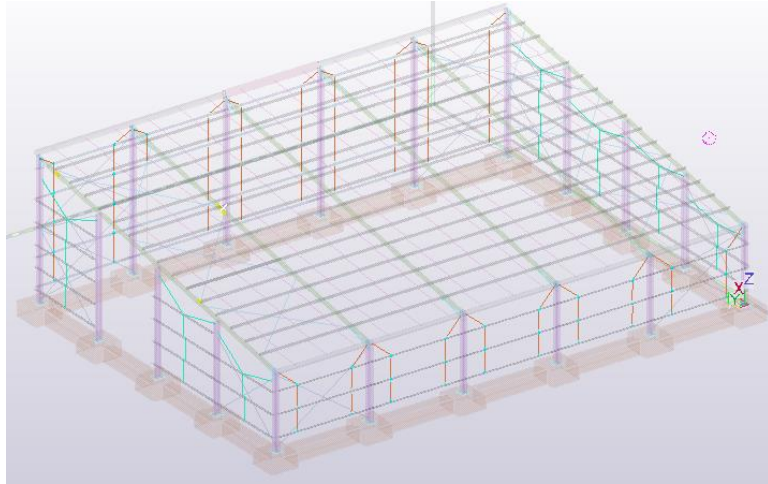


Fig.20: Representació perfils Z lateral

Per els laterals, s'instal·larà perfils tipus Z connectats el perfil HEA 400 mitjançant suports, units amb cargols.

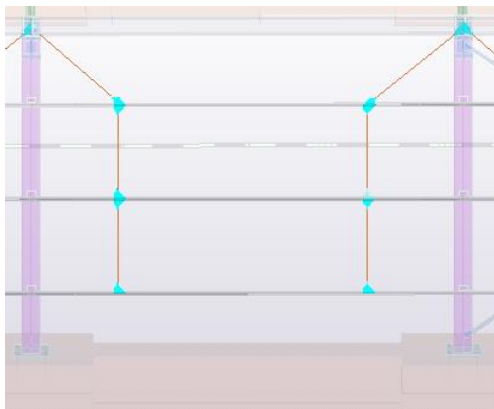
En aquesta part Per el desplaçament de qualsevol perfil s'ajudarà amb grua o Carretó elevador.



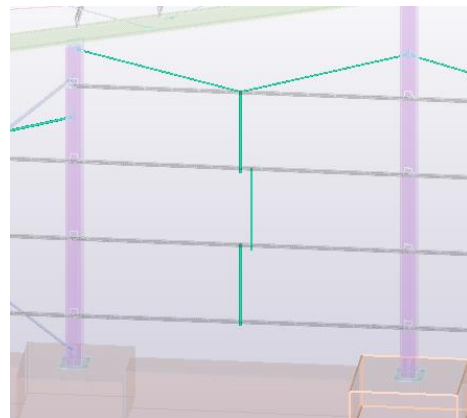
*Fig.21: Representació tirants subjecció perfils Z*

Es col·locarà tirans per subjectar els perfils Z per evitar que el perfil no pateixi cap deformació i depenen de la distancia entre columnes s'han col·loca un tipus.

Es col·locarà el tipus de tirans com mostra la representació de la *fig 22* per una distancia de columna a columna de 7 metres, mentre que a la *fig.23* la distancia es menor de 6,2 s'ha optat per posar la geometria de una sola tirant



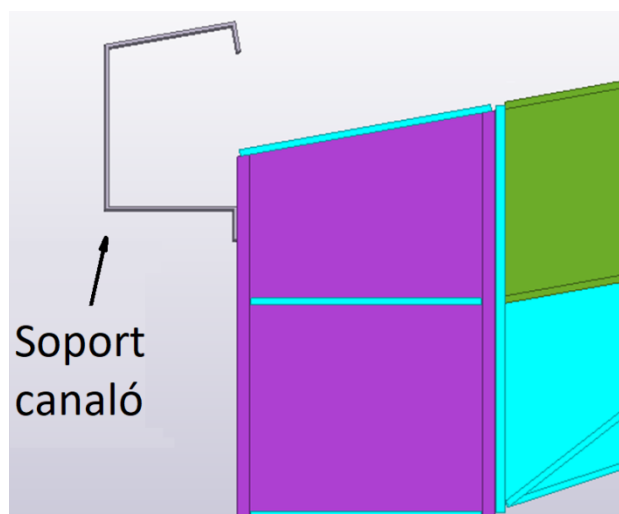
*Fig.22: Representació doble tirant*



*Fig.23: Representació tirant*

Per fer el tancament amb els perfils Z del sostre, s'ha fet servir un perfil EB250-5-45-200-10 Com el que mostra la *fig.19*.

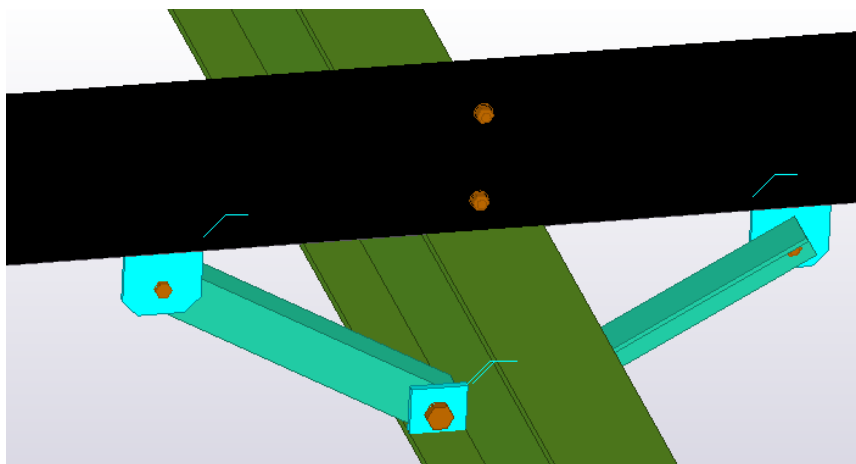




*Fig.24: Suport Canaló*

S'instal·laran perfils angulars segons indica el projecte, ja que es col·locaran els punts més sol·licitats segons els càlculs.

Se soldarà platina amb forat passant al perfil IPE360 i un altre platina al perfil Z també amb platina de forat passant i finalment s'uniran amb un perfil en forma L, i la unió es farà amb cargols com representa la *fig. 25*.



*Fig. 25: Perfils angulars*

### 3.4.3 Muntatge Protecció del sostre i Les plaques solars.

Per tancament del sostre, es farà xapes grecada que aniran collades sobre les corretges unit amb cargols.

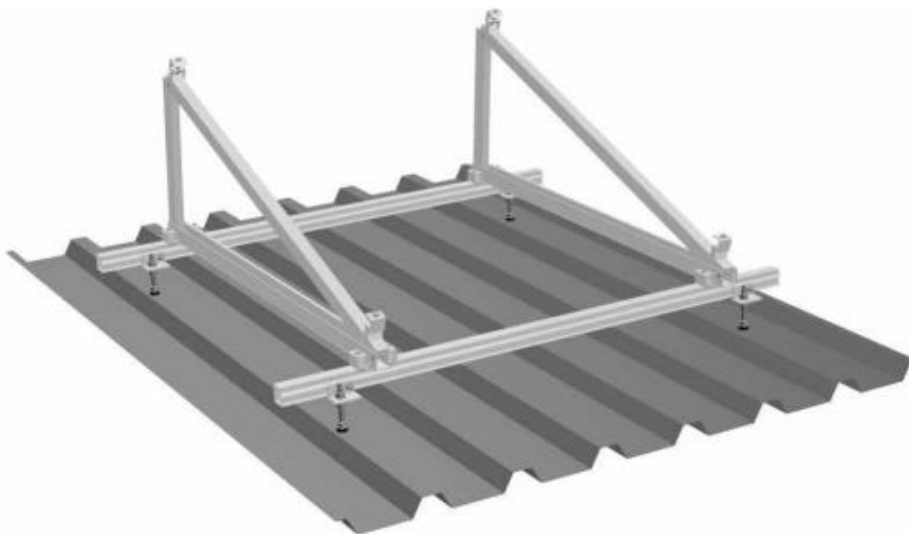
Per l'aïllament, es posarà material de aïllament tal com mostra la *fig 21* i sobre hi anirà un altre xapa Grecada fixat tot amb cargols.

Per evitar goteres es col·locarà una lamines asfàltiques que cobrirà tot el sostre, de aquesta manera no hi haurà penetració d'aigua.



*Fig. 26: protecció sostre*

Sobre el sostre hi haurà plaques amb files de 28 plaques i entre fila i fila es disposarà de una un passadís per facilitar la manipulació de les plaques i el seu manteniment periòdic.



*Fig. 27 suport col·lat a la placa*



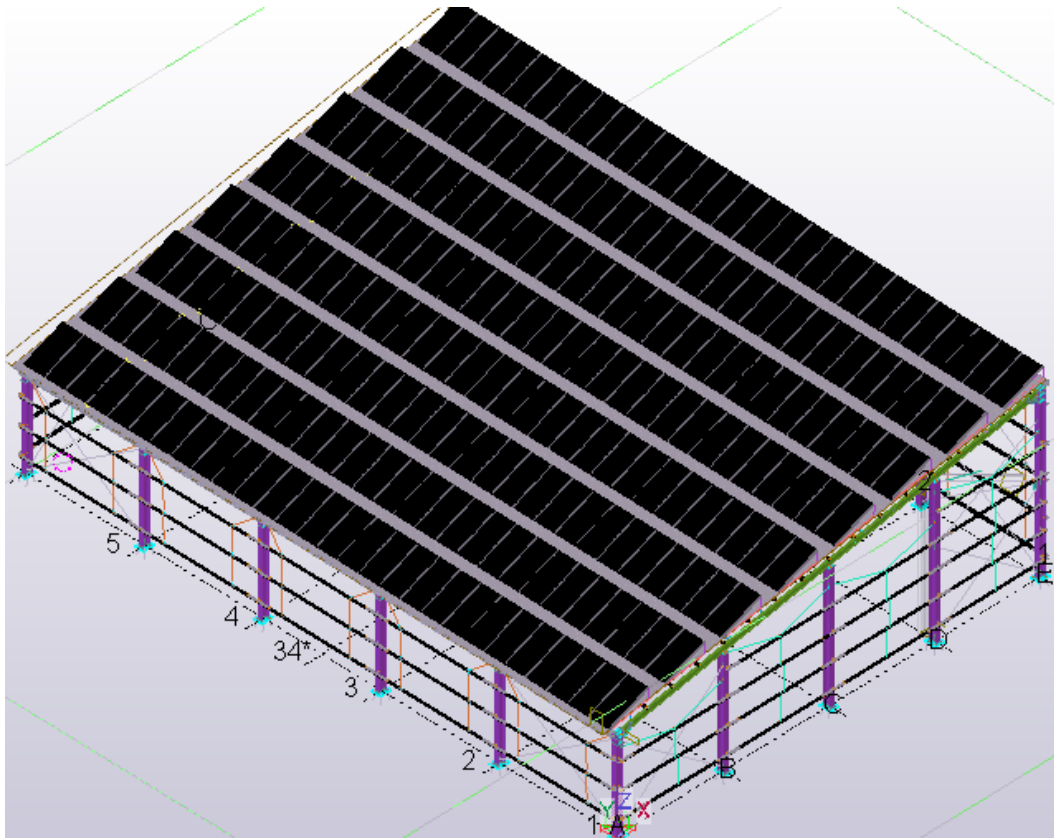
*Fig. 28: distribució de plaques*

El suports de les plaques son regulables de aquesta manera es poden regular els graus segons indica el projecte.



*Fig. 29 Suport regulable des de 20° fins a 35°*

Un cop tenim el sostre protegit s'han de col·locar els suports de les plaques vist a la fig 24 que aniran collades al perfil de placa grecada amb 4 cargols, i acte seguit, es col·locarà triangles regulats amb els graus segons indica el projecte per a cada costat i finalment es col·locarà les plaques deixant un passadís entre placa i placa i les plaques aniran collades sobre els triangles.



*Fig. 30 nau amb muntatge de plaques fotovoltaïques*

#### 4. Instal·lació elèctrica fotovoltaïca

##### 4.1 Normativa.

Per aplicacions generadores, tot aquella energia que transformada en energia no elèctrica a energia elèctrica com turbines, combustió, energia fotovoltaïca, etc. s'instal·laran respectant la definició del REBT en la norma ITC-BT-40.

##### 4.2 Especificacions.

Els panells solars són l'element de generació elèctrica i es poden disposar en sèrie i/o paral·lel per tal d'obtenir la tensió nominal requerida en cada cas. Aquests panells estan formats per unes cèl·lules, les quals estan protegides per un vidre, encapsulades sobre un material plàstic i tot el conjunt emmarcat amb un perfil metàl·lic.

