Resum

L'objectiu del projecte és dissenyar dos elevadors pneumàtics per motocicletes que participen en curses de resistència, per facilitar els canvis de pneumàtics, elements de frenada i d'altres assistències tècniques en les aturades que es realitzen a box durant el transcurs d'una cursa. Un dels elevadors és parcial, és a dir, eleva un sol eix de la motocicleta, i l'altre total, eleva ambdós eixos.

Primerament s'efectua un anàlisi del mercat i de les especificacions tècniques requerides.

En segon lloc es realitza un estudi de les alternatives i diferents opcions constructives.

En tercer lloc s'efectua el disseny dels dos sistemes elevadors.

Seguidament es presenten les instruccions de muntatge i utilització, comentant els aspectes mediambientals.

Finalment es fa un estudi econòmic dels elevadors.

Com a resultat s'obtenen dos elevadors amb les màximes capacitats de regulació dels diferents paràmetres d'elevació i que s'adaptin al major nombre de motocicletes possible.

Sumari

RESUM 1

SUMARI 3

1 PREFACI 7

1.1 Origen del projecte 7

1.2 Motivació 7

2 INTRODUCCIÓ 9

2.1 Objectius del projecte 9

2.2 Abast del projecte 9

3 ANÀLISI DE MERCAT 11

3.1 Situació actual de les curses de resistència 11

3.2 Fabricants 11

4 ANÀLISI DE LES PRESTACIONS GENERALS REQUERIDES 13

5 ALTERNATIVES DE DISSENY DELS ELEVADORS I JUSTIFICACIÓ DE LA SOLUCIÓ ESCOLLIDA 15

5.1 Estimació del nombre d'unitats anuals 15

5.2 Tècniques de fabricació a considerar 15

5.3 Materials a considerar en la fabricació de les peces 15

6 DISSENY DE L'ELEVADOR D'UN SOL EIX 17

6.1 Definició del cicle de treball de l'elevador 17

6.2 Estudi dels principals components de l'elevador 19

6.2.1 Accionament elevador 19

6.2.2 Eix 27

6.2.2.1 Disseny de l'eix 27

6.2.2.2 Forces i tensions a suportar per l'eix 28

6.2.2.3 Materials emprats. Tècniques de fabricació 29

6.2.2.4 Unió amb el carro 29

6.2.3 Carro elevador 30

6.2.3.1 Element del carro núm. 1 32

6.2.3.2 Element del carro núm. 2 33

6.2.3.3 Element del carro núm.3 34
6.2.3.4 Rodes HEPCO® SS LJ 34 C/E DR 35
6.2.3.5 Lubricador HEPCO® SS LB 44F 38
6.2.3.6 Materials emprats. Tècniques de fabricació 38
6.2.4 Estructura 39
6.2.4.1 Estructura tubular 40
6.2.4.2 Rodes 45
6.2.4.3 Amortidor. Suport amortidor 47
6.2.4.4 Tapa superior 49
6.2.4.5 Guia lineal HEPCO® SS NM 44 49
6.2.4.6 Element guia núm. 1 50
6.2.4.7 Materials emprats. Tècniques de fabricació 51
7 DISSENY DE L'ELEVADOR DE DOS EIXOS 53
7.1 Definició del cicle de treball de l'elevador 53
7.2 Estudi dels principals components de l'elevador 54
7.2.1 Accionament elevador 55
7.2.2 Eixos 59
7.2.2.1 Punts d'elevació 59
7.2.2.2 Disseny dels eixos 61
7.2.2.3 Forces i tensions a suportar pels eixos 62
7.2.2.4 Materials emprats. Tècniques de fabricació 63
7.2.2.5 Unió amb el carro 64
7.2.3 Carro elevador 65
7.2.3.1 Element carro número 1 66
7.2.3.2 Element del carro núm. 2 68
7.2.3.3 Element del carro núm.3 69
7.2.3.4 Element carro núm. 4 70
7.2.3.5 Rodes HEPCO® SS LJ 34 C/E DR 71
7.2.3.6 Lubricador HEPCO® SS LB 44F 72
7.2.3.7 Materials emprats. Tècniques de fabricació 72
7.2.4 Estructura 73

7.2.4.1 Estructura tubular 74
7.2.4.2 Rodes 76
7.2.4.3 Amortidors 78
7.2.4.4 Guia lineal HEPCO® SS NM 44 78
7.2.4.5 Element guia núm. 1 79
7.2.4.6 Manillar 80
7.2.4.7 Materials emprats. Tècniques de fabricació 80

8 ELEMENTS DE CONTROL I REGULACIÓ 83

8.1 Elements de control 83
8.2 Elements de regulació 84

9 INSTRUCCIONS DE MUNTATGE I MANTENIMENT. CONSIDERACIONS MEDIAMBIENTALS 85

9.1 Instruccions de muntatge 85
9.1.1 Elevador d'un sol eix 85
9.1.2 Elevador de dos eixos 86
9.2 Instruccions generals de manteniment 86
9.3 Consideracions mediambientals 87
9.3.1 Etapa de fabricació 87
9.3.2 Etapa de servei 87
9.3.3 Fi de vida de l'elevador 87

10 PRESSUPOST 89

10.1 Elevador d'un sol eix 89
10.1.1 Cost dels elements de sèrie 89
10.1.2 Cost de fabricació de les peces de disseny 89
10.1.3 Cost de muntatge 89
10.1.4 Cost d'enginyeria 90
10.1.5 Preu de venda de l'elevador 91
10.2 Elevador de dos eixos 91
10.2.1 Cost dels elements de sèrie 92
10.2.2 Cost de fabricació de les peces de disseny 92
10.2.3 Cost de muntatge 92
10.2.4 Cost d'enginyeria 92
10.2.5 Preu de venda de l'elevador 93

CONCLUSIONS 95

AGRAÏMENTS _____ **97**

BIBLIOGRAFIA _____ **99**

Referències bibliogràfiques 99

Bibliografia complementària 100

1 Prefaci

1.1 Origen del projecte

L'origen del projecte es deu a la possibilitat d'accedir a dos equips de competició que participen en curses de resistència com són By Queroseno Racing i Glaner Racing Team. El primer equip utilitza elevadors d'un sol eix mentre que el segon utilitza elevadors d'ambdós eixos. Tenint com a base els elevadors existents es procedeix a un nou disseny millorat d'aquests amb unes capacitats de regulació dels paràmetres d'elevació superiors.

1.2 Motivació

El fet de poder introduir-se en els equips de competició per estudiar els elevadors i dissenyar uns de nous amb una capacitat de regulació major dels paràmetres d'elevació així com d'adaptació a diferents models i marques de motocicletes.

2 Introducció

2.1 Objectius del projecte

L'objectiu del present projecte és el disseny de dos elevadors per motocicletes de competició, un de parcial (que elevi un sol eix) i un de total (que elevi ambdós eixos) que presenti unes característiques de regulació superiors als existents així com una possibilitat d'adaptació a un major nombre de models de motocicletes.

2.2 Abast del projecte

En aquest projecte es realitza un disseny de dos elevadors per motocicletes que participen en curses de resistència després de visitar dos equips amb models d'elevadors ja construïts. Després de la presa de contacte amb els equips es procedeix en el disseny de dos de nous amb millores davant dels existents. S'efectua el disseny de dos elevadors amb la capacitat de regulació de l'alçada inicial i la final per adaptar-se a diferents models de motocicleta i que tenen una maniobrabilitat elevada i una facilitat d'ús per part dels mecànics elevada.

Com a resultat es mostren els plànols de conjunt i muntatge dels dos elevadors així com els plànols detallats dels elements fabricats expressament. També s'adjunten els càlculs que garanteixin el correcte funcionament així com l'anàlisi dels costos del mateixos.

3 Anàlisi de mercat

3.1 Situació actual de les curses de resistència

La pràctica esportiva de les curses de resistència de motocicletes a nivell espanyol està marcada per tres esdeveniments anuals que són:

- La "Copa d'Espanya de Resistència" amb diverses curses de 6 hores de duració.

- La prova puntuable pel campionat mundial de resistència (FIM Endurance World Championship) que se celebra al circuit d'Albacete, de 8 hores de duració.

- Les 24 hores motociclistes que se celebra al Circuit de Catalunya.

És remarcable la participació en aquesta darrera cursa, les 24 hores motociclistes, on l'any 2005 hi van prendre part un total de 72 equips.

3.2 Fabricants

Els elevadors emprats pels equips que participen en les curses de resistència han estat dissenyats i construïts pels propis equips unitàriament i no existeix un disseny estandarditzat.

Existeixen dos tipus d'elevadors, els d'un eix i els de dos eixos. La majoria dels equips empren els d'un eix per la seva menor dificultat constructiva. A continuació es mostren alguns exemples d'elevadors d'un sol eix i de dos eixos.

Figura 3.1 Elevador de dos eixos

Figura 3.2 Exemples d'elevadors d'un sol eix

4 Anàlisi de les prestacions generals requerides

En aquest apartat es comenta les especificacions o prestacions generals que es demanen als elevadors. Es descriuen en forma de llista a continuació:

- Capacitat d'elevar les motocicletes que participen en els campionats de resistència. Són motocicletes amb motors que van de 600 cm^3 a uns 1000 cm^3 de cilindrada amb una massa que arriba a 200 kg.
- Carrera d'elevació vertical mínima de 40 mm, necessària per poder extreure les rodes amb facilitat.
- Possibilitat de regular el punt inicial d'elevació així com la carrera d'elevació per tal d'adaptar-se a diferents models de motocicletes.
- Maniobrabilitat elevada que permeti desplaçar ràpidament i sense esforç l'elevador així com introduir-lo en la motocicleta fàcilment.
- Dimensions apropiades que no interfereixin amb altres elements de la motocicleta com ara carenats, rodes o les cames del propi pilot (aquest punt és important en l'elevador de dos eixos).
- Ergonomia que faciliti el desplaçament per part del mecànic que l'utilitza així com senzillesa d'ús.
- Minimització de costos. Emprar elements produïts en sèrie i descartar processos de fabricació no assumibles en fabricació de petites sèries.
- Minimització de l'impacte mediambiental en les diferents etapes del cicle de vida de l'elevador.

5 Alternatives de disseny dels elevadors i justificació de la solució escollida

En aquest punt es trien les tipologies constructives utilitzades en la fabricació dels elevadors. Per efectuar aquesta selecció cal fer una previsió del nombre d'elevadors a fabricar anualment per tal d'adoptar una tipologia constructiva o una altra.

5.1 Estimació del nombre d'unitats anuals

Com s'ha comentat en el punt 4.1, les 24 Hores Motociclistes que se celebren al Circuit de Catalunya, és la cursa de resistència amb més participants a Espanya. L'any 2005 hi van prendre part 72 d'equips. Tenint en compte que el mercat objectiu dels elevadors del present projecte són els equips de nova creació o els equips existents que estiguin interessats en la renovació dels elevadors que posseeixen, ens trobem davant d'una producció aproximada d'uns 4 elevadors per any de cada tipus.

5.2 Tècniques de fabricació a considerar

El fet que la sèrie de fabricació sigui tan minoritària obliga a descartar una sèrie de processos de fabricació, com ara la fosa per l'elevat cost que suposa la realització d'un motlle per a tan reduït nombre de peces. Igualment succeeix amb l'ús de matrius per estampar. Es decideix utilitzar la construcció soldada com a tècnica principal de fabricació.

També s'utilitza la mecanització així com processos de tall amb làser, apropiats pel petit volum de producció.

Per últim esmentar que durant la fase de disseny s'intenta triar sempre que sigui possible elements fabricats en sèrie per altres fabricants el més estàndards i comuns possible per disminuir el cost considerablement.

5.3 Materials a considerar en la fabricació de les peces

Els elevadors de motocicletes han de ser el més manejables possible a fi de reduir el temps en les aturades a box. Per aconseguir-ho cal utilitzar materials lleugers. D'aquesta manera s'emprarà principalment l'alumini per les propietats que proporciona en relació al seu baix pes. Per elements amb càrregues més compromeses com ara els eixos s'emprarà l'acer.

6 Disseny de l'elevador d'un sol eix

En aquest capítol es desenvolupa l'estudi del cicle de treball de l'elevador d'un sol eix així com el disseny del mateix. A fi de facilitar el disseny a continuació es mostra els components que el conformen:

- Estructura de l'elevador. A sobre s'hi munten els altres components.
- Eix elevador. És l'element que s'introdueix a la motocicleta a fi d'elevar-la.
- Accionament elevador. És l'element que desplaçarà l'eix un cop aquest és introduït a la motocicleta elevant-la.

6.1 Definició del cicle de treball de l'elevador

En aquest punt es defineix el cicle de funcionament de l'elevador d'un sol eix en una aturada a box d'un pilot, des d'un estat de repòs fins al següent estat de repòs. El cicle de treball és el següent:

1. Arribada del pilot a box.
2. Col·locació del cavallet en la roda posterior de la motocicleta.
3. Elevació de l'eix posterior de la motocicleta.
4. Introducció de l'eix de l'elevador en la motocicleta.
5. Accionament de l'elevador.
6. Descens del pilot.
7. Realització de les operacions de manteniment sobre la motocicleta (canvi de rodes, pastilles de fre, omplerta de combustible,...)
8. Descens de l'elevador.
9. Pujada del pilot.
10. Descens de l'eix posterior de la motocicleta.
11. Extracció del cavallet posterior.
12. Sortida del pilot del box.

A continuació es mostren unes imatges de diferents equips realitzant aturades a box durant la cursa de 8 Hores nocturnes celebrades al circuit d'Albacete l'any 2005:

Figura 6.1 Col·locació del cavallet en la roda posterior de la motocicleta

Figura 6.2 Elevació de l'eix posterior amb el cavallet. Preparació del mecànic amb l'elevador

Figura 6.3 Operacions d'omplerta de combustible i canvis de rodes amb la motocicleta elevada

6.2 Estudi dels principals components de l'elevador

En aquest apartat es descriuran els components de l'elevador d'un sol eix que s'ha dissenyat, analitzant possibles alternatives. En la figura 6.4 es mostra una perspectiva isomètrica de l'elevador dissenyat amb els principals components que el composen.

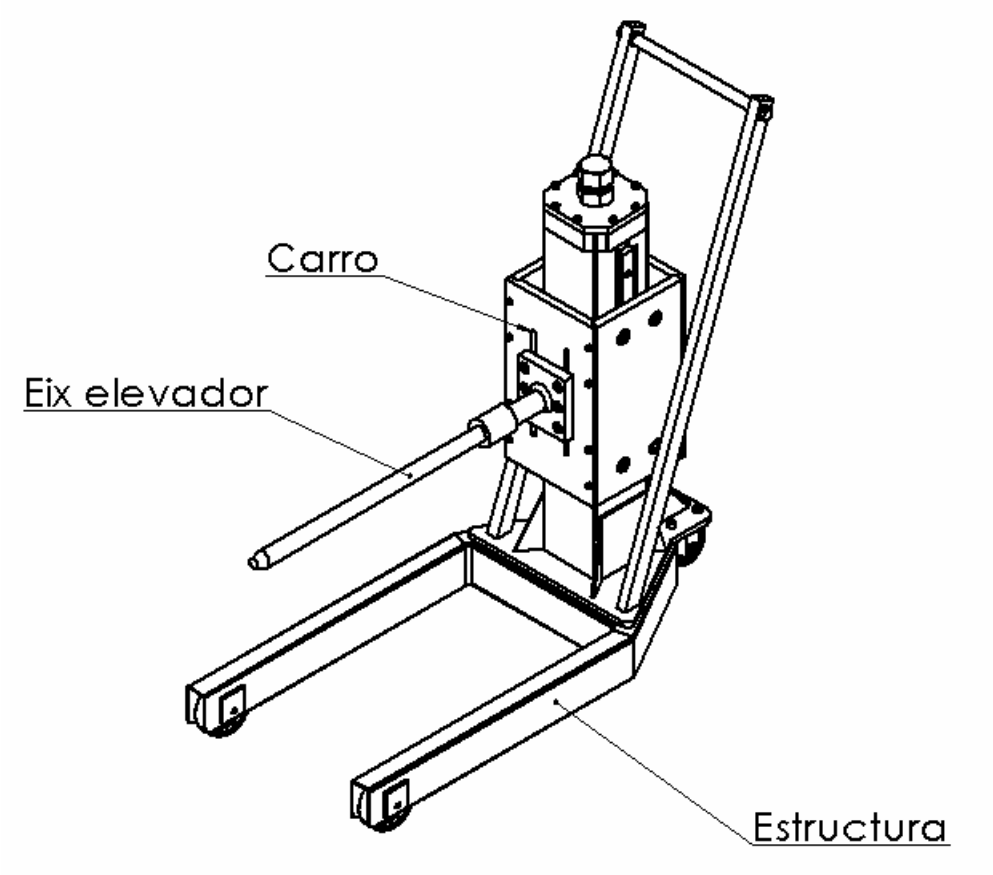

Figura 6.4 Perspectiva isomètrica de l'elevador dissenyat amb les seves principals parts

6.2.1 Accionament elevador

L'accionament de l'elevador es realitza mitjançant un cilindre pneumàtic. S'escull aquest accionament degut a ser senzill, robust i tenir un baix cost davant d'altres alternatives com podrien ser motors elèctrics. El subministrament d'aire comprimit per tal d'accionar aquest

cilindre pneumàtic està garantit ja que aquest element és emprat per a moltes altres activitats que es realitzen dins del box, com inflar els pneumàtics de les motocicletes, accionar eines pneumàtiques utilitzades per part dels mecànics, etc. És a dir, no és necessari la creació d'una xarxa d'aire comprimit o la compra d'un compressor d'aire exclusivament per l'ús de l'elevador, sinó que s'aprofitarà l'existent al box per accionar l'elevador.

Es descarten altres alternatives com podrien ser elevadors manuals (veure figura 6.5) ja que mitjançant l'accionament per cilindre pneumàtic l'esforç físic a efectuar per part dels mecànics és menor. També es descarten altres alternatives com l'ús de coixins pneumàtics pel seu major cost (veure figura 6.6).

Figura 6.5 Elevador manual utilitzat per un equip participant a les 24 Hores motociclistes celebrades a l'any 2005 al Circuit de Catalunya

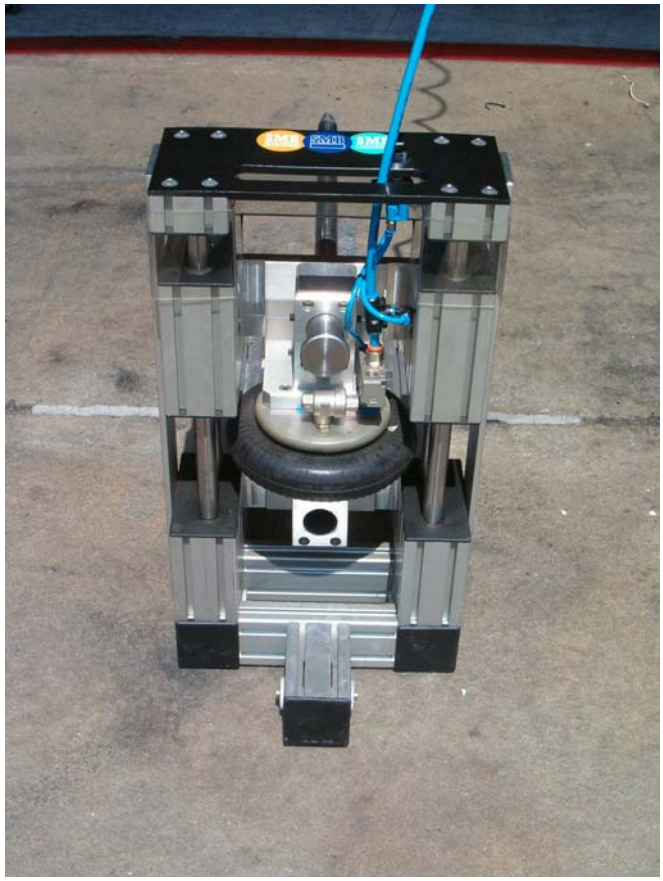

Figura 6.6 Elevador accionat amb un coixí pneumàtic utilitzat per un equip participant a les 24 Hores motociclistes celebrades a l'any 2005 al Circuit de Catalunya

La massa a elevar és variable segons el model de motocicleta a elevar i la cilindrada d'aquesta, així com el punt d'elevació triat. Per al disseny de l'elevador es pren com a referència una motocicleta Honda CBR 1000 RR. Consultant el catàleg de l'any 2006 de la marca Honda, el model de motocicleta esmentat, amb configuració de carrer (figura 6.7), té un massa en sec de 176 kg. Aquesta massa, és del mateix ordre a la d'altres models i marques que participen en les curses de resistència, com la Yamaha YZF-R1, que segons les dades tècniques que apareixen al catàleg de l'any 2006, té una massa en sec de 172 kg.

Si es té en compte la massa en ordre de marxa, en el cas de l'Honda CBR 1000 RR és de 203 kg, repartits en 105 kg en l'eix davanter i 98 kg en l'eix posterior.

Figura 6.7 Honda CBR 1000 RR 2006

A continuació es tria el punt d'elevació. En l'equip By Queroseno Racing Team el punt d'elevació es troba a 990 mm de l'eix posterior mentre que en l'equip Glaner Racing Team el punt d'elevació es troba a 945 mm de l'esmentat eix. Es pren la primera opció, la de 990 mm respecte l'eix posterior ja que l'equip BQR utilitza en l'actualitat un elevador d'un sol eix mentre que Glaner Racing Team utilitza un elevador de dos eixos. En la següent figura es mostra un croquis amb una Honda CBR 1000 RR amb les cotes del punt d'elevació així com la distància entre eixos de la motocicleta.

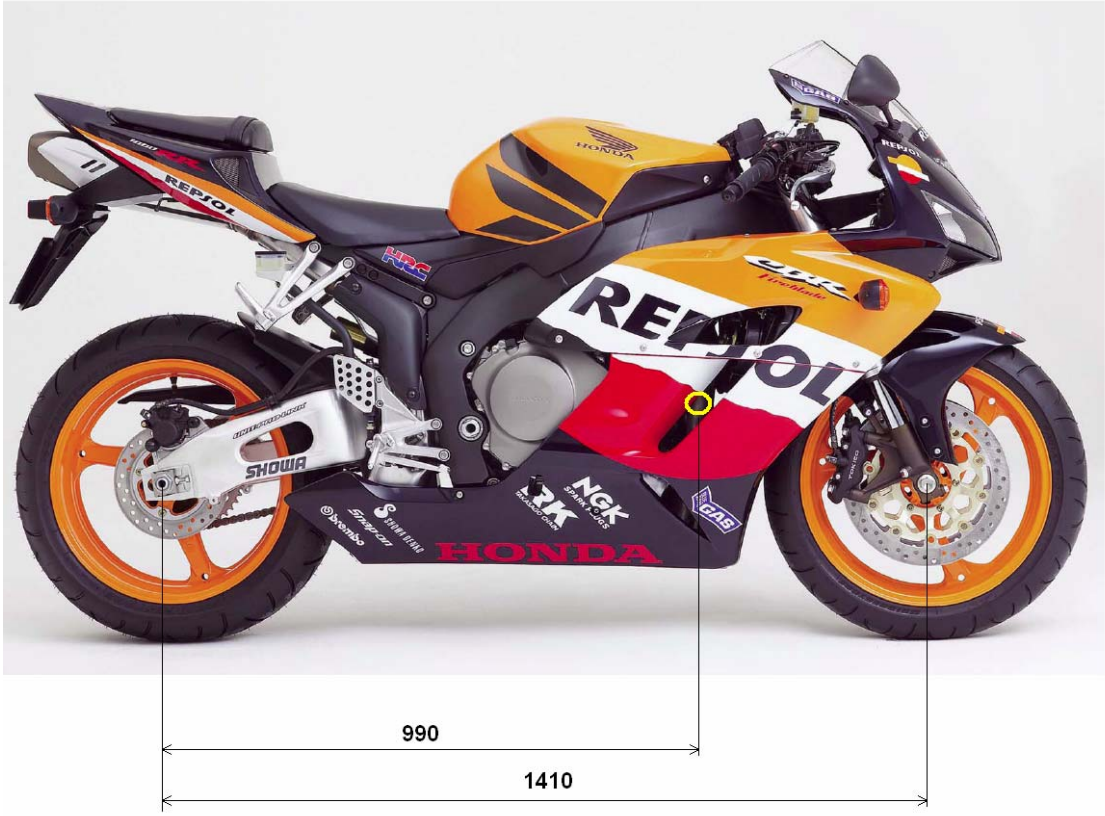

Figura 6.8 Honda CBR 1000 RR amb les cotes entre eixos i del punt d'elevació (en mm)

Tenint en compte que aquestes cotes i la distribució de massa de la motocicleta s'obté el següent esquema de forces:

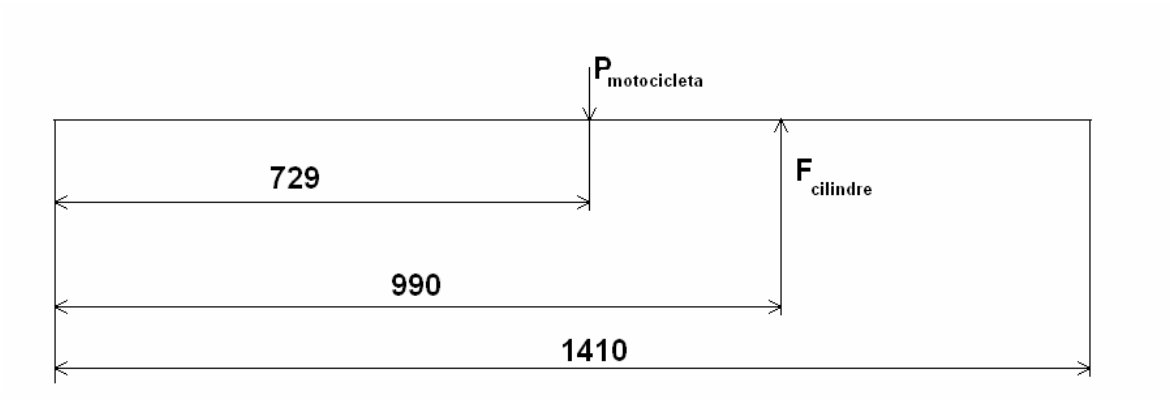

Figura 6.9 Esquema de forces existents per elevar la motocicleta

A continuació es calcula la força a efectuar per part del cilindre per elevar la motocicleta.

$$\sum M=0 \qquad \text{(Eq. 6.1)}$$

$$F_{cilindre} \cdot 990 = P_{motocicleta} \cdot 729$$

$$F_{cilindre} = \frac{203 \cdot 9,81 \cdot 729}{990} = 1466,4 \text{ N}$$

Es tria un cilindre de la marca ASCO® Joucomatic per la seva disponibilitat en el mercat i amplitud de catàleg. Segons el catàleg d'aquest fabricant **[1]**, per definir el diàmetre d'un cilindre s'aplica l'equació 6.2

$$\text{Esforç dinàmic teòric} = \frac{\text{càrrega real}}{\text{Índex de càrrega}} \qquad \text{(Eq. 6.2)}$$

El fabricant recomana l'ús d'un cilindre amb un índex de carrega inferior o igual al 75 %

D'aquesta manera:

$$\text{Esforç dinàmic teòric} = \frac{1466,4}{0,75} = 1955,2 \text{ N}$$

Tenint en compte que la xarxa d'alimentació dels boxes dels circuits es mou entorn a una pressió de 800 kPa, observant la taula 6.1 es tria doncs un cilindre de ∅ 63 mm, ja que per a pressions de 700 kPa desenvolupa una força de 200 daN, valor superior als 196 daN requerits.

