

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol:**

**Disseny d'una estació de musculació per a la rehabilitació  
i manteniment de diversos grups musculars**

**Document:** 1. Memòria i Annexos

**Alumne:** David Cortada Almar

**Director/tutor:** Dr. Fernando Julián Pérez

**Departament:** Organització, gestió empresarial i disseny del producte

**Àrea:** Expressió gràfica en l'enginyeria

**Convocatòria:** Juny 2018

## Índex:

1. INTRODUCCIÓ.....	6
1.1 Antecedents .....	6
1.1.1 Peticionari.....	6
1.1.2 Exposició del problema.....	6
1.2 Objecte del projecte .....	6
1.3 Requeriments i abast.....	7
1.3.1 Requeriments .....	7
1.3.2 Abast i límits del projecte .....	8
2. DESCRIPCIÓ GENERAL I FUNCIONAMENT .....	9
2.1 Conjunt Xassís.....	9
2.2 Conjunt pesos .....	10
2.2.1 Subconjunt Selector de Pesos .....	11
2.3 Conjunt Transmissió .....	12
2.3.1 Subconjunt Politja D100 .....	13
2.3.2 Estudi del moviment i dinàmica .....	13
2.3.3 Comprovació dels eixos i rodaments del conjunt politja doble .....	17
2.4 Conjunt Seient .....	19
2.5 Conjunt Premsa V .....	20
2.6 Conjunt Accessoris .....	22
2.6.1 Subjeccions .....	22
2.6.2 Bandes adherents.....	23
2.6.3 Rodets de transport.....	23
2.6.4 Proteccions .....	24
3. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES.....	25
4. RESUM DEL PRESSUPOST .....	26
5. RELACIÓ DE DOCUMENTS .....	26

### Annex A: Estudi de mercat

A.1 INTRODUCCIÓ .....	28
A.2 ANÀLISI PRELIMINAR.....	28
A.2.1 Pesos lliures i màquines de musculació .....	28
A.3 ANÀLISI ERGONÒMIC.....	29
A.3.1 Bancs Multi funció.....	29

---

A.3.2 Estacions de càrrega de discs.....	31
A.3.3 Màquines tipus Smith .....	33
A.3.4 Màquines de politges i tensors .....	35
A.3.5 Multi estacions .....	37
A.4 CONCLUSIONS DE L'ANÀLISI ERGONÒMIC .....	39
A.5 ESPECIFICACIONS I DEFINICIÓ DE PROPOSTES .....	39
A.6 ASPECTES CLAU .....	40
A.6.1 Selector de peses .....	40
A.6.2 Banc multi funció .....	40
A.6.3 Sistema de trasllat manual.....	41
A.6.4 Mòduls o estacions .....	41
A.6.4.1 Extensió de cames .....	41
A.6.4.2 Premsa de pit .....	42
A.6.4.3 Politja alta.....	42
A.6.4.4 Politja baixa .....	43

## Annex B: Càlculs

B.1 ANÀLISI D'ELEMENTS FINITS .....	45
B.1.1 Conjunt Xassís .....	45
B.1.1.1 Resultats .....	47
B.1.2 Suport politja doble.....	49
B.1.2.1 Resultats .....	50
B.1.3 Suport rodet de transport .....	52
B.1.3.1 Resultats .....	53
B.2 Conclusions de l'anàlisi MEF .....	55

## Annex C: Producte final i renderitzat

C.1 ASPECTE DEL PRODUCTE FINAL .....	57
C.1.2 Renderitzats .....	57
C.1.2.1 Perspectiva .....	57
C.1.2.2 Perfil i alçat .....	58
C.1.2.3 Vistes de detall, inferior i posterior .....	59
C.1.2.4 Vistes de detall sense proteccions .....	60
C.1.2.5 Possibles acabats .....	61

---

## Annex D: Manual d'usuari i manteniment

D.1 MANUAL D'USUARI.....	63
D.1.1 Adaptació i ajust ergonòmic .....	63
D.1.2 Precaucions i advertències de seguretat .....	63
D.1.3 Informació destacada i funcionament .....	64
D.1.4 Responsabilitats .....	64
D.2 MANTENIMENT.....	65
D.2.1 Conservació dels cables tensors i politges .....	65
D.2.2 Conservació del xassís .....	65
D.2.3 Conservació del seient .....	65

## Annex E: Recuperació parcial d'energia

E.1 INTRODUCCIÓ.....	67
E.2 CONVERSIÓ D'ENERGIA.....	67
E.2.1 Generadors d'energia.....	67
E.3 ENERGIA PRODUÏDA.....	68
E.3.1 Consideracions .....	68

## Memòria

# 1. INTRODUCCIÓ

## 1.1 Antecedents

### 1.1.1 Peticionari

L'empresa "Spirit Fitness" es dedica a la comercialització i venda d'equipament esportiu professional, les seves oficines es troben ubicades al N.300 Nestlé Road, a la ciutat de Jonesboro, a l'estat d'Arkansas, Estats Units.



*Fig.1 Logotip corporatiu del peticionari*

*Spirit Fitness S.L.* es va formar amb l'objectiu d'abastir amb el material necessari els centres esportius i particulars de la zona. La demanda ha augmentat exponencialment ens els últims anys i l'empresa busca ampliar el mercat fora del país, el seu objectiu és fer arribar els seus productes a més gent i d'edats més diverses.

### 1.1.2 Exposició del problema

L'augment en la demanda d'equipament esportiu orientat al fitness i la musculació ha creat nous buits en un mercat que aparentment semblava saturat, la majoria de màquines i equipament esta orientat a gent jove d'entre 18 i 40 anys.

Per això, *Spirit Fitness S.L.* vol llançar una línia de productes orientats a un públic més madur que busca el manteniment de la massa muscular i la rehabilitació de diversos grups musculars, tot això des d'una posició més còmode i accessible que en una màquina tradicional.

## 1.2 Objecte del projecte

Se'ns encarrega el projecte de disseny d'una màquina de musculació multi funció capaç de treballar de manera independent sobre diversos grups musculars, orientada a un públic madur i destinada a ocupar espais reduïts, es precisa una màquina compacte, accessible i de fàcil ús.

## 1.3 Requeriments i abast

### 1.3.1 Requeriments

A continuació es detallen els requeriments i la condició O/D (Obligatori/Desitjable) sol·licitats pel peticionari.

<u>Tema</u>	<u>O/D</u>	<u>Descripció</u>
<b>Dimensions</b>	O	-La màquina un cop muntada no podrà excedir les següents mesures: 2000x2000x2500 mm
<b>Materials</b>	O	-Estructura principal d'acer, elements secundaris d'alumini, PVC o similar
<b>Pes</b>	D	-El sistema completament muntat no hauria d'excedir els 200kg
<b>Assemblatge</b>	O	-Facilitat per a muntar l'equip amb un equip reduït de 2 persones
	O	-Facilitar un plànol d'especejament amb el llistat complet de peces
<b>Vida útil i manteniment</b>	O	-El sistema ha de ser capaç de funcionar de manera continuada durant 6 mesos
	O	-El manteniment es realitzarà dos cops l'any i el procés a seguir s'haurà de detallar al document memòria
<b>Transport</b>	O	-El sistema s'haurà de poder transportar de manera còmode un cop muntat sense haver d'arrosegat-lo
<b>Cost</b>	O	-Imprescindible que el cost unitari de fabricació no superi els 900€
<b>Accessibilitat</b>	O	-Posició de treball més còmode i accessible
<b>General</b>	O	-Separar la màquina del terra amb topalls de goma antilliscants
	O	-Evitar elements i peces tallants o en punxa, tapar perfils oberts
	D	-Utilitzar perfils arrodonits amb arestes llimades
	D	-Es valorarà una solució elegant i discreta, dissimular elements mecànics tals com cargols, engranatges o ressorts.
	D	-Implementar un sistema per a la recuperació parcial d'energia
	D	-Estanqueïtat absoluta, evitar qualsevol tipus de fuga, oli o greix dels elements lubricats tals com rodaments, guies i politges

Fig.2 Taula de requeriments

### **1.3.2 Abast i límits del projecte**

La feina del projectista es limitarà al disseny complet de la màquina en qüestió amb software CAD, complint en tot moment amb els requeriments prèviament esmentats, a més, s'hauran de presentar els annexos i els plànols necessaris per tal de poder fabricar el producte en la seva totalitat.