En aquest cas, el model de panell solar escollit per l'elaboració del projecte és GCL-P6/72. Segons el fabricant, aquest model és d'alta eficiència, ja que pot arribar a tenir un 97,5% de rendiment. La seva potència màxima, o potència de pic, és de 330 W. S'ha tingut en compte alhora de escollir aquest model, les seves dimensions, que s'ajusten a l'espai lliure de la coberta. Per l'altre banda,

cal dir que aquest panell ofereix unes característiques tècniques per la elaboració del projecte, com poden ser la potència de pic, el voltatge en al punt màxim.



*Fig. 31 Panell solar GCL-P6/72.*

En la següent taula, s'indiquen les característiques elèctriques (en condicions òptimes) del panell solar escollit, les quals es resumeixen en irradiància de  $1.000 \text{ W/m}^2$ , temperatura modular de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  i massa d'aire 1,5.

<b>Característiques del panell GLC-P6/72 330 W</b>	<b>Valor</b>
Potència màxima (Pmax)	330,00 W
Tensió a la potència màxima (Vmpp)	37,80 V
Intensitat a la potència màxima (Impp)	8,73 A
Tensió de circuit obert (Voc)	46,00 V
Corrent de circuit (Isc)	9,33 A
Eficiència	17 %

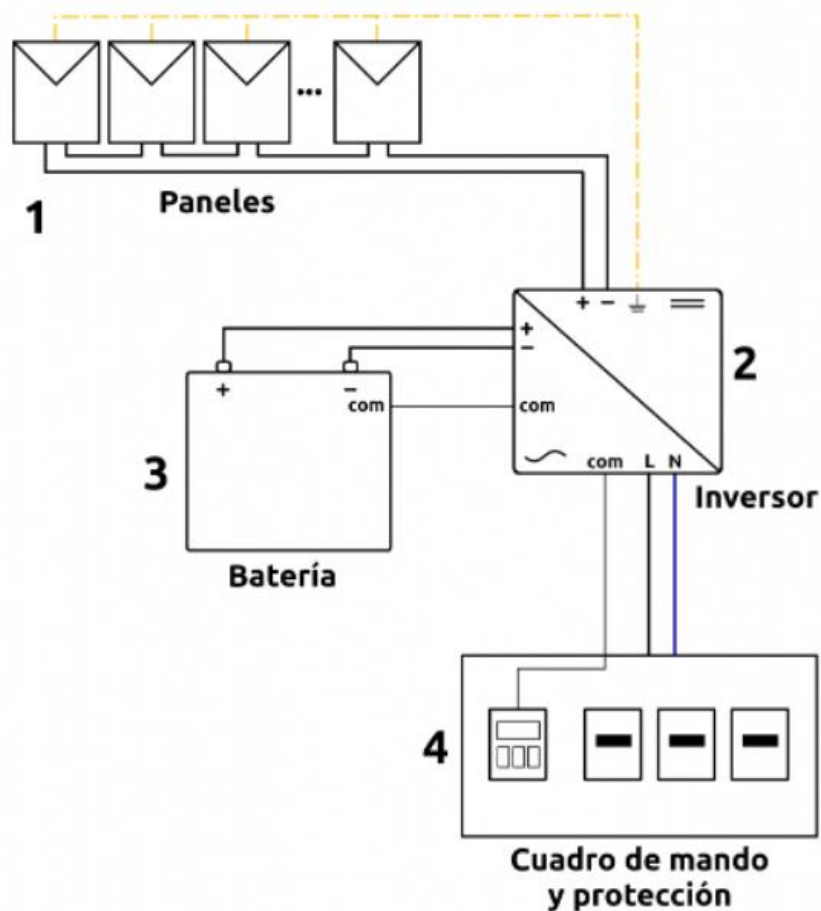
*Taula 1. Especificacions elèctriques del Panell GL-P6/72.*

#### **4.3 Elements de per connectar la fotovoltaica.**

Els elements que forma part de el sistema elèctric de les plaques solars es mostraran en el següent apartat.

1. **Panells:** Són els sistemes generadors d'energia. Generen les energia elèctrica per efecte fotoelèctric. Els panells es connecten en sèrie o en paral·lel per sumar-ne les potències.

2. **Inversor:** Els panells generen electricitat en continua. L'inversor és l'element encarregat de transformar aquesta electricitat en contínua, passar-la a alterna i sincronitzar l'ona amb la de la xarxa.
  
3. **Bateries:** és el sistema d'acumulació d'energia elèctrica, així, l'energia generada que no es consumeix (excedent) s'acumula a les bateries. En cas de no tenir sistema d'acumulació, l'excedent pot ser abocat directament a la xarxa o, mitjançant un dispositiu de "injecció zero", evitar que els nostres panells produeixin més energia de la que es consumeix, això ho fa l'inversor actuant sobre la corba característiques dels panells i limitant-ne la potència.
  
4. **Quadre de comandament i protecció:** Aquest és el quadre on es troben els dispositius de protecció elèctrica com a diferencials o magneto-tèrmics. Cal incorporar el mesurador d'energia Per tenir una lectura de la producció fotovoltaica i el consum de la nau,



*Fig.32 Esquema elèctric genèric*

#### 4. RESUM DE LES CÀRREGUES

S'ha tingut les següents carregues per dissenyar l'estructura fotovoltaica

- El propi pes dels elements estructurals (Pes propi)
- Pes de les fotovoltaica amb els seus elements de subjecció.
- El pes de les persones que mantenen la instal·lació (Sobrecàrrega de manteniment) Segons la normativa resulta una càrrega lineal de 0,6 KN/m a la biga superior.
- El pes de la possible neu que podria caure (Càrrega de neu) Segons la normativa resulta una càrrega lineal de 0,6 KN/m a la biga superior.
- L'acció del vent que xoca amb una possible coberta superior (Vent superior) Segons la normativa resulta una càrrega lineal de 0,255 KN/m a la biga superior.
- L'acció del vent que xoca amb una possible coberta lateral (Vent lateral) Segons la normativa resulta una càrrega lineal lateral de 1,02 KN/m en totes les Bigues

S'han fet 5 combinacions d'estat límit últim, suposant que les carregues variables determinants són totes excepte la neu.

#### 5. RESUM PRESSUPOST

L'estimació econòmica del disseny i fabricació de l'estructura estableix un pressupost total final **TRES-CENTS TRETZE MIL DOS-CENTS TRES AMB SET EUROS (313203,7€)**.

**Conclusions:** El cost total del projecte segons els càlculs no supera la quantitat que el client ha condicionat, per tant, no hi hauria cap problema econòmic.

Per altre banda, el preu de l'estructura sense plaques seria bastant menys, però amb el temps s'acabaria amortitzant aquesta quantitat estalviant de l'energia elèctrica.

#### 6. RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOC 1 Memòria i Annexos

Annex A: Càlcul estructural

Annex B: Fitxes tècniques

Annex C: Estudi de seguretat i salut

DOC 2 Plànols

DOC 3 Plec de condicions

DOC 4 Estat d'amidaments

DOC 5 Pressupost

DOC 6 Resum del projecte

## 7.BIBLIOGRAFIA.

### ➤ Programa ideal Statica

- <https://www.ideastatica.com/>

### ➤ Programa tekla

- <https://www.tekla.com/la>

### ➤ Programa Diamonds

- <https://www.buildsoft.eu/es/product/diamonds>

### ➤ Ancoratges

- [https://moodle2.udg.edu/pluginfile.php/1596852/mod\\_resource/content/2/Annex%20plaques%20ancoratge%20i%20unions%20biga-pilar.pdf](https://moodle2.udg.edu/pluginfile.php/1596852/mod_resource/content/2/Annex%20plaques%20ancoratge%20i%20unions%20biga-pilar.pdf)

### ➤ Preus

- [http://www.generadordepreus.info/obra\\_nova/Estructures/Acer/Pilars/Acer\\_en\\_pilars.html](http://www.generadordepreus.info/obra_nova/Estructures/Acer/Pilars/Acer_en_pilars.html)
- <https://www.teknosolar.com/estructura-inclinada-soporte-placas-solares-cve915xl-regulable-20o-35o/>

### ➤ Coberta

- <https://www.isover.com.ar/soluciones/cerramiento-sandwich-panel>



## **ANNEX A: CÀLCUL ESTRUCTURAL**

## A.1 CONSIDERACIONS

En aquest annex s'exposa els diferents càlculs estructurals duts a terme necessaris per determinar, segons la normativa vigent, les dimensions dels diferents elements estructurals del projecte i el seu correcte funcionament.

Els càlculs utilitzats per dimensionar la estructura s'han obtingut a través del programa de càlcul estructural DIAMONDS, segons el criteri del CTE.

## A.2. Accions

Les càrregues que actuen sobre l'estructura s'extreuen del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE-SE-AE) i les diferenciem segons si són permanents (G) o variables (Q).

Carreges permanents: pes propi, coberta i plaques fotovoltaïques juntament amb els seus suports té un pes de 35 Kg, per tant una carrega de 294,3 N

Carreges variables: per una nau industrial sotmesa a canvis meteorològics tindrem carregues de vent i carregés de neu.

Els càlculs utilitzats per dimensionar la estructura s'han obtingut a través del programa de càlcul estructural DIAMONDS, i els càlculs utilitzats per determinar la resistència de soldadura i cargolats, s'obté a través del programa ideaStatic segons el criteri del CTE.

### A.2.2 Càrregues permanents

Els perfils que defineixen el pes propi de l'estructura són el perfil

Perfil	Pes lineal del perfil
IPE 360	0.45 KN/m
Z200/2.5	0.073 KN/m
Verilles anti-bag D16	0.012 KN/m

*Taula. A.1: Pes propi*

l'estructura es formada per elements de carrega permanents que són,

Elements	Carrega longitudinal
Les places solars	0.0859 KN/m
Les cobertes Sandwich	0.0706 KN/m

*Taula. A.2: Carrega permanent*

### A.2.3 CARREGA MANTENIMENT.

En aquest cas tenim una carrega variable a la part superior de la estructura degut a l'ús de manteniment, considerada de categoria G i el valor és de 0,4 kN/m segons el CTE DB SE. Els seus coeficients de simultaneïtat es troben a la taula 4.2.

### A.2.4 CÀRREGA DE VENT.

Segons el CTE-DB-SE-AE per calcular l'acció del vent ho haurem de fer mitjançant aquesta fórmula, que dependrà de diversos paràmetres.

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p \quad (\text{Eq. 1})$$

La pressió dinàmica del vent la podem trobar a l'annex D del CTE. Sabent que estem a la zona D, obtenim una pressió dinàmica de  $q_b=0.52\text{kN/m}^2$ .



Fig. A.3: Valor bàsic de la velocitat del vent,  $V_b$

En aquets projecta la nau al estar ubicada a Girona estarem a la zona eòlica C, per tant,  $V_b$  serà igual a 29 m/s.

$C_e(z)$ : És el coeficient d'exposició, aquest varia depenent del punt considerat o alçada de coronació, en funció del grau d'espessor de l'entorn on es troba ubicada la construcció.

Es disposa de càrregues de vent, una aplicada a la part superior i l'altre aplicada frontalment. Es considera una nau tancada i el vent s'aplica a les bigues superiors i els laterals.

Seguint el CTE DB SE-AE, s'utilitzarà la càrrega de vent genèric de 0'5 KN/m per el 2 territori espanyol i el coeficient d'exposició de  $C_e=1'9$ , ja que es tracta de d'una zona industrial i escollim a l'alça agafaríem el 12 metres d'altura.

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

*Fig. A.4: Taula Valors del coeficient de exposició*

El vent superior s'ha aplica a una àrea de 890 m<sup>2</sup>, es una coberta inclinada.

### A.2.3 CÀRREGUES VARIABLES

Càrrega de neu està aplicada a la part superior de l'estructura. Al tractar-se d'una estructura ubicada a Girona, té un valor de 0,4 KN/m segons el CTE DB SE.