∅ cilindre (mm)	∅ eix (mm)	Secció del pistó (cm^2)		Esforços dinàmics desenvolupats, en daN, en funció de la pressió d'alimentació (kPa)									
				200		400		600		800		1000	
		●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
32	12	8	6,9	13	11	30	25	46	39	62	52	77	65
40	16	12,6	10,6	21	17	46	37	70	58	95	80	122	100
50	20	19,6	16,5	33	27	70	58	110	92	150	124	190	155
63	20	31,2	28,1	53	46	110	98	170	154	230	211	290	264
80	25	50,3	45,4	88	77	185	163	285	255	385	341	480	427
100	25	78,5	73,5	135	125	290	260	440	400	600	550	750	675

Taula 6.1 Esforços dinàmics desenvolupats en funció de la pressió d'alimentació i del ∅ del cilindre; ● representen esforços desenvolupats a la sortida de l'eix i ○ representen esforços desenvolupats en el retrocés de l'eix [extreta del catàleg ASCO Joucomàtic *Cilindros de doble efecto ∅32 a 125 mm conforme a las normas VDMA ISO 6431 Serie 450 TIPO PES*]

La carrera d'aquest cilindre s'agafa de 80 mm. Segons l'equip BQR per efectuar el canvi de la roda davantera cal elevar la motocicleta 40 mm. Prenent una carrera de 80 mm s'aconsegueix un ventall de regulació prou ampli.

Dins del catàleg del fabricant es tria la sèrie 450 tipus PES (o tub perfilat), que compleix la norma ISO 6431. La referència d'aquest fabricant és PES 63 (NA) 80-DM i el codi a precisar a l'hora de demanar-lo és 450 01 013.

Els materials que conformen el cilindre triat són:

- Tub amagnètic: Aliatge d'alumini anoditzat dur
- Eix: Acer cromat dur.
- Pistó: Resina acetal (POM)
- Junta pistó: poliuretà (PUR)
- Fons: aliatge d'alumini.

Aquest cilindre es munta a l'interior de la columna de l'estructura mitjançant una fixació articulada completa proporcionada pel propi fabricant (MP2+MP4 segons la nomenclatura del catàleg d'aquest).

En els quatre forats que té la forquilla posterior MP2 per collar-la, de ∅ 9 mm, s'hi mecanitza un roscat M12 per collar-lo directament a la base de l'estructura amb quatre cargols M12.

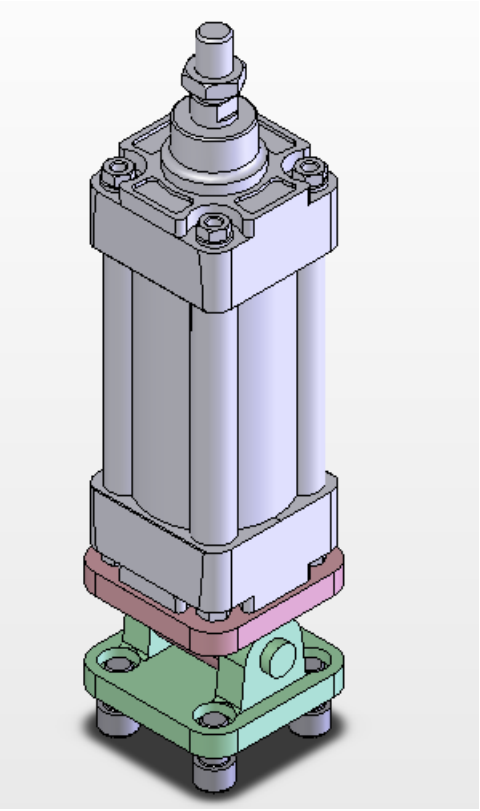

Figura 6.10 Cilindre muntat amb la fixació articulada

6.2.2 Eix

L'eix és l'element que s'introdueixen a la motocicleta per elevar-la. En l'elevador d'un sol eix es col·loca un suport soldat al xassís de la motocicleta, entre el xassís i el radiador, de tipus tubular cilíndric amb una entrada cònica per facilitar la introducció. Com ja s'ha comentat el punt de soldadura d'aquest tub varia d'un equip a un altre. En l'equip BQR aquest punt es troba a 990 mm de l'eix posterior mentre que en l'equip Glaner el punt està a 945 mm de l'eix posterior. En el primer cas es troba a 472 mm del terra mentre que en el segon cas es troba a 410 mm del terra. Això implica que en l'elevador caldrà poder regular l'alçada inicial de l'eix per poder a adaptar-se a les diferents especificacions dels equips.

6.2.2.1 Disseny de l'eix

A continuació en la figura 6.11 es mostra el disseny efectuat de l'eix.

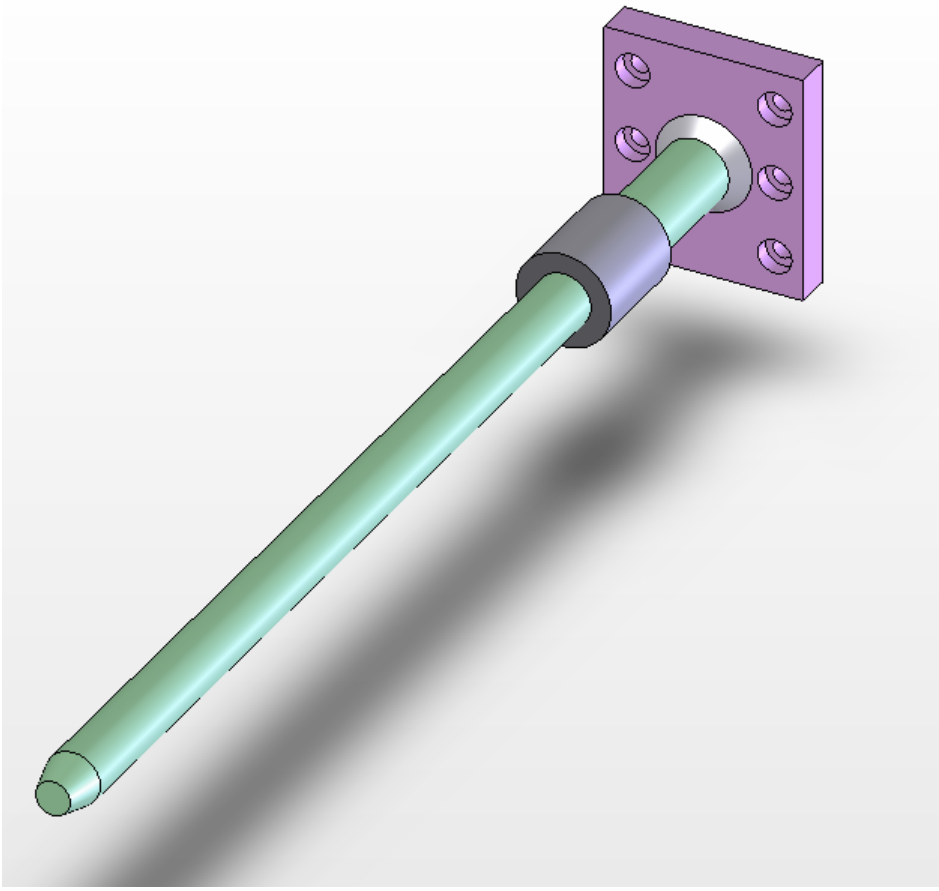

Figura 6.11 Imatge en perspectiva isomètrica de l'eix de l'elevador

Com s'aprecia a la figura 6.11, l'eix té un topall de goma (en negre) que impedeix que l'elevador s'apropi excessivament al carenat de la motocicleta. El tram que s'introdueix a l'interior de la motocicleta té un diàmetre de 29 mm i una longitud de 490 mm. El tram darrera del topall de goma és de diàmetre 35 mm.

L'eix se solda a una peça posterior que permet el desplaçament vertical en uns forats colissos mecanitzats al carro a través de sis cargols Allen de M8. Té l'extrem cònic per facilitar l'entrada a l'orifici del tub soldat a la motocicleta.

6.2.2.2 Forces i tensions a suportar per l'eix

Tenint en compte la massa de 203 kg de la motocicleta emprada d'exemple, segons els càlculs mostrats al punt 6.2.1, la força a suportar per l'eix davanter és de 1466,4 N.

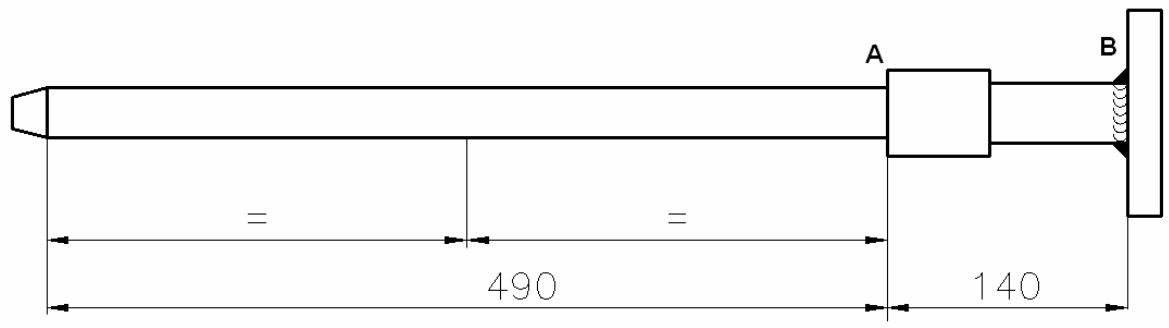

Figura 6.12 Cotes principals i seccions a analitzar en l'eix

Com es mostra en la figura 6.12, les seccions conflictives són les marcades amb les lletres A i B. En l'annex A.1.1 s'efectua el càlcul de les tensions normals i tangencials en aquestes seccions. En aquest annex es calcula que la tensió tangencial màxima que suporta l'eix davanter a la secció A és de és de 370 kPa i a la secció B de 508 kPa i segons la distribució de tensions tangencials, aquesta és màxima en el punt central de l'eix. Aquest valor és suportat per qualsevol acer.

La tensió normal σ màxima deguda a la flexió es troba en els extrems de l'eix, com també es mostra a l'esmentat annex. El valor de la tensió normal màxima en la secció A és de 150,1 MPa, mentre que la de la secció B és de 130,1 MPa.

En l'annex D.2 s'ha efectuat la simulació per elements finits de l'eix donant un valor de tensió màxima de von Mises de 144,6 MPa.

Cal doncs emprar un material que tingui un límit d'elasticitat superior a 150,1 MPa.

6.2.2.3 Materials emprats. Tècniques de fabricació

El material utilitzat en la fabricació de l'eix és acer 34 Cr Mo 4 segons UNE 36.051-91/I-II (antic F-1250 segons UNE 36.011). Segons les taules de propietats d'aquest acer **[2]** té un límit elàstic major a 650 N/mm^2, superior al valor requerit. El coeficient de seguretat mínim obtingut emprant aquest acer és de 4,3.

$$C_{seg} = \frac{650}{150,1} = 4,3 \qquad \text{(Eq. 6.3)}$$

Les tècniques de fabricació principals són la mecanització.

Es preveu com a tractament superficial el pavonat per a protegir la peça.

6.2.2.4 Unió amb el carro

La unió de l'eix amb el carro s'efectua a través d'una peça posterior soldada, mostrada a la figura 6.13.

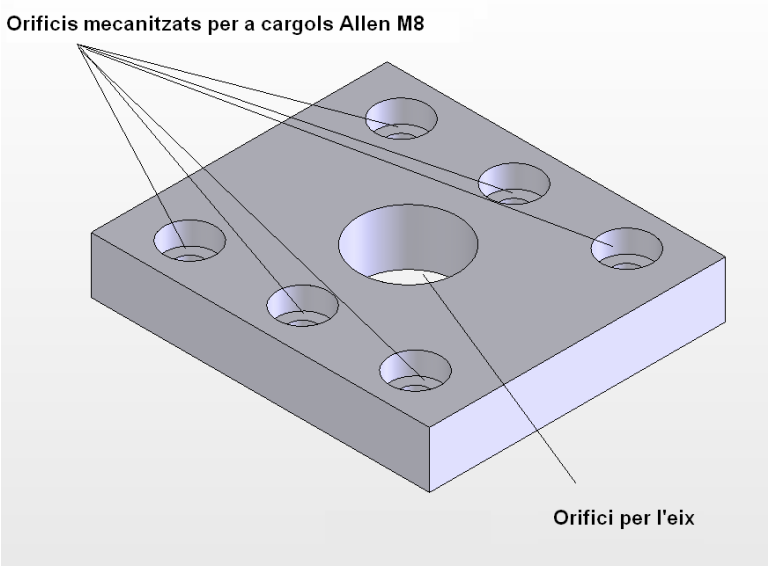

Figura 6.13 Peça posterior a l'eix

Aquesta peça, de 120x105x20 mm, consta d'un orifici de ∅ 35 mm H7 per introduir-hi l'eix i sis orificis per col·locar-hi sis cargols Allen de M8. Aquests cargols serveixen per collar la peça amb l'eix al carro i permeten desplaçar-lo en els forats colissos que aquest carro té mecanitzats verticalment per aconseguir una regulació de l'alçada inicial de l'eix.

L'eix s'introdueix a l'interior de l'orifici i se solda a la peça. Tenint en compte un coeficient de seguretat de 2,5 amb una soldadura de 9 mm de gorja per ambdós eixos se suporta correctament les tensions que apareixen (veure l'annex A.1.2).

Igualment es mostra en l'annex A.1.2 que els cargols emprats de M8 de classe 8.8 suporten bé les forces garantint la unió de l'eix amb el carro

6.2.3 Carro elevador

El carro és l'element en el qual es munta i fixa l'eix i que es desplaça verticalment en l'estructura per l'acció del cilindre pneumàtic.

En la següent figura es mostra una perspectiva isomètrica del carro.

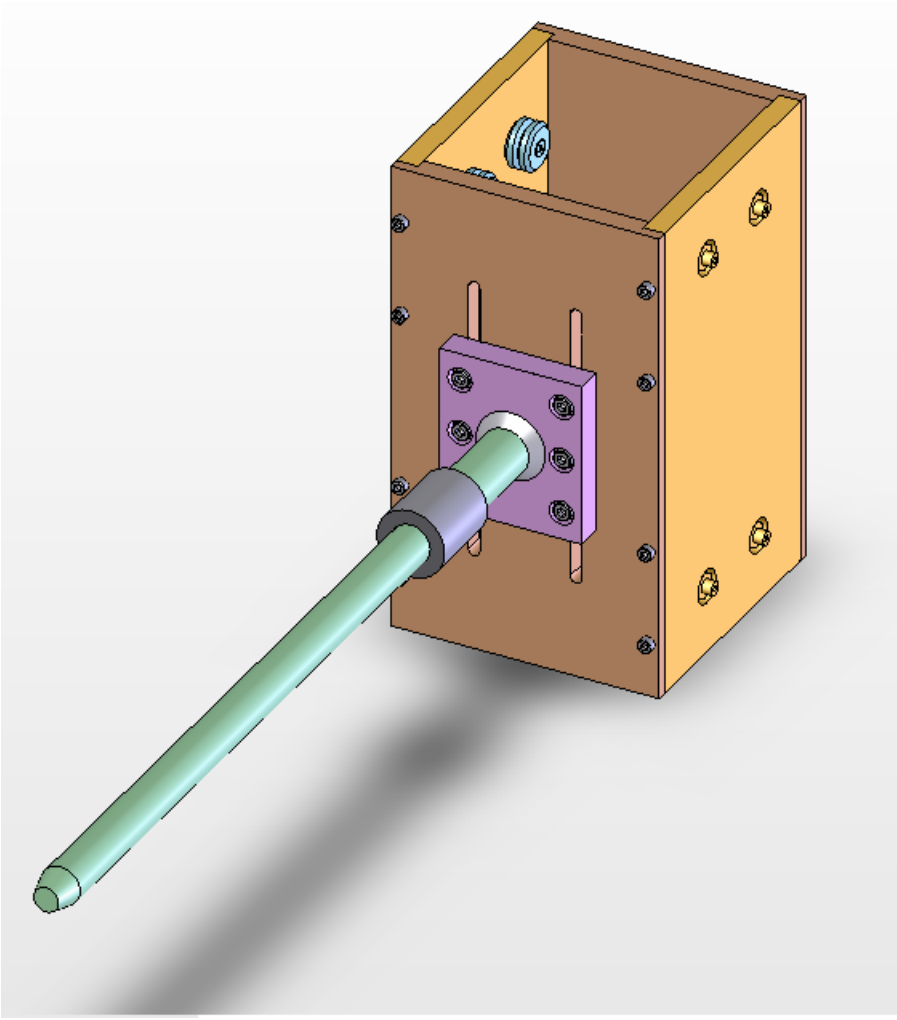

Figura 6.14 Carro amb tots els elements incorporats en perspectiva isomètrica

El carro elevador està compost de diversos elements com s'aprecia en la figura 6.15:

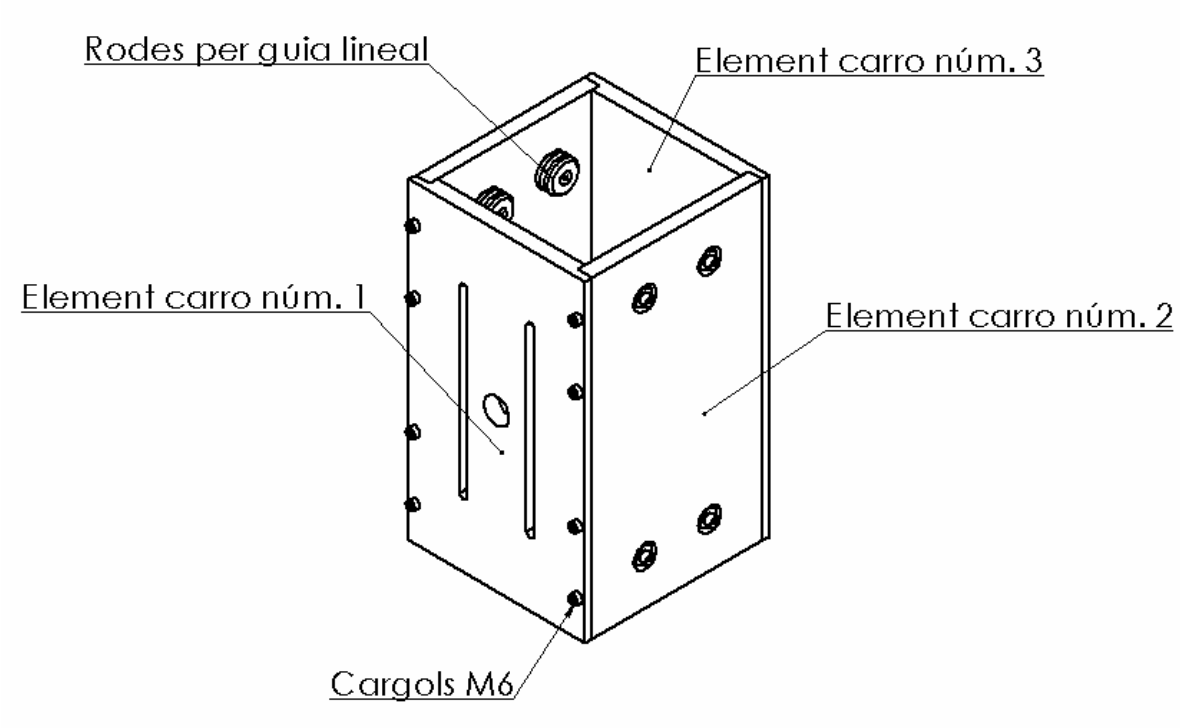

Figura 6.15 Carro elevador en perspectiva isomètrica amb els principals elements marcats i sense l'eix muntat

Bàsicament està compost per uns elements units mitjançant cargols M6 que són una sèrie de planxes mecanitzades. També disposa d'elements de guiatge lineal per sobre de l'estructura que són unes rodes.

En els successius punts s'efectua una descripció dels elements que composen el carro elevador mostrats en la figura anterior.

6.2.3.1 Element del carro núm. 1

Aquest element és una planxa de 198x350 i 16 mm de gruix mecanitzada on s'hi uneix l'eix de l'elevador.

