

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: PROJECTE D'UNA NAU DE GRAN SUPERFÍCIE AMB ESTRUCTURA METÀL·LICA

Document: 6. RESUM

Alumne: Grau Sánchez Fernández

Tutor: Xavier Cahís Carola

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria de la Construcció

Convocatòria (mes/any) Curs 2022/2023

RESUM DEL TREBALL

L'objecte del projecte és el dimensionament d'un edifici industrial i fer els càlculs necessaris per al disseny constructiu de l'estructura metàl·lica de la que està formada. També s'ha dimensionat els fonaments de la nau i les unions d'aquests amb els pilars de l'estructura. Això amb l'objectiu de veure reflectides les aptituds que s'han après durant els cursos d'universitat i poder obtenir nocions de la metodologia que s'utilitza per al dimensionament d'estructures.

S'ha establert com a requeriments del treball, dimensionar l'estructura de forma que pugui suportar totes les càrregues que s'han considerat i que marca la normativa, complint així amb els mínims d'estabilitat i resistència. També s'ha entrat en detall, a més de l'estructura principal i els elements estabilitzadors, en les unions entre els pilars de l'edifici industrial i els fonaments, dissenyant per a cada pilar una unió diferent, i en el càlcul de fonamentació de la nau, per dissenyar així els correctes fonaments.

Per al dimensionament de la nau industrial, s'ha fet ús del software de càlcul Diamonds de BuildSoft, amb aquest programa especialitzat en el anàlisi estructural, s'ha fet ús per comprovar, tant a resistència, com a estabilitat, tots els elements d'acer que avarca el projecte. El programa Tekla Structures s'ha utilitzat per dissenyar tots els elements que s'han comprovat en el càlcul estructural, a més, de tot el predimensionat dels elements, unions i detalls de la resta d'elements que conformen una nau industrial. Tanmateix s'ha fet ús del software BIM Expert, de la casa BuildSoft, per poder passar el "predisseny", utilitzat en el anàlisi estructural en el Diamonds, al Tekla, per tal de poder dissenyar amb més exactitud la nau industrial del projecte.

La ubicació de la nau, objecte del projecte, es troba ubicada dins el polígon industrial La Timba, a Avinyonet de Puigventós (Girona), amb codi postal 17742. La parcel·la on es situa l'estructura es troba a la Ctra. N-2660, Km 41, 17742 al mateix terme municipal, la referència cadastral de la qual és 3969101DG9736N0000TA.

Segons els Serveis Tècnics Municipals-Urbanisme del municipi d'Avinyonet de Puigventós, el polígon industrial utilitzat en el treball és Clau 5, industrial, segons les Normes Subsidiàries de Planejament (NNSS) del municipi. Aquest polígon també està pendent de recepcionar, per part de l'Ajuntament, un projecte de reurbanització i que, per tant, no poden atorgar llicències d'obres de nova construcció.

En aspectes generals, la nau industrial objecte del projecte, té unes dimensions en planta rectangulars de 88 m de llargada per 50 m d'amplada. L'alçada ve determinada pels pòrtics que conformen l'estructura, per tant, l'alçada màxima de la nau és de 10,25 m. La part principal de l'estructura, consta d'un total de 12 pòrtics rígids metàl·lics, separats una distància de 8 m entre ells, formant així la longitud de la nau, alhora que estan units per corretges de façana no contínues. Es poden diferenciar dos tipus de pòrtics diferents, els pòrtics testers, de les façanes anteriors i posteriors, i els pòrtics centrals. Aquests pòrtics es troben units entre ells principalment pels travats de coberta i façana, juntament amb els tancaments laterals. La coberta de la nau, objecte del projecte, té una forma de doble coberta a dos aigües, doncs cada pòrtic està format per dos llums de càlcul de 25 m, corresponent cada un, a una coberta a dos aigües. Aquesta s'ha considerat amb un pendent del 10%.

Els pòrtics testers de façana, tant l'anterior com la posterior, es troben distribuïts en dos trams de 25 m de llum de càlcul. Cada tram està format pel conjunt de 7 pilars metàl·lics, incloent dins aquest grup els pilars cantoners i el central, on totes les columnes estan separades una distància equidistant, per tant, hi ha una separació de 4,17 m entre ells, formant un total de 50 m. Els pilars metàl·lics que conformen aquest pòrtic, des de els extrems laterals fins al centre:

- IPE 360, aquest perfil es trobaria en els extrems, conformant els pilars cantoners, i aquests tenen una alçada de 9 m.
- IPE 330, aquests pilars tenen una alçada aproximada d'uns 9,50 m, aproximadament, doncs, com s'ha mencionat anteriorment, la coberta té una pendent d'una 10%.
- IPE 400, aquest pilar té una alçada d'uns 9,80 m.
- HEB 240, aquest perfil es troba en el centre dels trams de 25 m, essent aquest el pilar del carener. Així doncs, aquesta columna té una alçada de 10,25 m.
- IPE 330, aquest pilar té una alçada de 9,83 m, al igual que el IPE 400.
- IPE 330, té les mateixes característiques que el primer perfil IPE 330 descrit.
- HEB 300, aquest perfil constitueix el pilar central del pòrtic, on es troben les dues jàsseres dels dos trams de pòrtic de forma descendent, és a dir, a la vall que conformen les bigues de coberta.

Les jàsseres que defineixen la forma de la coberta estan formades per perfils metàl·lics IPE 330. Cada biga de coberta té una longitud d'uns 12,50 m, aproximadament, i tenen un pendent del 10%, tal i com s'ha esmentat anteriorment.

En els nusos dels dos careners que es troben en el pòrtic de façana, es disposen, de forma simètrica i en ambdós costats, de cartel·les, formades per una perfilaria IPE 330, excloent la part de l'ala superior.

Dins el cos del pòrtic tester, es troba un perfil HEA 140, disposat de forma horitzontal entre els dos pilars IPE 330, tenint una distància horitzontal d'uns 4 m, coincidint amb les distàncies entre pilars prèviament comentades, i estan situades a una alçada respecte el terra de l'emplaçament de 5 m. S'ha considerat que aquestes subjectaran una porta basculant. El material d'aquest, al igual que la resta dels principals elements del pòrtic, és acer S355.

Els pòrtics centrals de la nau, al igual que els pòrtics testers, es troben distribuïts en dos trams de 25 m de llum de càlcul, cada un, delimitats pels principals recolzaments. El cos principal d'aquest pòrtic està subjectat per el conjunt de dos pilars cantoners IPE 500 i el pilar central que és un HEB 300. Entre cada un dels pilars es troba una distància de càlcul de 25 m. Les alçades de tots els pilars són de 9 m. Les jàsseres que defineixen la forma de la coberta estan formades per perfils metàl·lics IPE 450. Tenen una longitud total de 12,56 m cada biga i tenen un pendent del 10%, al igual que les bigues que conformen el pòrtic de façana.

En els dos careners que es troben en el pòrtic de façana, es disposen, de forma simètrica i en ambdós costats, de cartel·les. Aquestes estan formades per la meitat d'una perfilaria IPE 450. Al igual que en els careners, en els ràfecs es disposen de cartel·les de forma simètrica i en ambdós costats d'aquesta zona. En tots casos, aquests elements tenen una longitud de 3 m.

La nau també s'ha dimensionat tenint en compte uns elements secundaris, que serien el conjunt dels travats que es troben repartits al llarg i a l'ample de la nau, exposats a continuació:

- Travat caps de pilar, aquest element estabilitzador, consisteix en una unió en els caps de pilar dels pòrtics de la nau. és tracta d'una secció tubular CHS 168,3 amb 4,8 mm de gruix (aproximat a 5 mm en el càlcul realitzar per al dimensionament de la nau) de la casa AustubeMills. El material, amb el que s'ha fabricat aquest tub, és acer galvanitzat amb protecció de zinc S275GD+Z
- Travat de coberta, aquest travat és un travat a mode de biga en gelosia tipus Warren amb muntants que es troba ubicat entre els pòrtics testers i els següents pòrtic que es disposen, tant de la part anterior com de la posterior, i en el centre de l'estructura de la nau. El conjunt del travat de coberta, està format per perfils tubulars de secció quadrada SHS (Square Hollow Section) 160x160x8 mm i el material és acer S355
- Creus de Sant Andreu, aquests elements de travat es troben entre els mateixos pòrtics esmenats en les bigues contravent. Es distingeixen les creus que es troben entre els pilars centrals, de 58 mm de diàmetre i acer S355, i els cantoners, de 38 mm de diàmetre i acer S355
- Diagonals de façana, aquest element estabilitzador es disposa de forma diagonal entre els pòrtics cantoners i els que es disposen a continuació arriba fins a una alçada d'uns 9 m. La perfilaria utilitzada està conformada per perfils tubulars quadrats SHS (Square Hollow Section) 160x160x8 i estan fabricades en acer S355
- Corretges de coberta, es disposen de 7 corretges, de 8 m de llum, per cada tram inclinat de la part superior de les jàsseres dels pòrtics, separats una distància d'uns 2 m entre elles. Els perfils utilitzats estan extrets del catàleg comercial de la casa Brausa, CEBRAU C350x3, fabricats en acer galvanitzat amb un recobert de zinc S250GD+Z
- Corretges de façana, dels quals es distingeixen dos tipus, els dels laterals de la nau i els de la part frontal en els pòrtics testers. Per la dels laterals, de llum de 8 m, s'ha utilitzat la perfilaria, de la casa Brausa, C200x3 i està fabricat en acer S250GD+Z. Pels frontals, d'un va de 4,20 m, aproximadament, s'ha utilitzat la perfilaria, de la casa Brausa, C100x3 i està fabricat en acer S250GD+Z

