



EPS

Escola Politècnica

UdG

Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

Títol: DISENY I CALCUL D'UN PONT GRUA DE 6,3+6,3TN
MONORRAIL AMB LES CORRESPONENTS BIGUES CARRIL

Document: Memòria

Alumne: Marc Sala Ausió

Director/Tutor: Francesc Xavier Cahis

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria de la construcció

Convocatòria (mes/any): Abril 2009

1. INTRODUCCIÓ.

1.1 Antecedents.

Degut a un augment de la demanda de la ferralla, el magatzem de ferros Mafe S.A. vol fer una ampliació de les seves instal·lacions en 1.000m² destinats a l'emmagatzematge de matèria prima. Amb aquesta actuació es vol incorporar un pont grua per a la carrega i descarrega dels paquets de ferralla.

1.2 Objecte.

L'objecte del present projecte és el disseny d'un pont grua monorail de 12,6 tones (126kN) de capacitat en dos polispasts independents de 6,3tones cada un i 21.600 mm de llum, amb les corresponents bigues carril. Es suposa el pont grua instal·lat a l'interior d'una nau industrial.

1.3 Especificacions i abast.

El pont grua dissenyat té una capacitat de servei de 12,6 tones en dos polispasts de 6,3 tones cadascun, una llum de 21,6 metres de llum i una altura sota ganxo de 7 metres tal i com es mostra en la taula 1. L'aparell d'elevació està format per una biga principal (monorail) unides a testers, encarregats del moviment de translació del pont grua a través de la nau de 45 metres. Aquest moviment es realitza sobre dues bigues carril elevades.

Dades tècniques	
Capacitat de càrrega	fins a 12,6 tones (126kN)
Llum	21.600mm
Velocitat de translació del carro	5/20 m/min
Velocitat de translació del pont grua	10/40 m/min
Velocitat d'elevació	0,8/5 m/min

Taula 1: Dades tècniques

El moviment transversal es realitza mitjançant el desplaçament dels polispasts sota la biga principal. El moment vertical d'elevació de la càrrega es duu a terme a través del mecanisme d'elevació del carro.

Les bigues carril s'han dissenyat com a bigues contínues de sis trams de 7.500mm cada un.

Aquest projecte es pot considerar com un document complet, ja que inclou tots els documents necessaris per a la fabricació d'un pont grua d'aquestes característiques. S'ha dissenyat de forma molt detallada, seguint els principis de resistència i càlcul d'estructures metàl·liques, amb la normativa vigent per el disseny de totes les parts del pont grua en qüestió.

Els plànols, l'estat d'amidaments, el pressupost i la resta del projecte, s'han realitzat per a poder dur a terme la seva fabricació i muntatge.

Pel disseny del pont grua s'ha seguit la normativa referent a estructures d'acer, aparells d'elevació i ponts grua:

- DB SE-A. Març 2006. *Documento básico, seguridad estructural Acero edificación.*
- Norma NBE EA-95. *Estructuras de acero en la edificación.*
- Norma UNE 58-104-1. Novembre 1987 *Aparatos pesados de elevación. Vocabulario. Part 1: Tipos de aparatos de elevación*
- Norma UNE 58-112-91/1. Febrer 1991. *Grúas y aparatos de elevación. Clasificación. Parte 1: General.*
- Norma UNE 58-112-91/5. Abril 1991. *Grúas y aparatos de elevación. Clasificación. Parte 5: Grúas puente y pórtico.*
- Norma UNE 58-118. Abril 1984. *Aparatos de elevación. Código y métodos de ensayo.*
- Norma UNE 58-121. 1990. *Aparatos pesados de elevación. Aparatos de elevación distintos a las grúas móviles y grúas flotantes. Exigencias generales relativas a la estabilidad.*
- Norma UNE 58-132-1. Febrer 1991. *Aparatos de elevación. Reglas de cálculo. Parte 1: Clasificación. Símbolos y denominaciones utilizadas.*
- Norma UNE 58-132-2. Febrer 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.*
- Norma UNE 58-132-3. febrer 2005. *Aparatos de elevación. Reglas de cálculo. Parte 3: Cálculo de las estructuras y de las uniones.*
- Norma UNE 58-132-4. Septiembre 2000. *Aparatos de elevación. Reglas de cálculo. Parte 4: Cálculo y elección de los elementos mecánicos.*
- Norma UNE 58-915-1. Febrer 1992. *Polipastos. Parte 1: Bases para el cálculo de las tensiones locales en una viga.*

2. DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA

2.1. Introducció en els aparells de manutenció.

La manutenció d'objectes pesats dins una nau industrial necessita sovint de la utilització d'aparells especials anomenats aparells d'elevació o de manutenció. Entre els més corrents:

- 1.- ponts grua, monorail i birrail;
- 2.- polispasts monorail;
- 3.- grua consola;
- 4.- grua giratòria de columna;
- 5.- grua pòrtic i semipòrtic.

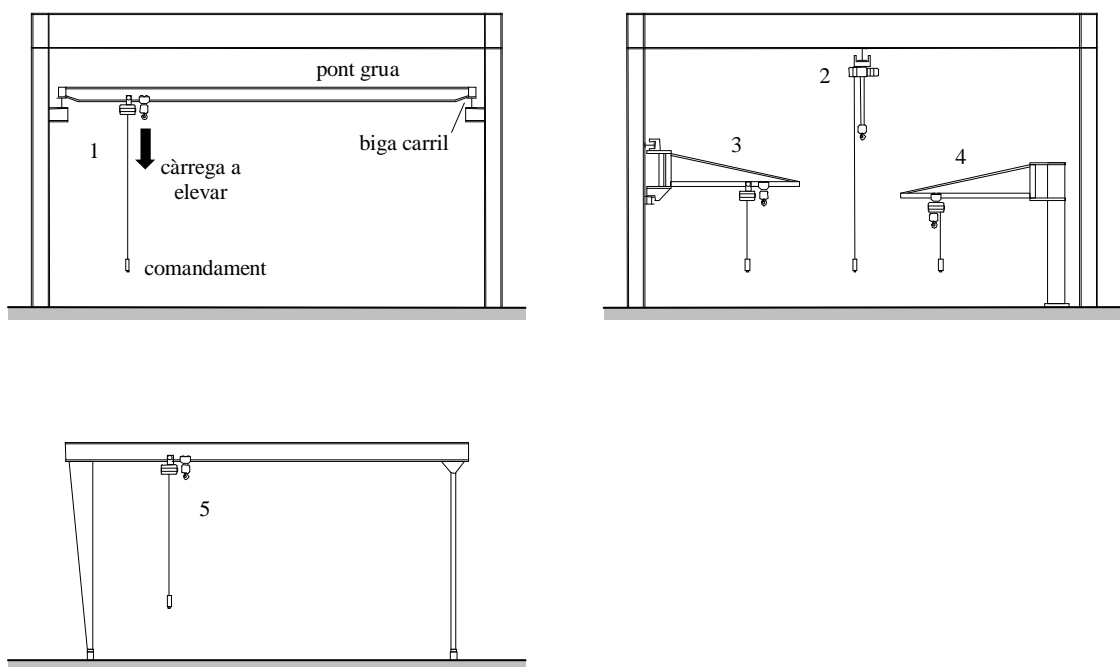


Fig. 1. Exemples d'aparells d'elevació

A la següent figura 2 es mostren les àrees de treball dels diversos aparells sobre la superfície d'una nau industrial.