#### A.2.3.1 Direcció vent de la nau 45 graus.

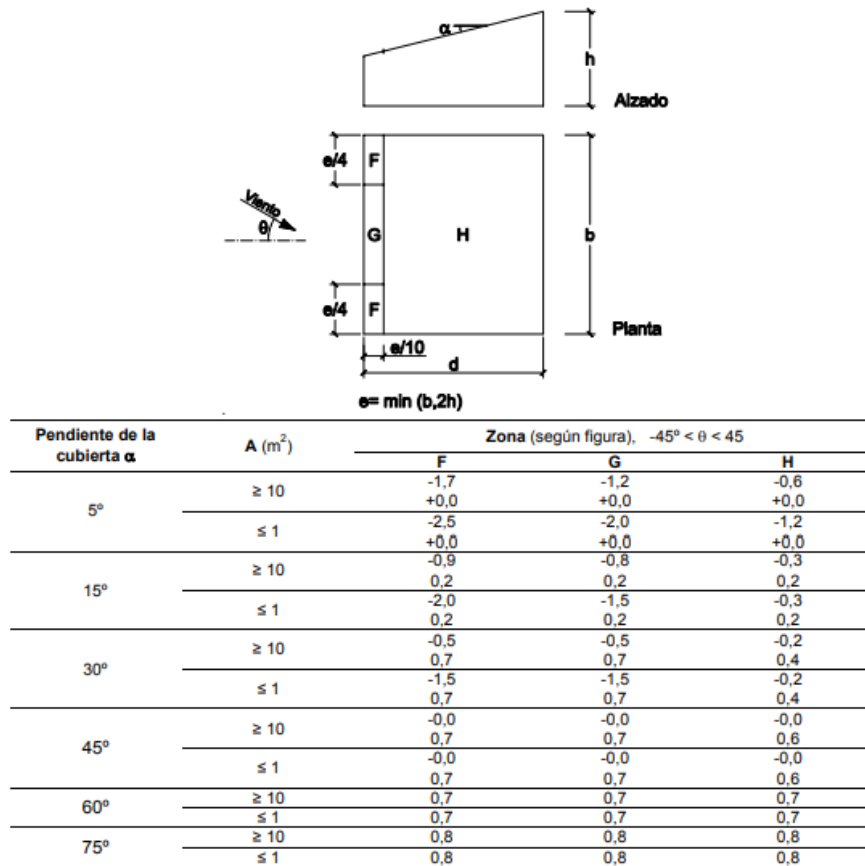
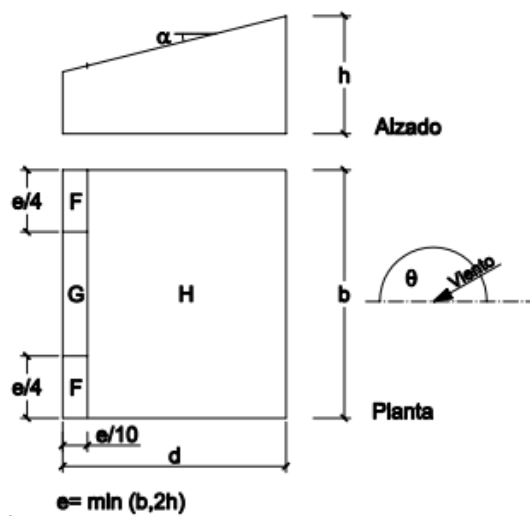


Fig. A.5: Direcció  $-45^\circ < \alpha < 45^\circ$

A.2.3.2 Direcció vent 135 graus

b) Direcció del vent  $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), 135° ≤ θ ≤ 225°		
		F	G	H
5°	≥ 10	-2,3	-1,3	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2
15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9
	≤ 1	-2,8	-2,0	-1,2
30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,3	-1,5	-0,8
45°	≥ 10	-0,6	-0,5	-0,7
	≤ 1	-1,3	-0,5	-0,7
60°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,5
	≤ 1	-1,0	-0,5	-0,5
75°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,5
	≤ 1	-1,0	-0,5	-0,5

Fig. A.6: Direcció -135° < a < 135°

### A.2.3.3 Carrega de neu.

Per al càlcul de les accions degudes a la càrrega de neu, seguirem el criteri del CTE DB-SEAE, el qual ens permetrà determinar les accions degudes a aquest fenomen atmosfèric en funció de la localització geogràfica de l'estructura.

Per calcular el valor de la càrrega de neu per unitat de superfície en projecció horitzontal,  $q_n$ , seguirem la fórmula següent

$$q_n = \mu \cdot S_k \tag{Eq. 2}$$

On

- $\mu$ : És el coeficient de forma de la coberta, es a dir, depèn de la inclinació
- $s_k$ : És el valor característic de la càrrega de neu, que depèn de la zona on es troba l'edifici i de l'alçada topogràfica.



Fig. A.7: Mapa de les zones climàtiques hivernals d'Espanya

Capital	Altitud m	s <sub>k</sub> kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	s <sub>k</sub> kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	s <sub>k</sub> kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	1.130	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	180	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	0	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,6	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,7	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,2	Valencia/València	690	0,2
Córdoba	100	0,6	Oviedo	230	0,4	Valladolid	520	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	1.010	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	70	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	690	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,2
		0,5			0,7			

Fig. A.8: Taula 3.8 Sobre carrega de neu en capitals de província i ciutats autònomes

I segons l'apartat 3.5.3, tenim un coeficient de forma de  $\mu=1$  ( $\alpha < \text{no impedeix baixar la neu}$ ) i per la taula 3.8 podem observar que a Girona el  $s_k = 0.4 \text{ KN/m}^2$

### A.3 COMBINACIÓ D'ACCIONS

#### A.3.1 Combinació d'accions

El pes propi dels perfils els assigna directament el programa, un cop definida la secció transversal i la densitat del material. Els valors de les accions característiques de la neu, el vent i manteniment de coberta es troben definides al CTE, en el seu document d'Accions a l'Edificació (CTE-DB-SE-AE).

Segons el CTE DB SE El coeficients de seguretat de les càrregues permanents i el pes propi te un valor de **1'35** i per les càrregues variables el coeficient es de **1'5** pel cas de situacions desfavorables.

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

Fig. A.9: Taula de coeficients parcials de seguretat per les accions en Estats Límit Últim (ELU)

S’ha aplica la normativa CTE DB SE, en funció de cada tipus de carrega per els coeficients de simultaneïtat que els podem obtenir gràcies a la següent taula.

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<b>Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)</b>			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas(Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
<b>Nieve</b>			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
<b>Viento</b>			
	0,6	0,5	0
<b>Temperatura</b>			
	0,6	0,5	0
<b>Acciones variables del terreno</b>			
	0,7	0,7	0,7

Fig. A.10: Taula 4.2 del CTE DB SE

Les comprovacions es faran amb una combinació d’accions en situació persistent o transitòria segons el CTE DB SE-A.

Estat Límit Últim (ELU) Les combinacions de les diferents càrregues per formar l’estat límit últim s’ha fet mitjançant la següent formula:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P P \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

On G són les càrregues permanents, Q les càrregues variables i els coeficients per la combinació són els següents:

Les combinacions amb diferents situacions a ELU

	Nombre	Peso propio	Pes plaques i corretges	Vient	neu (H ≤ 1000m)	Manteniment
1	ELU CF 1	1.00 x 1.35	1.00 x 1.35	1.00 x 1.50	0.50 x 1.50	0.00
2	ELU CF 2	1.00 x 1.35	1.00 x 1.35	0.60 x 1.50	1.00 x 1.50	0.00
3	ELU CF 3	1.00 x 1.35	1.00 x 1.35	0.00	0.00	1.00 x 1.50
4	ELU CF 4	1.00 x 0.80	1.00 x 1.35	1.00 x 1.50	0.50 x 1.50	0.00
5	ELU CF 5	1.00 x 0.80	1.00 x 1.35	0.60 x 1.50	1.00 x 1.50	1.00 x 1.50
6	ELU CF 6	1.00 x 0.80	1.00 x 1.35	0.00	0.00	0.00
7	ELU CF 7	1.00 x 1.35	1.00 x 1.35	0.00	1.00 x 1.50	1.00 x 1.50
8	ELU CF 8	1.00 x 1.35	1.00 x 1.35	1.00 x 1.50	0.00	0.00



Fig. A.11: Taula resum de combinacions ELU extret del Diamonds

**A.3.2 Estat Límit de Servei (ELS)**

TIPO DE ACCIÓN	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Taula.A.3: de coeficients parcials de seguretat en Estat Límit de Servei (ELS)

Les combinacions de càrregues amb fletxes actives per evitar danys a les plaques fotovoltaica

Per els efectes degut a les accions de llarga duració com aquest cas Les combinacions de càrregues amb fletxes actives per evitar danys a les plaques fotovoltaica s’ha determinat mitjançant combinacions de accions, del tipus denominat quasi-permanent a partir de l’expressió següent.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

On

$G_{k,j}$  Representa el valor característic de totes les accions permanents

$\psi_2 \cdot Q_2$  es el valor de quasi-permanent representa totes les accions variables

L’estructura de la coberta solar, en aquest cas es considera suficient rígida, per tant per qualsevol combinació de accions quasi-permanents la fletxa relativa es menor que 1/300 segons el CTE

S’han fet 5 hipòtesis i el següent apartat hi ha Les combinacions amb diferents situacions a ELS

	Nombre	Peso propio	Pes plaques i corretges
1	ELS CR 1	1.00 x 1.00	1.00 x 1.00
2	ELS CR 2	1.00 x 1.00	1.00 x 1.00
3	ELS CR 3	1.00 x 1.00	1.00 x 1.00
4	ELS CR 4	1.00 x 1.00	1.00 x 1.00
5	ELS CR 5	1.00 x 1.00	1.00 x 1.00

Fig. A.12: Taula resum de combinacions ELS extret del Diamonds

#### A.4 ANÀLISI ESTRUCTURAL

Per fer els càlculs farem us del programa estructural de càlculs (Diamonds), es un programa que utilitza combinacions de esforços i ens determina la tensió normal, a partir de l'esforç Normal i del moment flector

Ens permet comparar els punts amb tensió màxima mes desfavorable amb la tensió admissible del material, i també ens permet la comparació de la fletxa màxima admissible en funció de cada tipus de element.

El programa comprova la resistència a nivell de secció (tenint en compte la classificació de la secció) i resistència considerant l'esveltesa i l'estabilitat de la barra segons el CTE.

El procés de Predimensionat, Inicialment es van considerar perfils HEA 300 en els suports i Es va fer una comprovació prèvia de resistència a nivell de secció, tenint en compte la tensió normal màxima.

Es va fer una comprovació en ELS, per determinar que no fossin les deformacions les més importants a l'hora de dimensionar les peces.

Un cop els perfils es situaven en tensions per sota del 80 % i l'estructura complia en deformacions, es va fer córrer el motor de comprovació del Diamonds, més lent, però que té en compte resistència a nivell de secció i estabilitat.

Finalment es varen introduir els elements complementaris per millorar l'estabilitat de les barres per apropar-se a la resistència a nivell de secció.

Un cop introduïts els elements estabilitzants, es va poder comprovar que els perfils IPE donaven millor rendiment que els HEA, mes útils quan no hi han elements que compensin la menors inèrcia de l'eix fluix.

Per els perfils laterals també s'ha provat diferents perfils de IPE, HEA etc, i per el tipus de perfil que millor aguanta el pes i resisteix millor en aquet cas es un HEA 440, es un perfil mes ample que un IPE360 que correspon al perfil de jàssera de l'estructura i de aquesta manera la estructura quedarà mes equilibrada.

Perquè el perfil superior no pateixi efectes de vinclament, s'han col·locat (perfils angulars) L'objectiu serà disminuir les longituds de vinclament per flexió de la jàssera principal quan les accions i càrregues facin treballar l'ala inferior a moments negatius. En la que l'ala inferior treballí comprimida.

El mecanisme resistent del angulars consistirà amb el travat de l'ala amb el tirant oposat al sentit de la deformació. De forma que treballin a tracció per resistir la deformació. Aquest esforç es transmetrà a la corretja per amb un mecanisme de flexió local redistribuirà les tensions.