Abans de començar a dissenyar, el projectista haurà de fer un estudi previ de mercat per tal d'avaluar la competència a l'indústria i definir amb exactitud quin producte podria tenir un millor impacte.

Es dona com a termini d'entrega del projecte tres mesos a partir de l'entrega de la petició, és a dir, fins al 12 de juny de 2018 per així poder començar amb la producció el mes aviat possible i complir amb les dates d'entrega amb els clients.



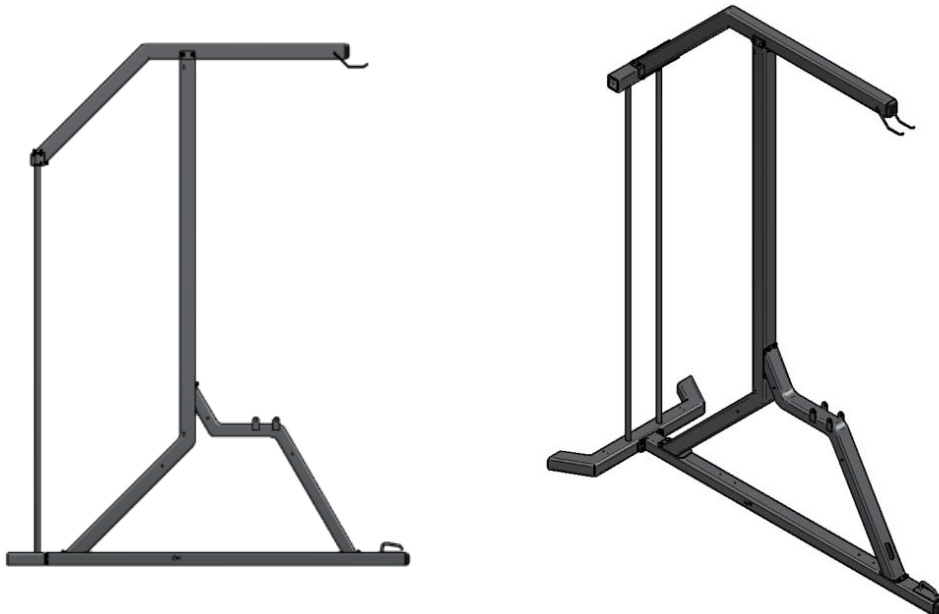
## 2. DESCRIPCIÓ GENERAL I FUNCIONAMENT

Abans de continuar amb la lectura, és important llegir-se l'annex A: Estudi de mercat, un document relativament extens que ajudarà a entendre què s'està dissenyat i per quin motiu.

Aquest capítol avarca la part més àmplia i creativa del projecte, cal donar forma a les idees esmentades de manera ordenada i sense deixar de banda els objectius marcats des del principi. Per a dur terme tot això s'emprarà el software de disseny CAD "Solidedge ST9".

Per tal de mantenir una bona organització des de l'inici, a la fase de disseny es divideix la màquina en conjunts i subconjunts, d'aquesta manera serà més fàcil entendre'n el funcionament i es podrà aïllar ràpidament qualsevol element o conjunt d'elements dins els plànols de fabricació.

### 2.1 Conjunt Xassís

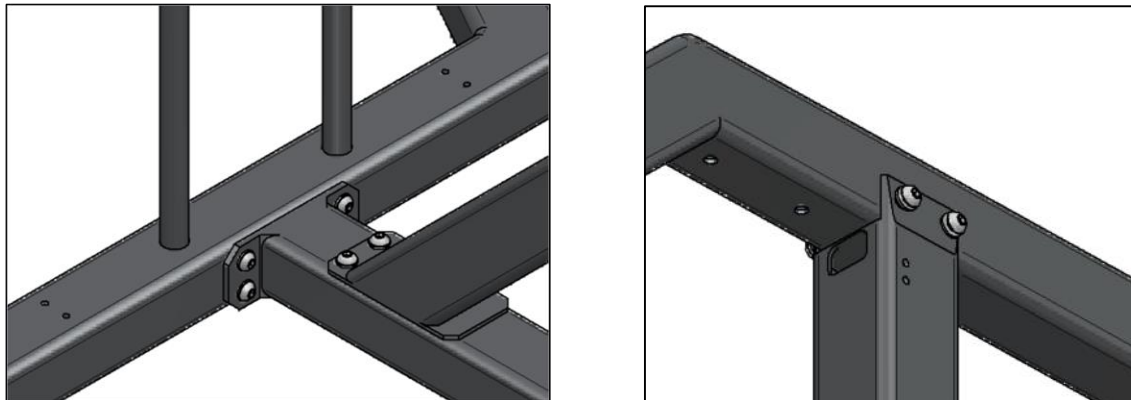


*Fig.3 Vistes del conjunt xassís en perfil i perspectiva*

Forma l'estructura principal de l'estació, sosté i aporta rigidesa a tot el conjunt. S'ha dissenyat per tal de suportar les càrregues i traslladar-les al terra a través de la bancada central, és especialment important que les dues guies de la part posterior no pateixin forces ni deformacions excessives ja que els pesos s'hi hauran de desplaçar amb la mínima fricció possible.

La part del darrere s'utilitzarà per a ubicar el selector de pesos i el sistema de transmissió format per politges de niló mentre que la part del davant permetrà col·locar el seient i els mòduls necessaris per a realitzar els exercicis.

Els tubs que formen el conjunt tenen un gruix variable d'entre 3 i 5 mm, tots ells fabricats amb acer estructural i amb les arestes arrodonides, els tubs descoberts es taparan amb topalls de PVC.



*Fig.4 Detalls de les juntures i unions cargolades*

Les juntures dels tubs es faran amb unions cargolades, procurant que les forces es transmetin sempre de manera homogènia a través de les platines, les guies posteriors s'introduiran dins la bancada base i es soldaran per assegurar-ne la seva verticalitat. La resta de detalls tècnics així com les dimensions es poden consultar al document 2 Plànols.

Més endavant, s'analitzarà el comportament estructural del conjunt mitjançant una simulació d'elements finits per tal de garantir-ne el seu bon funcionament.