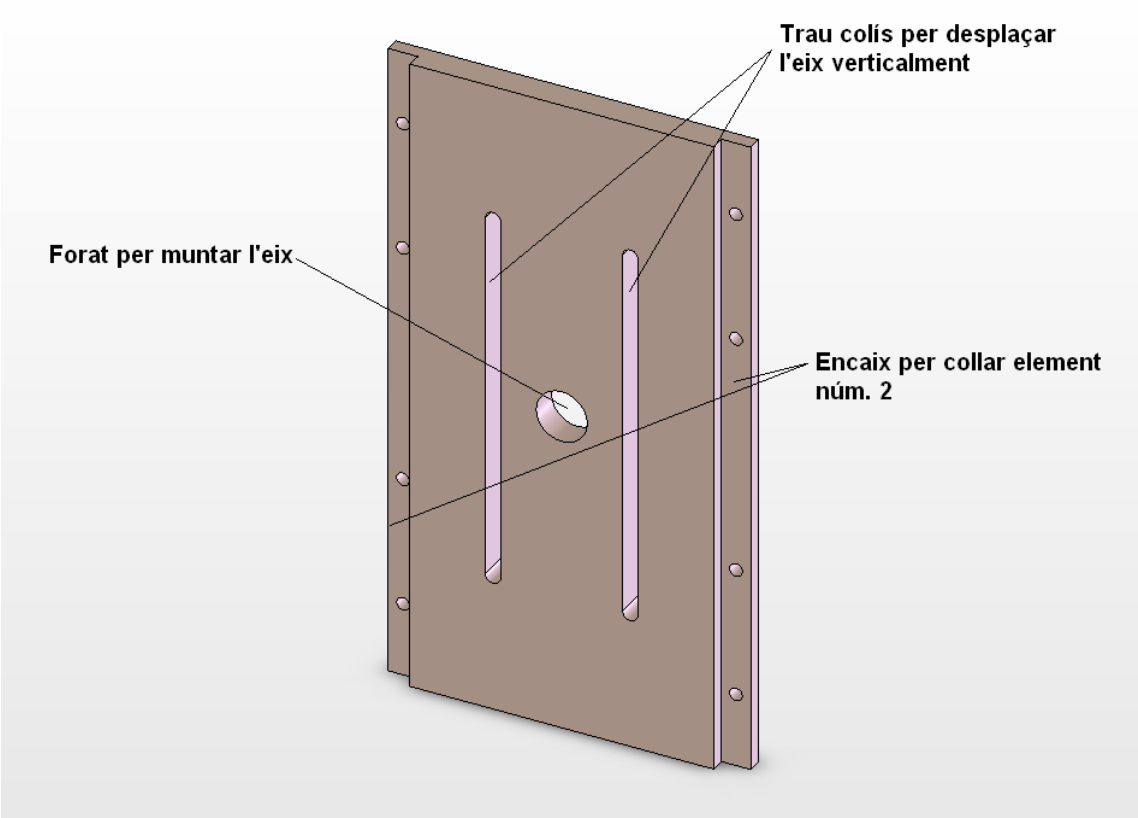

Figura 6.16 Element carro núm. 1 en perspectiva isomètrica

En aquest element es mecanitzen dos forats colissos, de 8,50 mm d'amplada i 200 mm de longitud. Aquests forats actuen com a guies de l'eix per poder adoptar diferents alçades inicials per adaptar-se a motocicletes que tinguin diferents distàncies respecte el terra del punt d'elevació. Gràcies a aquestes guies s'aconsegueix el següent ventall d'alçades mostrat a la taula 6.2:

Alçada inicial punt elevació respecte terra		
Valor mínim (mm)	Valor mig (mm)	Valor màxim (mm)
415	475	535

Taula 6.2 Valors d'alçada mínima, mitja i màxima del punt inicial d'elevació de la motocicleta respecte a terra

També s'hi mecanitza un forat de ∅28 mm H7 per poder introduir l'eix que transmet el moviment del cilindre pneumàtic al carro.

Per últim comentar que aquest element posseeix dos encaixos als extrems amb vuit forats (quatre a cada costat) de 7 mm de diàmetre per poder collar-se al component del carro núm. 2 que porta les rodes.

6.2.3.2 Element del carro núm. 2

Aquest element és una planxa de 190x350 i 16 mm de gruix mecanitzada on es munten les rodes que guien el carro en el seu desplaçament vertical al llarg de l'estructura.

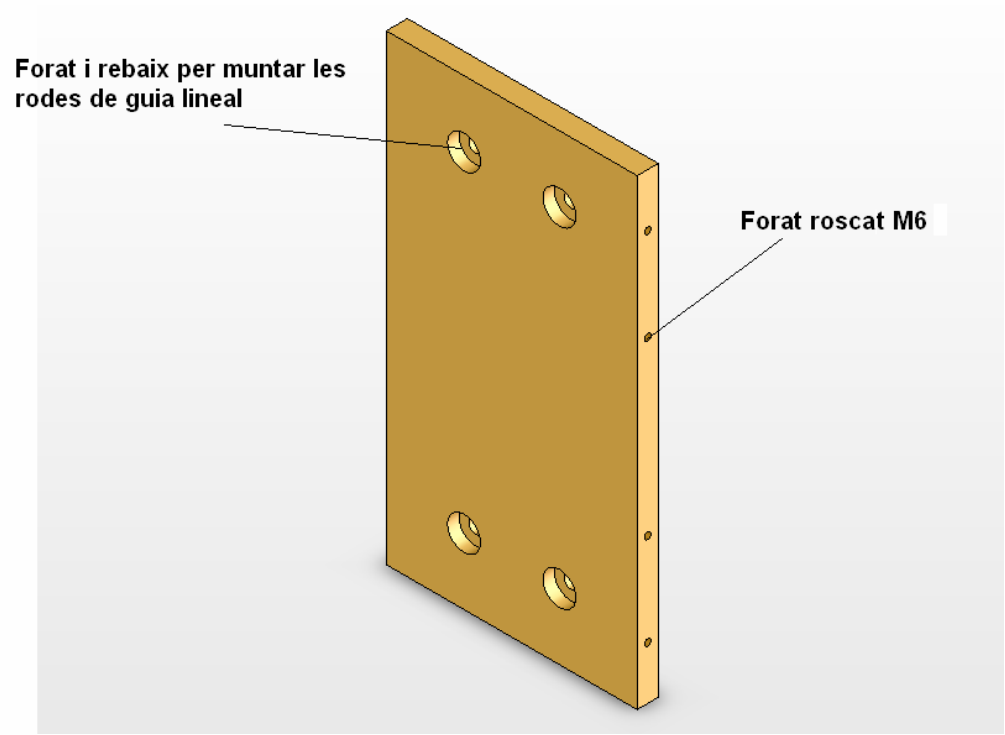

Figura 6.17 Element de carro núm. 2 en perspectiva isomètrica

Aquest element consta de 4 forats roscats M6 en ambdós cantons per collar-la als elements del carro núm. 1 i núm. 3 amb cargols Allen M6.

Ha estat realitzada per muntar-hi quatre rodes HEPCO® SS LJ 34 C/E **[3]** basant-se en el model de placa de carro per muntar rodes que la marca HEPCO® comercialitza com a SS CP M44 225 B. Les rodes estan separades verticalment 250 mm i en la placa s'hi efectua un rebaix per tal que la femella posterior de la roda quedi oculta.

Tal i com s'aprecia a la figura 6.18, en la cara que toca a les guies s'hi mecanitza quatre forats roscats M4 per muntar-hi dos lubricadors HEPCO® SS LB 44F. Aquests elements, descrits més endavant, permeten augmentar les càrregues i moments que són capaces d'aguantar les rodes.

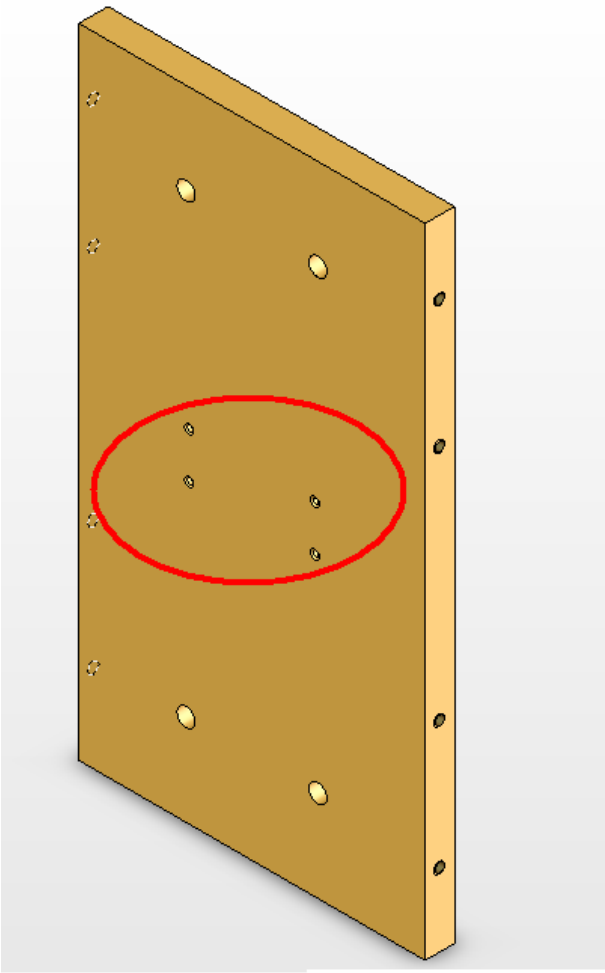

Figura 6.18 Element del carro núm. 2 en perspectiva isomètrica. És la cara oposada a la figura 6.17. Es mostren encerclats en vermell els forats roscats per muntar els lubricadors HEPCO® descrits

6.2.3.3 Element del carro núm.3

Igual que l'element del carro núm.1, aquest element és una planxa de 198x350 i 16 mm de gruix mecanitzada. També com en l'element núm. 1 s'hi mecanitza dos encaixos a ambdós costats amb vuit forats (quatre a cada costat) de 7 mm de diàmetre per poder collar-se al component del carro núm. 2 descrit en el punt anterior.

En el centre s'hi mecanitza un forat de ∅26 mm H7 (en l'element núm. 1 aquest forat és de 28 mm) per poder introduir l'eix que transmet el moviment del cilindre pneumàtic al carro.

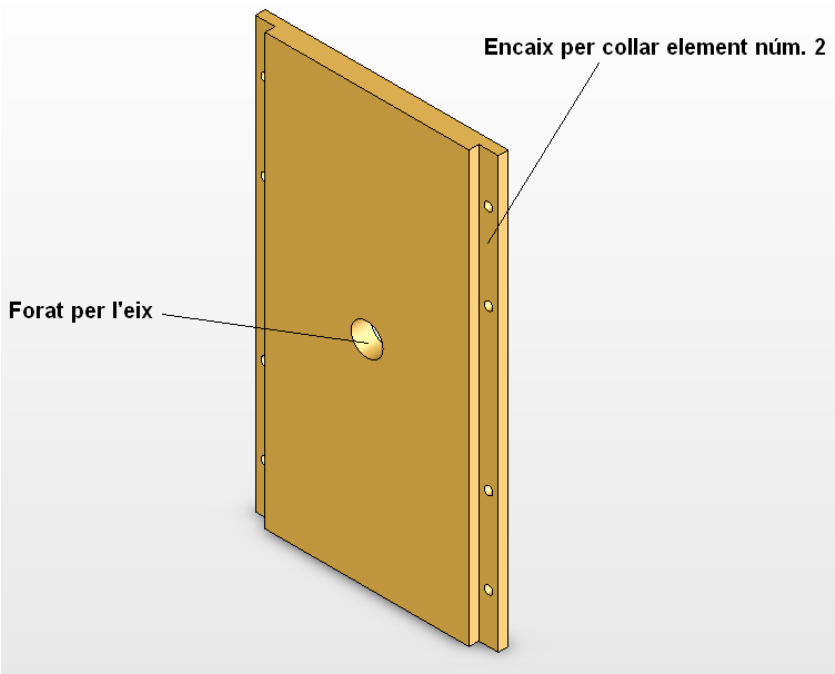

Figura 6.19 Element del carro núm. 3 en perspectiva isomètrica

En l'altra cara se solda al centre de la planxa un disc de ∅60 mm i 5 mm de gruix amb un forat al centre de ∅14 mm per collar l'eix del carro.

6.2.3.4 Rodes HEPCO® SS LJ 34 C/E DR

El carro porta muntades quatre rodes de la marca HEPCO® **[3]** del tipus SS LJ 34 C i quatre del tipus SS LJ 34 E. La darrera lletra de la referència del fabricant, la C o la E indica si són excèntriques o concèntriques. Es munten un costat de cada guia dues excèntriques i a l'altre costat dues concèntriques. Aquestes rodes destaquen per ser d'acer inoxidable (SS indica Stainless Steel) i porten un rodament de boles doble (el sufix DR indica Double Row Bearings).

Aquestes rodes són per muntar en guies de la pròpia marca, HEPCO® del tipus SS NM 44 en forma de "V", que igualment són d'acer inoxidable. Com més endavant es mostra, l'estructura de l'elevador porta muntada dues guies d'aquest tipus per conduir el carro verticalment.

Els avantatges d'aquest tipus de guiatge són:

- Folgança fàcilment ajustable (per portar dues excèntriques a un costat de la guia que permeten regular-la fàcilment)
- Capacitat d'alta velocitat i acceleració
- Funcionament silenciós i precís
- La baixa fricció permet el funcionament en sec si fos necessari
- Funcionament lliure de manteniment

A continuació es mostren algunes imatges d'aquest model de rodes i guies.

Figura 6.20 Roda HEPCO® SS LJ 34 C

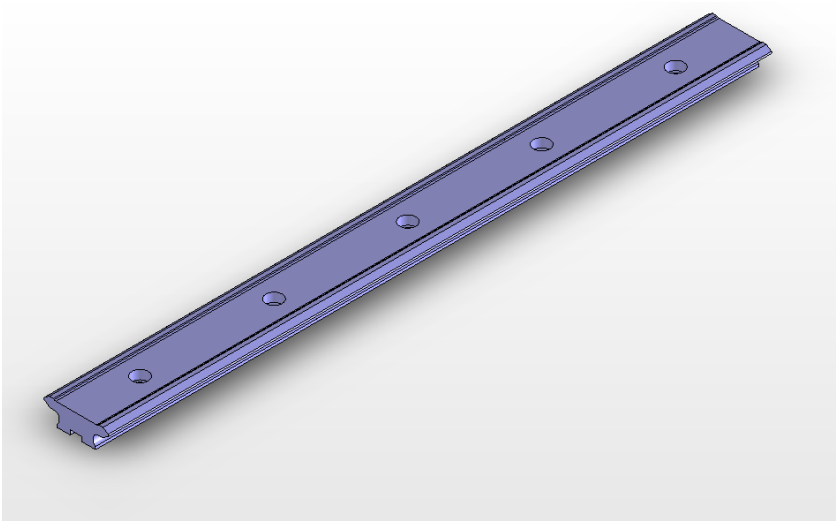

Figura 6.21 Tram de guia HEPCO® model SS NM 44

Es tria aquest sistema de guiatge respecte d'altres alternatives com ara guies lineals per coixinets mètrics de boles per exemple ja que en el sistema d'HEPCO® es tolera millor els errors d'alineament ja que com ja s'ha dit es munten en un costat de la guia rodes excèntriques que graduen la folgança existent. A més, al ser en V, té una capacitat de suportar moments en els tres eixos que d'altres sistemes que guiatge no posseeixen.

En els elevadors construïts pels equips que competeixen en les carreres de resistència es veuen molts tipus de solucions, algunes molt "matusseres" o "poc professionals" com l'ús de forquilles de suspensió invertides (vegi's figura 6.22) o "acer contra acer" en l'ús d'un tub quadrat que es desplaça sobre un altre tub quadrat (figura 6.23).

Figura 6.22 Elevador guiat per una forquilla de motocicleta invertida

Figura 6.23 Elevador guiat l'ús d'un tub d'acer que es desplaça sobre un altre tub d'acer

En l'annex A.2.2 s'efectua el càlcul del sistema de guiatge Hepco® utilitzat i es comprova com se suporta amb un coeficient de seguretat de 2,66 el moment requerit per elevar la motocicleta.

6.2.3.5 Lubricador HEPCO® SS LB 44F

El lubricador HEPCO® SS LB 44 F és un element de plàstic adaptat a la guia escollida per muntar que proporciona, com el seu nom indica, una lubricació a la superfície de treball de la guia mitjançant uns netejadors de feltre impregnats d'oli, amb una petita molla per adaptar-se a la superfície. Gràcies a aquests lubricadors s'augmenta la capacitat de càrrega de la guia i l'esperança de vida de la mateixa ja que es redueix significantment la fricció entre les rodes y la guia. Aquest lubricadors tenen una duració aproximada de 700 km de desplaçament lineal.

Aquests elements es fixen a l'element del carro núm. 2 entre les dues rodes de cada costat de la guia, mitjançant dos cargols M4 cadascun. En la següent figura es mostra aquest lubricador.

Figura 6.24 Lubricador SS LB 44 F

6.2.3.6 Materials emprats. Tècniques de fabricació

Per a la construcció del carro s'utilitza un aliatge d'alumini del grup Al-Mg-Si, el 6082 segons el Registre Internacional d'Aliatges (UNE L-3453) en estat H18 **[4]**. S'utilitza l'alumini envers de l'acer a fi de reduir la massa de l'elevador i aconseguir una major maniobrabilitat. Aquest aliatge s'utilitza per a peces mecanitzades i forjades amb una resistència mecànica moderada (inferior però als duraluminis). Es troba disponible en planxes d'espessor 16 mm, el mateix de les peces del carro **[5]**.

Les tècniques de fabricació emprades són el tall per làser i la mecanització tradicional.

No es preveuen tractaments superficials per protegir les peces ja que aquest aliatge té unes bones propietats de resistència a la corrosió.

6.2.4 Estructura

Aquest element de l'elevador està format per una estructura tubular sobre la qual s'hi munten els següents elements:

- Guies lineals
- Cilindre pneumàtic
- Amortidor superior
- Regulador amortidor
- Dues rodes fixes i una giratòria

En la figura 6.25 es mostra l'estructura de l'elevador en perspectiva isomètrica amb els elements que la conformen.

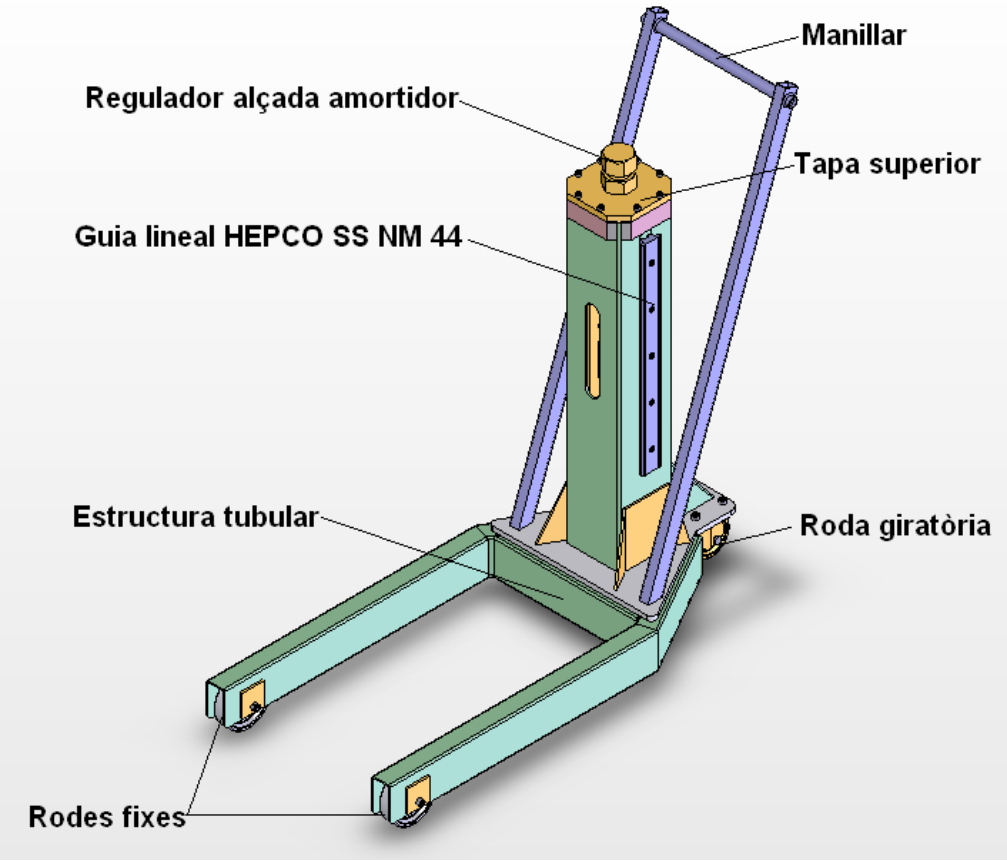

Figura 6.25 Estructura de l'elevador amb els elements que la composen

En la següent figura es mostra l'estructura amb el tram tubular vertical transparent per poder apreciar-hi el cilindre pneumàtic i l'amortidor superior.

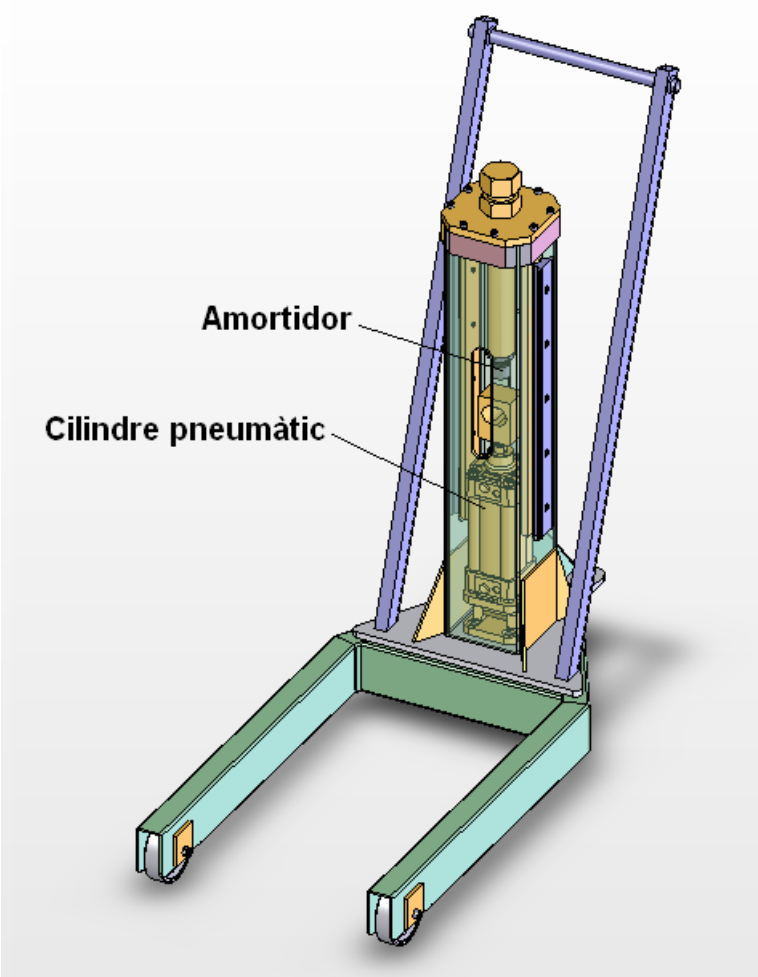

Figura 6.26 Estructura de l'elevador en perspectiva isomètrica amb el tram tubular transparent per apreciar l'interior

A continuació es passa a descriure cada element mostrat en la figura 6.25

6.2.4.1 Estructura tubular

En el disseny de l'estructura es busca un disseny estable amb una maniobrabilitat elevada. L'estructura de l'elevador està basada en diversos trams tubulars rectangulars de 80x40 i 3 mm d'espessor soldats amb trams de gorja 5 mm i un tram tubular quadrat de 120x120 i 5 mm d'espessor. Sumant la longitud de tots els trams soldats rectangulars de 80x40 es requereix un total de 2410 mm de tub, mentre que la longitud necessària del tram quadrat és de 677 mm. Seguidament es mostra una figura (6.27) amb els diferents trams que composen l'estructura tubular per tal d'efectuar la descripció dels mateixos.