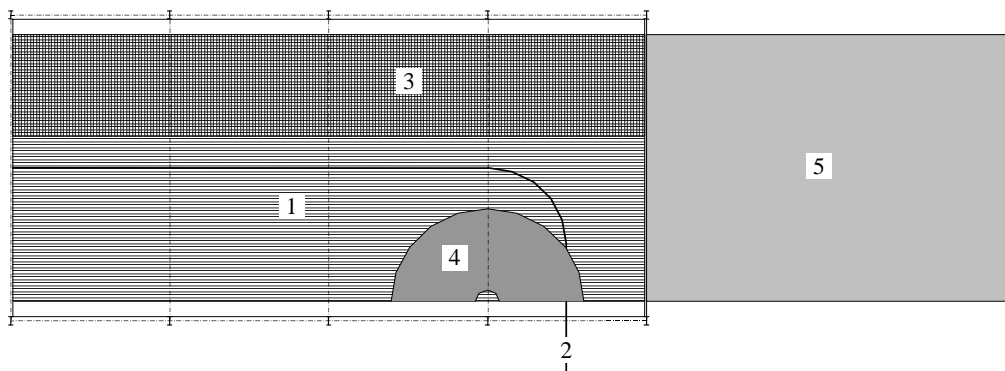


Fig. 2. Superfícies d'acció dels diferents aparells d'elevació

Un pont grua pot estar format per una o més bigues sobre les que es desplaça transversalment un carro equipat amb un polispast per elevar la càrrega. Si el pont grua està constituït per una sola biga, es parla d'un pont grua monorail. En els altres casos parlarem de ponts grua birrail.

Per a la mantenció de càrregues baixes (fins a 10 tones), és freqüent utilitzar ponts grua amb una única biga principal (Monorail), recorreguda per un polispast simple. Quan la càrrega útil sobrepassa les 10 tones es disposen dues bigues principals recorregudes per un carro polispast.

2.2. Descripció del pont grua

S'ha decidit utilitzar un pont grua monorail tot i que les carrega de servei sigui de 12'5 trones degut a que la carrega esta dividida en dos polispasts i que és l'aparell òptim per a cobrir les necessitats, càrrega a elevar i a la zona de treball així com també es d'un cost mes ajustat.

Pont grua monorail de 126kN (12,6T) en dos polispasts i alçada sota ganxos de 7 m. El pont grua està format per una biga caixó que es recolza sobre dos carrils elevats sobre mènsoles. La distància entre recolzaments del pont és de 21.600 mm i la distància entre recolzaments dels carrils és de 7.500 mm.

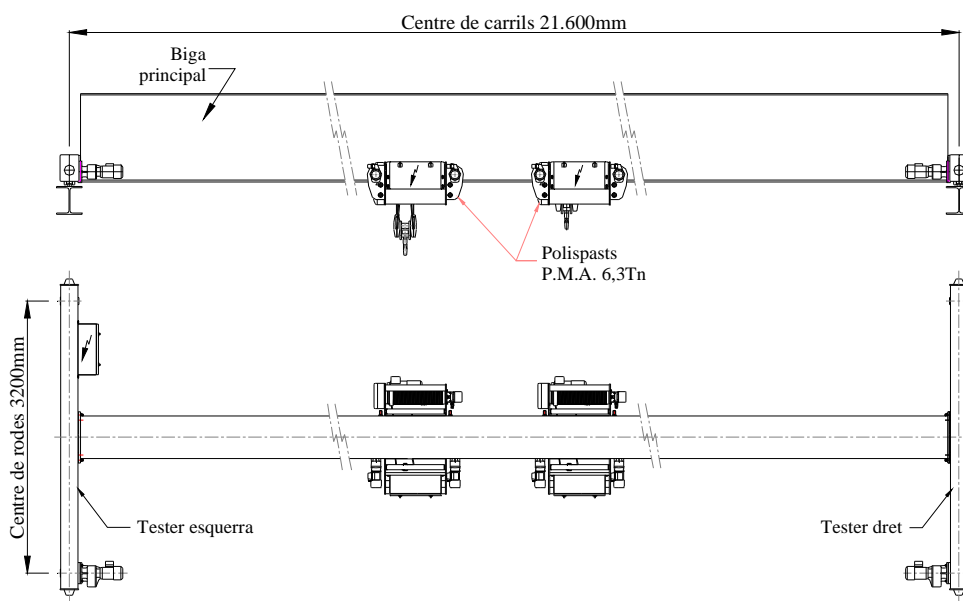


Fig. 3. Pont grua monorail amb dos polispasts

El moviment longitudinal es du a terme mitjançant la translació de la biga principal, recolzades sobre testeres, a través de les bigues carrils. El rodolament és a través de rodes metàl·liques sobre carrils guia metàl·lics.