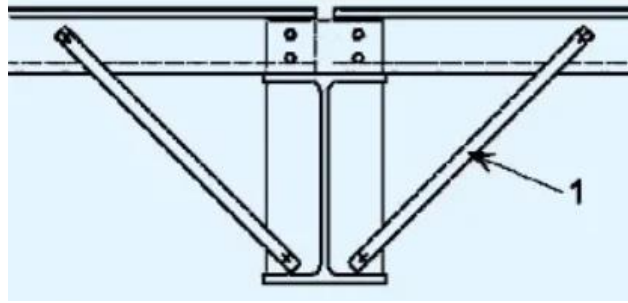


Fig. A.13: Perfils angulars

Per una reducció de costos, s'ha dissenyat angulars a la jàssera els llocs més sol·licitats, i per fer això, s'ha fet un càlcul previ amb el programa diamonds (paràmetres de Vinclament)

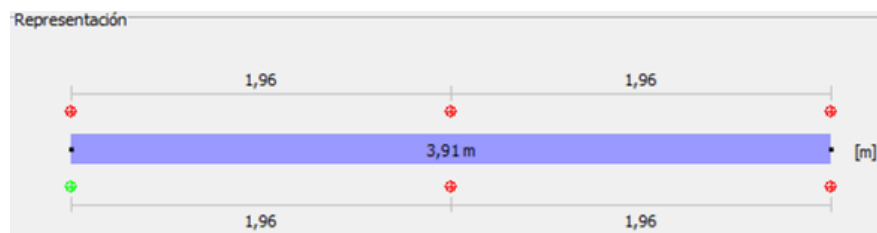


Fig. A.14: Representació perfils angular al diamonds

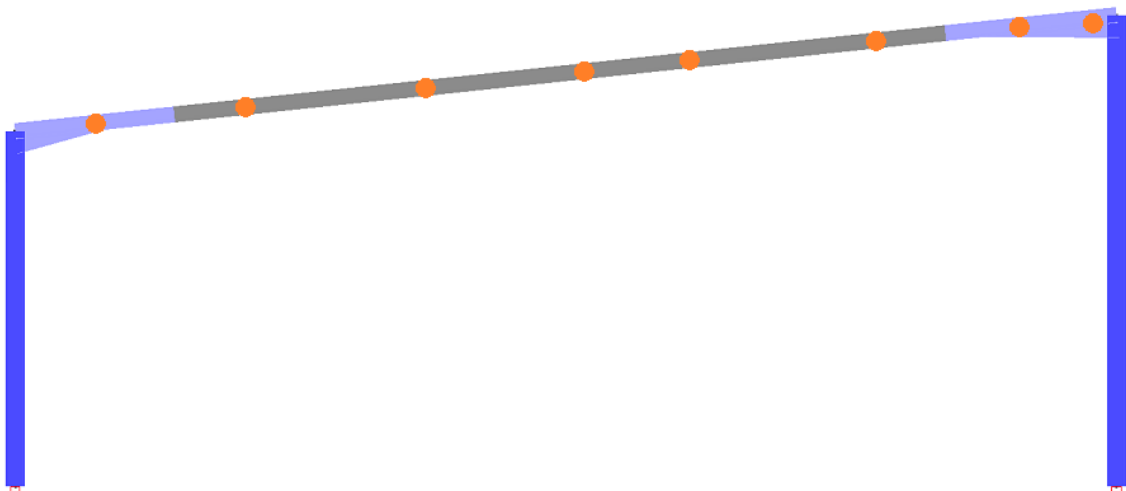


Fig. A.15: Punts on s'han instal·lat els perfils angulars

Per altre banda, s'ha reforçat les columnes mitjançant corretges per evitar vinclament lateral i per establir la quantitat necessària a resistir vinclament i aconseguir reduir costos, s'ha fet algunes verificacions amb el diamond amb l'eina paràmetres de pandeix.

### A.4.1 Carreges i Reaccions

Es comprovarà amb el programa de càlculs diamonds la resistència de material, la deformació vertical Horitzontal, i la fletxa màxima de càlculs sobre un diagrama de 2D.

L'estructura esta formada per perfils HEA400 de pilars i de pendent el perfil IPE 360.



Fig. A.17: disseny 2D

- L'encastament del pilar dret, aguanta un axial de  $N= 93.1$  KN.
- L'encastament del pilar dret, aguanta un axial de  $N= 96.3$  KN.

### A.4.2 Pòrtic interior

Tots els diagrames del projecte son extrets del programa de càlcul diamonds

#### A.4.2.1 Verificació de resistència i estabilitat

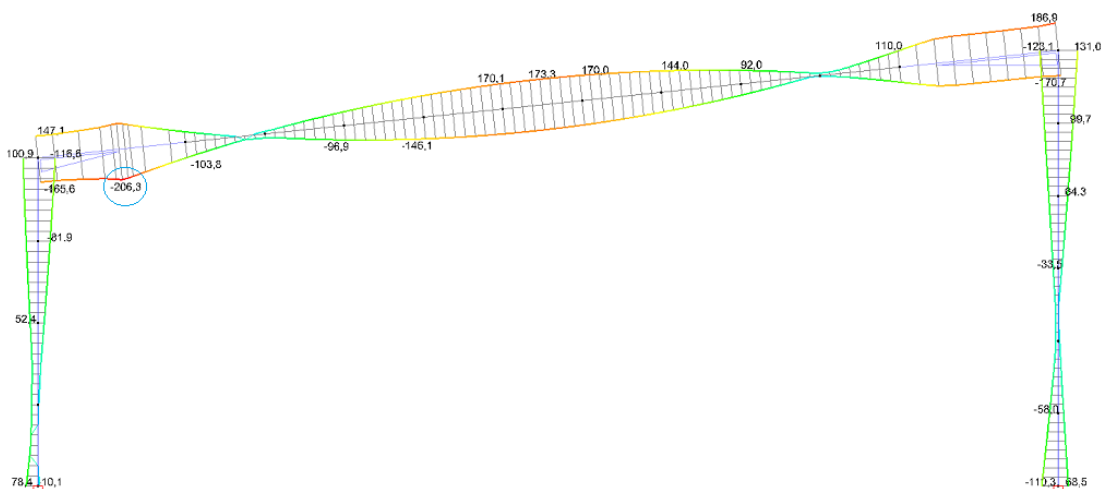


Fig. A.18: Diagrama de tensions extret del diamonds

Tensió màxima admissible del material

$$T_{adm} = \frac{355}{1.05} = 338.09 \text{ Mpa} \quad (\text{Eq. 4})$$

On

- 355: tipus de resistència de material
- 1,05: Coeficient de seguretat de l'acer

Inicialment es va dissenyar el perfil amb un HEA 300 i la tensió era mes alta per el que s'ha redissenyat per un perfil IPE360 com s'ha comentat a l'apartat anterior i s'ha instal·lat perfils angulars els llocs mes sol·licitats per determinar la tensió optima.

$$Tensio \text{ maxima de calcul} = 206.3 \text{ Mpa}$$

Segons els resultat extret de el programa de càlculs, no sobre-passem la màxima tensió admissible del material , per tant, estaríem complint

#### A.4.2.2 Verificació de deformacions en ELS

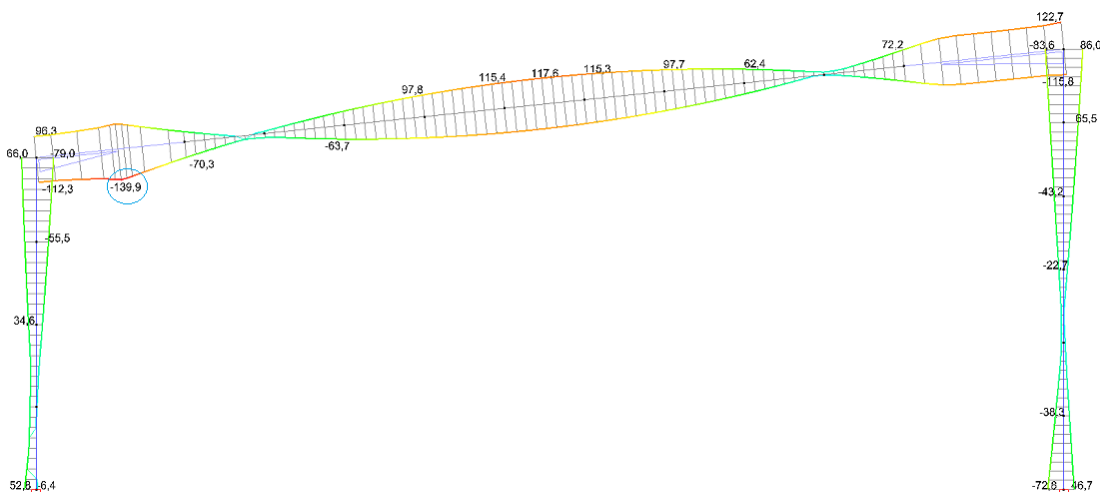


Fig. A.19: Diagrama de resistència de càlcul extret del diamond

Tensió admissible

$$T_{adm} = \frac{355}{1.05} = 338.09 \text{ Mpa} \quad (\text{Eq. 5})$$

En la ELS també estaríem complint segons la condició de tensió màxima admissible amb un IPE 360 i HEA 400 de perfils laterals

$$Tensio \text{ max} = 139.9 \text{ Mpa} \quad (\text{Eq. 6})$$

**A.4.2.3 ELU Comprovació fletxa vertical**

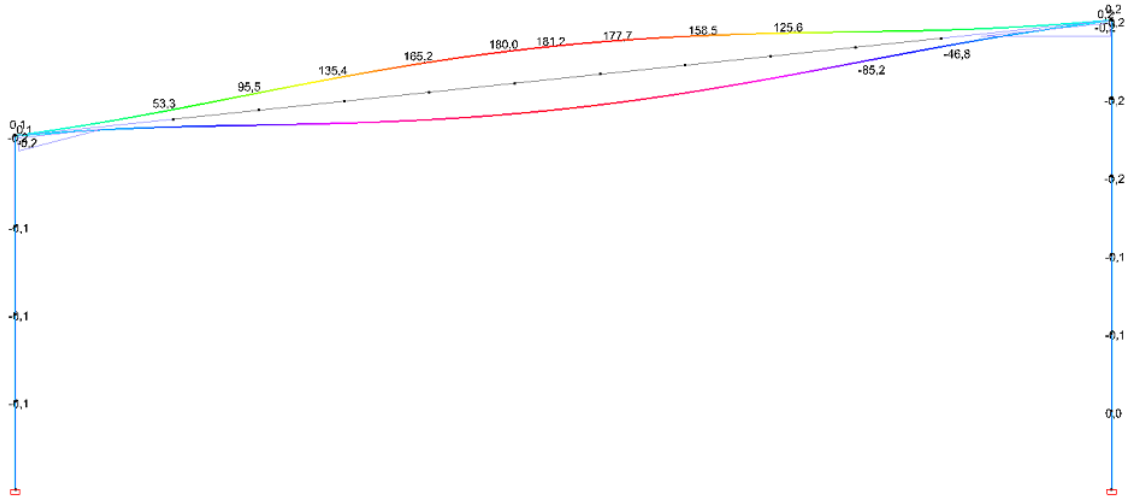


Fig. A.20: diagrama de fletxa

La màxima fletxa del perfil IPE360 es de 59.7 mm, a ser una biga de 25.4 m la fletxa màxima pot ser de 25400/300, amb la verificació del CTE DB SE-A fent la comprovació següent.

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300} \tag{Eq. 7}$$



Fig. A.21: Diagrama fletxa

**A.4.2.4 Comprovació de la deformació de les bigues laterals.**

Es comprova la deformació dels pilars, que degut el conjunt de carrega tal com es representa a la figA.23 els pilars dels pòrtic per la part dreta estaria a una màxima deformació de 29 mm mentre que la part esquerra fig A22 estaria a 16,2 mm

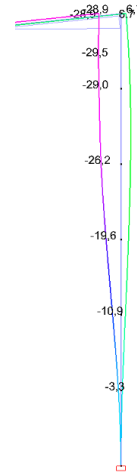
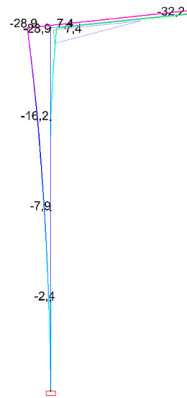


Fig. A.22: Deformada horitzontal lateral esquerra    Fig. A.23: Deformada horitzontal lateral dret

Fent la comprovació de la deformació de els perfils lateral amb 5500/300 part esquerra i 10500/300 part dreta.

S'ha fet la verificació segons CTE DB SE-A fen us de l'expressió següent.