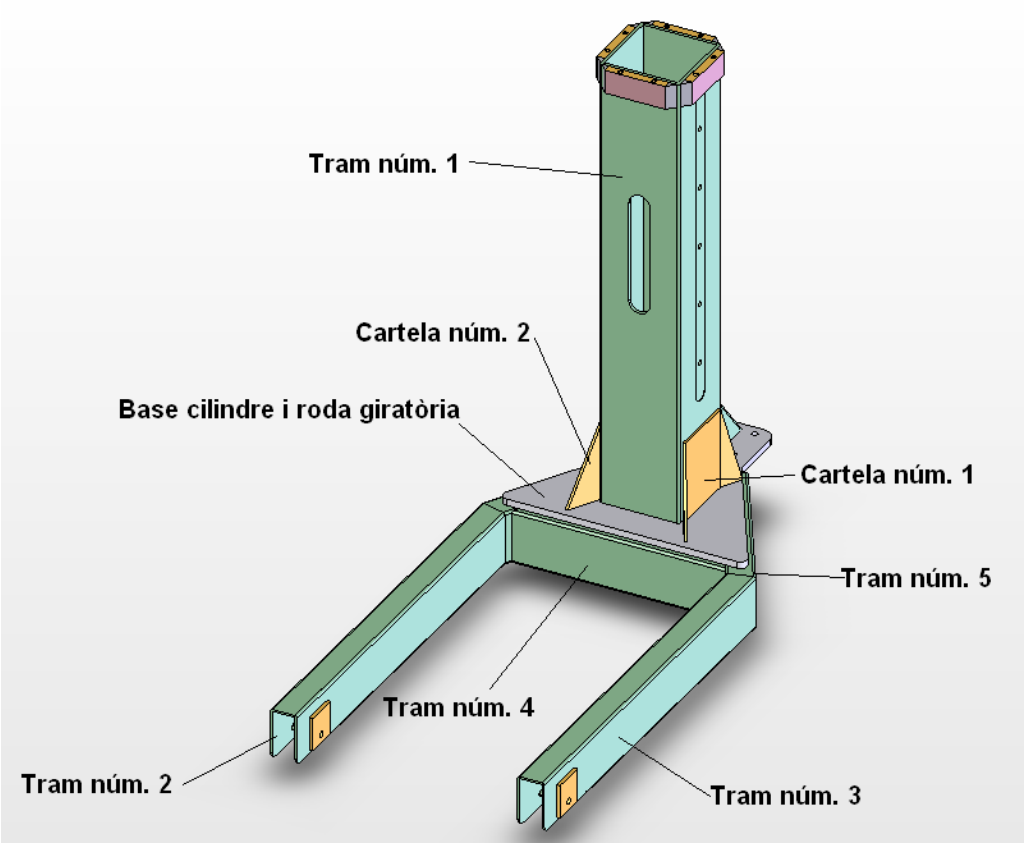

Figura 6.27 Estructura tubular en perspectiva isomètrica amb els trams i elements que la conformen

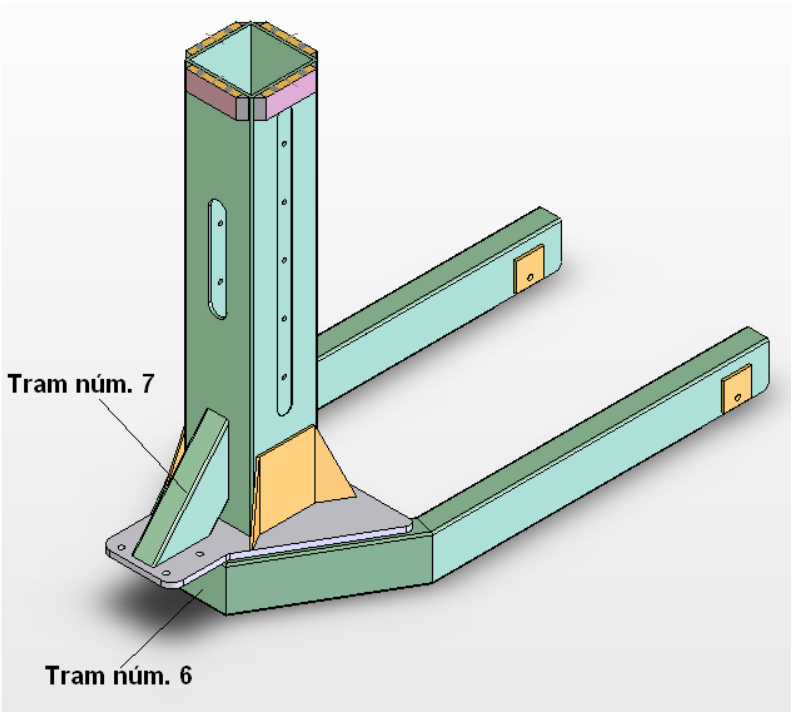

Figura 6.28 Estructura tubular en perspectiva isomètrica vista posterior

Tram núm. 1

Aquest tram té una longitud de 677 mm. Com ja s'ha comentat és un perfil quadrat 120x120x5. S'hi mecanitza un rebaix d'un mil·límetre així com 5 forats de 7 mm de diàmetre a ambdós costats per collar la guia lineal HEPCO® SS NM 44. També s'hi mecanitza un forat colís de 32 mm amb una longitud de 150 mm als altres dos costats per passar l'eix que transmet el moviment del cilindre pneumàtic al carro elevador. En la part superior se solden quatre peces de 90x35 i 12 mm de gruix amb dos forats roscats M6 a cadascuna per collar la tapa superior.

Tram núm. 2 i tram núm. 3

Aquests trams tenen una longitud de 600 mm. S'hi mecanitza en l'extrem una obertura de 120 mm per tal de poder muntar les rodes fixes (com es mostra a la figura 6.29). Per tal de collar aquestes rodes se solden dues platines 50x50 i 5 mm de gruix per fer de reforç i evitar el col·lapse del tub.

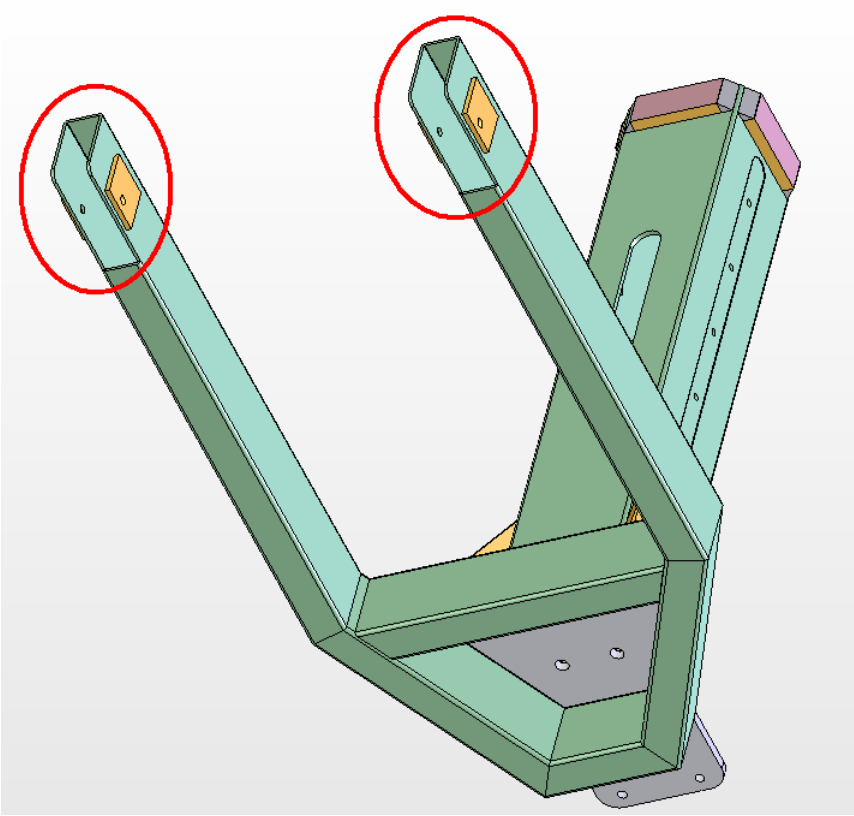

Figura 6.29 Estructura tubular vista per la part inferior amb la mecanització per muntar les rodes fixes encerclada en vermell

Tram núm. 4

Tram central de longitud 320 mm. Està tallat a 30º en ambdós extrems on s'uneix als trams núm. 5

Trams núm. 5

Trams de longitud 270 mm. Cadascun està tallat a 15º en l'extrem que s'uneix al trams núm. 2 i 3 i a 30º en l'extrem que s'uneix al tram núm. 6.

Tram núm. 6

Tram de 140 mm de longitud tallat en els extrems a 30º. Tanca l'estructura de la base per darrera.

Tram núm. 7

Tram de 210 mm de longitud tallat en un extrem a 40º (el de la base) i l'altre a 50º (el del tram núm. 1). Actua de reforç del tros de base on es colla la roda giratòria posterior.

Base cilindre pneumàtic i roda giratòria

Està formada per una planxa de 317x380 i 10 mm de gruix soldada a la part superior dels trams núm. 4, 5, 6 i 7. S'hi mecanitza 4 forats de 13 mm de diàmetre per collar el cilindre pneumàtic, així com 4 forats de 9 mm de diàmetre per collar la roda giratòria posterior. S'efectua en forma triangular a 30º i s'arrodoneix els cantons tal com s'aprecia a la figura 6.30.

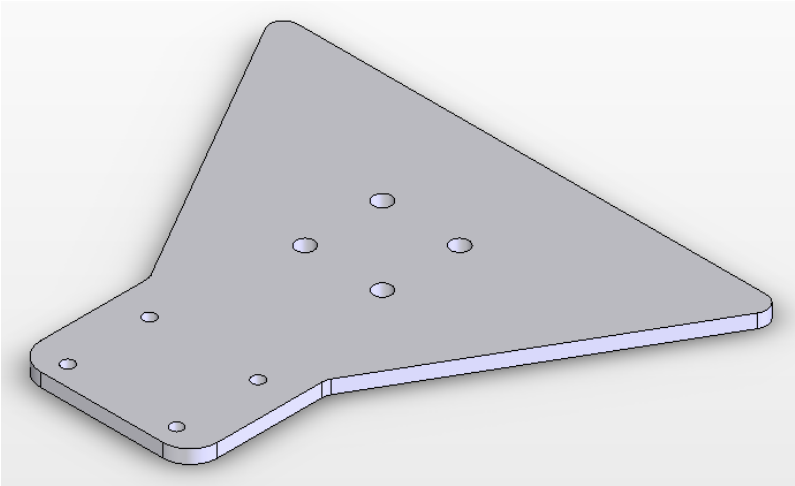

Figura 6.30 Base cilindres i roda giratòria en perspectiva isomètrica

Carteles núm. 1 i 2

L'element núm. 1 se solda a la base i es reforça amb dues carteles simètriques núm. 1 i 2. Aquestes carteles s'obtenen de doblegar dues planxes trapezoïdals de 190x120 mm i 4 mm de gruix 30º els extrems, tallades tal com s'aprecia ala figura 6.31.

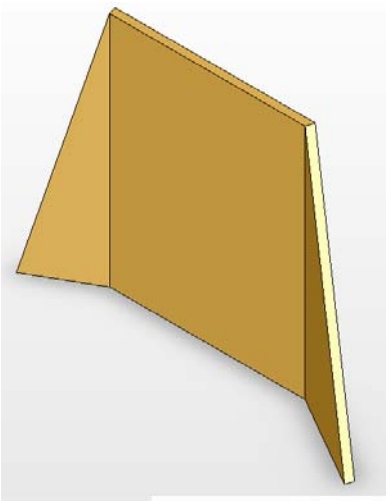

Figura 6.31 Cartela soldada a la base i a l'element núm. 1 en perspectiva isomètrica

Manillar

L'element del manillar està format per tres trams de tub, dos rectangulars de 20X30 i 2 mm de gruix, amb una longitud de 900 mm cadascun i un de cilíndric de 20 mm de diàmetre, 2 mm de gruix i 330 mm de longitud. Aquests tubs estan soldats amb un cordó de 3 mm de gorja. Se solda a la base de l'estructura per tal de permetre el guiatge de l'elevador per part de l'operari que l'utilitza.

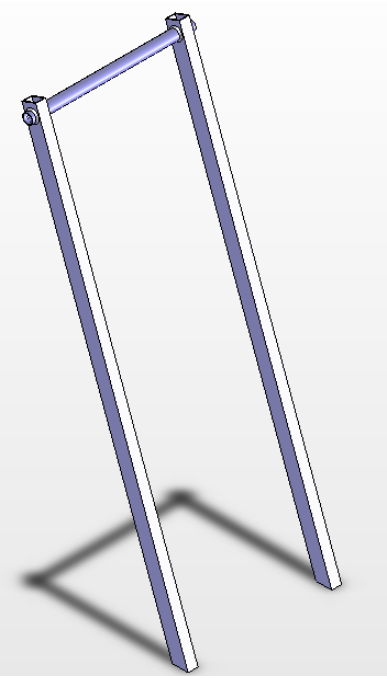

Figura 6.32 Manillar en perspectiva isomètrica

6.2.4.2 Rodes

Les rodes triades per muntar en l'estructura són dues fixes en el trams de l'estructura núm. 2 i 3 i una de giratòria per muntar a la base. L'ús d'una roda giratòria i dues rodes fixes és una solució econòmica per sistemes que requereixen una bona maniobrabilitat.

Rodes fixes

Les rodes fixes són de poliamida 6 (nylon) del fabricant GAYNER® **[6]** (veure figura 6.33). El diàmetre de la roda és de 100 mm i l'amplada de la banda de rodament és de 28 mm. La referència del fabricant és la 100 NYL3 (codi 14-09).

Figura 6.33 Roda Gayner® monobloc de poliamida 6

Es tria aquest tipus de roda per les seves propietats:

- Banda de rodament dura (85º SHORE D). Per paviments durs, llisos, sense obstacles (com és un box d'un circuit) s'aconsella l'ús de rodes de petjada dura.
- Alta capacitat de càrrega a baix cost.
- Lleugeres (densitat 1,14 kg/dm^3), elàstiques i resistents a cops.
- Netes ja que no embruten els paviments i tenen una lubricació i manteniment mínims.
- Resistents a la corrosió, als agents atmosfèrics, a l'envelliment i al desgast.
- Resistència química excel·lent i no els afecta l'aigua, alcohol, sal, olis, hidrocarburs, productes petrolífers....

La capacitat de càrrega màxima pel model de roda triat és de 125 kg/roda.

Roda giratòria

La roda giratòria es tria també de poliamida 6 (nylon) del fabricant GAYNER®. El diàmetre de la roda és de 80 mm i l'amplada de la banda de rodament és de 30 mm. La referència del fabricant és MPG4 080 NYL4 (codi 34-090/4). Aquesta roda té les mateixes propietats que les rodes fixes triades al ser del mateix material. La capacitat de càrrega màxima és igualment de 125 kg/roda. El suport que es munta és el model MPG4 (veure figura 6.34).

Figura 6.34 Suport GAYNER® MPG4

Les seves propietats són les següents:

- Acabat zincat brillant.
- Platina de subjecció realitzada en acer estampat de 2,5 mm de gruix i conforme a la norma ISO 2184-Clase 2.
- Consta de dues fileres de boles protegides per cassoletes envolvents i junta de retenció de color gris (veure figura 6.35).
- Pivot central de ∅20mm en acer
- Forquilla d'acer estampat de 2,5 mm de gruix proveïda de cargol DIN 933 classe 8.8 M8x60, coixinet i femella autoblocant.

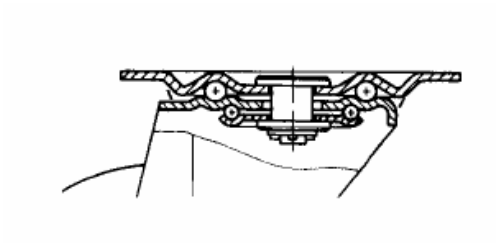

Figura 6.35 Detall del suport GAYNER® MPG4

Segons el fabricant, en el cas d'una roda giratòria i dues fixes, les rodes han de seguir la següent equació:

$$\text{Màxima capacitat per roda} > \frac{\text{Càrrega total}}{2{,}5} \qquad \text{(Eq. 6.4)}$$

En el nostre cas Càrrega total = 150 kg

$$\text{Màxima capacitat per roda} = 125\text{kg} \quad > \quad \frac{150}{2{,}5} = 60 \text{ kg}$$

Es veu doncs que es compleix el recomanat pel fabricant en el seu catàleg.

6.2.4.3 Amortidor. Suport amortidor

En el muntatge s'utilitza un amortidor per regular el fi de carrera del carro en la cursa de pujada. L'amortidor triat és de la marca SMC® model RB, concretament el model RB C 2725 **[7]**. Porta un topall muntat en l'extrem. Aquest tipus d'amortidor permet una excentricitat d'alineament de 5º. En l'annex A.3 s'efectua el càlcul de la idoneïtat de l'amortidor. L'amortidor porta el cilindre exterior roscat a M27. En la següent figura 6.36 es mostra l'amortidor triat.

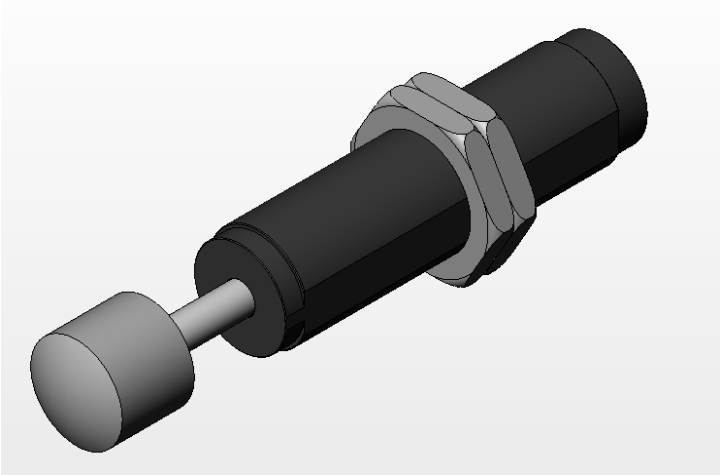

Figura 6.36 Amortidor SMC® RBC 2725

Per regular la posició de l'amortidor es dissenya el suport de l'amortidor. Es parteix de barra hexagonal de 50 mm i 300 mm de longitud i s'efectua un roscat exterior de M39 per desplaçar-lo verticalment respecte la tapa superior (que també té un roscat M39) i un roscat interior de M27 per muntar-hi a dins l'amortidor, com s'aprecia a la figura 6.37.

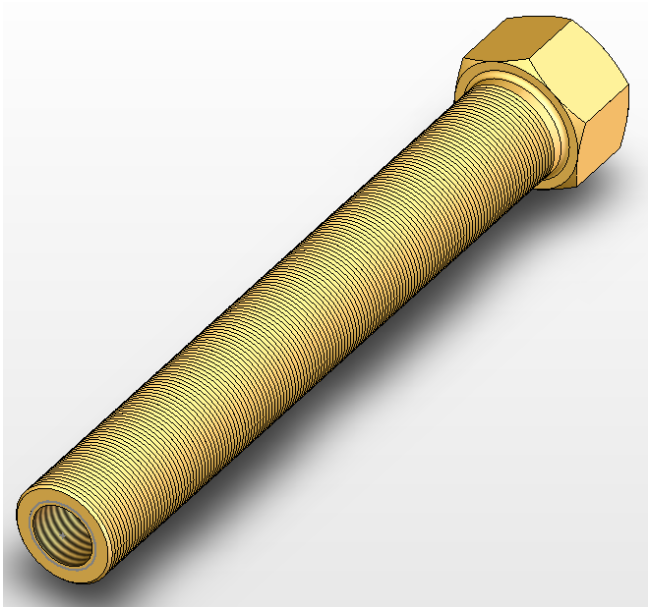

Figura 6.37 Suport amortidor

6.2.4.4 Tapa superior

El suport de l'amortidor que permet regular el final de carrera del carro es colla a la tapa superior que tanca el tub de 120x120 de l'estructura. Aquest element es mostra a la següent figura 6.38.

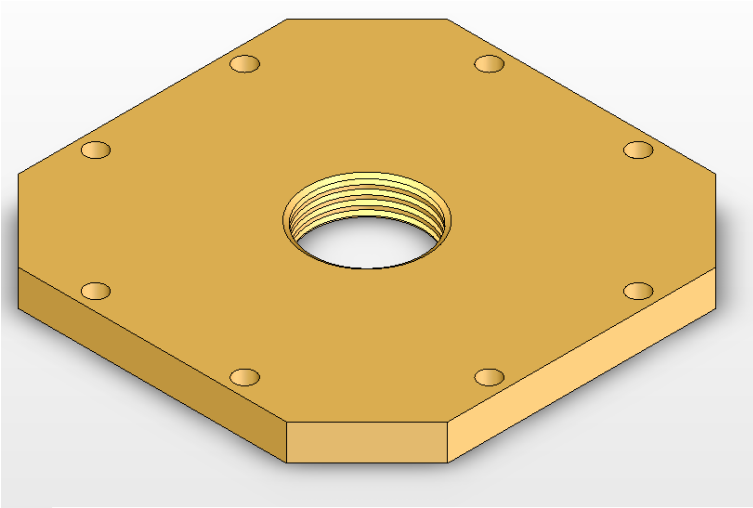

Figura 6.38 Tapa superior

Es colla a l'estructura a través de vuit cargols Allen de M8 i té un forat roscat al centre de M39 per collar el suport de l'amortidor. Les seves dimensions inicials són de 144x144x12 i s'efectuen els xamfrans a 45º a les quatre cantonades tal com s'aprecia a la figura.

6.2.4.5 Guia lineal HEPCO® SS NM 44

En l'estructura tubular es munten dues guies lineals HEPCO® model SS NM 44 de 446 mm de longitud. Aquesta guia es colla al tram núm.1 a través de 5 cargols Allen (ISO 4762) de M6 de classe 8.8. A més, com s'ha comentat, al tram núm. 1 s'hi mecanitza un rebaix d'1 mm per tal de garantir que se suporta el moment originat. Les característiques d'aquest guiatge ja han estat comentades anteriorment en el punt 6.2.3.4.

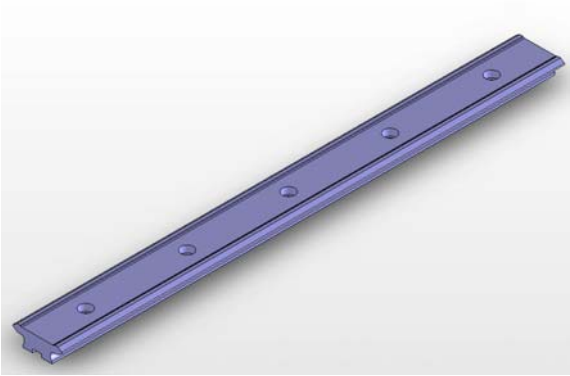

Figura 6.39 Tram de guia HEPCO® SS NM 44 en perspectiva isomètrica

6.2.4.6 Element guia núm. 1

Per tal de collar les guies lineals al tram núm. 1 de l'estructura es dissenya l'element mostrat en la figura 6.40. En la seva fabricació es parteix d'un passamà de 40 mm i 10 mm de gruix amb una longitud de 496 mm. S'hi mecanitza els 5 forats roscats M6 necessaris per collar la guia separats entre sí 90 mm.

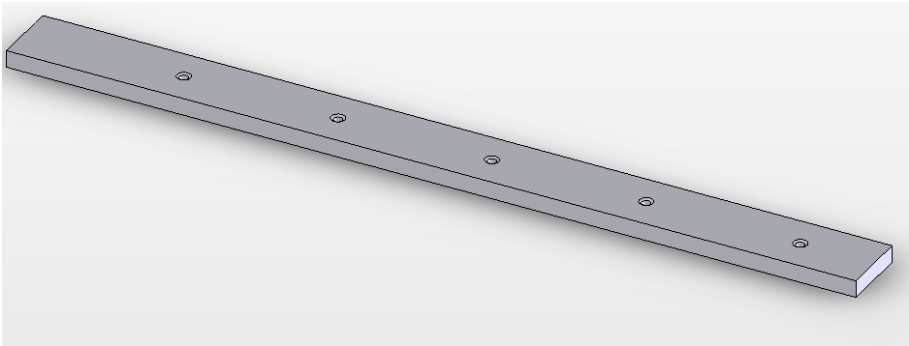

Figura 6.40 Element guia núm. 1

6.2.4.7 Materials emprats. Tècniques de fabricació

Per la fabricació de l'estructura de l'elevador s'utilitzen dos tipus de perfil tubular d'aliatge d'alumini 6063 **[8]**, un rectangular de 80x40x3 per fer la base i un altre quadrat de 120x120x5 per fer la columna on s'hi collen les guies lineals. També s'utilitza una planxa de 10 mm de gruix d'alumini 6082 on es colla el cilindre pneumàtic.

La tapa superior està fabricada amb planxa d'aliatge d'alumini 6082 de 12 mm d'espessor

El manillar s'obté soldant dos trams de tub rectangular de 30X20x2 i un de cilíndric de ∅20 mm, 2 mm de gruix, ambdós d'aliatge d'alumini 6063.

S'utilitza l'alumini envers de l'acer a fi de reduir la massa de l'elevador i aconseguir una major maniobrabilitat. Ambdós aliatges (el 6063 i el 6082) pertanyen al grup Al-Mg-Si amb percentatges de Mg i Si inferiors a 1% i tenen unes propietats de conformabilitat, soldabilitat, resistència mecànica i a la corrosió que, sense ser cap d'elles extraordinària, constitueixen un compromís molt equilibrat **[5]**.

El suport de l'amortidor està fabricat a partir de barra hexagonal de 50 mm d'acer AISI 303.

Les guies es collen a l'element guia núm. 1, un suport realitzat en passamà d'acer C45 de 40x10.

Les tècniques de fabricació emprades són el tall per làser, la mecanització tradicional i la soldadura.

No es preveuen tractaments superficials per protegir les peces d'alumini ja que aquests aliatges tenen unes bones propietats de resistència a la corrosió. L'element guia núm. 1, construït en acer, se sotmet a un pavonat com a protecció superficial.

7 Disseny de l'elevador de dos eixos

A semblança al capítol 6, en aquest es desenvolupa l'estudi del cicle de treball de l'elevador de dos eixos així com el disseny del mateix. A fi de facilitar el disseny a continuació es mostra els components que el conformen:

- Estructura de l'elevador. A sobre s'hi munten els altres components.
- Eixos elevadors. Són els elements que s'introdueix a la motocicleta a fi d'elevar-la.
- Accionament elevador. És l'element que desplaçarà els eixos, un cop aquests han estat introduïts, a la motocicleta elevant-la.