Pel que fa als tancaments de coberta, s'ha fet ús de la perfilaria MT-42, extreta del catàleg comercial de la casa Hiansa, d'on s'ha escollit el perfil que té un espessor de 0,75 mm, i també s'ha tingut en compte una doble capa fibra de vidre, d'un gruix de 0,05 mm. D'altre banda, els tancaments de façana estan formats per una perfilaria, també de la casa Hiansa, el qual és el Panell de Façana – HF. Es tracta d'un tancament de façana compostat per 2 xapes d'acer galvanitzat i prelacat amb nucli aïllant PIR.

Les unions entre pilars i fonaments, i els propis fonaments, s'han dimensionat de forma individual. Les solucions de les unions, tant els pernns que ho conformen, com la placa de testa, s'esposen a continuació:

- Per als pilars IPE 360, les plaques d'ancoratge tenen unes dimensions de 496x220 mm i un gruix de 16 mm. Els pernns que s'hi disposen tenen a la placa d'ancoratge en aquest pilar, tenen un diàmetre de 16 mm, i el forat té una tolerància entre 1-2 mm, per tant el forat de la placa d'ancoratge és de 18 mm i la longitud neta és de 731,95 mm, i la longitud neta tenint en compte les patilles dels pernns, aquesta es redueix a 512,37 mm
- Per als pilars IPE 330, les plaques d'ancoratge tenen unes dimensions de 380x254 mm i un gruix de 16 mm. Els pernns que s'hi disposen tenen a la placa d'ancoratge en aquest pilar, tenen un diàmetre de 16 mm, i el forat té una tolerància entre 1-2 mm, per tant el forat de la placa d'ancoratge és de 18 mm i la longitud neta és de 731,95 mm, i la longitud neta tenint en compte les patilles dels pernns, aquesta es redueix a 512,37 mm

- Per als pilars IPE 400, les plaques d'ancoratge tenen unes dimensions de 450x254 mm i un gruix de 16 mm. Els perns que s'hi disposen tenen a la placa d'ancoratge en aquest pilar, tenen un diàmetre de 16 mm, i el forat té una tolerància entre 1-2 mm, per tant el forat de la placa d'ancoratge és de 18 mm i la longitud neta és de 731,95 mm, i la longitud neta tenint en compte les patilles dels perns, aquesta es redueix a 512,37 mm
- Per als pilars HEB 240, les plaques d'ancoratge tenen unes dimensions de 300x300 mm i un gruix de 20 mm. Els perns que s'hi disposen tenen a la placa d'ancoratge en aquest pilar, tenen un diàmetre de 20 mm, i el forat té una tolerància entre 1-2 mm, per tant el forat de la placa d'ancoratge és de 22 mm i la longitud neta és de 914,94 mm, i la longitud neta tenint en compte les patilles dels perns, aquesta es redueix a 640,46 mm
- Per als pilars HEB 300 dels pòrtics testers, les plaques d'ancoratge tenen unes dimensions de 300x300 mm i un gruix de 24 mm. Els perns que s'hi disposen tenen a la placa d'ancoratge en aquest pilar, tenen un diàmetre de 24 mm, i el forat té una tolerància entre 1-2 mm, per tant el forat de la placa d'ancoratge és de 26 mm i la longitud neta és de 1097,93 mm, i la longitud neta tenint en compte les patilles dels perns, aquesta es redueix a 768,55 mm
- Per als pilars IPE 500, les plaques d'ancoratge tenen unes dimensions de 496x220 mm i un gruix de 22 mm. Els perns que s'hi disposen tenen a la placa d'ancoratge en aquest pilar, tenen un diàmetre de 20 mm, i el forat té una tolerància entre 1-2 mm, per tant el forat de la placa d'ancoratge és de 22 mm i la longitud neta és de 914,94 mm, i la longitud neta tenint en compte les patilles dels perns, aquesta es redueix a 640,46 mm
- Per als pilars HEB 300 dels pòrtics mitjos, les plaques d'ancoratge tenen unes dimensions de 500x370 mm i un gruix de 24 mm. Els perns que s'hi disposen tenen a la placa d'ancoratge en aquest pilar, tenen un diàmetre de 24 mm, i el forat té una tolerància entre 1-2 mm, per tant el forat de la placa d'ancoratge és de 26 mm i la longitud neta és de 1097,93 mm, i la longitud neta tenint en compte les patilles dels perns, aquesta es redueix a 768,55 mm