El moviment transversal es realitza mitjançant el desplaçament de dos carros polispasts sota la biga principal.

El moviment vertical es fa a través del mecanismes d'elevació carros polispasts.

Els testers venen equipats amb moto reductors a les rodes motrius.

Les velocitats són les següents:

- Velocitat d'elevació: 0,8/5 m/min.
- Velocitat del carro polispast (moviment transversal): 5/20 m/min.
- Velocitat del pont grua (moviment longitudinal): 10/40 m/min.

3. CRITERIS ADOPTATS EN EL DISSENY

3.1. Accions

a) Pont grua:

- Pes propi: pels càlculs s'ha tingut en compte el pes propi de la biga principal 6.500kg i dels testers 1.300kg.
- Pes carros: el carro escollit és el model PA063C1-41-206-M040 de la firma AUSIO
Amb un pes de 1.000kg cadascun (*Dades subministrades pel fabricant*).
- Accessoris: pels motor reductors de translació del pont grua s'ha suposat un pes de 70kg.
- Càrrega de servei: 12.600kg.

b) Biga carril:

Per iniciar els càlculs s'ha tingut en compte el pes propi d'un perfil HEA-360, que és 142kg/m, segons NBE-EA-95

Per determinar les accions variables del pont grua i la biga carril s'ha utilitzat la normativa vigent. Pel cas del pont grua s'han seguit les recomanacions de la norma UNE 58132-2/2005 i per les accions que sol·liciten les bigues carril s'ha tingut en compte les hipòtesis donades a la norma UNE 76-201-88.

3.2. Càlcul

El càlcul de les tensions provocades en els elements de l'estructura s'ha efectuat partint dels diferents casos de sol·licitacions definits a les normes UNE 58132-2/2005 i UNE 76-201-88.

Les càrregues s'han majorat i s'ha adoptat la combinació més desfavorable per a cada element.

Per determinar la combinació d'esforços més desfavorable per l'estructura del pont grua i les bigues carril, s'ha utilitzat el programa informàtic Metal 3D. El càlcul de tots els elements s'ha realitzat analíticament, aplicant els mètodes habituals de la resistència dels materials, tal i com es detalla a l'annex de càlculs.

Degut a que el conjunt de pont grua i biga carril es trobaran ubicats a l'interior d'una nau industrial, no s'han tingut en compte els efectes del vent.

L'acer utilitzat per a la fabricació de l'estructura es el St-275 JR i les unions de l'estructura del pont grua amb els testers es realitzen amb cargols TR-20 d'alta resistència, les seves característiques mecàniques son les especificades per el CTE DB SE-A.

3.3. Pont grua

3.3.1. Biga principal

La biga principal s'ha dissenyat com una biga de caixó simètrica, formada per planxes d'acer S275 soldades entre sí, per tal de resistir les forces verticals, horitzontals i de torsió.

La longitud de les bigues principals és de 21.600mm. a cada extrem de la biga s'hi ha unit, mitjançant soldadura en angle de penetració completa, una planxa de 25mm de gruix que s'utilitzarà per unir el cap de la biga amb el tester.

S'ha hagut de dotar les dues bigues d'una contra fletxa de 32mm, per contrarestar la fletxa deguda al pes propi de la biga i a la meitat de la fletxa provocada per la càrrega de servei.

S'ha reforçat la biga amb rigiditzadors transversals, col·locats cada 1.000mm, per evitar el fenomen d'abonyegament de l'ànima.

3.3.2. Tester

Els testers s'han dissenyat amb 2 UPN soldades St-275JR. Cada tester portarà instal·lat un conjunt de roda lliure i un conjunt de roda de tracció accionat amb moto reductor. Les rodes són de doble pestanya amb rodaments lubricats permanentment.