7.1 Definició del cicle de treball de l'elevador

En aquest punt es defineix el cicle de funcionament de l'elevador de dos eixos en una aturada a box d'un pilot, des d'un estat de repòs fins al següent estat de repòs. El cicle de treball és el següent:

1. Arribada del pilot a box.
2. Introducció de l'eix posterior de l'elevador en la motocicleta.
3. Introducció de l'eix davanter de l'elevador en la motocicleta.
4. Pujada de l'elevador.
5. Descens del pilot.
6. Realització de les operacions de manteniment sobre la motocicleta (canvi de rodes, pastilles de fre, omplerta de combustible,...)
7. Descens de l'elevador.
8. Pujada del pilot.
9. Sortida del pilot a pista.

Com s'aprecia el nombre d'etapes és inferior respecte a l'elevador d'un sol eix. A continuació es mostren algunes imatges de l'ús d'un elevador d'un sol eix per part de l'equip Glaner Racing Team durant la cursa de les 24 Hores Motociclistes celebrades al circuit de Catalunya l'any 2005.

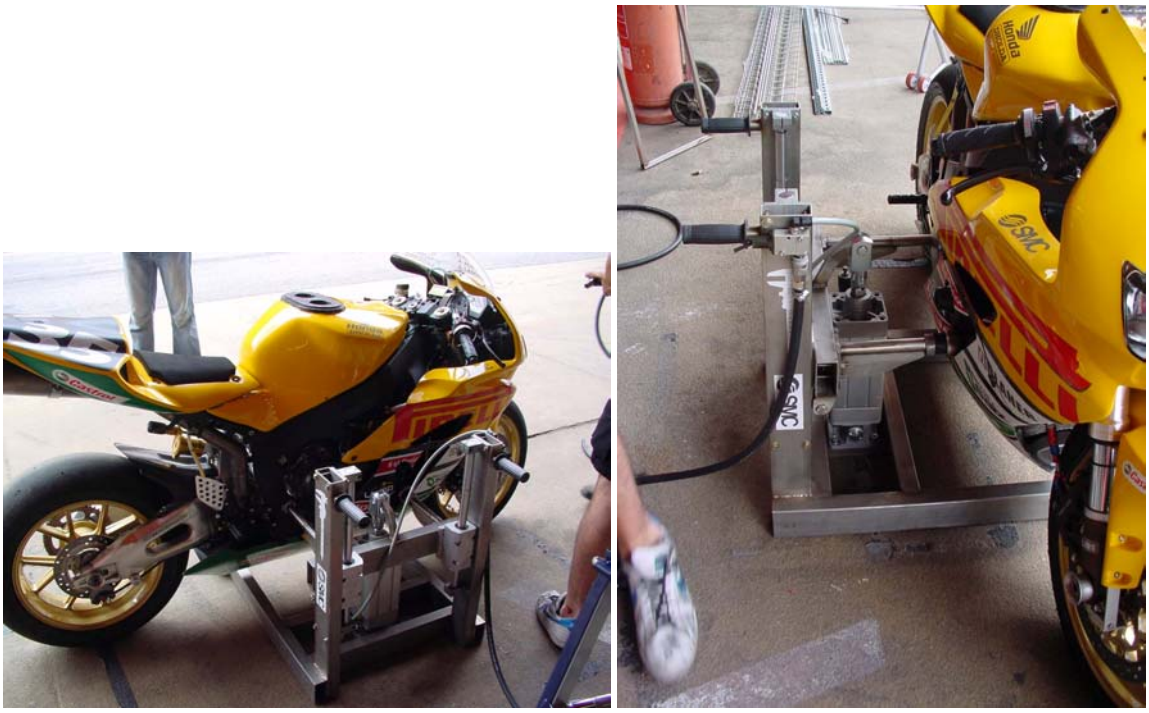

Figura 7.1 Aturada a box i ús d'un elevador de dos eixos

7.2 Estudi dels principals components de l'elevador

En aquest apartat es descriuran els components de l'elevador de dos eixos que s'ha dissenyat, analitzant possibles alternatives. En la figura 7.2 es mostra una perspectiva isomètrica de l'elevador dissenyat amb els principals components que el composen.

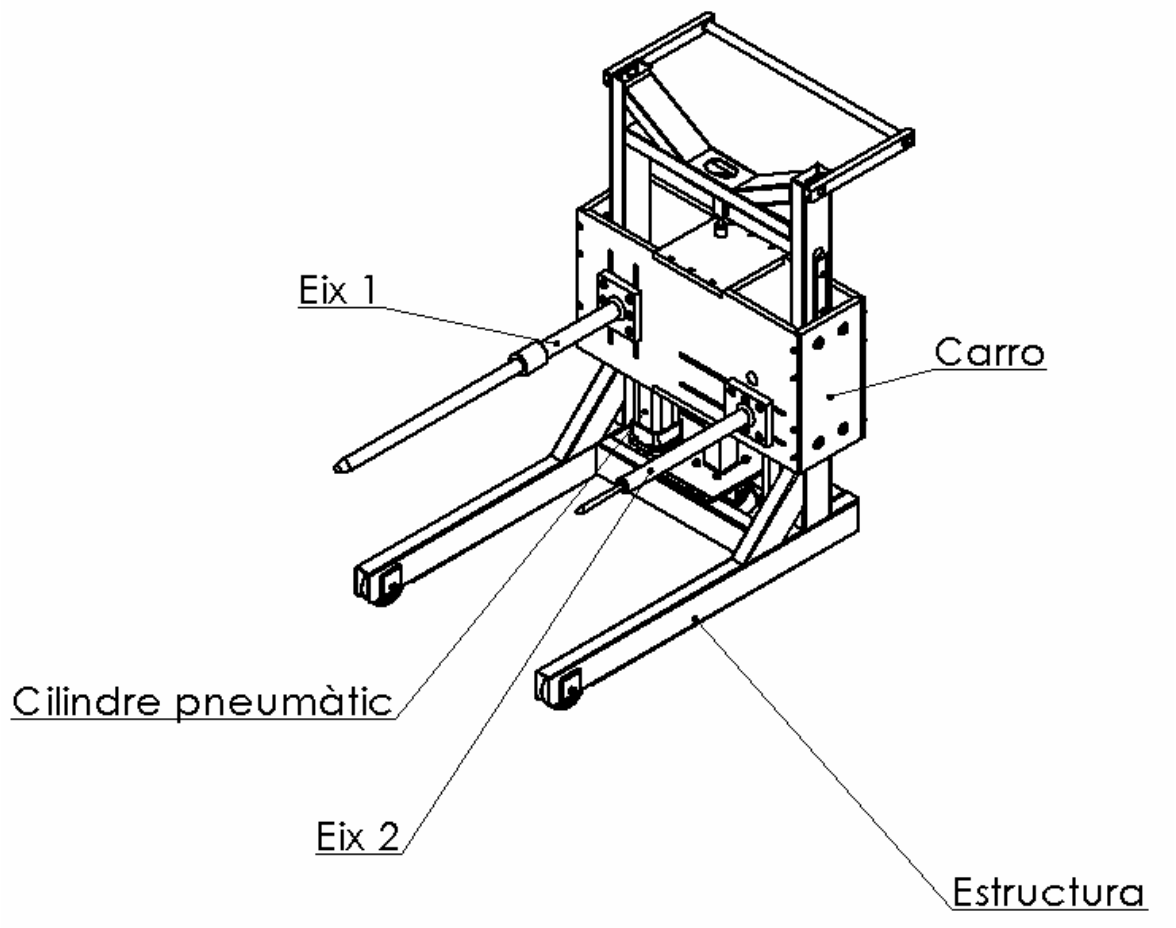

Figura 7.2 Perspectiva isomètrica de l'elevador de dos eixos dissenyat amb les seves principals parts

7.2.1 Accionament elevador

L'accionament de l'elevador es realitza mitjançant una parella de cilindres pneumàtics bessons. Tal com s'ha comentat al capítol 6.2 s'escull aquest tipus d'accionament degut a la seva senzillesa, robustesa, baix cost, davant d'altres alternatives com ara les accionades elèctricament. Com ja s'ha dit, el subministrament d'aire comprimit per tal d'accionar aquests cilindres està garantit ja que és utilitzat per a moltes altres activitats que es realitzen dins del box, com inflar les rodes de les motocicletes, accionar eines pneumàtiques utilitzades per part dels mecànics, etc. És a dir, no és necessari la creació d'una xarxa d'aire comprimit o la compra d'un compressor d'aire exclusivament per l'ús de l'elevador, sinó que s'aprofitarà l'existent al box per accionar l'elevador.

Es descarten altres alternatives com podrien ser elevadors manuals a fi de disminuir l'esforç físic a efectuar per part dels mecànics. També es descarten altres alternatives com l'ús de coixins pneumàtics pel seu major cost.

La massa a elevar és variable segons el model de motocicleta a elevar i la cilindrada d'aquesta. Per al disseny de l'elevador es pren com a referència el mateix exemple del capítol 6, una motocicleta Honda CBR 1000 RR. Consultant el catàleg de l'any 2006 de la marca Honda, el model de motocicleta esmentat, amb configuració de carrer (figura 7.3), té un massa en sec de 176 kg. Aquesta massa, és del mateix ordre a la d'altres models i marques que participen en les curses de resistència, com la Yamaha YZF-R1, que segons les dades tècniques que apareixen al catàleg de l'any 2006, té una massa en sec de 172 kg.

En el cas de l'Honda CBR 1000 RR la massa en ordre de marxa, que és de 203 kg, repartits en 105 kg en l'eix davanter i 98 kg en l'eix posterior.

Figura 7.3 Honda CBR 1000 RR

Es tria cilindres de la marca ASCO® Joucomatic per la seva disponibilitat i amplitud de catàleg. Segons el catàleg d'aquest fabricant **[1]**, per definir el diàmetre d'un cilindre s'aplica l'equació 7.1

$$\text{Esforç dinàmic teòric} = \frac{\text{càrrega real}}{\text{Índex de càrrega}} \qquad \text{(Eq. 7.1)}$$

El fabricant recomana en el seu catàleg l'ús d'un cilindre amb un índex de carrega inferior o igual al 75 %

D'aquesta manera:

$$\text{Esforç dinàmic teòric}=\frac{203\cdot 9{,}81}{0{,}75} = 2655{,}3 \text{ N}$$

Tenint en compte que s'utilitzen dos cilindres, cadascun ha de realitzar un esforç dinàmic teòric de 1327,6 N.

Sabent que la xarxa d'alimentació dels box dels circuits es mouen entorn de 700 a 800 kPa de pressió, observant la taula 7.1 del catàleg del fabricant:

∅ cilindre (mm)	∅ eix (mm)	Secció del pistó (cm^2)		Esforços dinàmics desenvolupats, en daN, en funció de la pressió d'alimentació (kPa)									
				200		400		600		800		1000	
		●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
32	12	8	6,9	13	11	30	25	46	39	62	52	77	65
40	16	12,6	10,6	21	17	46	37	70	58	95	80	122	100
50	20	19,6	16,5	33	27	70	58	110	92	150	124	190	155
63	20	31,2	28,1	53	46	110	98	170	154	230	211	290	264
80	25	50,3	45,4	88	77	185	163	285	255	385	341	480	427
100	25	78,5	73,5	135	125	290	260	440	400	600	550	750	675

Taula 7.1 Esforços dinàmics desenvolupats en funció de la pressió d'alimentació i del ∅ del cilindre; ● representen esforços desenvolupats a la sortida de l'eix i ○ representen esforços desenvolupats en el retrocés de l'eix [extreta del catàleg ASCO Joucomàtic *Cilindros de doble efecto ∅32 a 125 mm conforme a las normas VDMA ISO 6431 Serie 450 TIPO PES*]

Es tria doncs dos cilindres de ∅ 63 mm, ja que per a pressions de 600 kPa desenvolupen 170 daN, valor superior als 133 daN requerits.

La carrera d'aquests cilindres es pren de 160 mm, valor suficient per aconseguir un bon ventall de regulacions.

Dins del catàleg del fabricant es tria la sèrie 450 tipus PES (o tub perfilat), que compleix la norma ISO 6431. La referència d'aquest fabricant és PES 63 (NA) 160-DM i el codi a precisar a l'hora de demanar-lo és 450 00 124.

Els materials que conformen el cilindre triat són:

- Tub amagnètic: Aliatge d'alumini anoditzat dur
- Eix: Acer cromat dur.
- Pistó: Resina acetal (POM)
- Junta pistó: poliuretà (PUR)
- Fons: aliatge d'alumini.

7.2.2 Eixos

7.2.2.1 Punts d'elevació

Els eixos són els elements que s'introdueixen a la motocicleta per elevar-la. En l'elevador de dos eixos, com el seu nom indica, n'hi ha un per elevar la part davantera de la motocicleta i un per l'eix posterior. Després d'analitzar els diferents punts on col·locar els suports en la motocicleta on s'introduiran els eixos i observant les solucions preses pels equips que ja disposen d'aquests elevadors s'adopten les solucions mostrades a continuació:

- Eix davanter: Es decideix col·locar un suport soldat al xassís de la motocicleta, entre el xassís i el radiador, de tipus tubular cilíndric amb una entrada cònica per facilitar la introducció de l'eix. És la mateixa solució que s'adopta en l'elevador d'un sol eix.

- Eix posterior: Comprovada la dificultat per adoptar una solució semblant a la de l'eix davanter degut a la falta d'espai, com s'aprecia a la figura 7.4, i observant que l'eix del basculant posterior és buit en la majoria de motocicletes de competició amb cilindrades a l'entorn de 600 cm^3 a 1000 cm^3, es decideix utilitzar-lo per introduir l'eix de l'elevador. El principal inconvenient és el diàmetre d'aquest forat, ja que en el cas d'una Honda CBR 1000 RR és de 12,5 mm.

Figura 7.4 Honda CBR 1000 RR sense carenat. S'aprecia la dificultat per soldar-hi un tub darrera del motor on introduir l'eix de l'elevador

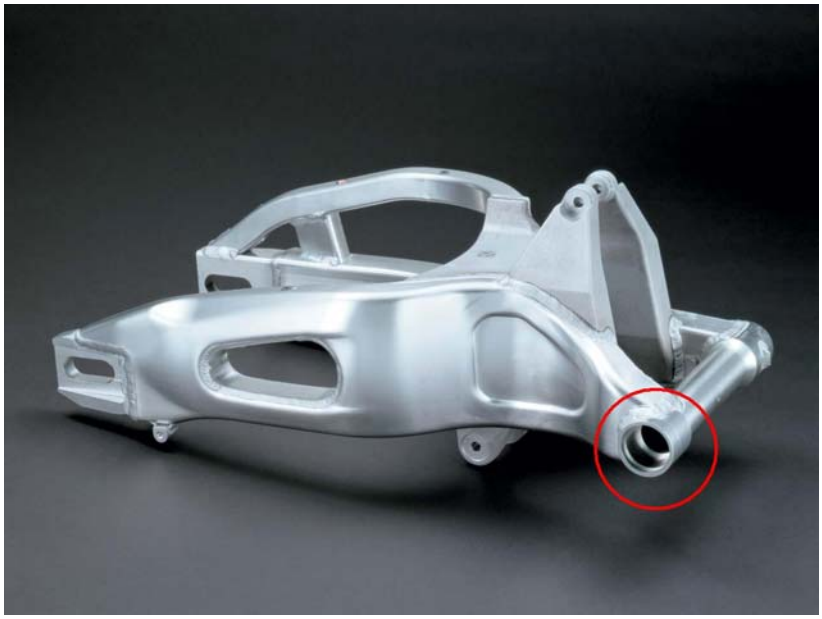

Figura 7.5 Basculant posterior d'una Honda CBR 1000 RR. S'ha marcat amb una circumferència vermella el forat del basculant on s'introduirà l'eix de l'elevador

En la següent figura es mostra un croquis amb una Honda CBR 1000 RR amb les cotes dels punts d'elevació així com la distància entre eixos de la motocicleta.

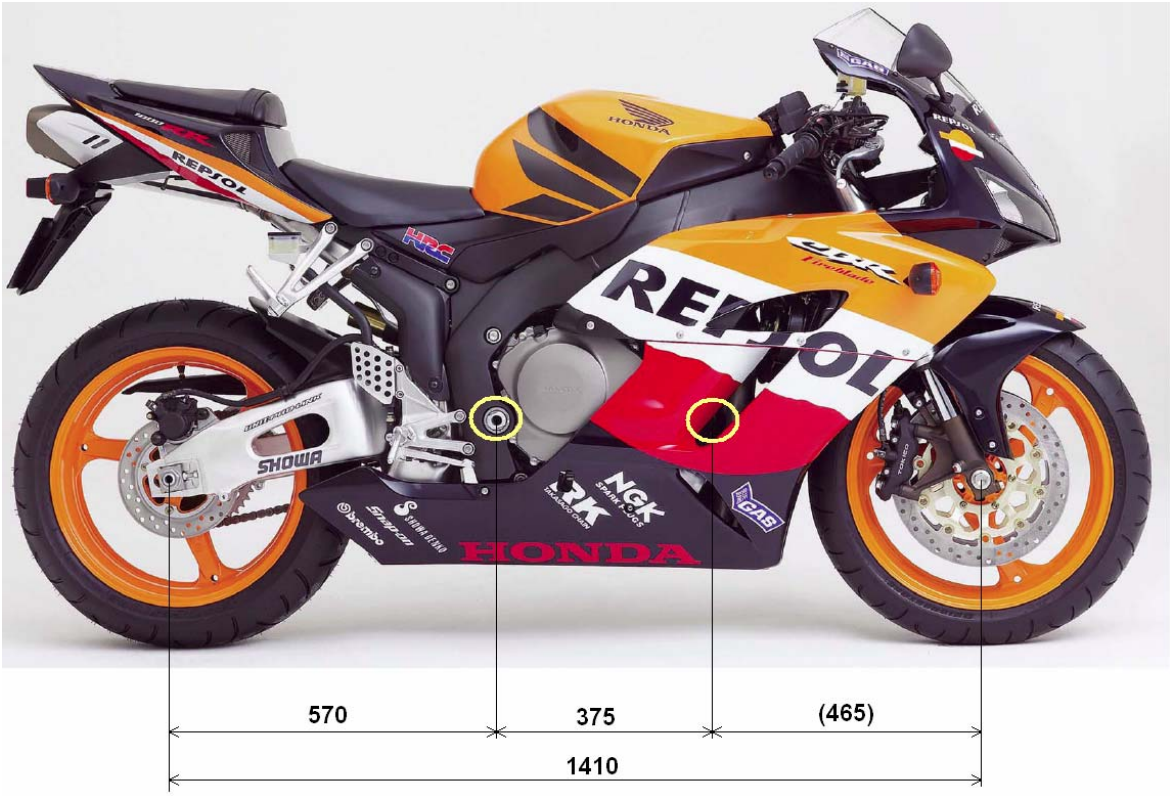

Figura 7.6 Honda CBR 1000 RR amb les cotes dels punts d'elevació (en mm)

7.2.2.2 Disseny dels eixos

A continuació en la figura 7.7 i 7.8 es mostra el disseny efectuat de l'eix davanter i posterior de l'elevador de dos eixos.

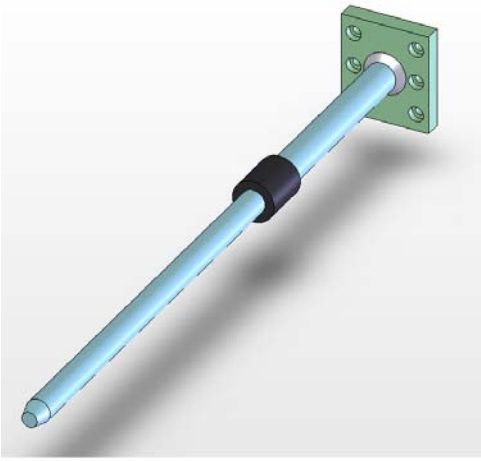

Figura 7.7 Imatge en perspectiva isomètrica de l'eix davanter

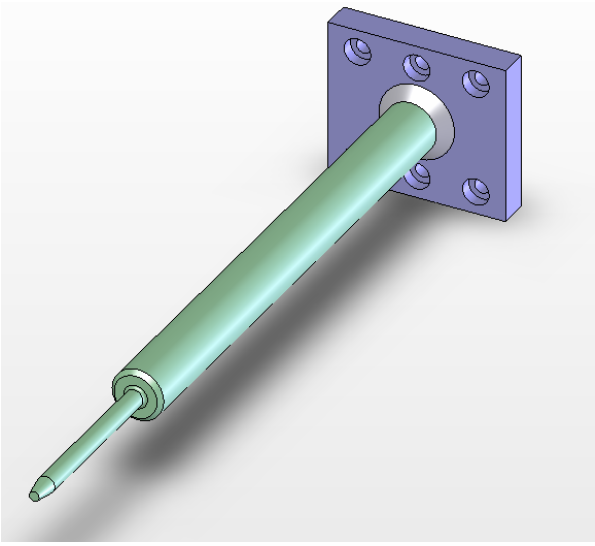

Figura 7.8 Imatge en perspectiva isomètrica de l'eix posterior

Eix davanter

Com s'aprecia a la figura 7.7, l'eix davanter posseeix un topall de goma que impedeix que l'elevador s'apropi excessivament al carenat de la motocicleta i deixi un espai de 300 mm entre el carenat i l'elevador per a la cama del pilot. El tram que s'introdueix a l'interior de la

motocicleta té un diàmetre de 29 mm i una longitud de 490 mm. El tram darrera del topall de goma és d'un diàmetre de 35 mm.

L'eix se solda a una peça posterior que permet el desplaçament vertical en uns forats colissos mecanitzats al carro i que es fixa a través de sis cargols Allen de M8. Té l'extrem cònic per facilitar l'entrada a l'orifici de la motocicleta.

Eix posterior

Com s'aprecia a la figura 7.8, l'eix posterior posseeix un canvi de secció important, d'un diàmetre de 12 mm a un diàmetre de 35 mm, degut com s'ha comentat al diàmetre de l'interior de l'eix del basculant. El tram que s'introdueix a l'interior del basculant té una longitud de 115 mm. Igualment com succeeix amb l'eix davanter, es troba soldat a una peça posterior que permet el seu desplaçament horitzontal en forats colissos mecanitzats al carro al que està unit a través de sís cargols Allen de M8. Posseeix l'extrem cònic a fi de facilitar l'entrada a l'orifici del basculant.

7.2.2.3 Forces i tensions a suportar pels eixos

Tenint en compte la massa de 203 kg de la motocicleta emprada d'exemple, segons els càlculs mostrats en l'annex B.1.1, la força a suportar per l'eix davanter és de 845,9 N, mentre que la força a suportar per l'eix posterior és de 1145,5 N.

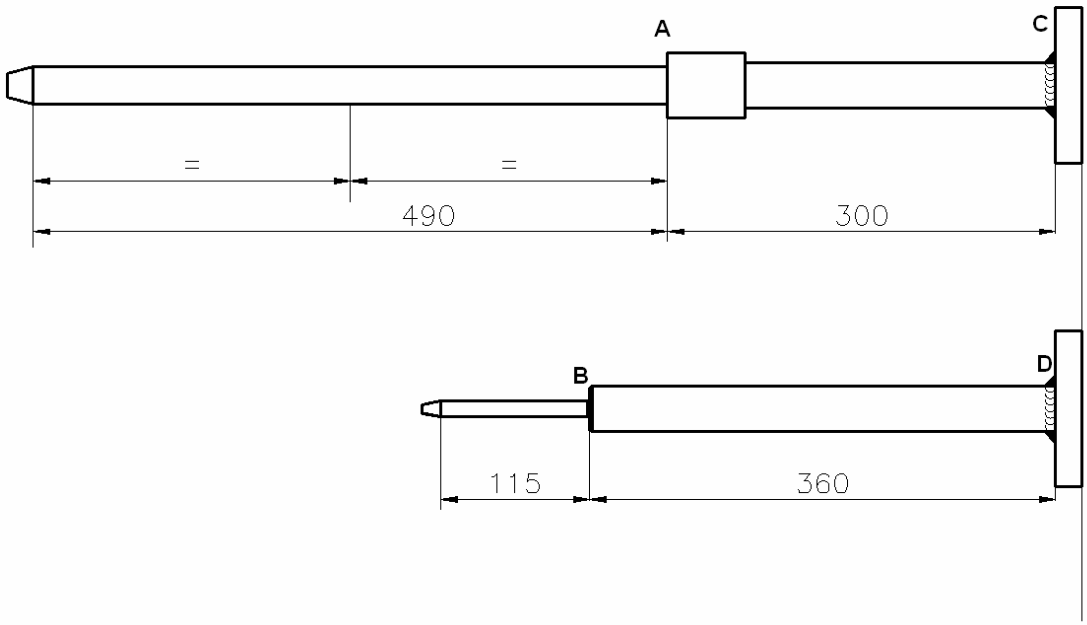

Figura 7.9 Cotes principals i seccions a analitzar en els eixos davanter i posterior

Com es mostra en la figura 7.9, les seccions conflictives són les marcades amb les lletres A i C en l'eix davanter i B i D en l'eix posterior. En l'annex B.1.1 s'efectua el càlcul de les tensions normals i tangencials en aquestes seccions.