Tots els perns utilitzats s'han considerat com a cargols d'alta resistència 8.8 i totes les plaques d'ancoratge es troben centrades amb el centre del perfil del pilar i estan fabricades en acer S275.

Els fonaments de cada pilar estan formats per sabates, les quals són aïllades. Aquestes tenen una forma de planta quadrada de les següents dimensions:

- Per als fonaments dels pilars IPE 360, la planta de la sabata té unes dimensions de 1x1 m i una alçada de 0,6 m. L'armadura inferior està formada per 7 barres de 10 mm de diàmetre, en cada direcció, separades entre elles 150 mm i tenen una longitud neta, comptant que les barres acaben en patilla, és de 250 mm
- Per als fonaments dels pilars IPE 330, la planta de la sabata té unes dimensions de 1x1 m i una alçada de 0,6 m. L'armadura inferior està formada per 7 barres de 10 mm de diàmetre, en cada direcció, separades entre elles 150 mm i la longitud neta, comptant que les barres acaben en patilla, és de 250 mm.
- Per als fonaments dels pilars IPE 400, la planta de la sabata té unes dimensions de 1x1 m i una alçada de 0,6 m. L'armadura inferior està formada per 7 barres de 10 mm de diàmetre, en cada direcció, separades entre elles 150 mm i la longitud neta, comptant que les barres acaben en patilla, és de 250 mm.
- Per als fonaments dels pilars HEB 240, la planta de la sabata té unes dimensions de 1x1 m i una alçada de 0,6 m. L'armadura inferior està formada per 8 barres de 10 mm de

diàmetre, en cada direcció, separades entre elles 150 mm i la longitud neta, comptant que les barres acaben en patilla, és de 250 mm.

- Per als fonaments dels pilars HEB 300 dels pòrtics testers, la planta de la sabata té unes dimensions de 1x1 m i una alçada de 0,85 m. L'armadura inferior està formada per 7 barres de 12 mm de diàmetre, en cada direcció, separades entre elles 150 mm i la longitud neta, comptant que les barres acaben en patilla, és de 300 mm.
- Per als fonaments dels pilars IPE 500, la planta de la sabata té unes dimensions de 2x2 m i una alçada de 0,7 m. L'armadura inferior està formada per 7 barres de 16 mm de diàmetre, en cada direcció, separades entre elles 320 mm i la longitud neta, comptant que les barres acaben en patilla, és de 400 mm.
- Per als fonaments dels pilars HEB 300 dels pòrtics entremitjos, la planta de la sabata té unes dimensions de 1x1 m i una alçada de 0,85 m. L'armadura inferior està formada per 7 barres de 12 mm de diàmetre, en cada direcció, separades entre elles 150 mm i la longitud neta, comptant que les barres acaben en patilla, és de 300 mm.

Les sabates estaran formades per formigó armat HA-30/F/12/IIa, i les armadures inferiors, d'acer B 500 S. Aquestes sabates es troben sobre un ciment de neteja o solera d'assentament de 10 cm d'espessor. Aquest últim, al no ser un element estructural regulat, s'ha utilitzat un formigó HL-150.

Aquest projecte es distingeix ja que, a diferència d'altres naus, aquesta no disposa de juntes de dilatació i s'han dimensionat els elements de travat tenint en compte l'efecte de la dilatació tèrmica sobre aquests. També s'ha comprovat els efectes de sego ordre sobre la traslacionalitat de l'estructura, s'ha comprovat la resistència a ruptura i a estabilitat dels sistemes de travat considerant les imperfeccions estructurals inicials i s'han dissenyat i comprovat, a nivell de resistència, les unions entre pilars i fonaments, amb models analítics de certa complexitat.

Per últim, tenir en compte que, tant en els amidaments com en el pressupost, s'ha considerat els principals elements dimensionats al llarg del projecte. Així doncs, el cost de la nau, objecte d'aquest projecte, és de VUIT-CENTS TRENTA MIL VUIT-CENTS CATORZE EUROS AMB SEIXANTA-NOU CÈNTIMS 830.814,69 €.