## 2.2 Conjunt pesos

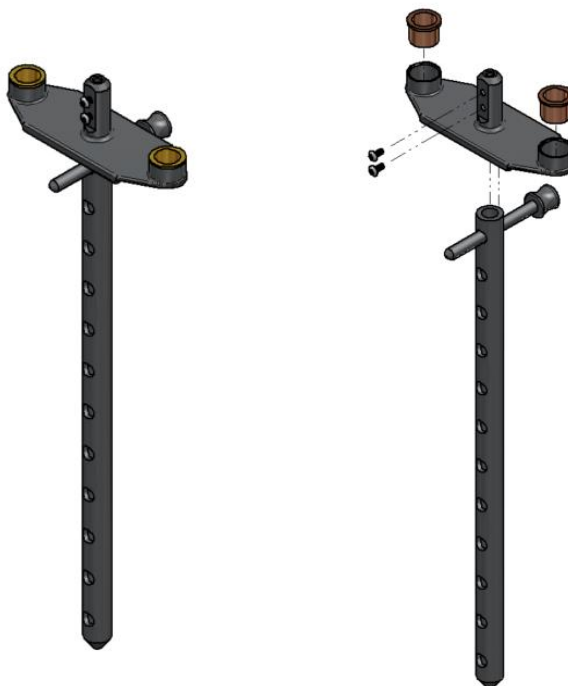


*Fig.5 Conjunt pesos en perfil i perspectiva*

Està format per 12 peses de ferro ( 5 de 5kg i 7 de 10kg) que es desplacen verticalment a través de les guies posteriors del xassís, als extrems del recorregut es situen topalls d'impacte de poliuretà d'alta densitat per protegir la pròpia màquina davant cops involuntaris.

Aquest conjunt incorpora el subconjunt selector de pesos que permet seleccionar ràpidament el pes amb el que es vol treballar de manera còmode.

### 2.2.1 Subconjunt Selector de Pesos

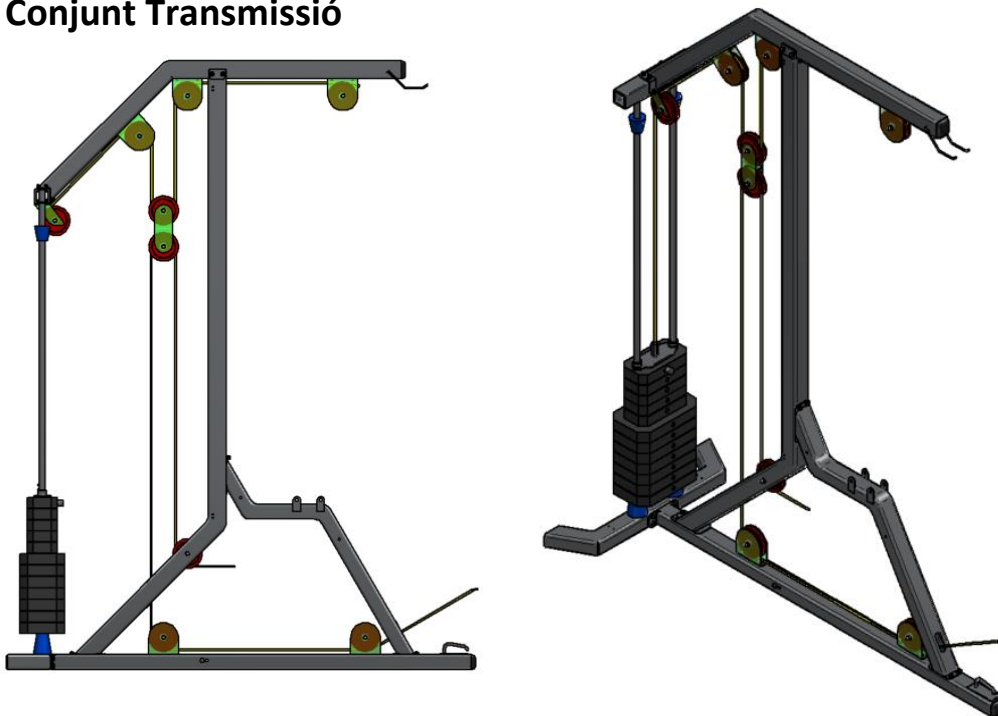


*Fig.6 Selector de pesos*

Inclou una base guiada amb coixinets de fricció autolubrificants per desplaçar-se al llarg de les guies del xassís amb el mínim fregament possible, el cable tensor es colla mitjançant dos cargols mètrics i permet elevar tot el subconjunt i el pes seleccionat. La barra perforada (llança) permet introduir un passador per seleccionar còmodament el pes, aquesta va soldada a la base descrita anteriorment.

El subconjunt té un pes aproximat de 2 kg que sumats al conjunt de pesos eleva la càrrega màxima a vèncer a uns 97kg sense comptar possibles fregaments no desitjats, aquest valor pot incrementar-se canviant els pesos fixes per d'altres de més grans si el client així ho desitja.

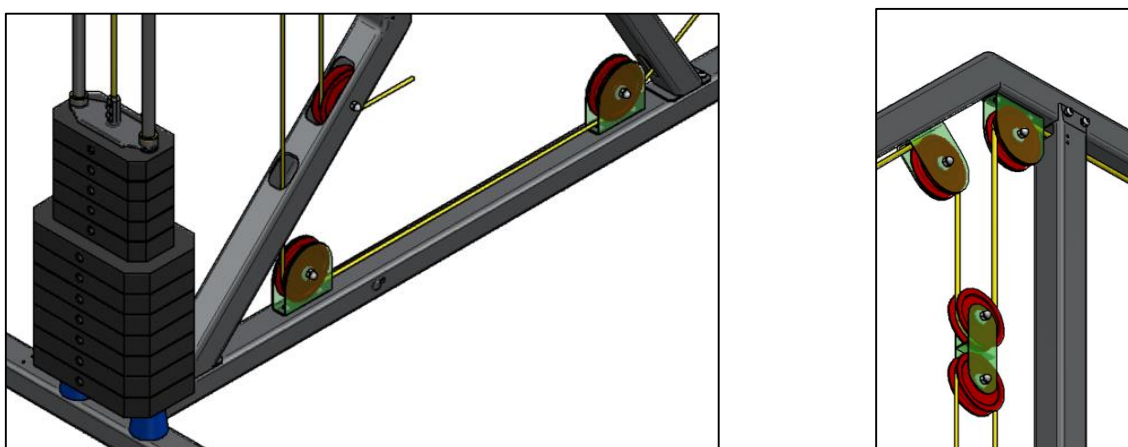
## 2.3 Conjunt Transmissió



*Fig.7 Vistes del xassís amb els conjunts pesos i transmissió en perfil i en perspectiva*

Consta de 7 politges fixes i una politja doble mòbil que serveix de nexa entre els dos cables tensors, totes elles fixades a un suport d'acer, a l'esquema els suports estan pintats amb un color verd semitransparent per facilitar-ne la seva visualització. La transmissió es realitza mitjançant dos cables independents d'acer i recoberts de poliuretà per reduir-ne el fregament i soroll no desitjat.