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{300} \quad (\text{Eq. 8})$$

#### A.4.2.5 Envolt-ELS Comprovació fletxa vertical

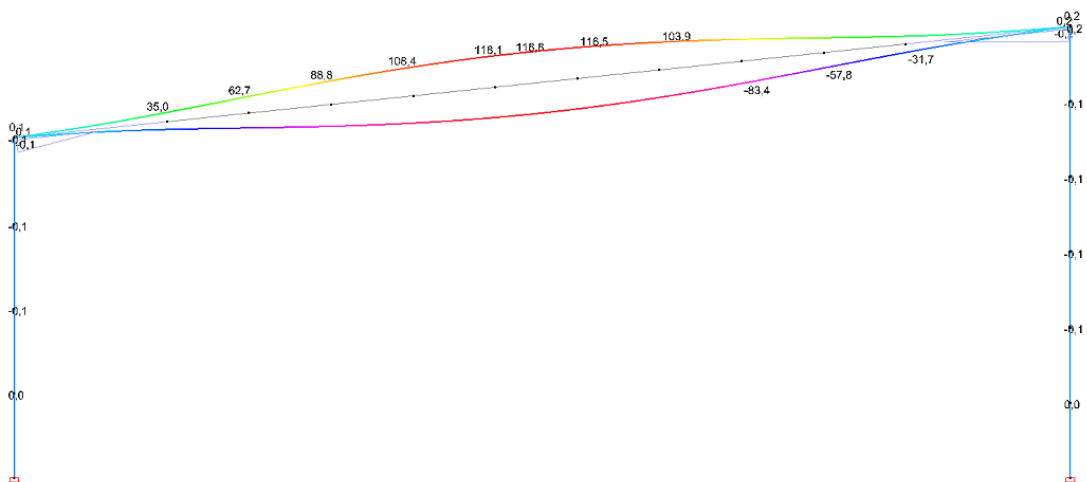


Fig. A.24: diagrama de fletxa

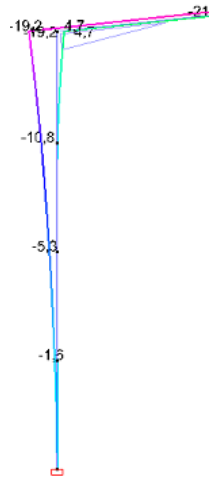


Fig. A.25: Deformada horitzontal **esquerra**

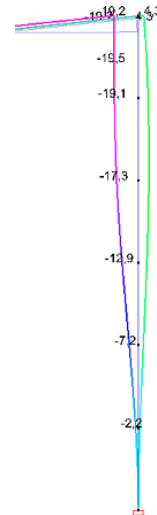


Fig. A.26: Deformada horitzontal **dret**

En els ELS hi ha menys deformació que ELU per tant en aquest tenim un desplaçament relatiu mínim tal com mostra la *fig A.25* i *fig A.26*.

### A.4.3 Verificació de resistència

Pels perfils entremig existeix el problema del vincament i per solucionar-lo es posaran perfils angulars per minimitzar-lo i per això es farà mitjançant el programa de càlculs diamond.

Per la següent gràfica ens mostra el tant per cent màxims i mínims, i tal com es veu a la gràfica estariem complint i els perfils estarien ben equilibrats.

#### A.4.3.1 Verificació de resistència a nivell de secció

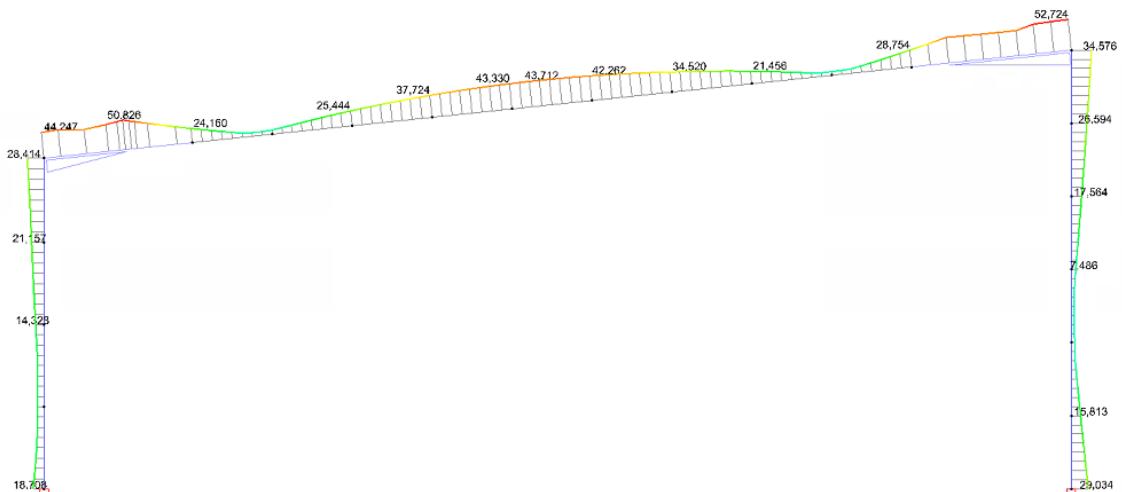


Fig. A.27: Diagrama resistència en tant per cent



### A.4.3.2 Verificació de resistència a nivell de barra

(te en compte vinclament per flexió, per torsió i per vinclament lateral, amb les seves possibles interaccions). I tal com es veu a la figura compleix ja que esta per sota del 100%

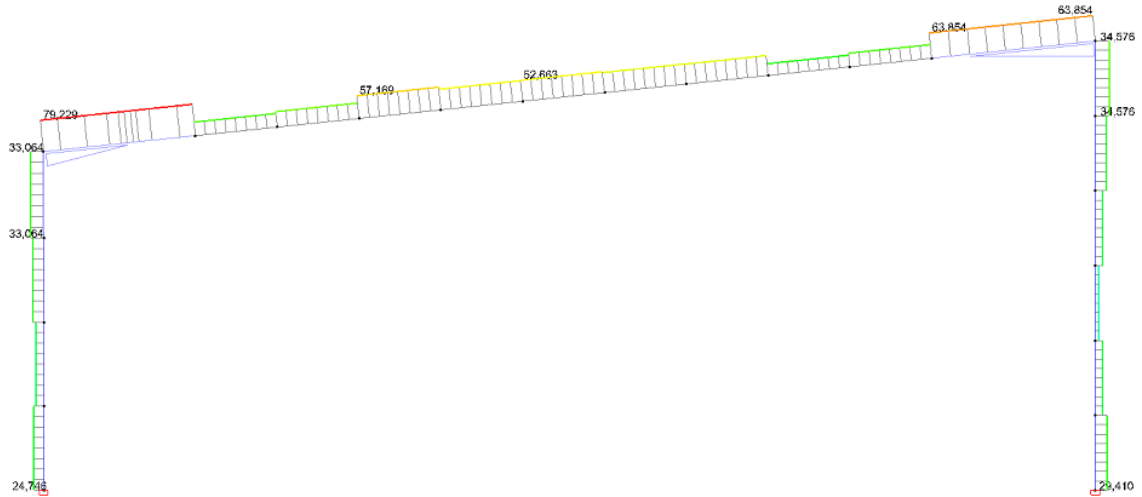


Fig. A.28: Diagrama inclinació en tant per cent

### A.4.4 Càlcul de resistència

Dades del perfil tretes del diamond

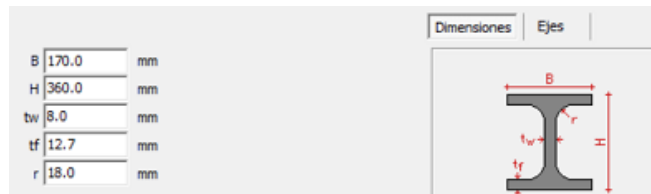


Fig. A.29: Dades del perfil Extret del diamond

Procedirem a fer el càlcul de les barres amb mes tensió per verificar-les a nivell de barra

4.4.1 Verificació a nivell de lateral



Fig. A.30: Diagrama barra lateral esquerra.

A continuació mostrem els esforços i les deformacions

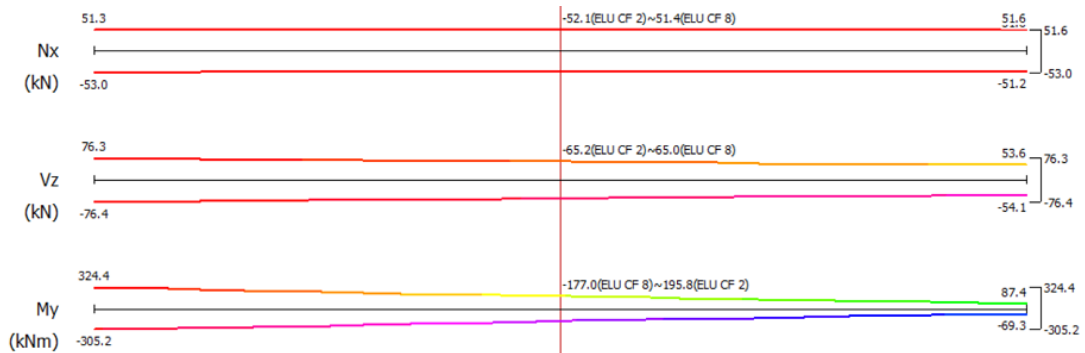


Fig. A.30: Diagrama de esforços barra lateral esquerra

Resistencia de la sección		Resistencia a pandeo		ELU - CF	
				<b>Flexión y' + cortante z' (§6.2.8) 50.826%</b>	
				Máximo a 2.00 m del nodo 8 en combinación ELU CF 2	
				Clase de la sección:1	
				My',Ed = 183.9 kNm	
				Vz',Ed = 64.1 kN	
				M <sub>Vy',Rd</sub> = [W <sub>y',pl</sub> · ρ · A <sub>w</sub> <sup>2</sup> / (4 t <sub>w</sub> )] · f <sub>yd</sub> = 361.8 kNm	
				V <sub>z',Rd</sub> = A <sub>vz</sub> · f <sub>yd</sub> / √3 = 720.3 kN	
				W <sub>y',pl</sub> = 1019222 mm <sup>3</sup> A <sub>vz</sub> = 3514.2 mm <sup>2</sup> A <sub>w</sub> = 2676.8 mm <sup>2</sup>	
				f <sub>yd</sub> = 355.0 N/mm <sup>2</sup> ρ = 0.000	
Tracción	2 %				
Compresión	2 %				
Flexión en Y	51 %				
Flexión en Z	0 %				
Cortante en Y	0 %				
Cortante en Z	9 %				
Torsión	0 %				
Flexión en Y + Cortante en Z		51 %			
Flexión en Z + Cortante en Y		0 %			
Flexión biaxial + Axil		51 %			
Flexión biaxial + Cortante + Axil		51 %			

Fig. A.31: Resistència de la secció flexió en Y i tallant en Z barra lateral esquerra

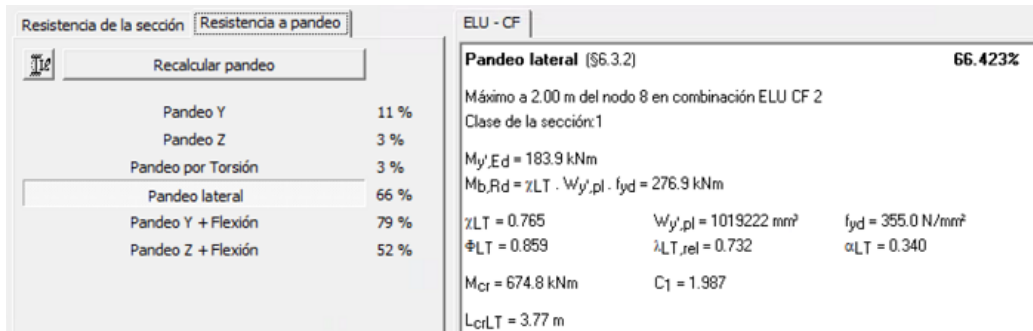


Fig. A.32: resistència vinclament lateral barra lateral esquerra

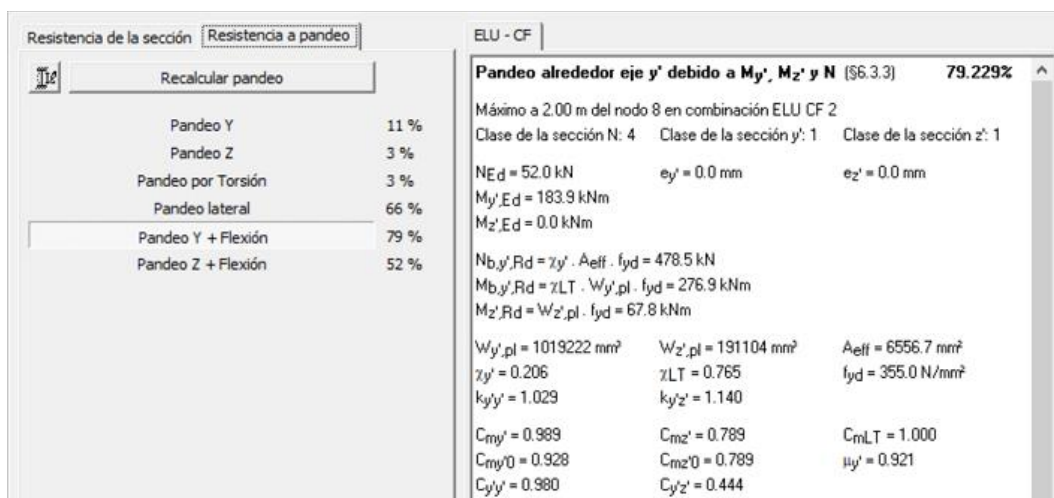


Fig. A.33: Resistència vinclament en Y i flexió barra lateral esquerra

Primerament, es duu a terme el càlcul de resistència de barra en el tram reforçat situat a la cantonada del cordó del pòrtic.