La distància entre eixos de les rodes d'un tester és de 3.200mm.

Al tester s'instal·laran topalls de plàstic cel·lular AUSIO TOP-120, capaços de desaccelerar i aturar el pont grua.

3.3.3. Unió biga tester

Aquestes unions corresponen a les unions entre les bigues principals i els testers que s'hauran de realitzar a obra.

La unió s'ha projectat com a unió cargolada i s'han utilitzat cargols d'alta resistència TR 20 A10t, ja que es tracta d'unions importants d'una estructura dinàmica.

3.3.4. Motor reductors de translació

Els motor reductors són els encarregats de proporcionar el parell suficient a les rodes per tal de poder moure el conjunt del pont grua a la velocitat de translació escollida.

S'ha escollit dos motors reductors de la firma ABM de rotor cilíndric, model EFB2/G160F/4D80B-4, amb una potència de 0.75kW.

Un eix dentat transmet el parell de gir directament a les rodes.

3.4. Carro polispast

Els carros polispast son els encarregats dels moviments longitudinals i d'elevació de la càrrega. Els carros que s'han escollit son els adequats per a un pont grua monorail i amb una capacitat de càrrega de 6,3 tones cadascun.

Les dimensions dels polispasts s'han escollit seguint els criteris de tipus de càrrega, promig de funcionament, càrrega a elevar i disposició del cable.

Els polispasts corresponen al model PA063C1-41-206-M040B de la firma AUSIO.

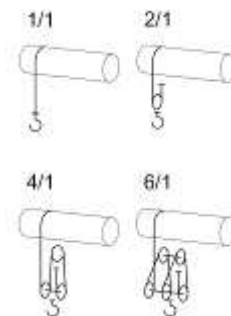


Fig. 5 Disposio de cables

3.5. Biga carril

La biga carril està recolzada en els pilars de sis pòrtics distanciat 7.5m entre ells i està recolzada sobre els pilars de la nau. S'ha decidit adoptar la biga carril com una biga continua, ja que d'aquesta manera les fletxes i els moments flectors són molt menors.

S'ha projectat amb bigues de perfil HEA-360.

La biga carril està coronada per un rail de secció rectangular 50x30mm que servirà com a camí de rodolament per al pont grua. Aquest rail se soldarà a la biga carril.

Al final de les bigues carril s'instal·laran topalls metàl·lics, capaços de desaccelerar i aturar el pont grua.

4. REQUISITS DE DISSENY

La Norma 58-112 (parts 1 i 5) determina el grup de l'aparell d'elevació segons la classe d'utilització i l'estat de càrregues. El pont grua dissenyat pertany al grup de classificació A5. Aquest grup determina els coeficients necessaris pel càlcul.

Per dissenyar el camí de rodolament són necessàries les següents dades:

- Càrrega útil del pont grua: 12,6 tones;
- Condicions d'utilització del pont, definides segons la norma UNE 58-112;
- Condicions de càrrega, definides segons la mateixa norma.

5. ESQUEMA NORMATIU SEGUIT PER EL CÀLCUL DE L'ESTRUCTURA.

Per clarificar millor el procés de disseny del pont grua i entendre el camp d'aplicació de cada una de les normatives enumerades abans, es presenta el següent diagrama (fig.6):