Eix davanter

Es calculen les tensions normals i tangencials a l'eix davanter en la secció A i C i es troba que la tensió tangencial màxima que suporta l'eix davanter en aquestes seccions és de 426 kPa i, com es mostra a l'annex B.1.1, segons la distribució de tensions tangencials, aquesta tensió és màxima en el punt central de l'eix. Aquest valor és suportat per qualsevol acer.

La tensió normal σ màxima deguda a la flexió es troba en els extrems de l'eix, com també es mostra a l'esmentat annex. El valor de la tensió normal màxima en la secció A és de 120,1 MPa, mentre que la de la secció C és de 128,6 MPa i aquest valor

Cal doncs emprar un material que tingui un límit d'elasticitat superior a 128,6 MPa.

Eix posterior

En el mateix annex B.1.1 es calcula la tensió tangencial en les seccions B i D i es troba que aquesta té un valor 3,4 MPa, suportat també per qualsevol acer.

A continuació es busca la tensió normal σ màxima deguda a la flexió en la secció B i D i es troba que en la secció B el valor màxim és de 776,6 MPa mentre que a la secció D és de 129,3 MPa. D'aquesta manera es veu que la secció més crítica, com era d'esperar és la secció B de l'eix posterior.

En l'annex D.3 s'ha efectuat la simulació per elements finits de l'eix donant un valor de tensió màxima de von Mises de 771,2 MPa.

Cal doncs emprar un material que tingui un límit elàstic superior a 776,5 MPa.

7.2.2.4 Materials emprats. Tècniques de fabricació

El material utilitzat en la fabricació d'ambdós eixos és l'acer 34 CrMo 4 segons UNE 36.051-91/I-II (antic F-1250 segons UNE 36.011) **[2]**. En el cas de l'eix davanter en estat normalitzat mentre que en l'eix posterior, degut a l'elevat límit elàstic, es fa un tractament de bonificació (tremp+revingut). Segons les taules d'aquest material, trempat i revingut té un límit elàstic per

a diàmetres inferiors a 16 mm superior a 800 MPa. D'aquesta manera se suporten les tensions màximes que la secció B de l'eix posterior pateix.

Les tècniques de fabricació en l'obtenció dels eixos són la mecanització tradicional i la soldadura. També cal aplicar un bonificat en l'eix posterior.

Es preveu com a tractament superficial el pavonat de les peces.

7.2.2.5 Unió amb el carro

La unió de cada eix amb el carro s'efectua a través d'una peça posterior soldada a l'eix, mostrada a la figura 7.10.

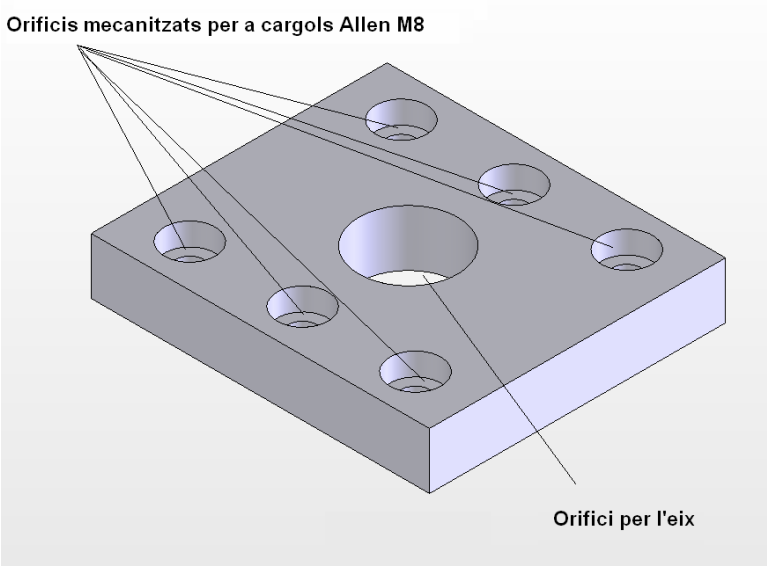

Figura 7.10 Peça posterior als eixos

Aquesta peça consta d'un orifici de ∅ 35 mm H7 per introduir-hi l'eix i sis orificis per col·locar-hi sis cargols Allen de M8. Aquests cargols serveixen per collar la peça amb l'eix al carro i permeten desplaçar-lo en els forats colissos que aquest carro té mecanitzats. En el cas de l'eix davanter, es desplaça verticalment, mentre que en l'eix posterior es desplaça horitzontalment.

L'eix s'introdueix a l'interior de l'orifici i se solda a la peça. Tenint en compte un coeficient de seguretat de 2,5, una soldadura de 8 mm de gorja per ambdós eixos suporta correctament les tensions que apareixen, com es mostra a l'annex B.1.2.

També es mostra en l'annex B.1.2 que, en ambdós eixos, els cargols emprats de M8 de classe 8.8 suporten bé les forces garantint la unió de l'eix amb el carro.

7.2.3 Carro elevador

El carro és l'element en el qual es munten i fixen els eixos i que es desplaça verticalment en l'estructura per l'acció dels cilindres pneumàtics.

En la següent figura es mostra una perspectiva isomètrica del carro dissenyat.

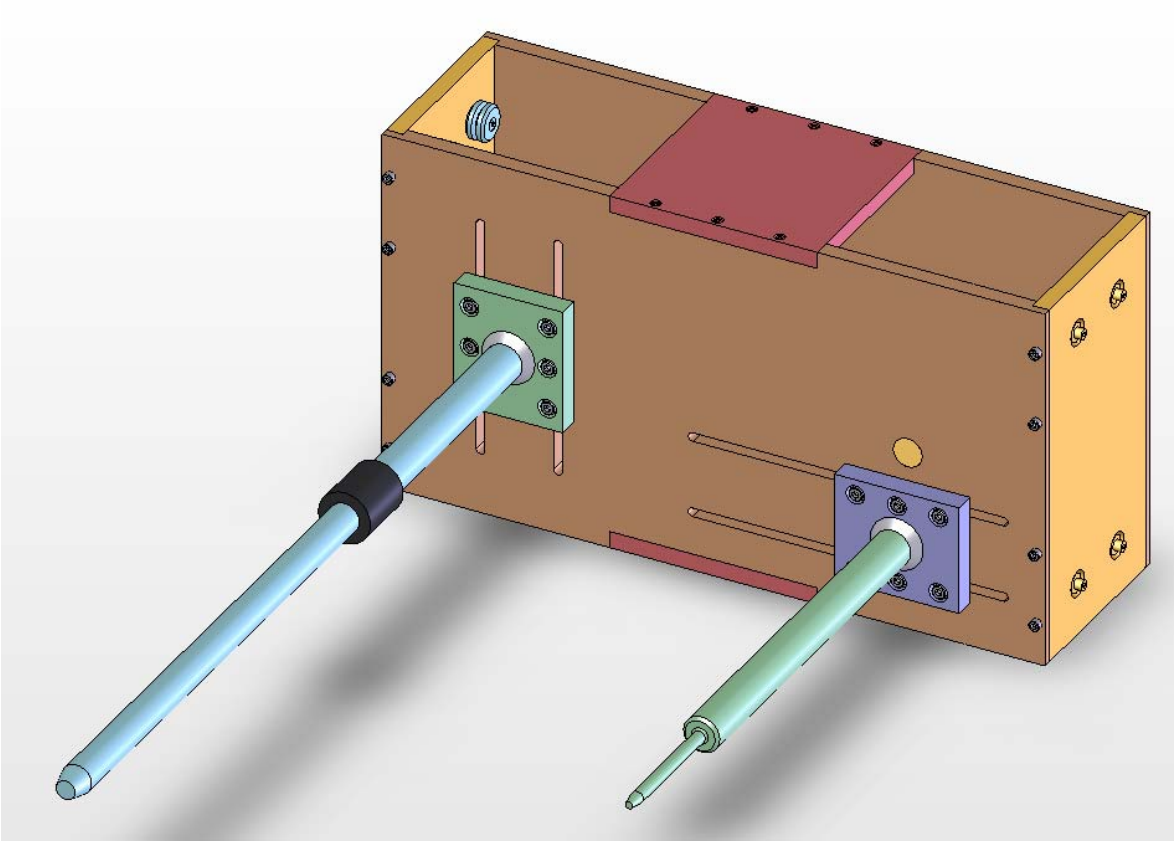

Figura 7.11 Carro amb tots els elements incorporats en perspectiva isomètrica

El carro elevador està compost de diversos elements com es mostra i detalla en la figura 7.12.

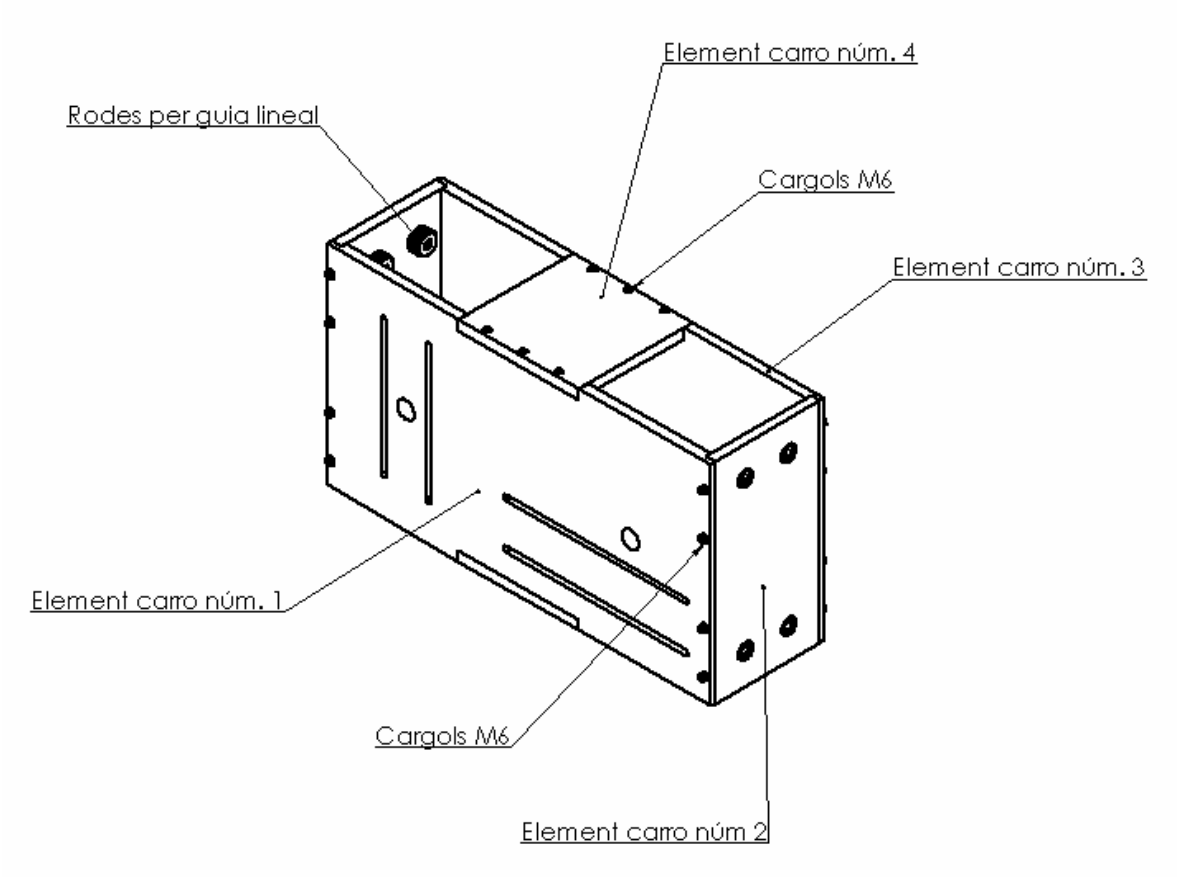

Figura 7.12 Carro elevador en perspectiva isomètrica amb els principals elements i sense els eixos muntats

El carro elevador està compost bàsicament per uns elements units mitjançant cargols M6. Aquests elements són una sèrie de planxes mecanitzades. També disposa de quatre rodes que actuen com a elements de guiatge per sobre de l'estructura.

En els successius punts s'efectua una descripció dels elements mostrats en la figura 7.12 que composen el carro elevador.

7.2.3.1 Element carro número 1

Aquest element és una planxa de 640x350 i 16 mm de gruix mecanitzada on s'hi uneixen els eixos de l'elevador.

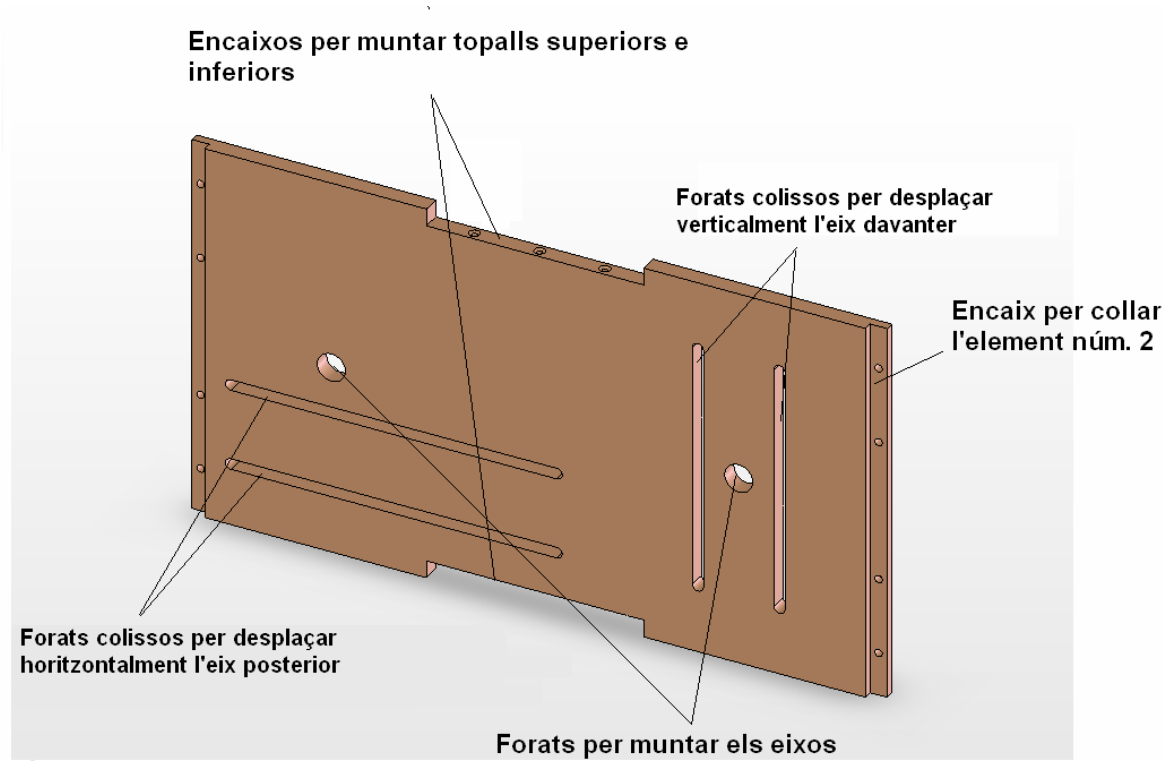

Figura 7.13 Element carro núm. 1 en perspectiva isomètrica

Aquest element té mecanitzats uns forats colissos, de 8,50 mm d'amplada, de 300 mm de longitud en el cas de les horitzontals i de 225 mm de longitud en el cas de les verticals. Aquests forats actuen com a guies dels eixos per poder adoptar diferents posicions relatives entre ells i així aconseguir una adaptabilitat a diferents motocicletes que tinguin diferents distàncies entre els punts d'elevació. Gràcies a aquestes guies s'aconsegueix el següent ventall de distàncies entre eixos mostrat a la taula 7.2:

Distància horitzontal		Distància vertical	
Valor mínim (mm)	Valor màxim (mm)	Valor mínim (mm)	Valor màxim (mm)
207,5	427,5	15	152,5

Taula 7.2 Mostra els valors de distància extrema mínima i màxima entre el centre dels eixos

També té mecanitzats dos encaixos, un superior i un inferior, amb tres forats roscats de M5 cadascun per poder collar-hi una planxa de 200x192 i 16 mm de gruix que actuarà com a topall superior i inferior per poder regular els punts màxim i mínim de la carrera del carro elevador (l'element del carro núm. 4).

També té dos forats de ∅28 mm H7 per poder introduir dos eixos que transmetran el moviment dels cilindres pneumàtics al carro.

Per últim comentar que aquest element posseeix dos encaixos i vuit forats (quatre a cada costat) de 7 mm de diàmetre per poder collar-se al component del carro núm. 2 que porta les rodes.

7.2.3.2 Element del carro núm. 2

Aquest element és una planxa de 176x350 i 16 mm de gruix mecanitzada on es munten les rodes que guien el carro en el seu desplaçament vertical al llarg de l'estructura.

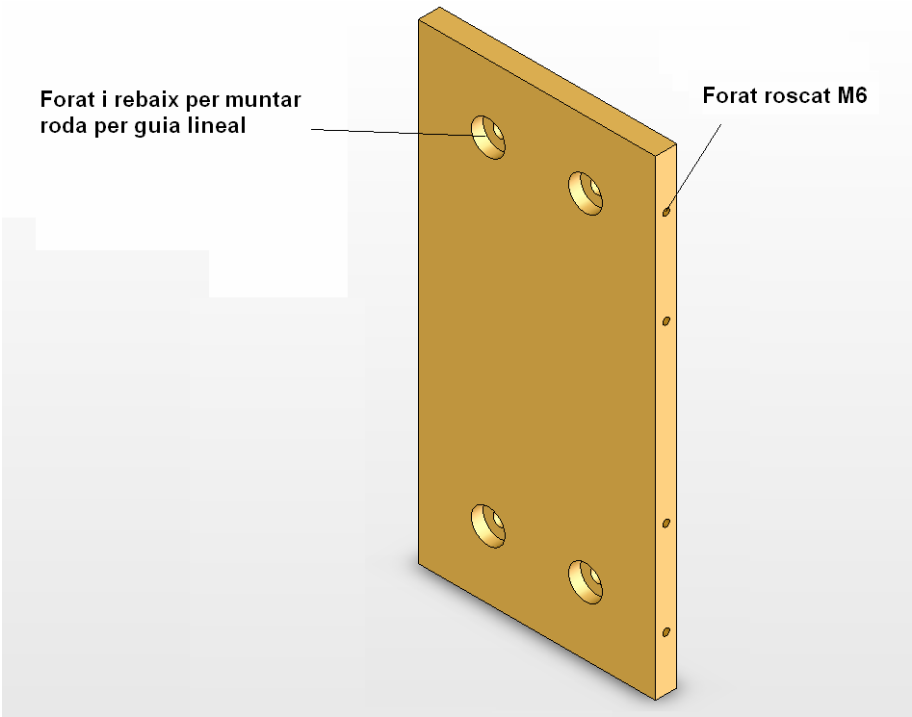

Figura 7.14 Element de carro núm. 2 en perspectiva isomètrica

Aquest element consta de 4 forats roscats M6 en ambdós cantons per collar-la als elements del carro núm. 1 i núm. 3 amb cargols Allen M6.

Ha estat realitzada per muntar-hi quatre rodes HEPCO® SS LJ 34 C/E **[3]** basant-se en el model de placa de carro per muntar rodes que la marca HEPCO® comercialitza com a SS CP M44 225 B. Les rodes estan separades 250 mm i en la placa s'efectua un rebaix per tal que les femelles posteriors de les rodes quedin ocultes.

Tal i com s'aprecia a la figura 7.15, en la cara que toca a les guies es mecanitza quatre forats M4 per muntar-hi dos lubricadors HEPCO® SS LB 44F. Aquests elements, descrits més endavant, permeten augmentar les càrregues i moments màxims que aguanten les rodes.

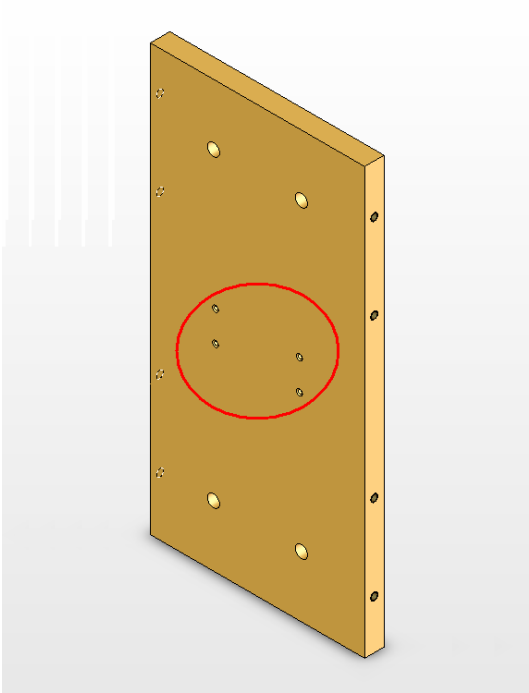

Figura 7.15 Element del carro núm. 2 en perspectiva isomètrica. És la vista oposada a la figura 7.14. Es mostren encerclats en vermell els forats roscats per muntar els lubricadors HEPCO® descrits

7.2.3.3 Element del carro núm.3

Igual que l'element del carro núm. 1, aquest element és una planxa de 640x350 i 16 mm de gruix mecanitzada. Igual que en aquest element té dos encaixos, un superior i un inferior, amb tres forats roscats de M5 cadascun per poder collar-hi la planxa de 200x192 i 16 mm de gruix que actuarà com a topall superior i inferior per poder regular els punts màxim i mínim de la carrera del carro elevador. Igualment com en l'element núm. 1 s'efectuen vuit forats (quatre a cada costat) de 7 mm de diàmetre per poder collar-se al component del carro núm. 2 descrit en el punt anterior.

Té mecanitzats dos forats de ∅26 mm H7 (en l'element núm. 1 aquests forats són de ∅28 mm) per poder introduir dos eixos que transmetran el moviment els cilindres pneumàtics al carro.

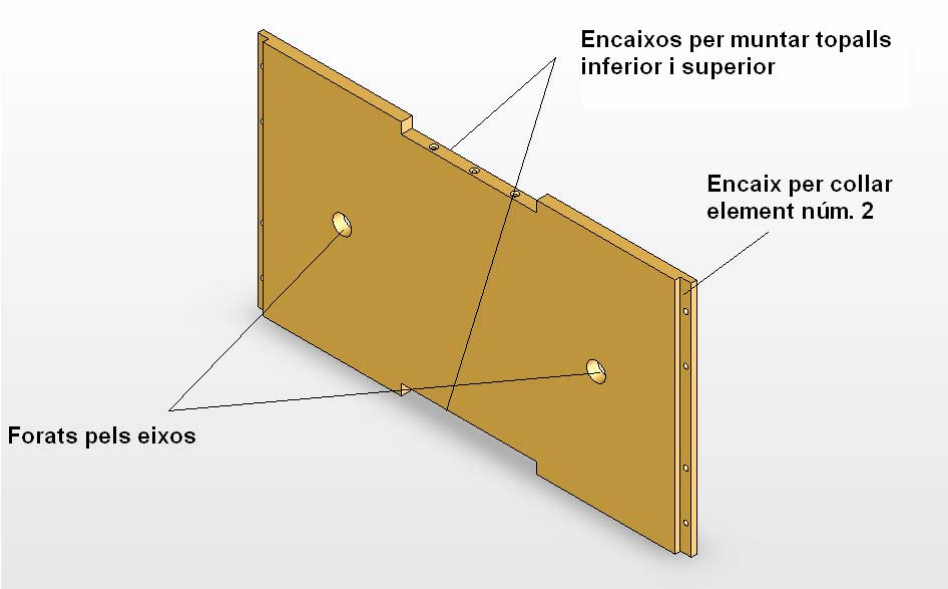

Figura 7.16 Element del carro núm. 3 en perspectiva isomètrica

En la cara posterior a la mostrada a la figura 7.16 té soldats dos discos de ∅ 60 mm i 5 mm de gruix amb un forat al centre de ∅ 14 mm per tal de fixar roscats els eixos del carro.

7.2.3.4 Element carro núm. 4

En el carro es munta aquest element en la part superior i en la part inferior per fer de topall i actuar com a fi de carrera superior i inferior del carro. Un amortidor superior i un inferior muntats en l'estructura xoquen contra aquest element aturant el carro marcant el punt superior i inferior. Aquests dos punts són regulables gràcies als amortidors descrits.