Per el programa de càlculs podem Obtenir els segons valors:

MyEd:	183.9 kNm
Cmy:	0.989
Mcr	674.8 kNm
Ned:	-52.1 kN
Med	-177 kNm
Nb Rd	478,5 kN
MbyRd	276,9

Taula.A.4: Dades extretes del diamonds

Una vagada tenim tots els valor trets del diamond podem fer la següent comprovació per resistència a nivell de barra

Respecte l'eix fort

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + C_{my} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 0,85 \rightarrow \mathbf{0.76 \leq 0,85 \text{ Compleix}} \quad (\text{Eq. 9})$$

Respecte l'eix Feble

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + 0,78 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 0,78 \rightarrow \mathbf{0.626 \leq 0,78 \text{ Compleix}} \quad (\text{Eq. 10})$$

**Conclusió** : en el nostre cas estariem a classe 1 i Segons els càlculs la barra del extrem dret ens compleix amb els dos eixos dèbil i el eix fort.

#### 4.4.2 Verificació a nivell de barra Central

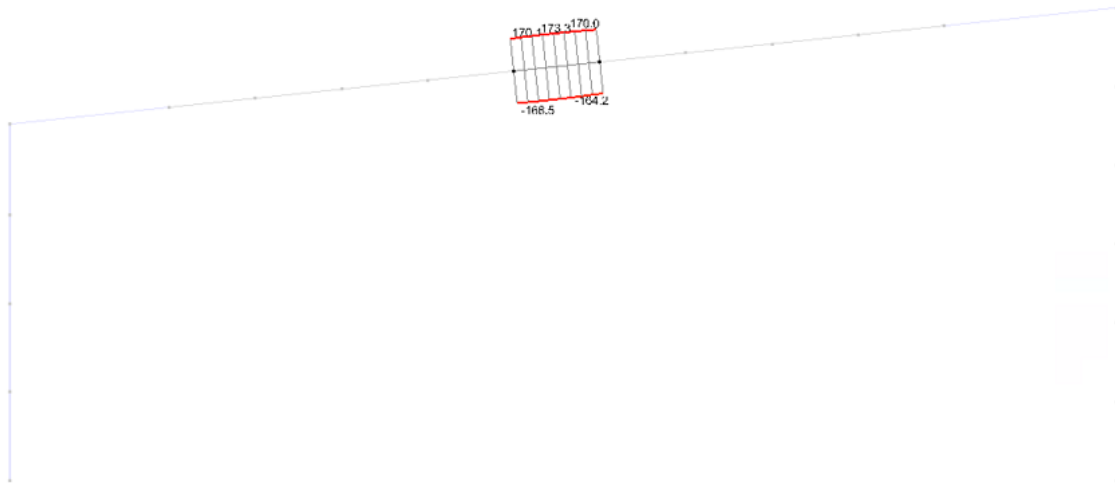


Fig. A.34: Diagrama de la barra central.

A continuació es mostrarà els esforços i les deformacions

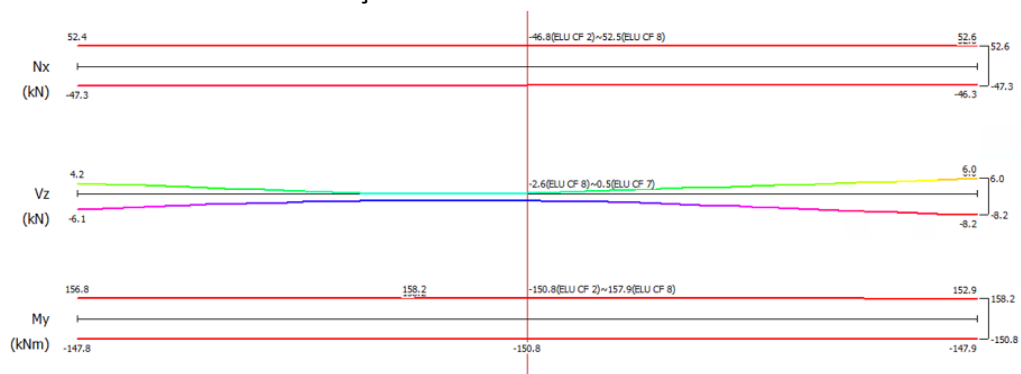


Fig.A.35: Diagrama de esforços Barra central

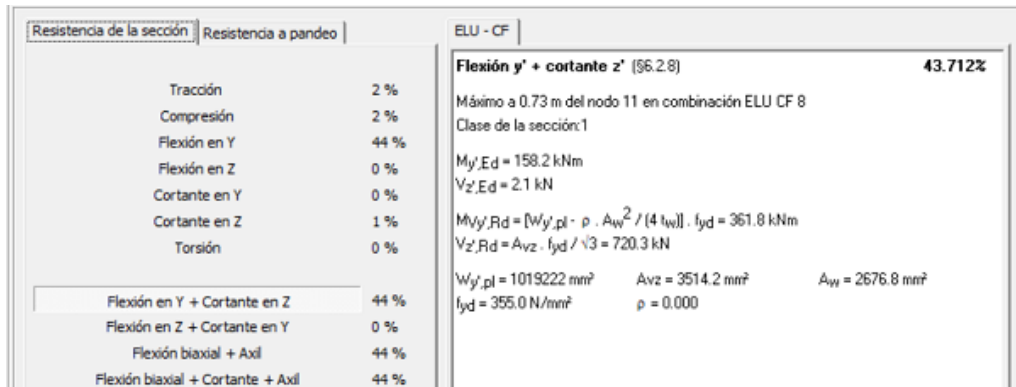


Fig.A.36: Diagrama de esforços barra central

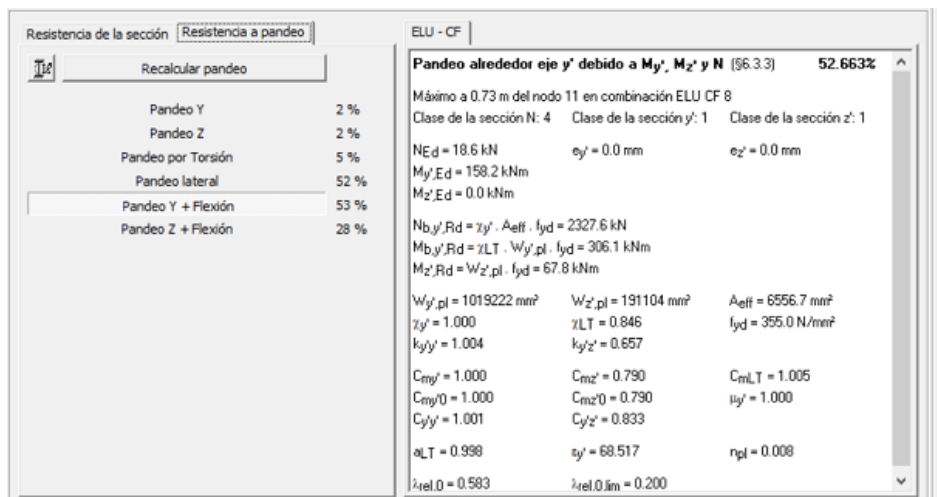


Fig. A.37: Resistència vinclament lateral barra central

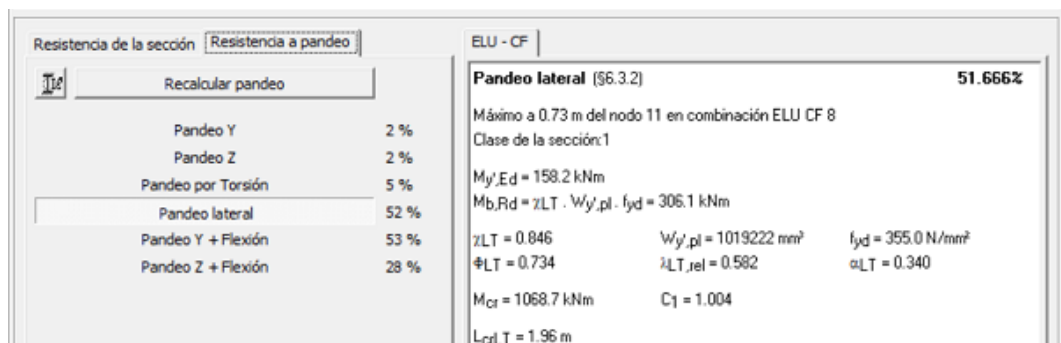


Fig. A.38: Resistència vinclament en Y i flexió barra central

Primerament, es duu a terme el càlcul de resistència de barra en el tram reforçat situat a la cantonada del cordó del pòrtic.

Per el programa de càlculs podem Obtenir els segons valors:

MyEd:	158.2 kNm
Cmy:	1
Mcr	1068.7 kNm
Ned:	46.8 kN
Med	150.8 kNm
Nb Rd	2327.6 kN
MbyRd	306.1 kNm

*Taula A.3: dades extrems del diamond*

Una vegada tenim tots els valor trets del diamond podem fer la següent comprovació per resistència a nivell de barra

Respecte l'eix fort

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + C_{my} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 0,85 \rightarrow \mathbf{0.54 \leq 0,85 \text{ Compleix}} \quad (\text{Eq. 9})$$

Respecte l'eix Feble

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + 0,78 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 0,78 \rightarrow \mathbf{0.42 \leq 0,78 \text{ Compleix}} \quad (\text{Eq. 10})$$

**Conclusió:** en el nostre cas estariem a classe 1 i en aquesta barra també Segons els càlculs la barra del extrem dret ens compleix amb els dos eixos dèbil i el eix fort.

## A.5.CÀLCUL D'UNIONS

Per fer les unions, s'ha fet servir es el IDEA StatiCa, es un programa de elements finits, i abans de fer-ho servir s'ha fet totes les unions amb el programa TEKLA i després s'ha transferit a IDEA StatiCa, verifica les forces a tallants, a tracció i deformació dels cargols, en funció de les dimensions de cada perfil o placa. També comprova si la quantitat o el tipus de cargols que hem dissenyat les unions si es correcta.

També es una eina que porta integrat la normativa EN i al fer us del programa podem assegurar que els cargols, les plaques i les soldadures suportin la tensió i complint la normativa

<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)
	$F_{v,Sd,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$
	$F_{v,Sd} \leq F_{v,Rd}$
	$F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$
<b>Categoría C</b>	Resistentes al deslizamiento en ELU (sólo TR)
	$F_{v,Sd} \leq F_{s,Rd}$
	$F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$
<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
	$F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$

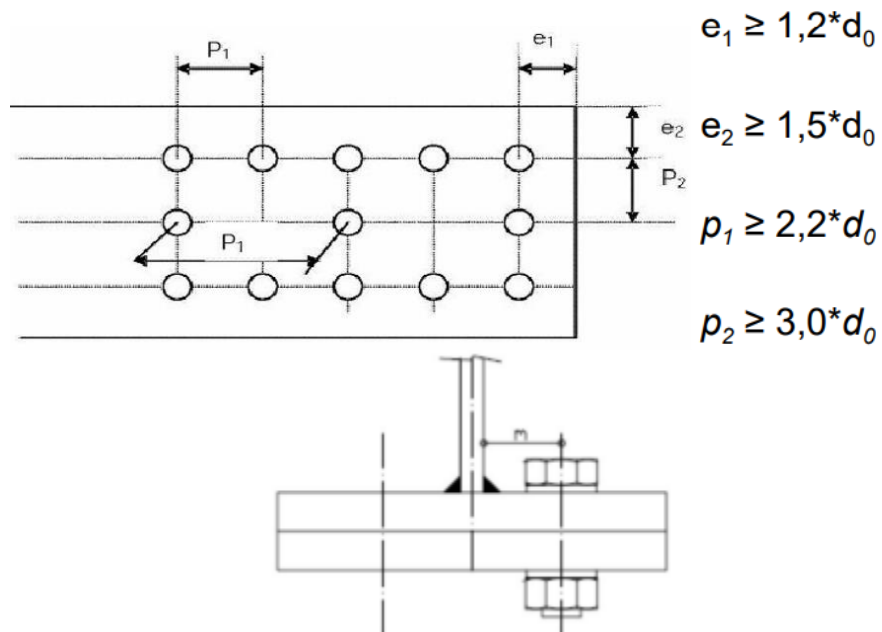


Fig. A.43: disposicions constructives relatives al posicionament dels forats en plaques

El següent apartats, es demostrarà únicament les unions mes perjudicades, i la resta de unions per les seves geometries no pateixen grans deformacions.