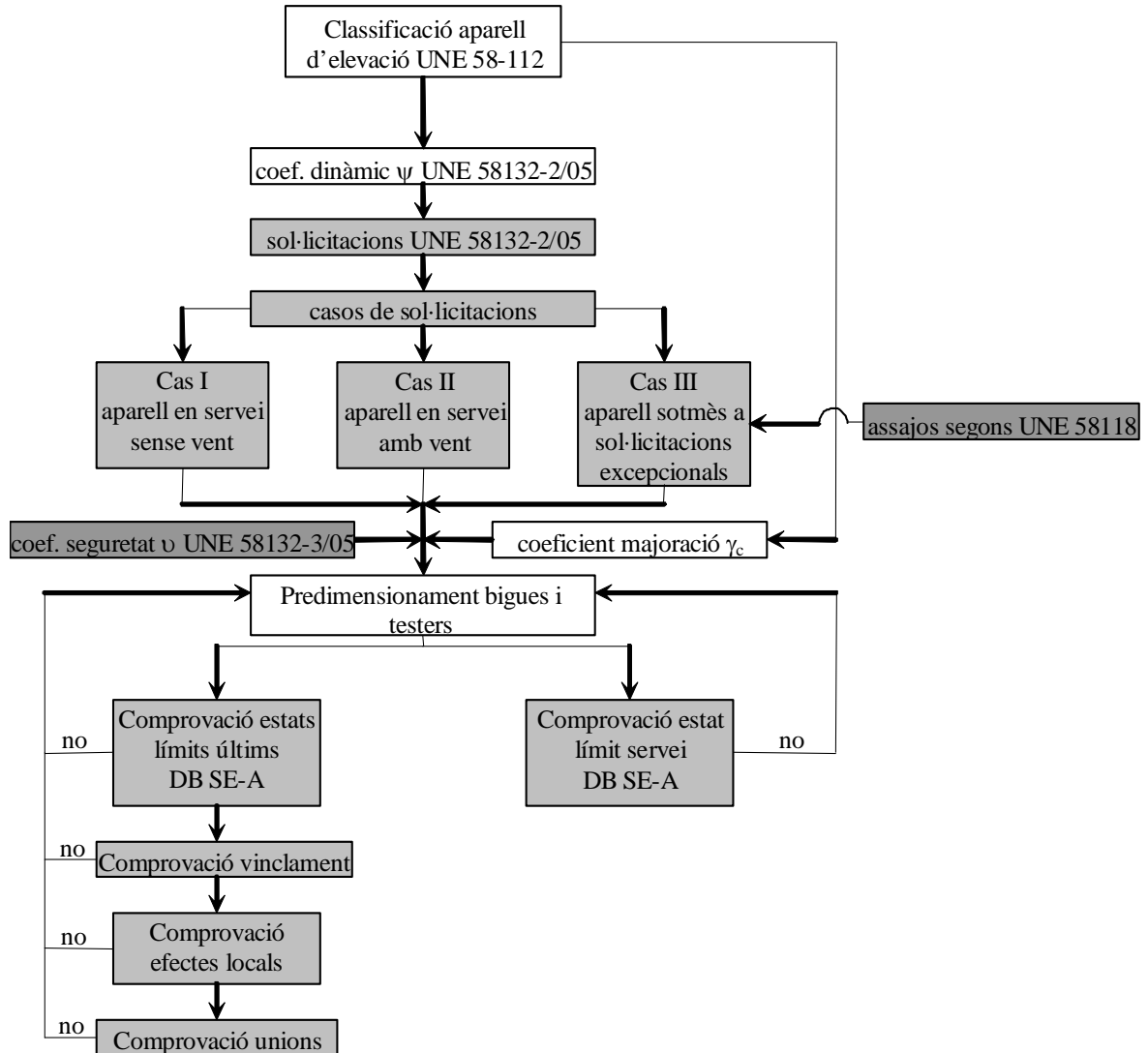


Fig. 6. Diagrama del disseny del pont grua

Part de la normativa vigent està essent revisada pel comitè tècnic 58 “Maquinaria de elevación y transporte” d'AENOR. Mentre aquestes revisions no s'hagin acabat, AENOR indica que s'utilitzin normatives anteriors.

Pel camí de rodolament del pont grua, s'han complementat les normes generals per a estructura metàl·lica amb la norma:

- Norma UNE 76-201-88. Octubre 1988. *Construcciones metálicas. Caminos de rodadura de puentes grua. Bases de cálculo.*

Per clarificar millor el procés de disseny de la biga carril del pont grua i entendre el camp d'aplicació de cada una de les normatives enumerades abans, es presenta el següent diagrama (fig. 7).