Les seves dimensions són 200x192 i 16 mm de gruix.

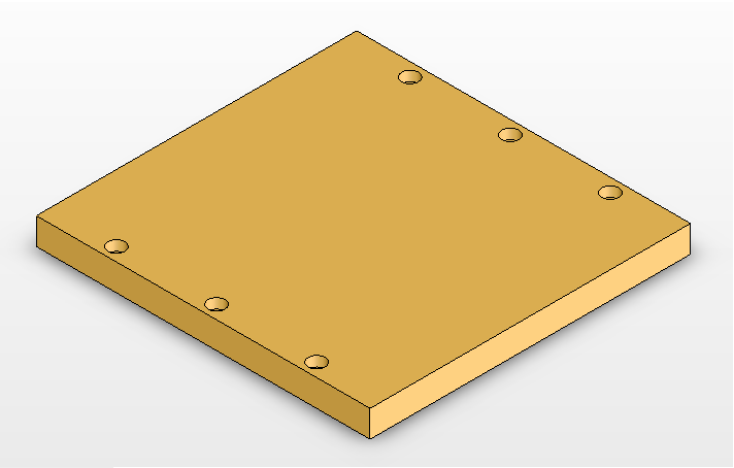

Figura 7.17 Element carro núm. 4 en perspectiva isomètrica

Aquest element té mecanitzats sis forats per cargols Allen M5, tres per collar a l'element del carro núm. 1 i tres per collar a l'element del carro núm. 3.

7.2.3.5 Rodes HEPCO® SS LJ 34 C/E DR

A l'igual que l'elevador d'un sol eix dissenyat en el capítol 6, el carro porta muntades quatre rodes de la marca HEPCO® **[3]** del tipus SS LJ 34 C i quatre del tipus SS LJ 34 E. Com ja s'ha dit, la darrera lletra, la C o la E, indica si són excèntriques o concèntriques. Es munten a un costat de cada guia dues excèntriques i a l'altre costat dues concèntriques per tal d'ajustar la folgança. Aquestes rodes són d'acer inoxidable (SS indica Stainless Steel) i porten un rodament de boles doble (el sufix DR indica Double Row Bearings que significa aquest fet).

Aquestes rodes són per muntar en guies de la pròpia marca HEPCO®, del tipus SS NM 44. Aquest model de guia és en forma de "V" i està fabricada també en acer inoxidable. Com més endavant es mostra, l'estructura de l'elevador porta muntada dues guies d'aquest tipus per conduir el carro verticalment.

Els avantatges d'aquest tipus de guiatge ja han estat explicats al punt 6.2.3.4. Igualment es pot veure algunes imatges d'aquest model de rodes i guies en l'esmentat punt, (concretament la figura 6.20 mostra una roda HEPCO® SS LJ 34 C i la figura 6.21 una guia HEPCO® SS NM 44).

Es tria aquest sistema de guiatge respecte d'altres alternatives ja que el sistema d'HEPCO® permet tolerar millor els errors d'alineament ja que es munten en un costat de la guia rodes excèntriques i, a més, al ser en V té una capacitat de suportar moments en els tres eixos que d'altres sistemes que guiatge no posseeixen.

En els elevadors construïts pels equips que competeixen en les carreres de resistència es veuen molts tipus de solucions, algunes molt "matusseres" o poc professionals com les mostrades al punt 6.2.3.4.

En l'annex B.2.2 s'efectua el càlcul del sistema de guiatge Hepco® utilitzat i es comprova que el moment originat per elevar la motocicleta se suporta amb un coeficient de seguretat de 1,38.

7.2.3.6 Lubricador HEPCO® SS LB 44F

Igual que en el disseny efectuat de l'elevador d'un sol eix, es munten a cada guia dos lubricadors HEPCO® SS LB 44 F. Aquests lubricadors es fixen a l'element del carro núm. 2, entre les dues rodes de cada costat de la guia, mitjançant dos cargols M4 cadascun. Són uns elements de plàstic adaptats a la guia triada per muntar que proporcionen, com el seu nom indica, una lubricació a la superfície de treball de la guia mitjançant uns netejadors de feltre impregnats d'oli, amb una petita molla per adaptar-se a la superfície. Gràcies a aquesta lubricació s'augmenta la capacitat de càrrega de la guia i l'esperança de vida de la mateixa ja que es redueix la fricció entre les rodes y la guia. Aquest lubricadors tenen una duració aproximada de 700 km de desplaçament lineal.

Es pot veure una imatge d'aquest lubricadors en la figura 6.24.

7.2.3.7 Materials emprats. Tècniques de fabricació

Per a la construcció del carro s'utilitza un aliatge d'alumini del grup Al-Mg-Si, el 6082 segons el Registre Internacional d'Aliatges (UNE L-3453) en estat H18 **[4]**. S'utilitza l'alumini envers de l'acer a fi de reduir la massa de l'elevador i aconseguir una major maniobrabilitat. Aquest aliatge s'utilitza per a peces mecanitzades i forjades amb una resistència mecànica moderada (inferior però als duraluminis). Es troba disponible en planxes d'espessor 16 mm, el mateix de les peces del carro **[5]**.

Les tècniques de fabricació emprades són el tall per làser i la mecanització tradicional.

No es preveuen tractaments superficials per protegir les peces ja que aquest aliatge té unes bones propietats de resistència a la corrosió.

7.2.4 Estructura

Aquest component de l'elevador està format per una estructura tubular sobre la qual es munta els següents elements:

- Guies lineals
- Manillar
- Amortidors superiors e inferiors
- Dues rodes fixes i una giratòria

En la figura 7.18 es mostra l'estructura de l'elevador en perspectiva isomètrica amb els elements que la conformen.

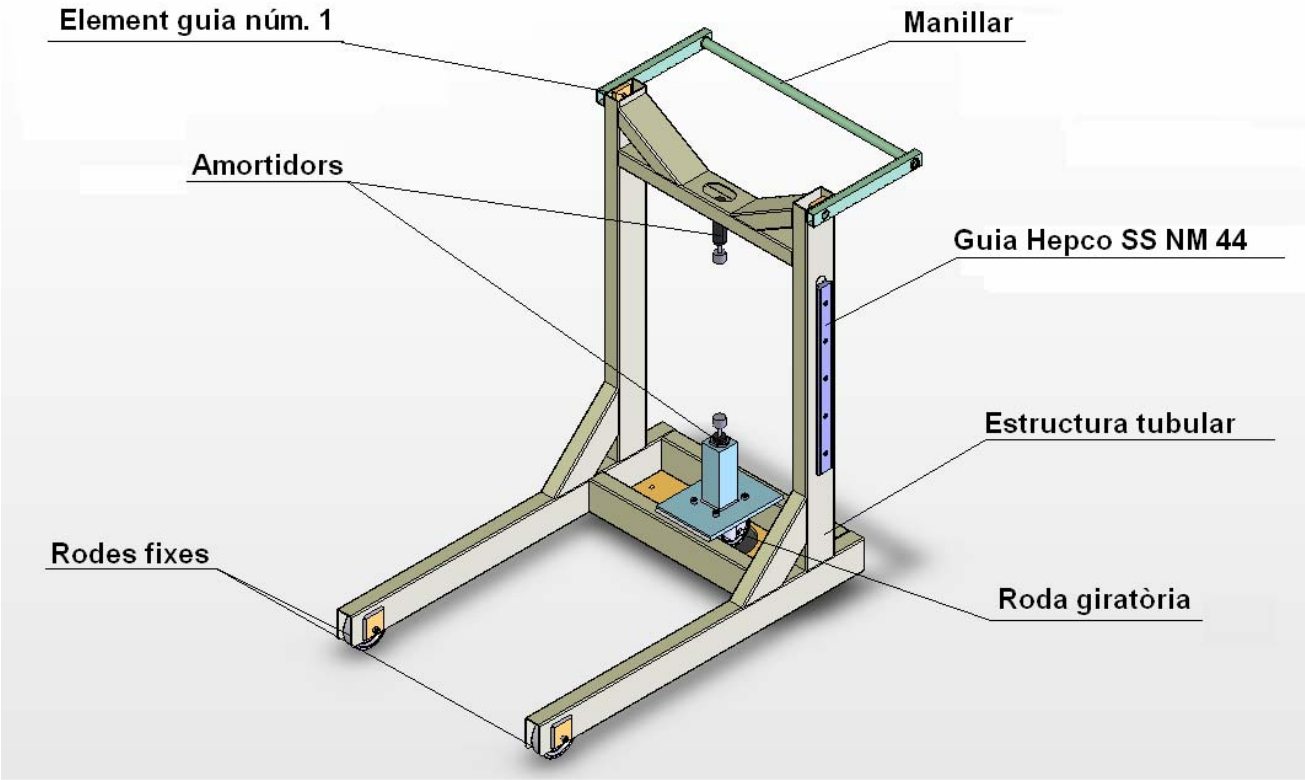

Figura 7.18 Estructura de l'elevador en perspectiva isomètrica amb els components que la composen

A continuació es passa a descriure cada element mostrat en la figura 7.18

7.2.4.1 Estructura tubular

En el disseny de l'estructura es busca l'estabilitat del mateix així com una maniobrabilitat elevada. L'estructura de l'elevador està basada en diversos trams tubulars rectangulars de 80x40 i 3 mm d'espessor soldats. Sumant les mides de tots els trams es requereix un total de 5876 mm de tub. Seguidament es mostra una figura (7.19) amb els diferents trams que composen l'estructura tubular per tal d'efectuar la descripció dels mateixos.

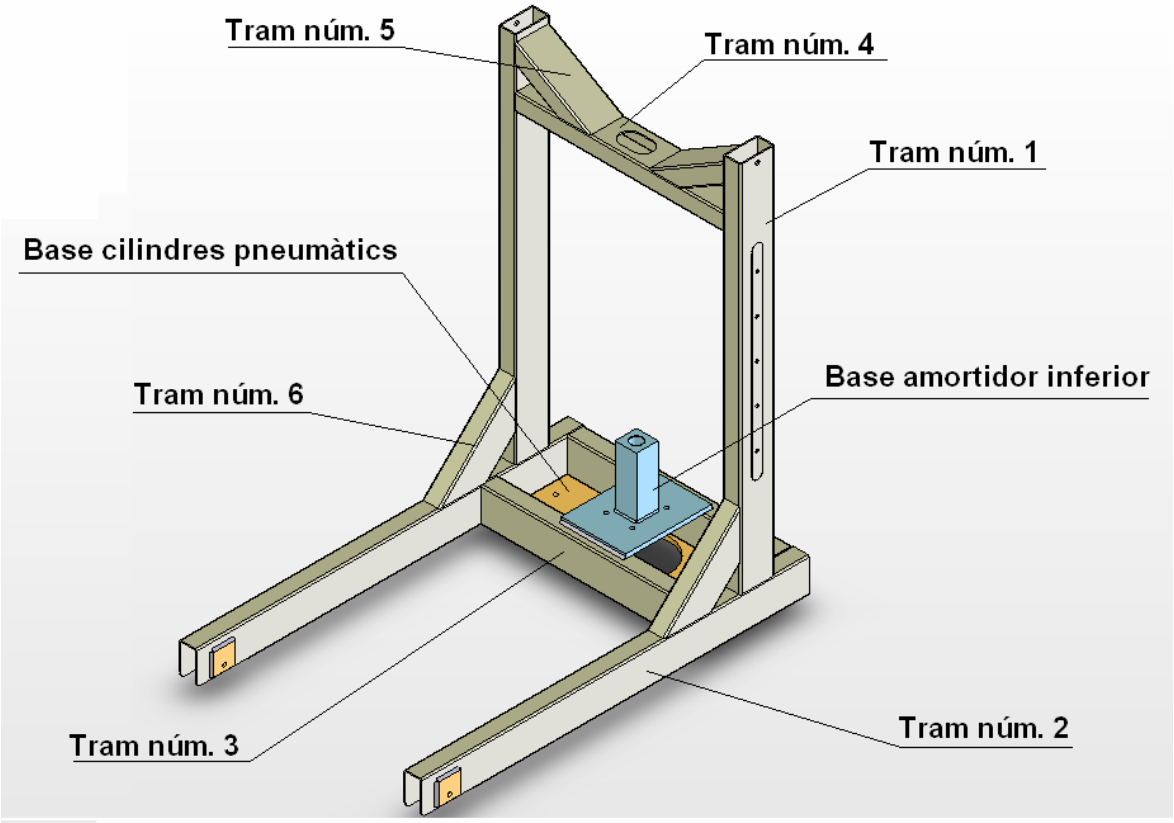

Figura 7.19 Estructura tubular en perspectiva isomètrica amb els trams i elements que la conformen

Tram núm. 1

Aquest tram té una longitud de 865 mm. Es mecanitza un rebaix d'un mil·límetre així com 5 forats de 7 mm de diàmetre per collar la guia lineal HEPCO® SS NM 44. També es mecanitza un forat de 10 mm de diàmetre per collar el manillar.

Tram núm. 2

Aquest tram té una longitud de 900 mm. Es mecanitza en l'extrem una obertura de 120 mm per tal de poder muntar les rodes fixes (com es mostra a la figura 7.20). Per tal de collar aquestes rodes se solden dues platines 50x50 i 5 mm de gruix per fer de reforç i evitar el col·lapse del tub.

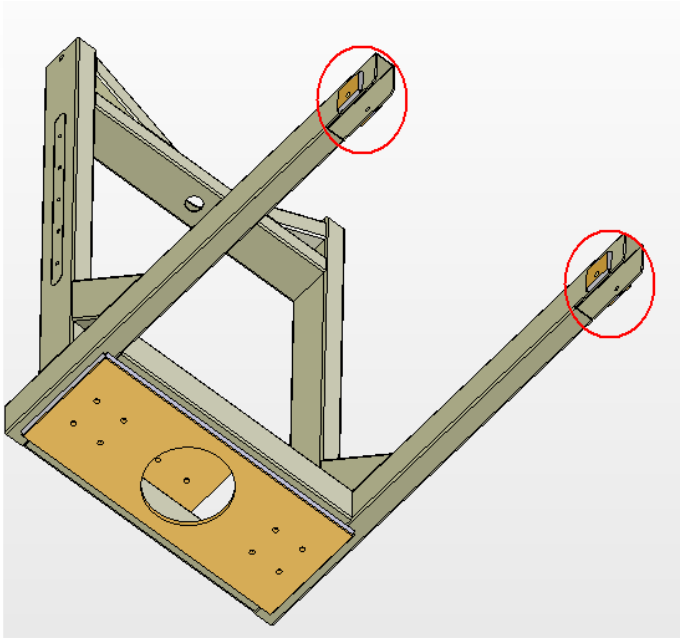

Figura 7.20 Estructura tubular vista per la part inferior amb la mecanització per muntar les rodes fixes encerclada en vermell

Tram núm. 3

Tram de longitud de 482 mm. Se solda en la part inferior la base per collar els cilindres i en la part superior la base per l'amortidor inferior de l'elevador que actuarà com a final de carrera inferior. Aquesta base per l'amortidor s'utilitza també per collar-hi la roda giratòria.

Tram núm. 4

Tram de longitud igual al núm. 3 (482 mm). Està soldat horitzontalment. Té una obertura amb un forat de 29 mm de diàmetre per collar-hi l'amortidor superior que actuarà com a final de carrera superior.

Tram núm. 5

Aquest tram té una longitud de 200 mm i es talla en un extrem a 30º i en l'altre extrem a 60º. D'aquesta manera actua de reforç al tram núm. 4 quan es produeix el xoc del carro amb l'amortidor superior en l'elevació de la motocicleta.

Tram núm. 6

Tram de 250 mm de longitud tallat en els extrems a 45º. Actua de reforç en el tram núm. 1 a mode de cartela.

Base amortidor inferior

Està formada per una planxa de 200x150 i 10 mm de gruix soldada als dos trams núm. 3 "bessons" per la part superior. S'hi solda un quadrat de 50x50 i 140 mm de longitud que porta un forat roscat a M27 al centre per collar l'amortidor inferior. També té mecanitzats quatre forats de 9 mm de diàmetre per collar la roda giratòria.

Base cilindres pneumàtics

Està formada per una planxa de 520x200 i 10 mm de gruix soldada als dos trams núm. 3 "bessons" per la part inferior. Té una obertura de 150 mm de diàmetre en el centre per que la roda giratòria pugui rotar lliurement. Té mecanitzats un total de 8 forats de 9 mm de diàmetre per collar els dos cilindres pneumàtics.

7.2.4.2 Rodes

Les rodes triades per muntar en l'estructura són dues fixes en el tram de l'estructura núm. 2 i una de giratòria per muntar a la base de l'amortidor inferior. L'ús d'una roda giratòria i dues rodes fixes és una bona solució econòmica per sistemes que requereixen una bona maniobrabilitat.

Rodes fixes

Les rodes fixes són de poliamida 6 (nylon) del fabricant GAYNER® (veure figura 7.21). El diàmetre de la roda és de 100 mm i l'amplada de la banda de rodament és de 28 mm **[6]**. La referència del fabricant és la 100 NYL3 (codi 14-09).

Figura 7.21 Roda Gayner® monobloc de poliamida 6

Es tria aquest tipus de roda per les seves propietats, ja descrites al punt 6.2.4.2.

La capacitat de càrrega màxima pel model de roda triat és de 125 kg/roda.

Roda giratòria

La roda giratòria es tria també de poliamida 6 (nylon) del fabricant GAYNER®. El diàmetre de la roda és de 80 mm i l'amplada de la banda de rodament és de 30 mm. La referència del fabricant és MPG4 080 NYL4 (codi 34-090/4). Aquesta roda té les mateixes propietats que les rodes fixes triades al ser del mateix material. La capacitat de càrrega màxima és de 125 kg/roda. El suport que es munta és el model MPG4 (veure figura 6.34). Les propietats d'aquest model de roda i suport ja han estat descrites al punt 6.2.4.2

Segons el fabricant, en el cas d'una roda giratòria i dues fixes, les rodes han de seguir la següent equació:

$$\text{Màxima capacitat per roda} > \frac{\text{Càrrega total}}{2{,}5} \qquad \text{(Eq. 7.2)}$$

En el present cas: Càrrega total = 203 kg

$$\text{Màxima capacitat per roda} = 125\text{kg} > \frac{203}{2{,}5} = 81{,}2 \text{ kg}$$

Es comprova la idoneïtat de les rodes triades.

7.2.4.3 Amortidors

En el muntatge s'utilitzen dos amortidors per regular el fi de carrera del carro, tan de pujada com de baixada. Els amortidors triats són de la marca SMC® model RB **[7]**, concretament el model RBC 2725 (mostrat en la figura 7.22). Porten un topall muntat en l'extrem. Aquest tipus d'amortidor permet una excentricitat d'alineament de 5º. En l'annex B.3 s'efectua el càlcul de la idoneïtat de l'amortidor superior. En el cas de l'amortidor inferior no s'efectua aquest càlcul ja que el comportament de la motocicleta en arribar al terra no s'analitza en el present projecte arran de la seva dificultat (comportament d'esquemes de suspensió i amortidors etc.).

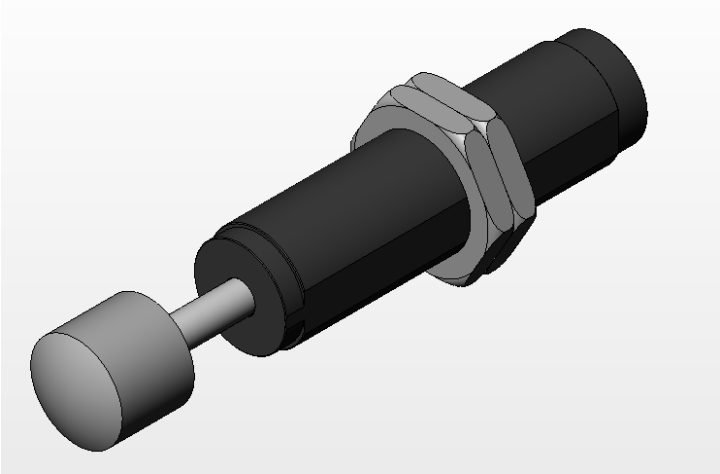

Figura 7.22 Amortidor SMC® RBC 2725

7.2.4.4 Guia lineal HEPCO® SS NM 44

En l'estructura tubular es munten dues guies lineals HEPCO® model SS NM 44 **[3]** de 446 mm de longitud. Aquesta guia es colla al tram núm.1 a través de 5 cargols Allen (ISO 4762) de M6 de classe 8.8. A més, com s'ha comentat, al tram núm. 1 es mecanitza un rebaix d'1 mm per tal de garantir que se suporta el moment originat. Les característiques d'aquest guiatge ja han estat comentades anteriorment (veure apartat 6.2.3.4).

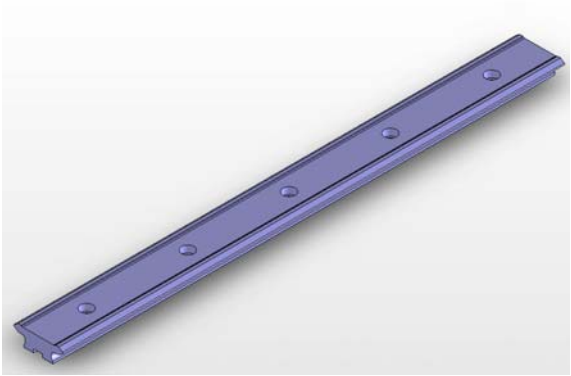

Figura 7.23 Tram de guia HEPCO® SS NM 44 en perspectiva isomètrica

7.2.4.5 Element guia núm. 1

Per tal de collar les guies lineals al tram núm. 1 de l'estructura es dissenya l'element mostrat en la figura 7.24. En la seva fabricació es parteix d'un passamà de 40 mm i 10 mm de gruix amb una longitud de 638 mm. Té mecanitzats 5 forats roscats M6 necessaris per collar la guia, separats entre sí 90 mm i un forat roscat M8 per collar-hi el manillar.

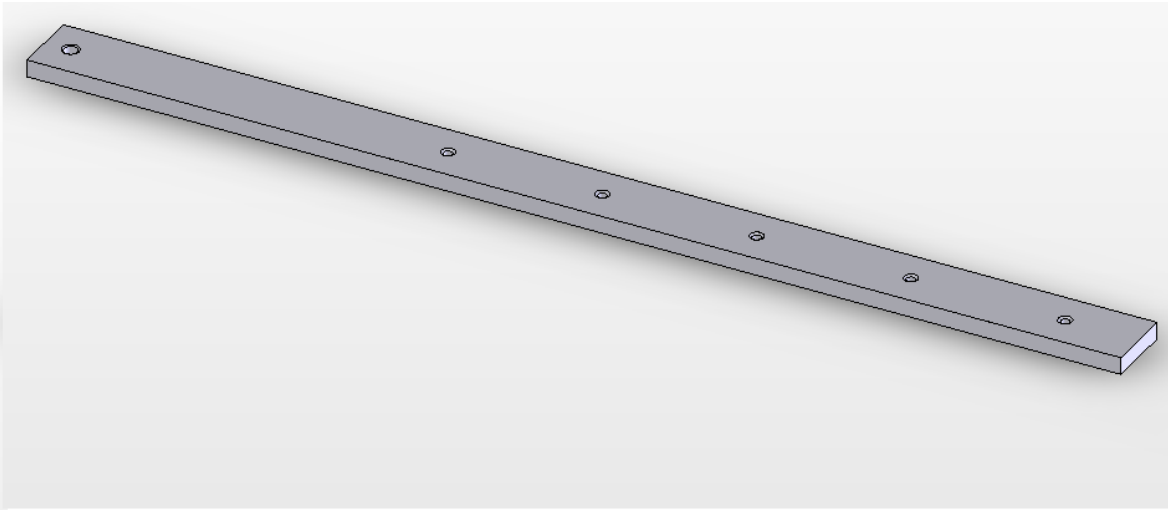

Figura 7.24 Element guia núm. 1

7.2.4.6 Manillar

L'element del manillar està format per tres trams de tub, dos rectangulars de 20X30 i 2 mm de gruix, amb una longitud de 300 mm i un de cilíndric de 20 mm de diàmetre, 2 mm de gruix i 612 mm de longitud. Aquests tubs estan soldats amb un cordó de 3 mm de gorja. En els tubs rectangulars es realitza un forat de 10 mm de diàmetre per collar el manillar a l'estructura amb uns cargols Allen de M8, classe 8.8.