La seva funció principal és la de transmetre la força dels pesos a tres punts independents, cada un d'ells es troba sempre en tensió. Tant els tensors com totes les politges estan disposades en un mateix pla (x,y) de manera que el cable ha de travessar diversos cops el xassís a través de diverses obertures:



*Fig.8 Detalls de les ranures al xassís*

### 2.3.1 Subconjunt Politja D100

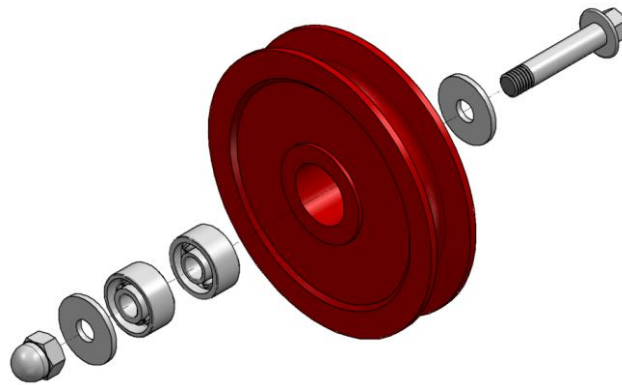


Fig.9 Subconjunt politja en vista explosionada

Les politges utilitzades seran de niló i tindran un diàmetre exterior de 100mm, per assegurar-ne el seu rodament òptim i evitar vibracions cada una d'elles portarà dos coixinets de boles.

### 2.3.2 Estudi del moviment i dinàmica

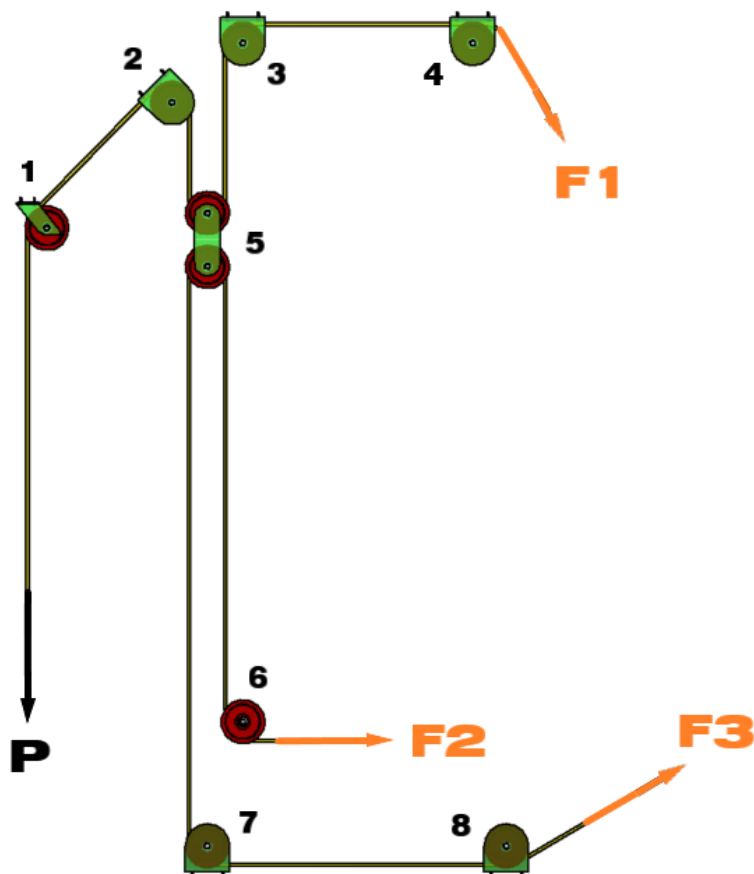


Fig.10 Vista independent del conjunt transmissió

A l'esquema anterior es visualitzen les politges de manera clara i separada de la resta de components, totes elles van fixades al xassís excepte la politja doble número 5, és per tant una politja mòbil.

La funció de les politges fixes per aquesta aplicació concreta és la de transportar el pes  $P$  i direccionar-lo cap al punt que ens interessa en cada cas. Si analitzem qualsevol d'aquestes politges i en fem el seu diagrama del cos lliure sempre arribem a la mateixa conclusió:

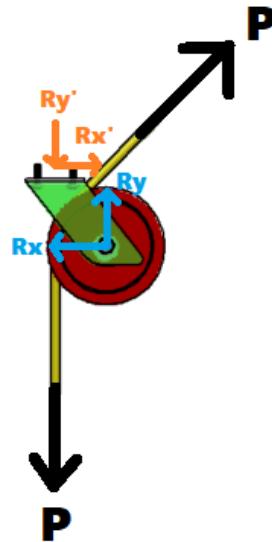


Fig.11 Diagrama del cos lliure del subconjunt politja núm.1

Considerant negligibles les pèrdues per fricció obtenim que les forces  $P$  necessàries per mantenir el sistema en règim estàtic ens generen unes reaccions  $R_x$  i  $R_y$  als suports, així mateix, aquestes reaccions ens en generen unes altres a la bancada del xassís anomenades  $R_x'$  i  $R_y'$  més un moment torçor  $M'$  que podem despreciar.

Aquestes últimes seran les forces que actuaran sobre el conjunt xassís i analitzarem amb deteniment més endavant mitjançant una simulació d'elements finits.

A continuació s'analitza el sistema format per les politges 2,3 i 5 i se'n dibuixa el diagrama del cos lliure (fig.12), comprovem efectivament que les politges 2 i 3 només transporten el pes  $P$  provinent del selector de peses. Ràpidament es pot concloure que la politja fixe número 4 actua de forma idèntica i deduïm de la fig.10 que  $P=F1$ . Pel que fa a la politja doble número 5 i tornant a la fig.10 veiem que les forces inferiors  $P$  estan suportades per les forces "F2" i "F3", per tant podem confirmar que efectivament en règim estàtic sempre es compleix:

$$P = F1 = F2 = F3$$

Cal també prendre consciència que el suport doble número 5 es troba doblement sol·licitat per una força  $P$  i caldrà comprovar-ne el seu comportament resistent.

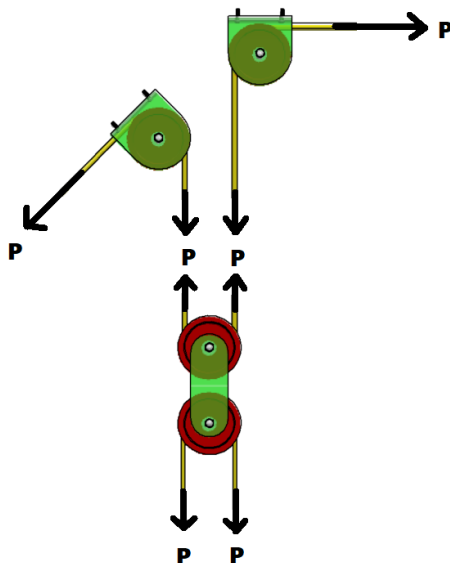


Fig.12 Diagrama del cos lliure del sistema format per politges 2,3 i 5

A continuació estudiarem la dinàmica del moviment per a cada cas possible. Se'ns presenten tres possibilitats:

CAS 1: Estirem el cable tensor a través de F1 essent  $F1 > P$

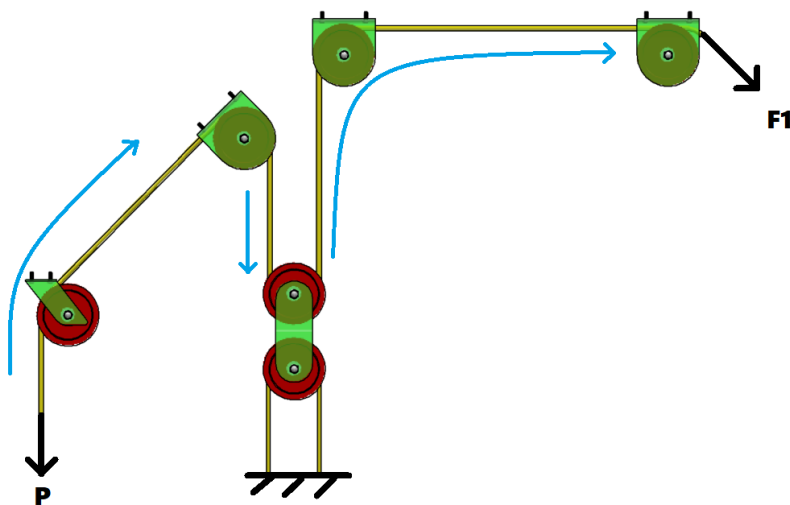


Fig.13 Esquema d'estudi pel cas 1

Independentment del punt on s'apliqui la força (F1,F2,F3) els altres dos punts sempre romanen fixes, per tant, en el cas que ens ocupa "F2" i "F3" estan fixats a la bancada i actuen com a ancoratges.