#### A.5.1 Unió creus lateral.

En aquesta Unió La PLACA PL10 esta unida amb perfil arriostrament L60 mitjançant cargols i LA PLACA L10 esta soldada amb perfil HEA 400

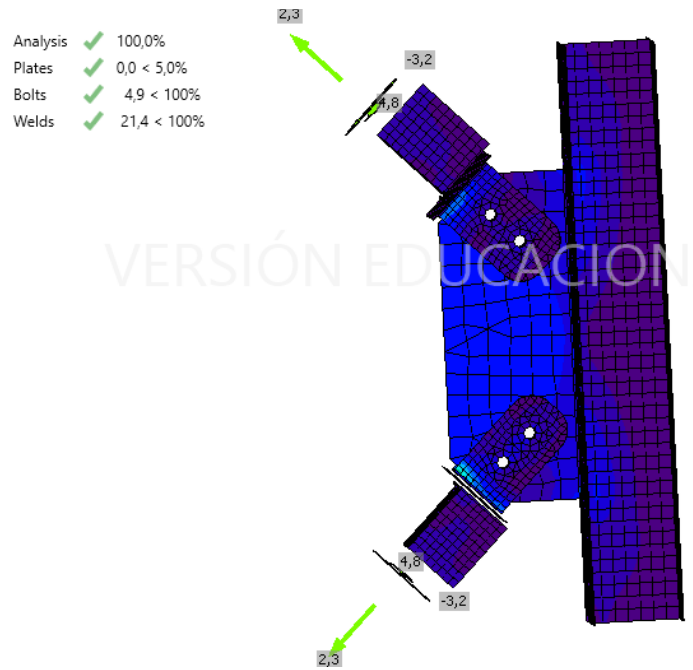


Fig. A.44 Unió passarel·la

### A.5.2 Unió perfil HEA 400 a IPE360.

La figura següent representa la unió lateral de les puntes de l'estructura es formada per perfil IPE units amb cargols amb HEA 400

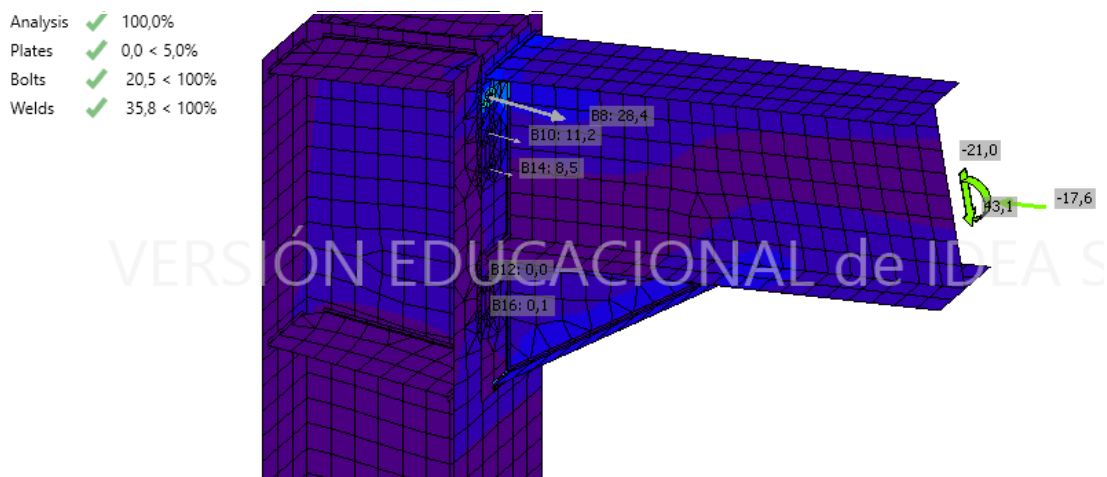


Fig. A.45 Unió perfils IPE 360 i HEA 400

### A.5.3 Unió tensor part superior de la nau.

Unió del tensor que esta unit amb un cargol a la platina i la platina amb el IPE 360 soldat



Analysis	✓	100,0%
Plates	✓	0,1 < 5,0%
Bolts	✓	9,9 < 100%
Welds	✓	70,3 < 100%
Buckling		Not calculated

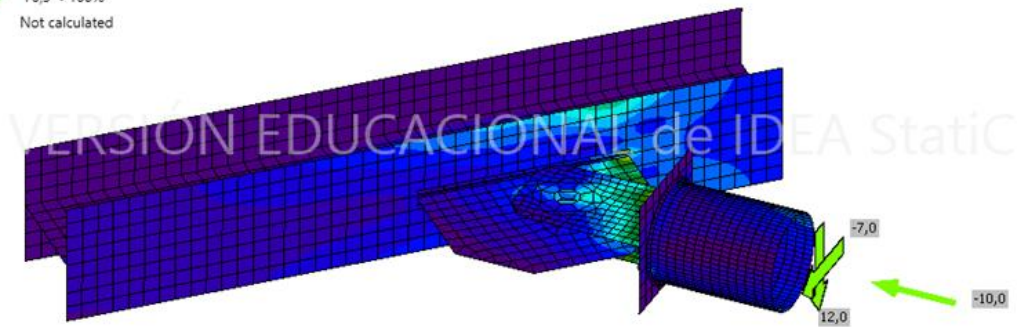


Fig. A.46 Unió perfil IPE 360 a Tensor

#### A.5.4 Unió tensor L60.

Unió del tensor L60 que esta unit mitjançant cargols a la platina i la platina amb el HEA 400 soldat

Analysis	✓	100,0%
Plates	✓	0,0 < 5,0%
Bolts	✓	16,0 < 100%
Welds	✓	27,0 < 100%

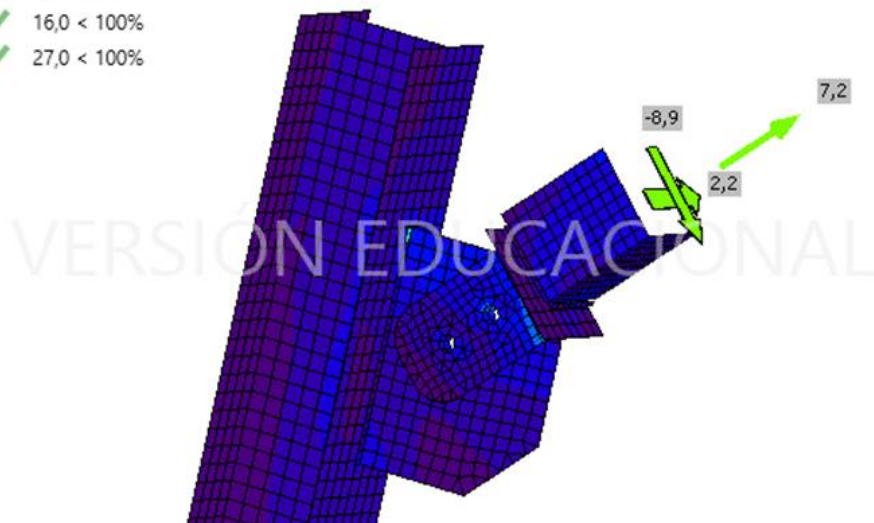


Fig. A. 47 Unió tensor

### A.5.5 UNIÓ CREUS LATERAL.

Unió dels perfils centrals reforçats amb cartel·la, esta unit amb perfil HEA 400 amb IPE 360 mitjançant cargols

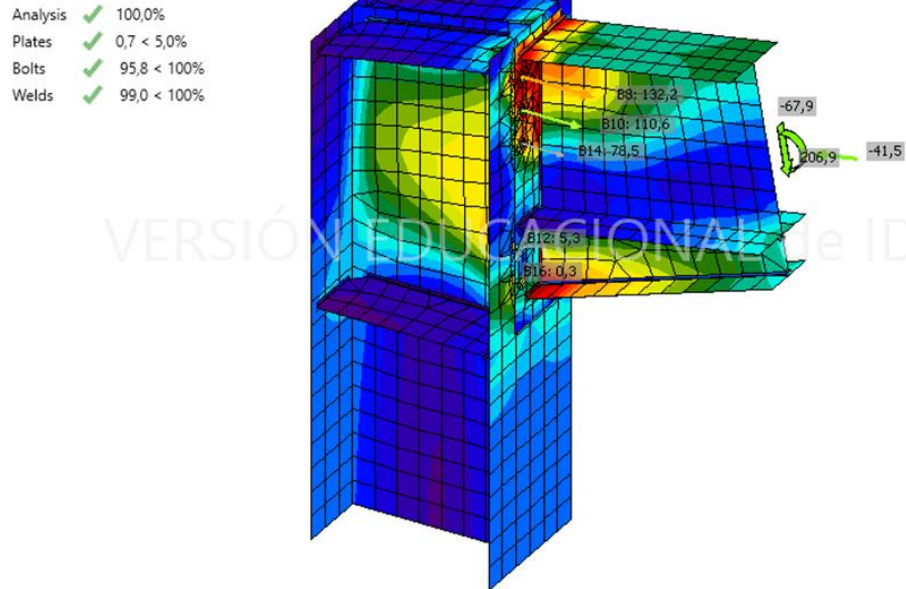


Fig. A.48 Unió perfil IPE 360 a HEA 400

### A. 6 CÀLCUL DE LA FONAMENTACIÓ

Per dissenyar l'anclatge s'ha de tenir en compte que el bloc de formigo que el forma hauria de suportar la compressió.

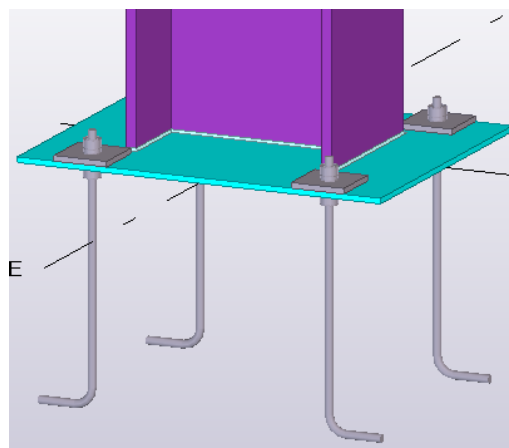


Fig A.49: Representació Anclatge

Calcularem la tensió que soporta el formigó segons les indicacions de el CTE-DB-SE-C amb la formula següent.

$$0,3 \cdot f_{ck} = \frac{N}{A}$$

On

- $f_{ck}$  = Quantia mecànica
- $N$  = tallant
- $A$  = l'area

L'area de la base del formigó ha de ser superior a  $25\text{mm}^2$ . S'ha utilitzarà un formigó de HA-25/B/20/IIa, segons la seves característiques les tensions que pot aguntar son de 25 MPa a 28 dies, i per altre banda la tensió del formigó no pot sobre pasar els 7.5 MPa.

25/B/20/IIa de consistència tova, mida màxima d'àrid 20 mm i ambient IIa, segons EHE-08. Declaració de prestacions i marcatge CE dels components, segons reglament 305/2011 de la UE.

### Materials EHE-08

Dels materials que inclou l'EHE-08 els que s'inclouen a l'edificació són l'acer B500S i els formigó 25/B/20/IIa.

Característiques de l'acer B500S:

Características mecánicas Designación		Tipo de acero	
		B 400 S	B 500 S
Límite elástico, $R_e$ (Mpa) <sup>a</sup>		≥ 400	≥ 500
Resistencia a la tracción, $R_m$ (Mpa) <sup>a</sup>		≥ 440	≥ 550
Alargamiento de rotura, $A_5$ (%)		≥ 14	≥ 12
Alargamiento total bajo carga máxima, $A_{gt}$ (%)	Barra recta	≥ 5,0	≥ 5,0
	Rollo <sup>c</sup>	≥ 7,5	≥ 7,5
Relación $R_m/R_e$ <sup>b</sup>		≥ 1,05	≥ 1,05

<sup>a</sup> Para el cálculo de los valores unitarios se debe utilizar la sección nominal.

<sup>b</sup> Relación admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenidos en cada ensayo.

<sup>c</sup> En el caso de aceros procedentes de suministros en rollo, los resultados pueden verse afectados por el método de preparación de la muestra para su ensayo. Por este motivo, pueden aceptarse aceros que presenten valores característicos que sean inferiores en un 0,5% a los que recoge la tabla para estos casos.