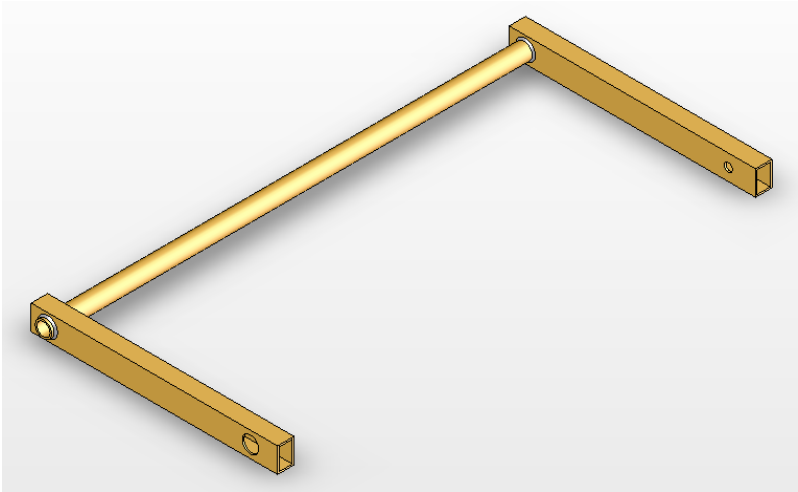

Figura 7.25 Manillar en perspectiva isomètrica

7.2.4.7 Materials emprats. Tècniques de fabricació

L'estructura es fabrica mitjançant la soldadura de diversos trams de tub rectangular de 80x40 i 3 mm d'alumini aliatge 6063 T5 **[8]**.

La base dels cilindres i de la roda giratòria són construïts a partir de planxa de 10 mm de gruix d'alumini 6082, un aliatge d'alumini com ja s'ha comentat del grup Al-Mg-Si, en estat H18, característiques del qual ja s'han comentat anteriorment.

El manillar està construït per tub rectangular de 20X30 i 2 mm de gruix i tub cilíndric de ∅20 mm i 2 mm de gruix d'alumini 6063 T5, característiques del qual ja s'han comentat anteriorment.

S'utilitza l'alumini envers de l'acer a fi de reduir la massa de l'elevador i aconseguir una major maniobrabilitat.

No es preveu tractaments superficials per protegir les peces ja que aquests aliatges tenen unes bones propietats de resistència a la corrosió.

Les tècniques de fabricació emprades són el tall per làser, la mecanització tradicional i la soldadura.

L'element de guia núm. 1 està construït a partir de passamà de 40 mm i 10 mm de gruix d'acer C45. S'utilitza l'acer en contra de l'alumini per incrementar les propietats de collada.

A aquest element d'acer s'hi preveu el pavonat com a tractament superficial.

8 Elements de control i regulació

8.1 Elements de control

En els dos elevadors dissenyats, el control de l'accionament dels cilindres s'efectua mitjançant una vàlvula pneumàtica muntada al manillar. El tipus de vàlvula és a elecció del client ja que els cilindres muntats són de doble efecte. En el cas que el client vulgui que el descens del carro sigui pel propi pes del conjunt motocicleta carro, és a dir, deixant l'altre terminal del cilindre a l'aire lliure, es muntaria una vàlvula de tipus 3/2. Si el client desitja que en el descens del carro hi contribueixin els cilindres pneumàtics es muntaria una vàlvula de tipus 5/3.

En el mercat existeix un ampli catàleg de models i marques de vàlvules pneumàtiques. Se selecciona dues del catàleg de vàlvules manuals de la marca CAMOZZI S.p.A.® **[9]**.

- Descens del carro efectuat pel propi pes:

  CAMOZZI® Model 338-900: Vàlvula manual de palanca del tipus 3/2.

  Característiques: - Pressió de treball de -90 a 1000 kPa.

  - Cabal de treball 700 l/min.

  - Força necessària per efectuar l'accionament: 5 N

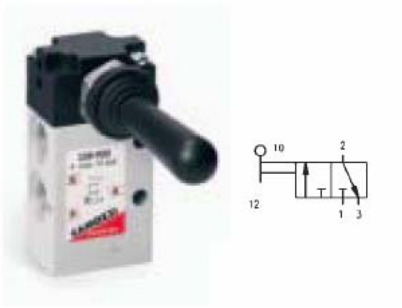

Figura 8.1 Vàlvula CAMOZZI 338-900 i esquema pneumàtic de la mateixa

- Descens del carro efectuat pel propi pes més l'acció del cilindre:

  CAMOZZI® Model 368-905: Vàlvula manual de palanca del tipus 5/3

  Característiques: - Pressió de treball de -90 a 1000 kPa.

  - Cabal de treball 700 l/min.

  - Força necessària per efectuar l'accionament: 20 N.

Figura 8.2 Vàlvula CAMOZZI 368-905 i esquema pneumàtic de la mateixa

8.2 Elements de regulació

Els elevadors porten per regular el final de carrera d'elevació del carro un amortidor de la marca SMC mostrat anteriorment. D'aquesta manera es pot regular l'alçada a la que queda la motocicleta elevada per efectuar amb la major facilitat el canvi de rodes de la mateixa.

A fi d'entrar correctament els eixos elevadors a la motocicleta abans d'elevar-la, els elevadors poden desplaçar la posició relativa inicial dels eixos del carro per poder adaptar-se al model de motocicleta que l'equip utilitzi, ja que els carros tenen mecanitzats uns forats colissos per a tal fi. L'elevador de dos eixos disposa de regulació horitzontal i vertical dels eixos per tal de permetre diferents posicions i distàncies entre ells, a més de disposar d'un amortidor inferior del mateix tipus al superior per graduar l'alçada del carro inicial.

9 Instruccions de muntatge i manteniment. Consideracions mediambientals

En aquest punt es tracten els aspectes bàsics de muntatge i manteniment de l'elevador mentre aquest s'utilitza així com el tractament a la fi de la seva vida útil.

9.1 Instruccions de muntatge

A continuació es comenta les etapes per efectuar el muntatge d'ambdós elevadors.

9.1.1 Elevador d'un sol eix

1 Muntatge del cilindre pneumàtic a la seva base articulada així com muntatge de l'element d'unió eix carro-cilindre.

2 Introducció del cilindre a l'interior del tram núm. 1 de l'estructura i collar-lo a la base de l'estructura.

3 Muntatge de les guies lineals a l'estructura.

4 Muntatge dels diferents components del carro (elements del carro, rodes i lubricadors HEPCO...).

5 Col·locació del carro i introducció de l'eix del carro collant-lo al mateix.

6 Muntatge de l'amortidor al seu suport i collada de la tapa superior a l'estructura.

7 Muntatge de l'eix de l'elevador al carro.

8 Muntatge del control pneumàtic.

9 Muntatge de les rodes fixes i giratòria a l'estructura.

10 Graduació de l'alçada inicial de l'eix de l'elevador així com el final de carrera del mateix.

9.1.2 Elevador de dos eixos

1 Muntatge dels cilindre pneumàtics a la seva base articulada i collada a l'estructura.

2 Muntatge de les guies lineals a l'estructura.

3 Muntatge dels amortidors a l'estructura.

4 Muntatge dels diferents components del carro (elements del carro, rodes i lubricadors HEPCO...).

5 Col·locació del carro i introducció del eixos del carro collant-los al mateix.

6 Muntatge de dels eixos davanter i posterior de l'elevador al carro.

7 Muntatge del manillar.

8 Muntatge del control pneumàtic.

9 Muntatge de les rodes fixes i giratòria a l'estructura.

10 Graduació de l'alçada inicial del carro així com distància horitzontal i vertical entre l'eix davanter i el posterior. Graduació del final de carrera del carro.

9.2 Instruccions generals de manteniment

En quant a manteniment, l'únic punt que necessita una intervenció específica és la lubricació a fi de garantir el bon funcionament de l'elevador.

Els elements que requereixen lubricació són les guies lineals i els eixos de les rodes. Les guies lineals porten muntats uns lubricadors. Segons les instruccions del fabricant cal efectuar una reomplerta d'oli dels lubricadors utilitzats amb oli mineral EP. Es realitzarà una reomplerta anual a fi de garantir la correcta lubricació d'aquest element.

Les rodes Gayner estan greixades inicialment en el moment de l'expedició però el fabricant recomana efectuar una lubricació de l'eix i suport una vegada l'any amb oli lleuger de maquinària.

9.3 Consideracions mediambientals

En aquest apartat s'estudien les possibles càrregues a sobre del medi ambient mentre la màquina està en construcció, en servei i a la fi de la seva vida útil.

9.3.1 Etapa de fabricació

Les matèries primes bàsiques utilitzades en la fabricació de l'elevador són l'acer i l'alumini. Les peces fabricades amb aquests metalls es mecanitzen mitjançant processos d'arrencament de ferritja. El residu que s'obté ha de classificar-se segons el tipus de material i posteriorment ha de ser portat a una deixalleria especialitzada en el reciclatge de materials metàl·lics.

Altres peces s'obtenen mitjançant el tall de planxa o de perfils posteriorment units mitjançant construcció soldada. En la fabricació d'aquestes peces es minimitza l'obtenció de retalls per tal d'aprofitar la major quantitat de planxa o perfil i en el cas dels que no siguin reaprofitables seran transportats a una deixalleria pel seu posterior reciclatge.

Per últim comentar la necessitat de reciclar els embolcalls dels components de sèrie que s'adquireixen així com els elements de cartronatge mitjançant el dipòsit en deixalleries o contenidors apropiats.

9.3.2 Etapa de servei

Durant el servei de l'elevador, els components que es malmetin se separaran segons el material que continguin, i posteriorment es portaran en una planta de reciclatge especialitzada en aquests tipus de residus.

Durant el servei també s'haurà de tenir en compte el nivell de soroll i vibracions que s'emetrà al generar l'aire comprimit per l'ús de l'elevador. Caldrà emprar compressors de baix soroll i vibracions.

9.3.3 Fi de vida de l'elevador

Un cop l'elevador hagi arribat a la fi de la seva vida, s'hauran de desmuntar els components, mirar de reutilitzar-los i si no es poden reutilitzar degut a l'estat en que es troben s'haurà de fer una classificació exhaustiva per tal de portar-los a les plantes de reciclatge (l'alumini i l'acer es poden reutilitzar fonent-los un altre cop en combinació amb material verge). A continuació es recomanen una sèrie de passos a seguir en el desballestament:

- L'estructura pot ser desballestada amb un cost relativament baix ja que es pot tallar, un cop desmuntat l'elevador, amb una màquina de tall radial amb disc per tallar acer. L'alumini dels perfils i planxes s'haurà de dipositar en el contenidor de reciclatge d'alumini. Igualment succeeix amb les planxes que composen el carro.

- Els cilindres pneumàtics si estan en bon estat es poden reutilitzar per a altres aplicacions o muntatges així com les vàlvules d'accionament d'aquests. En cas de no reutilitzar-los cal dipositar-los en una deixalleria pel seu reciclatge.

- Les guies i elements de rodament HEPCO® també poden reutilitzar-se en altres aplicacions si estan en bon estat, sinó s'hauran de dipositar en un contenidor de ferralla pel seu reciclatge.

- En les unions cargolades cal separar els cargols, les volanderes i les femelles. Aquests elements es poden reutilitzar per altres aplicacions si estan en bon estat. Sinó s'hauran de dipositar en el contenidor de ferralla ja comentat.

- Les rodes poden reaprofitar-se en altres aplicacions segons el seu estat. En cas contrari s'hauran de desmuntar i separar els components plàstics dels d'acer i dipositar-los en els contenidors específics.

- Els amortidors s'hauran de comprovar i segons l'estat poden reaprofitar-se en nous muntatges. En cas d'estar en mal estat s'hauran de dipositar en una deixalleria.

10 Pressupost

A continuació s'efectua el pressupost dels dos elevadors dissenyats.

10.1 Elevador d'un sol eix

Per la realització del pressupost se separen els costos en les partides següents:

- Cost dels elements de sèrie
- Cost de fabricació de les peces de disseny
- Cost de muntatge
- Cost d'enginyeria

Les dues primeres partides de costos, per la seva extensió, es poden consultar íntegrament a l'annex C d'estudi econòmic, concretament al capítol C.1.

10.1.1 Cost dels elements de sèrie

El cost dels elements de sèrie és de 1373,32 € per elevador dels quals 14,30 € corresponen als elements de fixació (cargols i femelles).

10.1.2 Cost de fabricació de les peces de disseny

El cost total de les peces de disseny és de 1957,48 €.

10.1.3 Cost de muntatge

Pel muntatge de l'elevador s'estimen que són necessàries 4 hores d'un muntador. Tenint en compte un preu de 30 €/hora aquest cost s'estima en 120 €.

10.1.4 Cost d'enginyeria

Aquesta partida inclou els conceptes d'estudi de mercat, avantprojecte, definició d'especificacions, disseny de detall, documentació, etc.

Per a realitzar el càlcul del cost d'enginyeria es considera el treball d'un director de projecte, d'un enginyer, d'un delineant i de personal de secretaria.

El director de projecte supervisa el treball efectuat per l'enginyer i aporta punts de vista i solucions diferents a les implementades per l'enginyer. El preu hora del seu treball s'estima en 72 €/hora.

L'enginyer és l'encarregat d'efectuar el disseny i els càlculs de l'elevador i s'estima el preu hora del seu treball en 45 €/hora.

El delineant és l'encarregat d'efectuar els plànols del disseny efectuat així com de les peces que es fabriquen expresses per l'elevador. El preu hora del seu treball s'estima en 30 €/hora.

El personal de secretaria és l'encarregat de recopilar informació dels components que es requereixen, sol·licitar preus dels components, coordinar les visites a efectuar, redactar memòries i informes etc... El preu hora del seu treball s'estima en 12 €/hora.

Tenint en compte que el temps requerit per efectuar aquest projecte és de 550 hores, s'ha dividit aquest temps en dos intervals d'igual magnitud, un de 275 hores per efectuar el disseny de l'elevador d'un sol eix i un de 275 hores per efectuar el disseny de l'elevador de dos eixos. A partir de la càrrega de temps que cada persona involucrada en aquest projecte dedica al mateix s'obté la següent taula de costos.

Persona	**Nombre d'hores**	**Preu/hora (€/hora)**	**Cost (€)**
Director del projecte	25	72	1800
Enginyer	150	45	6750
Delineant	75	30	2250
Personal de secretaria	25	12	300
		Total	**11100**

Taula 10.1 Resum de costos de les persones que participen en el disseny de l'elevador d'un sol eix

Cal tenir en compte que aquesta partida suposa un cost fix i per tant repercuteix en tots els elevadors fabricats. Així doncs, tenint en compte que el nombre d'unitats previst de fabricació

és de 4 elevadors per any i que es vol amortitzar aquest cost en 5 anys, el cost d'enginyeria que repercuteix aproximadament sobre cada elevador és:

$$\text{Cost d'enginyeria aplicable} = \frac{\text{cost total}}{\text{nombre d'elevadors}} = \frac{11100}{5 \cdot 4} = 555\ €/\text{elevador}$$

10.1.5 Preu de venda de l'elevador

Per determinar el preu de venda de l'elevador cal afegir a la suma dels costos esmentats el 20 % de benefici industrial sobre el preu total.

Concepte	Cost (€)
Cost elements de sèrie	1374
Cost elements de disseny	1957,5
Cost muntatge	120
Cost enginyeria	555
Cost total	**4006,50**
Benefici industrial	801,30
Preu de venda	**4807,80**

Taula 10.2 Preu de venda de l'elevador d'un sol eix

Tal com es mostra en la taula anterior el preu de venda d'una unitat de l'elevador d'un sol eix és de 4807,80 €.

10.2 Elevador de dos eixos

Per la realització del pressupost se separen els costos en les partides següents:

- Cost dels elements de sèrie
- Cost de fabricació de les peces de disseny
- Cost de muntatge
- Cost d'enginyeria

Igual que en l'elevador d'un sol eix, degut a l'extensió de les dues primeres partides de costos, aquestes es poden consultar íntegrament a l'annex C d'estudi econòmic, concretament al capítol C.2.

10.2.1 Cost dels elements de sèrie

El cost dels elements de sèrie és de 1690,76 € per elevador dels quals 19,94 € corresponen als elements de fixació (cargols i femelles).

10.2.2 Cost de fabricació de les peces de disseny

El cost total de les peces de disseny és de 2106,84 €.

10.2.3 Cost de muntatge

Pel muntatge de l'elevador s'estimen que són necessàries 4 hores d'un muntador. Tenint en compte un preu de 30 €/hora aquest cost s'estima en 120 €.

10.2.4 Cost d'enginyeria

Aquesta partida inclou els conceptes d'estudi de mercat, avantprojecte, definició d'especificacions, disseny de detall, documentació, etc.

Igual que en el cas de l'elevador d'un sol eix, per a realitzar el càlcul del cost d'enginyeria es considera el treball d'un director de projecte, d'un enginyer, d'un delineant i de personal de secretaria. Les funcions de cadascun ja han estat descrites en el punt 10.1.4 i també s'hi han estimat els preus hora del seu treball. Com ja s'ha comentat en l'esmentat punt, tenint en compte que el temps requerit per efectuar aquest projecte és de 550 hores, s'ha dividit aquest temps en dos intervals d'igual magnitud, un de 275 hores per efectuar el disseny de l'elevador d'un sol eix i un de 275 hores per efectuar el disseny de l'elevador de dos eixos.

A partir de la càrrega de temps que cada persona involucrada en aquest projecte dedica al mateix s'obté la següent taula de costos.

Persona	**Nombre d'hores**	**Preu/hora (€/hora)**	**Cost (€)**
Director del projecte	25	72	1800
Enginyer	150	45	6750
Delineant	75	30	2250
Personal de secretaria	25	12	300
		Total	**11100**

Taula 10.3 Resum de costos de les persones que participen en el disseny de l'elevador de dos eixos

Aquesta partida suposa un cost fix i per tant repercuteix en tots els elevadors fabricats. Tenint en compte que el nombre d'unitats previst de fabricació és de 4 elevadors per any, amortitzant aquest cost en 5 anys, el cost d'enginyeria que repercuteix aproximadament sobre cada elevador és:

$$\text{Cost d'enginyeria aplicable} = \frac{\text{cost total}}{\text{nombre d'elevadors}} = \frac{11100}{5 \cdot 4} = 555\ €/\text{elevador}$$

10.2.5 Preu de venda de l'elevador

Per determinar el preu de venda de l'elevador cal afegir a la suma dels costos esmentats el 20 % de benefici industrial sobre el preu total.

Concepte	Cost (€)
Cost elements de sèrie	1690
Cost elements de disseny	2107
Cost muntatge	120
Cost enginyeria	555
Cost total	**4472**
Benefici industrial	895
Preu de venda	**5367**

Taula 10.4 Preu de venda de l'elevador de dos eixos

Tal com es mostra en la taula anterior el preu de venda d'una unitat de l'elevador de dos eixos és de 5367 €.

Conclusions

La primera conclusió que s'extreu del projecte efectuat és l'acompliment de l'objectiu proposat, consistent en el disseny de dos elevadors per motocicletes de competició, un de parcial (que elevi un sol eix) i un de total (que elevi ambdós eixos).

Respecte a les característiques de regulació s'ha aconseguit que l'usuari pugui regular tant el punt inicial d'elevació com el final, per aconseguir una major rapidesa en les aturades a box al reduir el temps en les operacions.

En el cas de l'elevador de dos eixos s'ha aconseguit també que sigui possible regular la distància entre els dos punts d'elevació, tant horitzontalment com verticalment, per aconseguir l'adaptació a un major nombre de models de motocicletes així com ajustar-se als canvis anuals que les marques efectuen sobre aquests.

En quant a la maniobrabilitat s'ha aconseguit que els elevadors no tinguin una massa excessiva i siguin fàcils i ràpids de moure i col·locar gràcies a emprar una roda giratòria i dues de fixes.

En quant a l'ergonomia s'ha buscat un disseny en el que quedi garantida i es faciliti l'ús de l'elevador per part del mecànic responsable d'aquest.

En quant a la minimització de costos s'han emprat elements produïts en sèrie descartant processos de fabricació no assumibles en fabricació de petites sèrie. Tot i així el cost de venda obtingut d'aquest elevadors pot semblar elevat per alguns equips que participen en les curses de resistència, però tenint en compte la duració d'aquests elevadors i les característiques dels mateixos d'adaptabilitat a diferents models de motocicletes fa que la inversió sigui amortitzable molts anys.

Respecte al manteniment necessari en el servei dels elevadors s'ha aconseguit que aquest sigui pràcticament nul al reduir-se a la lubricació anual de les guies i les rodes d'aquest.

Per últim, en quant a la preservació del mediambient s'ha actuat de tal manera que el respecte del mateix sigui màxim tant en la fabricació, com en el servei i fi de la vida útil dels elevadors.

Agraïments

Cal agrair la col·laboració de les següents persones i equips gràcies als quals no s'hagués pogut realitzar el present projecte:

A en Mateu Martín, Director del projecte pel seu ajut, assessorament i paciència al llarg dels mesos dedicats a la realització d'aquest projecte.

A en Miquel Sararols, per haver confiat en mi i proposar-me el present projecte i haver-me obert la porta dels equips BQR i Glaner Racing Team, així com també per l'ajut proporcionat.

A en Josep Oliva de l'equip BQR pel temps dedicat en les múltiples visites efectuades al taller de l'equip, així com al seu box i la informació aportada.

A l'Àlvar Garriga, mecànic responsable de l'equip Glaner Racing Team, per permetre'm l'accés a les seves instal·lacions així com per l'ajut i indicacions donades per poder efectuar el disseny de l'elevador de dos eixos.

A l'empresa Mecanizados Metálicos S.A. per l'ajut aportat a l'hora de confeccionar el pressupost de l'elevador.

A la meva família pel suport i comprensió al llarg de tots aquests mesos i durant tots els anys de carrera.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

[1] Catàleg ASCO Joucomàtic® *Cilindros de doble efecto ∅32 a 125 mm conforme a las normas VDMA ISO 6431 Serie 450 TIPO PES*. Catàleg extret de la pàgina web de la companyia http://www.fluidocontrol.es, consultada a l'octubre del 2005.

[2] RIBA I ROMEVA, C. *Disseny de màquines IV. Selecció de materials 1*, Edicions UPC. 1998.

[3] Catàleg HEPCO® *SL2 stainless steel based slide system*. Catàleg extret de la pàgina web de la companyia http://www.hepcomotion.com, consultada a l'octubre del 2005.

[4] RIBA I ROMEVA, C. *Disseny de màquines IV. Selecció de materials 2*, Edicions UPC. 1998.

[5] Catàleg ALU-STOCK S.A.® *Catálogo de chapas y planchas de aluminio en aleaciones diversas*. Catàleg extret de la pàgina web de la companyia http://www.alu-stock.es, consultada a l'octubre del 2005.

[6] Catàleg GAYNER S.A.® *Ruedas y rotantes de manutencion*. Catàleg extret de la pàgina web de la companyia http://www.gayner.net, consultada al desembre del 2005.

[7] Catàleg SMC® *Shock Absorber. Series RB*. Catàleg extret de la pàgina web de la companyia http://www.smcworld.com, consultada al desembre del 2005.

[8] Catàleg ALU-STOCK S.A.® *Catálogo de perfiles de aluminio de formas regulares*. Catàleg extret de la pàgina web de la companyia http://www.alu-stock.es, consultada a l'octubre del 2005.

[9] Catàleg CAMOZZI S.p.A ® *Manually operated valves Series 1,3,4 and VMS*. Catàleg extret de la pàgina web de la companyia http://www.camozzi.com, consultada al desembre del 2005.

[10] FENOLLOSA I CORAL, J. *Disseny de Màquines I. Quadern D2. Exercicis*, Barcelona ETSEIB-CPDA. Febrer 2004.

[11] RIBA I ROMEVA, C. *Disseny i Càlcul de Màquines. Construcció soldada*, Barcelona: ETSEIB-CPDA . Octubre 1998.

[12] NIEMANN G. *Tratado Teórico Práctico de Elementos de Máquinas.* vol.1. Munich 1975.

[13] FENOLLOSA CORAL, J. *Unions cargolades*, Temes d'Enginyeria Mecànica 10, Edicions UPC. 2000

Bibliografia complementària

CHEVALIER A., *Dibujo Industrial*. Limusa Noriega editores, 2000.

CODINA X., CASTILLO M., *Dibuix tècnic normalitzat.* Impressions Belles Arts.

SHIGLEY J.E., MISCHKE C.R. *Diseño en ingeniería mecánica*. *Sexta edición* McGraw Hill / Interamericana Editores S.A., México 2002.

PARDO DÍAZ A., SANZ CALABIA L.A. *Metrología y verificación Primera parte*, Barcelona: ETSEIB-CPDA . Setembre 1999.

Pàgines web consultades a la xarxa

http://www.yamaha-motor.es consultada a l'octubre del 2005

http://www.honda.es consultada a l'octubre del 2005

http://www.worldendurance.co.uk consultada al novembre del 2005

http://www.circuitcat.com consultada a l'octubre del 2005

http://www.rfme.com consultada al novembre del 2005

http://www.amidata.es consultada a l'Abril del 2006