D'aquesta manera quan s'aplica una força F1 superior a l'exercida pel selector de pesos ( $F1 > P$ ) la politja número 5 no es desplaça mentre el cable superior circula en la direcció indicada pels vectors blaus. El cable inferior roman quiet i en tensió durant tot el procés.

CAS 2: Estirem el cable tensor a través de F2 essent  $F2 > P$

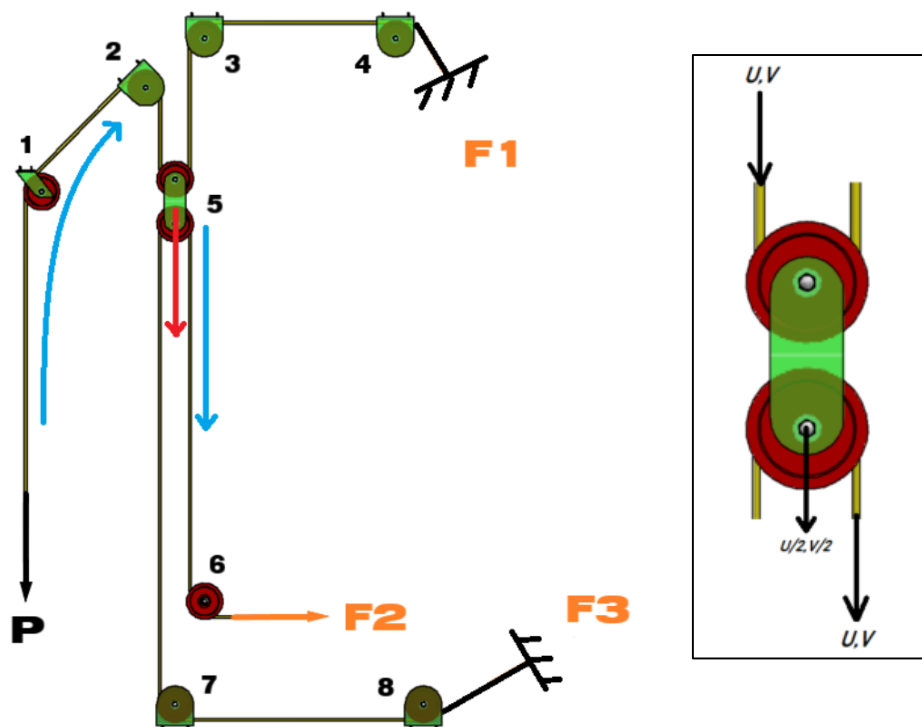


Fig.14 Esquema d'estudi pel cas 2 i detall del moviment del conjunt 5

Tal i com succeeix en el cas anterior, si s'aplica una força a "F2" tant "F1" com "F3" romanen punts fixes ancorats al xassís. En el cas que "F2" sigui superior a "P" els pesos comencen a aixecar-se i el conjunt politja doble (5) es desplaça verticalment en el sentit que indica el vector vermell, mentre que el cable superior i l'inferior circulen en el sentit descrit pels vectors blaus.

Cal tenir present que en aquest cas si "F2" es desplaça una distància "U" a una velocitat "V" el conjunt format per la politja doble i el suport ho farà exactament a una distància i velocitat "U/2" i "V/2" respectivament, és a dir, per cada metre de cable estirat al punt "F2" el conjunt 5 en recorrerà la meitat i a la meitat de velocitat.

CAS 3: Estirem el cable tensor a través de la F3 essent  $F3 > P$

En aquest últim cas els punts F1 i F2 queden fixats al xassís, el sistema es comporta de manera molt similar a l'anterior amb la diferència que el cable inferior circula en sentit invers, el moviment del conjunt 5 segueix sent vertical i en sentit gravitatori.



### 2.3.3 Comprovació dels eixos i rodaments del conjunt politja doble

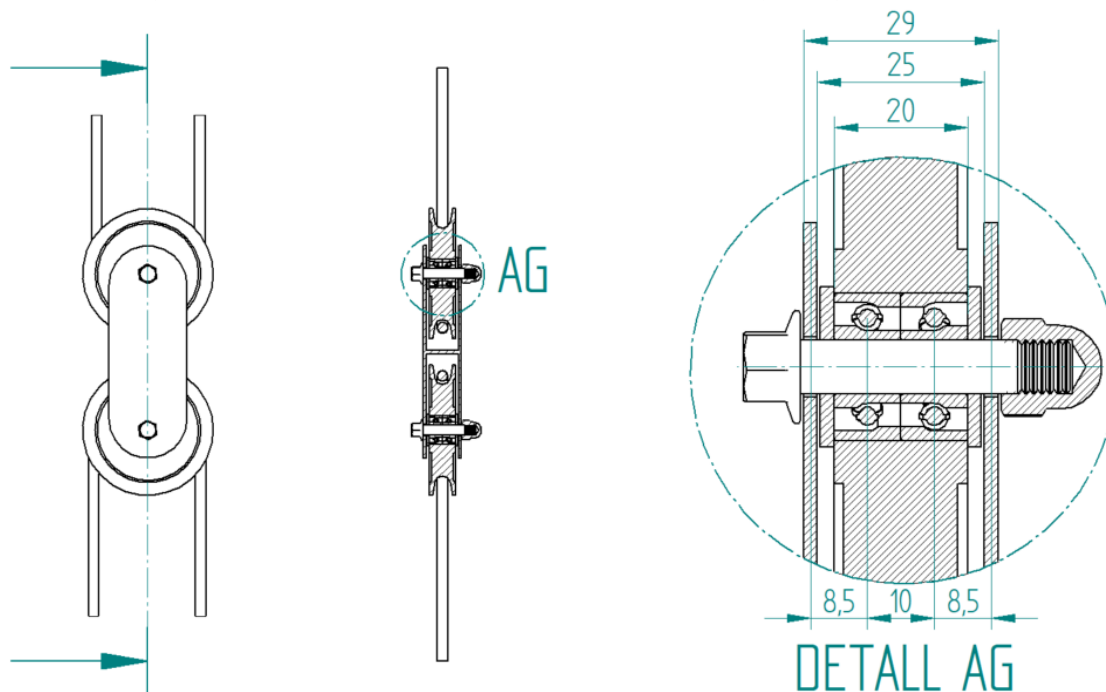


Fig.15 Vista al detall de la disposició d'eixos i rodaments a la politja doble

Es suposa un cas molt desfavorable en què s'estigui aixecant un pes d'aproximadament 200kg, fent referència a la fig.12, el conjunt politja doble número 5 es troba doblement sol·licitat per aquesta càrrega. A continuació es mostra un esquema gràfic de les forces que actuen sobre els eixos i el seu punt d'aplicació, així com els corresponents diagrames d'esforços tallants i moments flectors.