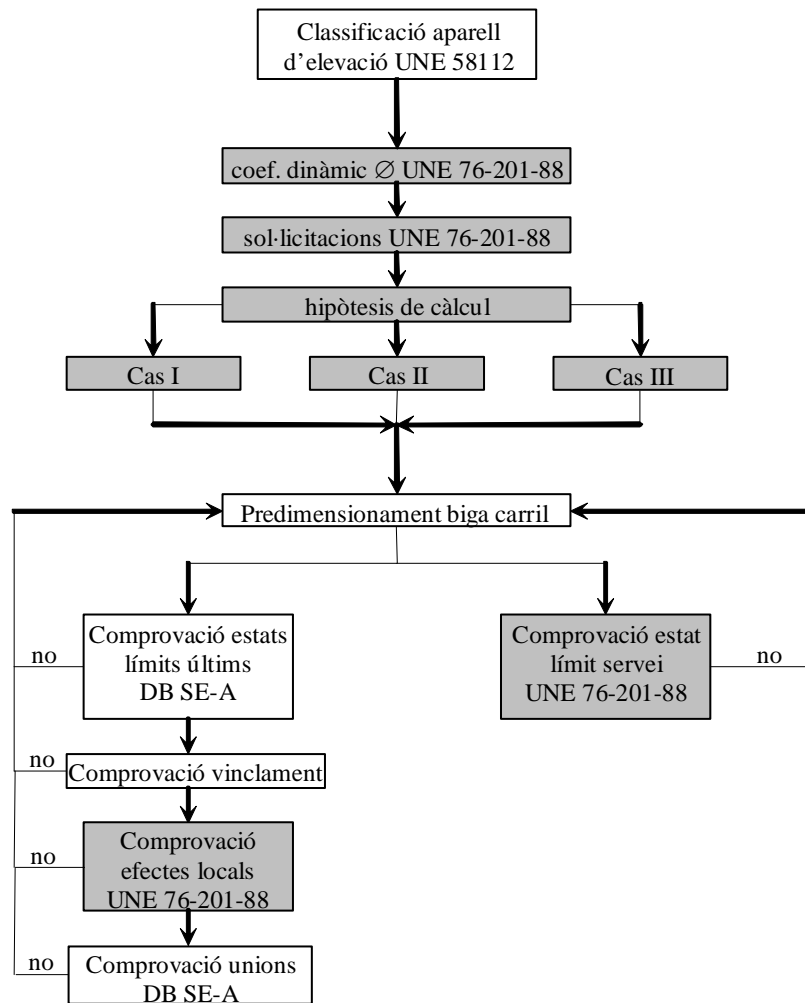


Fig. 7. Diagrama del disseny de la biga carril

6. RESUM ECONÒMIC.

El cost total del conjunt del pont grua de 12,5 tones amb les corresponents bigues carril, que inclou les peces de compra, les de fabricació, mà d'obra i acabats (sense incloure el preu de redacció del projecte), serà de trenta tres mil tres-cents vint-i-dos, i trenta vuit cèntims + iva. (33.322,30 € +iva)

7. CONCLUSIONS

En la realització d'aquest projecte ha resultat molt interessant per la diversitat d'aparells de manutenció, i per el càlcul d'estructures on es presenten problemes d'instabilitat en alguns dels elements constructius.

Cal fer esmena que aquest projecte ha estat molt important, el temps dedicat a la recopilació de la normativa vigent, per aquest tipus d'aparells d'elevació. Durant el transcurs dels últims anys la normativa referent a aparells d'elevació, i dins aquesta, la específica de ponts grua, ha sofert variacions molt importants i encara ara esta sent revisada. Bona part de la feina per a la redacció d'aquest projecte ha estat recopilar articles i normativa vigent. També cal esmentar les diverses incompatibilitats amb la normativa vigent de aparells de elevació i el Document Basic SE-A.