Fig A.28: Característiques mecàniques dels acers corrugats

Els límits parcials de seguretat són:

Situación de proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo y activo $\gamma_s$
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

Fig A.29: Coeficients parcials de seguretat dels materials continguts a l'EHE-08

On

- $f_{ck}$  = Quantia mecànica
- $N$  = tallant
- $A$  = l'area

L'area de la base del formigó ha de ser superior a  $25\text{mm}^2$ . S'ha utilitzarà un formigó de HA-25/B/20/IIa, segons la seves característiques les tensions que pot aguntar son de 25 MPa a 28 dies, i per altre banda la tensió del formigó no pot sobre pasar els 7.5 MPa.

25/B/20/IIa de consistència tova, mida màxima d'àrid 20 mm i ambient IIa, segons EHE-08. Declaració de prestacions i marcatge CE dels components, segons reglament 305/2011 de la UE.

### 6.1 Càlcul de ancoratge Resistència zona compressió.

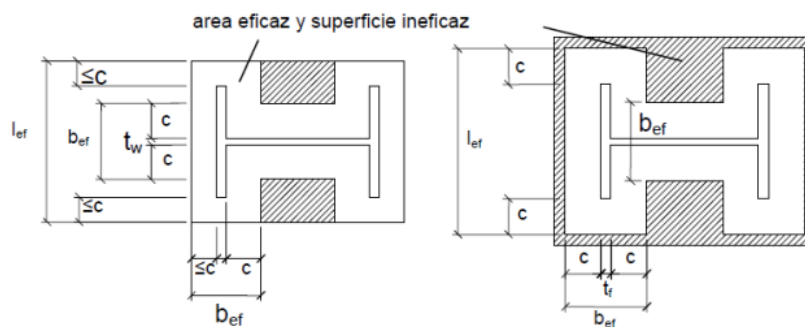


Fig A.28: Representació zones comprimida

El següent apartat farem la comprovació de zona comprimida.

- $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$
- $f_{cd} = \frac{25}{1.5} = 16.66 \text{ Mpa}$
- $f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ Mpa}$
- $\beta = 2/3$
- $c = 30.5$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck} \leq 3.3 \cdot f_{cd} \quad (\text{Eq.11})$$

$$k_j = \sqrt{\frac{2000 \cdot 2000}{690 \cdot 550}} = 3.24 \leq 5 \rightarrow \text{complim}$$

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot 3.24 \cdot 25 = 54 \leq 54.978 \rightarrow \text{complim}$$

$$c \leq t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} \rightarrow 19 \cdot \sqrt{\frac{434.8}{3 \cdot 54}} = 31.127 \text{ mm}$$

El valor de la resistència a compressió, sota estat de tensions uniforme, seria, a l'àrea eficaç:

$$F_{ed} = 143 \text{ KN}$$

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot b_{ef} \cdot l_{ef} = 54 \cdot 80 \cdot 350 = 151.2 \text{ KN}$$

$$F_{ed} \leq F_{c,Rd} \rightarrow 143 \leq 151.2 \text{ Complim}$$

# **ANNEX B: FITXES TÈCNIQUES**

### 13V Soporte inclinado cerrado regulable para cubierta metálica, vertical

Soporte inclinado para cubiertas metálicas o subestructura.

Anclaje a correas.

Regulable de 20° a 35°

Disposición de los módulos en vertical.

Kits para módulos de hasta 2200x1150 mm y de 30 a 45 mm de espesor.

Kits disponibles de 1 hasta 6 módulos, para filas más largas usar kit de unión S15

Para módulos de hasta 2400x1350 mm "Sistema PS"

Tomillería de anclaje NO incluida.

Componentes del Kit

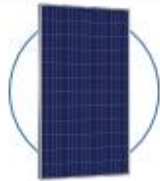


Módulo máx.:  
2200x1150 mm



Módulo máx.:  
2400x1350 mm.

Ficha  
técnica del  
producto



### Módulo fotovoltaico SCL 320W PI

Los módulos fotovoltaicos de 320W y 340W optimizan el espacio de captación de radiación y se han convertido en la solución más eficiente en instalaciones con poco espacio disponible que necesitan altas cantidades de energía.

Gracias a su proceso de fabricación bajo la norma ISO 9001, alcanzan eficiencias de hasta 15,6% y cumplen los estándares de calidad y disponen de certificados IEC, TÜV, ETL, MCS, CE. Estos hechos atribuyen calidad, seguridad y fiabilidad a nuestros módulos ofreciendo una garantía de producto de 12 años y una garantía de potencia hasta 25 años.



#### Aplicaciones

- 1 Instalaciones aisladas con consumo diario
- 2 Bombeos con poco terreno disponible
- 3 Edificios con alta cantidad de viviendas
- 4 Otras aplicaciones de alto consumo



Amplia gama



Excelente relación  
calidad-precio



Tolerancia 0+3%

#### Visualización



#### Características técnicas

Medida	SCL-320PI
Potencia máxima (P <sub>max</sub> ) [w]	320
Voltaje a potencia máxima (V <sub>mp</sub> ) [V]	45.7
Intensidad a potencia máxima (I <sub>mp</sub> ) [A]	9.00
Voltaje en circuito abierto (V <sub>oc</sub> ) [V]	37.1
Intensidad de cortocircuito (I <sub>sc</sub> ) [A]	8.63
Tolerancia de potencia [W]	0/3%

# Módulos

## Características mecánicas

Medida	SCL-320PI
Celulas	72=6x12 policristalinas
Conectores	MC4 Compatible
Caja conexión	TÜV Certificado
Cableado	Longitud 900mm
Dimensión	1956 x 992 x 50 mm
Peso	27 kg
Carga máxima	Carga de viento: 2400 Pa /Carga peso: 5400 Pa

## Características de temperatura

Medida	SCL-320PI
NOCT**	47+/- 2°C
Coeficiente de temperatura Pmax	-0.43% / °C
Coeficiente de temperatura Voc	-0.33% / °C
Coeficiente de temperatura Isc	+0.056% / °C
Temperatura de trabajo	-40/+85°C

## Embalaje

Tipo	SCL-320PI
Palet	21 uds.
Contenedor 20/40 pies	210/462 uds.

## Certificaciones





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

## C.1 OBJECTE

En el present Estudi Basic de Seguretat i Salut es defineixen les mesures a adoptar encaminades a la prevenció de riscos d'accident i malalties professionals que es poden ocasionar durant l'execució de la obra, així com les instal·lacions preceptives d'higiene i benestar dels treballadors.

S'exposen unes directrius bàsiques d'acord amb la legislació vigent, en quant a les disposicions mínimes en matèria de seguretat i salut, amb la finalitat de que el contractista compleixi amb les seves obligacions en quant a la prevenció de riscos laborals.

Les normatives han de ser aprovades per el peticionari del projecte, per les Administracions Públiques pertinents i per el Coordinador de Seguretat i Salut seleccionat per el contractista abans de executar l'obre i aquest Pla de Seguretat i Salut ha de complir la normativa vigent (RD 337/2010).

El Cap d'Obra s'ha de revisar que tots els participants de l'obre desponguin de l'equipament i la informació necessari per executar el pla.

El Pla de Seguretat i Salut ha de contenir l'estudi i l'execució de la informació continguda en aquest document.

L'incompliment de la normativa comporta sancions recollides en Real Decret 5/2000 del 4 d'agost, que s'aplicaran als responsables pertinents.

Els objectius que pretén abarcar el present Estudi Basic de Seguretat i Salut són:

- Garantitzar la salut i integritat física dels treballadors
- Evitar accions o situacions perilloses per improvisació o per insuficiència o falta de medis
- Delimitar i aclarir atribucions i responsabilitats en matèria de seguretat de les persones que  
- intervenen en el procés constructiu
- Referir la classe de mesures de protecció a utilitzar en funció del risc
- Detectar a temps els riscos que es deriven de l'execució de l'obra
- Aplicar tècniques d'execució que redueixin al màxim aquests riscos

## C.2 EN LA CONSTRUCCIÓ

El pla de seguretat i salut ha de complir amb la Llei 31/1995, durant l'execució de l'obre s'ha de seguir els següents apartats.

- l'ha de vetllar per el manteniment dels materials, maquinària, eines i equipació necessària, així com la seva higiene i ordre.
- Els treballadors no han de actuar fora de la seva responsabilitat o en feines en les quals no tenen els coneixements, formació o llicències necessàries.
- Tots els residus generats han de ser retirats de manera segura i tractats de la manera adequada.

- S'ha d'escollir i delimitar adequadament les diferents àrees de treball i d'emmagatzematge segons les característiques de l'entorn.
- La cooperació de tots els treballadors implicats.
- Planificar, evitar, avaluar i combatre qualsevol possible risc de manera efectiva, coherent i sempre posant la seguretat de les persones com a principal objectiu.
- Tots els treballadors implicats han de estar informats sobre qualsevol factor que pugui posar en risc la seva seguretat i salut.

### **C.3 IDENTIFICACIÓ DE RISCOS**

Els possibles riscos que poden aparèixer durant l'execució del projecte són:

#### **C.3.1 Maquinària**

- Atropellaments i xocs entre màquines.
- Caiguda o desplom de grues.
- Caiguda durant el transport de material.
- Enrampaments.
- Emanació de gasos nocius, pols o fum.
- Riscos derivats amb el mal funcionament de la maquinària o de l'accionament involuntari.
- Riscos derivats del mal aïllament acústic.
- Riscos derivats per la falta d'equipament necessari.

#### **C.3.2 Treballs manuals**

- Accidents i cops involuntaris.
- Talls i punxades.
- Generació de residus o partícules nocives o perilloses.
- Caigudes dels treballadors des de punts alts.
- Males postures i sobreesforços.
- Riscos derivats del emmagatzemament, transport i utilització de productes químics.
- Caiguda de material emmagatzemat o durant el transport.

#### **C.3.3 Relacionats amb l'entorn**

- Atropellaments de trànsit.
- Desplomament de terreny o de estructures contigües.
- Riscos relacionats amb les condicions climatològiques.
- Interferència amb instal·lacions de gas, aigua o llum

## **C.4 MESURES DE PROTECCIÓ**

### **C.4.1 Equip de protecció**

- Per els treballs on es generi pols, cendra, fum o altres partícules nocives, s'ha de portar ulleres de protecció i mascareta amb filtre.
- Per els treballs on es pugui generar talls o punxades s'ha de portar guants anti-tall.
- Per els treballs on es puguin produir desploms o caiguda de càrregues s'ha de portar casc i sabates de seguretat.
- Per els treballs de soldadura, s'ha de portar la pantalla de soldador i guants amb aïllant tèrmics homologats.
- Per aquells treballs on s'ha de operar en punts elevats amb risc de caiguda, i no hi hagi els elements necessaris per assegurar al operari, s'ha d'utilitzar l'arnés.
- Per aquells treballs on es manipula qualsevol instal·lació elèctrica s'ha de realitzar amb guants aïllants.
- Per els treballs on es manipula productes químics corrosius, s'ha de portar ulleres de protecció i guants.
- Per els treballs realitzats en zones amb molt de soroll, s'ha de portar protectors auditius.

### **C.4.2 Accions de prevenció**

- Senyalitzar correctament les zones o àrees de risc.
- Deixar espai suficient a tota la maquinària i vehicles.
- Deixar espai suficient amb les instal·lacions ja existents.
- Organització i sincronització en el moment de realitzar operacions simultànies.
- Revisió periòdica del compliment del Pla de Seguretat.
- Tallar el trànsit sempre que s'han de realitzar operacions a la carretera.
- Enlluernar sempre que sigui necessari.
- Garantir el pas segur a través de les àrees de treball.
- Assegurar que les eines, materials i equipació són segurs en tot moment.
- Comptar i col·laborar en totes les revisions i inspeccions necessàries.
- Actuar de manera transparent per poder gestionar i identificar les situacions de risc.
- Tota instal·lació elèctrica ha de estar ben aïllada.
- Comprovació de la funcionalitat i legalitat de tot procés o material utilitzat.

## **C.5 PRIMERS AUXILIS**

La obra disposarà durant tota la seva execució d'una farmaciola que ha de contenir el material reglamentari necessari per actuar en cas de primera necessitat. La comprovació de la funcionalitat de la farmaciola ha de ser periòdica.

Els treballadors han de ser informats dels centres d'atenció sanitària més propers, així com mitjans per comunicar-se amb ells si és necessari.

#### **C.6 ALTRES ASPECTES A TENIR EN COMPTE**

- La estructura no ha de servir per emmagatzemar cap tipus de material durant la seva fabricació ni durant la seva fase funcional.
- S'ha de respectar la càrrega màxima dels ascensors.
- Les zones de l'estructura no transitables no s'han d'ocupar a excepció de raons de manteniment o muntatge.
- No utilitzar l'estructura en cas d'incendi, sisme, accident de trànsit o durant una baixada de tensió.