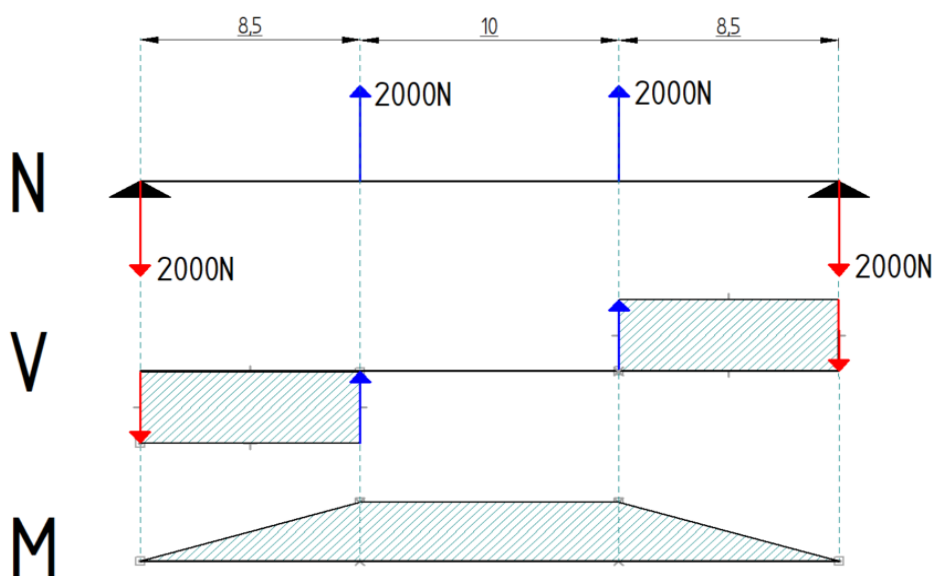


Fig.16 Forces aplicades sobre l'eix i diagrames d'esforços tallants i moments flectors

Ràpidament es conclou que el moment flector màxim es troba situat a la secció central de l'eix, coincidint amb l'aplicació de la força per part dels rodaments. Es calcula la tensió màxima tenint en compte la inèrcia de la secció estudiada.

$$\sigma(M) = \frac{M \cdot y}{\frac{\pi \cdot d^4}{64}} = 338 \text{ MPa}$$

On:

- $M = 2000N \cdot 8,5mm = 17000N/mm$  és el moment flector màxim

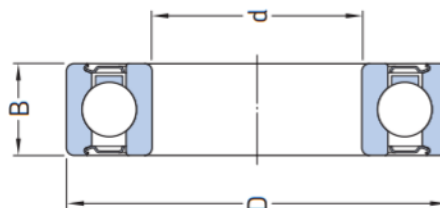
- $y = 4mm$  correspon al punt més allunyat respecte el centre de la secció

- $d = 8mm$  és el diàmetre de l'eix

Donada la tensió màxima de 338MPa caldrà utilitzar un passador amb un límit elàstic superior, en aquest cas s'opta per utilitzar un acer de grau 6.8 que garanteix un límit elàstic <480MPa.

Pel que fa als rodaments en aquest cas particular, cal que en conjunt suportin una càrrega de fins a 4000N, per tant es col·locaran 3 rodaments en paral·lel per tal que cadascun d'ells suporti un màxim de 1,33kN. La resta de politges comptaran amb una configuració normal de 2 rodaments per conjunt.

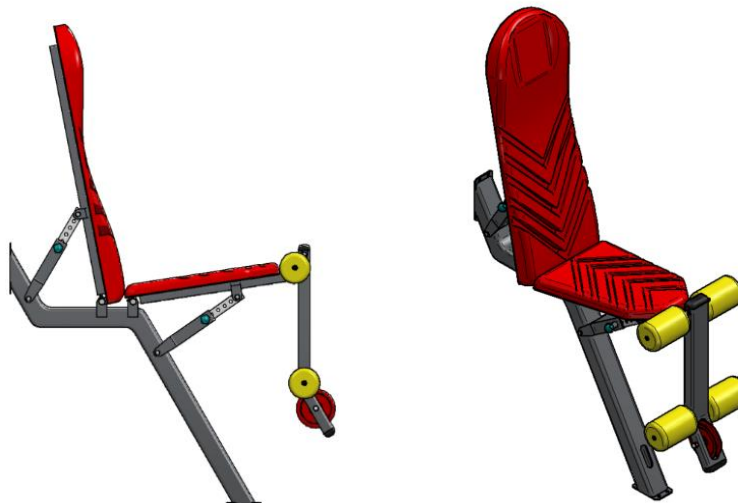
Cal remarcar que aquest supòsit calculat és molt desfavorable tenint en compte que de sèrie el selector de peses només compte amb un pes de 97kg en la seva configuració màxima.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga $P_u$	Velocidades nominales		Masa
d	D	B	dinámica C	estática $C_0$		Velocidad de referencia	Velocidad límite	
mm			kN		kN	r. p. m.		kg
5	16	5	1,14	0,38	0,016	104 000	55 000	0,005
	19	6	2,21	0,95	0,040	90 000	47 000	0,009
6	19	6	2,21	0,95	0,040	90 000	47 000	0,008
	19	6	2,21	0,95	0,040	–	28 000	0,008
7	19	6	2,21	0,95	0,040	90 000	47 000	0,008
	19	6	2,21	0,95	0,040	–	28 000	0,008
	22	7	3,32	1,37	0,060	80 000	42 000	0,013
	22	7	3,32	1,37	0,060	–	25 000	0,012
8	22	7	3,32	1,37	0,060	80 000	42 000	0,012

Fig.17 Taula amb els rodaments de boles escollits

## 2.4 Conjunt Seient

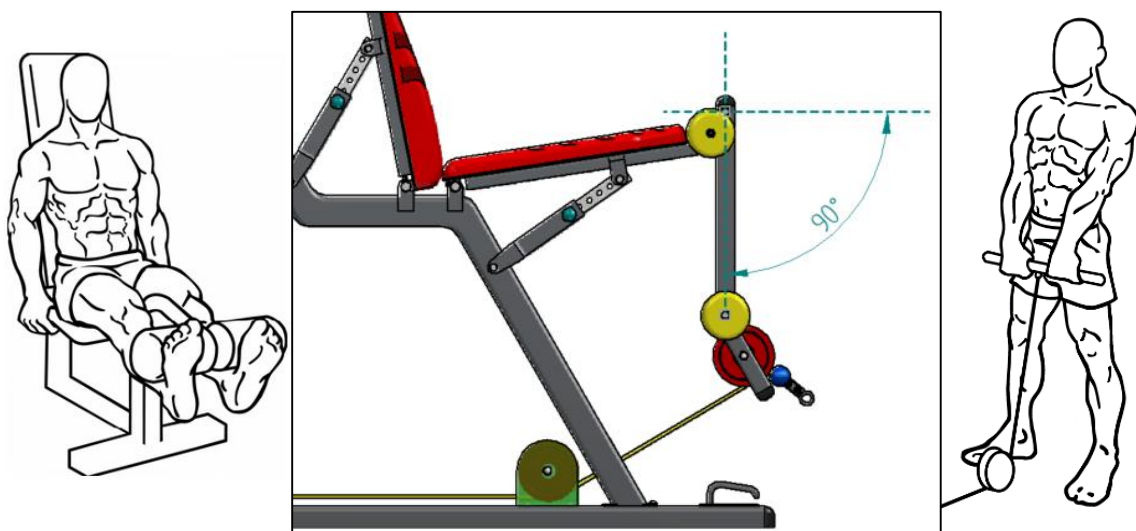


*Fig.18 Vistes del conjunt seient en perfil i perspectiva*

Esta format per tres subconjunts independents que en simplifiquen el seu muntatge: el respall horitzontal, el vertical i l'extensió de cames.