Girona 15.04.09

8. BIBLIOGRAFIA

8.1. Els llibres i articles.

- Argüelles, Ramon. – *La estructura metálica hoy. Tomo I: Teoría y práctica*. Ed. Técnica Bellisco, 1975.
- Argüelles, Ramon. – *La estructura metálica hoy. Tomo II: Proyectos, texto y tablas*. Ed. Técnica Bellisco, 1975.
- Francisco Quintero. – *Estructuras metalicas. Tomo2: La pieza aislada inestabilidad*. Ed. Fundación escuela de la edificación 1988.
- Ernst, Hellmut. – *Aparatos de elevación y transporte. Tomo 2: Tornos y grúas*. Ed. Blume. 1969.
- Hirt, Manfred A. – *Charpenters métalliques: Conception et dimensionnement des halles et bâtiments*. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, 2001.
- Larrodé, Emilio. – *Grúas*. Ed. Universidad de Zaragoza, servicio de publicaciones, 1996.
- Miravete, Antonio. – *Aparatos de elevación y transporte*. Ed. L'autor, 1994.

8.2. Altres referències

S'ha consultat la següent documentació de fabricants (catàlegs, pàgines web) dins de l'àmbit de la manutenció industrial:

- KONECRANES AUSIÓ, S.L.U. www.ausio.com , www.konrcranes.com.
- DEMAG Cranes & Components, S.A. www.dematic.es .
- Industrias electromecániques GH, S.A. www.ghsa.com .
- ABUS Grues, S.L.
- VICINAY, S.A. (CEMVISA). www.vicinaycemvisa.com .

9. INDEX DOCUMENTS DEL PROJECTE

1. Memòria.
2. Plànols.
3. Plec de condicions.
4. Estat d'amidaments.
5. Pressupost.

10. GLOSARI

10.1 Lletres majúscules llatines

A: area

A: valor de acció accidental

E: mòdul d'Elasticitat

E: efecte de una acció (amb subíndex)

F: acció

G: mòdul de elasticitat transversal

G: valor de acció permanent

I: moment d'Inèrcia

L: longitud, llum

M: moment flector

N: esforç axial

Q: valor de acció variable

R: resistència (capacitat resistent) (amb subíndex)

S: acero (designació)

T: moment torçor

S: rigidesa

V: esforç tallant

W: mòdul resistent

10.2 Lletres minúscules llatines

a: distancia

a: garganta de un cordo

b: ample (normalment d'una secció)

c: ample (normalment del ala de una secció)

d: diàmetre

d: canto (normalment de anima d'una secció)

e: imperfecció geomètrica

e: distancia del cargol al canto de la xapa

f: fletxa

f: resistència

f: freqüència

h: altura

h: canto (normalment d'una secció)

i: radio de giro d'una secció

l: longitud, llum

m: distancia del cargol a l'eix de ruptura

p: pas, separació

q: carga uniforme

s: distancia

t: espessor

u: desplaçament horitzontal de una estructura o part de la mateixa

w: desplaçament vertical de una estructura o part de la mateixa

w: fletxa, imperfecció geomètrica

10.3 Lletres minúscules greges

α : relació

α : coeficient de dilatació tèrmica

α : factor d'imperfecció

γ : coeficient parcial (de seguretat)

γ : relació entre radio i espessor de tub

δ : desplaçament

ϵ : deformació

ϵ : arrel de la relació de límit elàstic de referència al del acero utilitzat

λ : esveltesa

μ : coeficient de frec

ν : coeficient de Poisson

ρ : factor de reducció

ρ : densitat

σ : tensió normal

τ : tensió tangencial

φ : angle

χ : coeficient de reducció por vinclament (resistències)

Ψ : factor de reducció (accions)

10.4 subíndex

b: aixafament

b: biga

b: cargol

c: pilar

cr: valor crític

d: valor de càlcul

E: euler

E: esforç, efecte de las accions

e: eficaç

ef: efectiu, eficaç

el: elàstic

eq: equivalent

f: ala

ini: inicial

k: valor característic

LT: vinclament Lateral

M: material

M: relatiu al moment flector

max: valor màxim

min: valor mínim

N: relatiu al axil

net: valor net

p: xapa

pl: plàstic

R: resistència

U: última (resistència)

w: anima

y: relatiu al límit elàstic