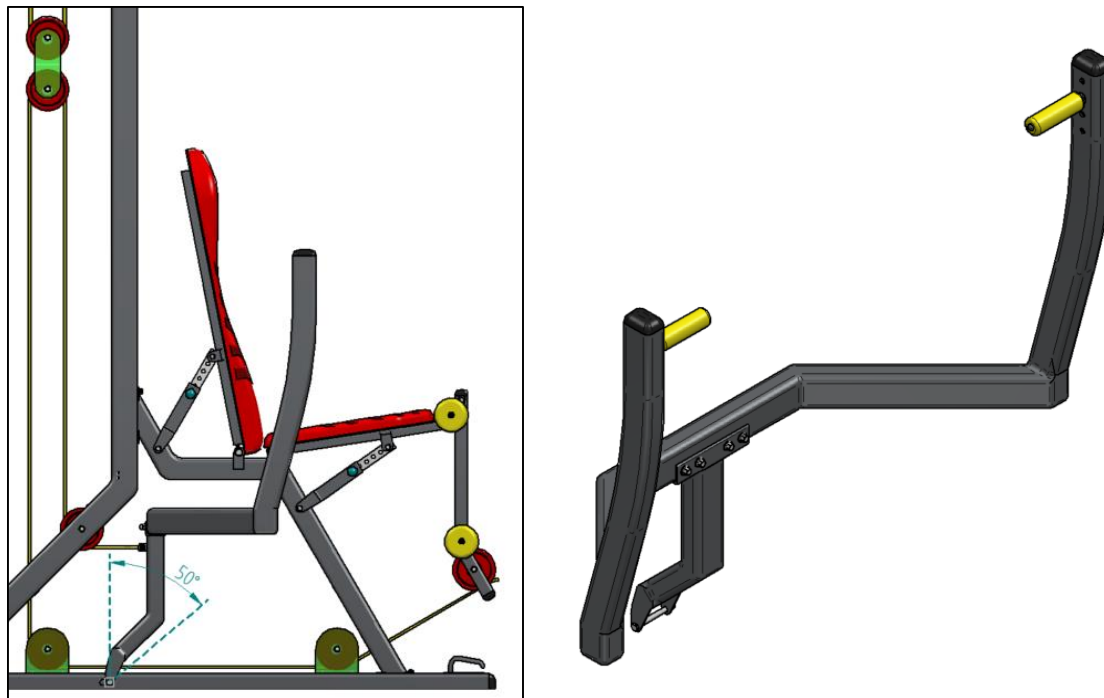
Ambdós respallers incorporen guies telescòpiques per ajustar amb precisió la postura de treball, el coixí s'ha dissenyat posant especial atenció a l'esquena, se'n destaca el suport lumbar i el disseny en "V" que permet la circulació de l'aire durant l'exercici.

A l'extrem del respall horitzontal va muntat el subconjunt extensió de cames, el braç pivota sobre un eix un angle màxim de 90°, sobre el mateix braç hi va muntada una politja fixe on el cable queda sempre en tensió mitjançant un topall (blau). Quan no s'està utilitzant es pot fixar una subjecció a l'anella situada a l'extrem del cable per tal de ser utilitzat com a "politja baixa" tal i com es mostra esquematitzat a continuació.



*Fig.19 Detall del conjunt seient muntat al xassís i el recorregut del braç*

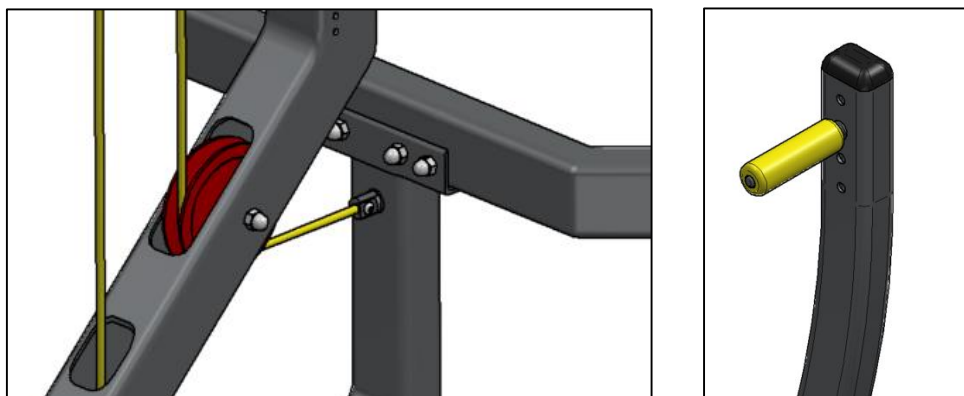
## 2.5 Conjunt Premsa V



*Fig.20 Detall del conjunt premsa muntat al xassís i vista en perspectiva*

Esta compost per dos tubs d'acer amb un espessor de 3mm, la seva geometria en forma de V permet realitzar l'exercici de pit més comú, la "premsa" o "chest press". El conjunt va muntat directament sobre la bancada inferior del xassís on pivota sobre un eix al voltat d'un angle d'uns 50º, la seva disposició i geometria no interfereix sobre cap altre mecanisme quan no s'està utilitzant.

Tal i com es mostra a la fig.21 el braç inferior es connecta al cable tensor mitjançant un cargol mètric, sobre ell s'hi aplicarà la força "F2". A la part baixa del braç un topall impedeix al conjunt moure's en una posició fora dels 50º de treball.



*Fig.21 Detalls d'unió del cable tensor i manetes adaptables*

Per a realitzar l'exercici s'aplica força amb les mans sobre les manetes (groc) fins a la completa extensió dels braços, la disposició de les manetes es pot adaptar a 4 altures diferents per aconseguir una subjecció idònia (fig.21).

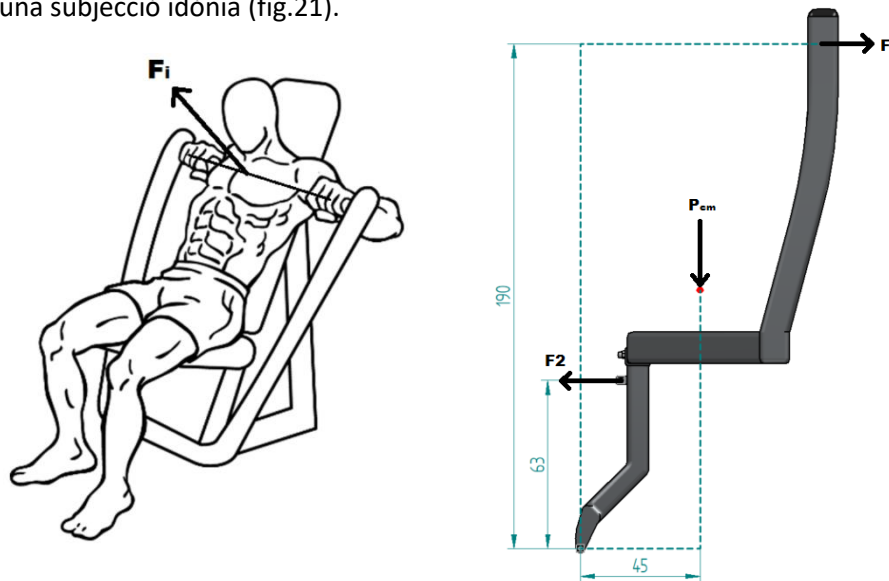


Fig.22 Esquema de forces que actuen sobre el conjunt premsa

Per tal de conèixer la "Fi" necessària per vèncer una determinada força "F2" analitzem el conjunt i fem un sumatori de moments respecte el punt on pivota el mecanisme:

$$\sum M_t: F_i \cdot 190 + P_{cm} \cdot 45 = F2 \cdot 63$$

On:

- Fi és la suma de les dos forces exercides per les mans del subjecte en N
- Pcm=80N correspon al pes del conjunt i es troba aplicat al centre de masses
- F2=P és la força exercida pel selector de pesos i esta expressada en N

En conseqüència, per aixecar els pesos cal que el moment provocat per la força exercida "Fi" i "Pcm" sigui major al moment resistent produït per "F2". A continuació s'adjunta la força "Fi" que cal realitzar en funció del pes escollit al selector, es comprova que comptem amb un avantatge mecànic important.

<b>F2 (Kgf)</b>	<b>F2 (N)</b>	<b>Fi (N)</b>	<b>Fi (Kgf)</b>	<b>Avantatge mecànic</b>
20	196,2	46,1	4,7	4,3
30	294,3	78,6	8,0	3,7
40	392,4	111,2	11,3	3,5
50	490,5	143,7	14,6	3,4
60	588,6	176,2	18,0	3,3
70	686,7	208,7	21,3	3,3
80	784,8	241,3	24,6	3,3
90	882,9	273,8	27,9	3,2
100	981	306,3	31,2	3,2

Fig.23 Taula de forces en equilibri expressada en newtons i quilograms-força

## 2.6 Conjunt Accessoris

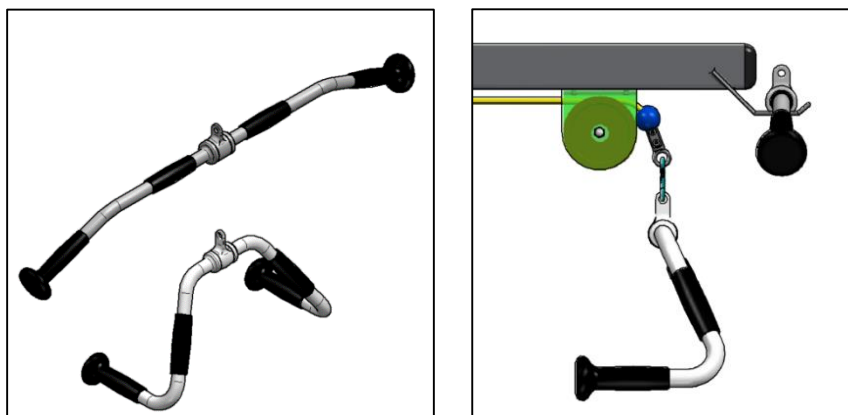
Format per tots els elements que no s'ubiquen dins els conjunts anteriors, tots ells muntats confereixen l'aspecte final a l'estació de musculació:



*Fig.24 Vistes de l'estació de musculació en perfil i perspectiva*

### 2.6.1 Subjeccions

La politja alta situada a l'extrem superior del xassís permet realitzar multitud d'exercicis des de la posició del seient o bé dret, a l'extrem del cable tensor hi va col·locat un topall i una anella que permet canviar el tipus de subjecció amb un mosquetó estàndard. Al propi xassís s'hi solda un suport format per dues varetes que permet guardar de manera còmode una subjecció extra (fig.25)



*Fig.25 Detall de dos possibles subjeccions i la posició presa dins l'estació*

## 2.6.2 Bandes adherents

Per protegir el sòl es col·loquen bandes adherents de poliuretà d'alta densitat (blau-verd) a la part inferior de la bancada del xassís. Es distribueixen de manera uniforme per transmetre les càrregues cap al terra.

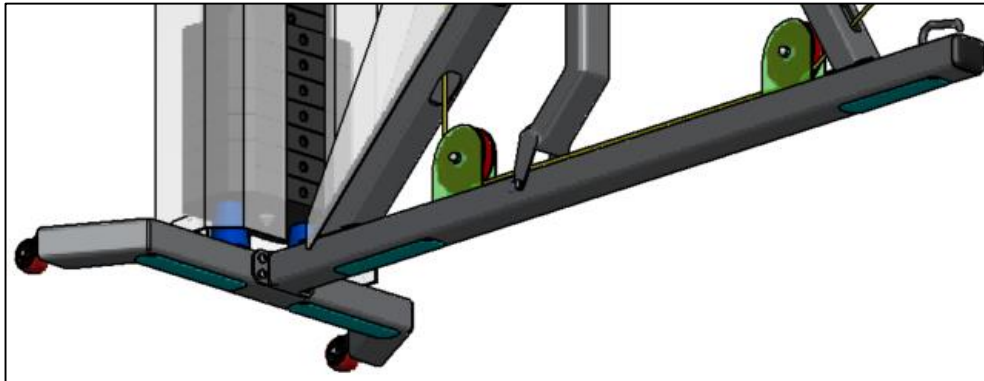


Fig.26 Disposició de les bandes adherents a la bancada del xassís

## 2.6.3 Rodets de transport

Per a complir amb els requeriments del peticionari s'inclouen dos rodets per transportar fàcilment l'estació, la maneta per aixecar-la es col·loca a l'extrem més allunyat del centre de masses del conjunt "G<sub>cm</sub>" per reduir al mínim la força necessària. S'aconsella transportar l'estació amb una inclinació mínima de 7° tal com es veu a la fig.27

A continuació es calcula la "F<sub>y</sub>" necessària per a mantenir el conjunt a una altura adient per a ser transportat mitjançant un sumatori de moments respecte el punt on pivota.

$$\sum M: G_{cm} \cdot 60 = F_y \cdot 305 \rightarrow F_y = 386N$$

On:

**-G<sub>cm</sub>** = 1962N Pes de l'estació amb tots els seus components aplicat al centre de masses (200kg)

**-F<sub>y</sub>** Força aplicada a la maneta

La força resultant necessària és d'uns 39kgf en sentit antigrauitatòri, per a desplaçar el conjunt cal, a més, una força "F<sub>x</sub>" de component horitzontal que depèn exclusivament del coeficient de fregament del sòl en qüestió.



D'altra banda, fent un sumatori estàtic podem determinar la reacció que reben els rodets "Ry"

$$\sum Fv: \quad R_y + F_y - G_{cm} = 0 \rightarrow \quad \mathbf{R_y = 1576N}$$

En conseqüència, cada rodet estarà sol·licitat per una reacció antigrauitatòria de "Ry/2"=80,3 kgf que a la vegada provocarà un moment torçor suportat per el seu suport, més endavant s'estudiarà el comportament d'aquest en una simulació d'elements finits.

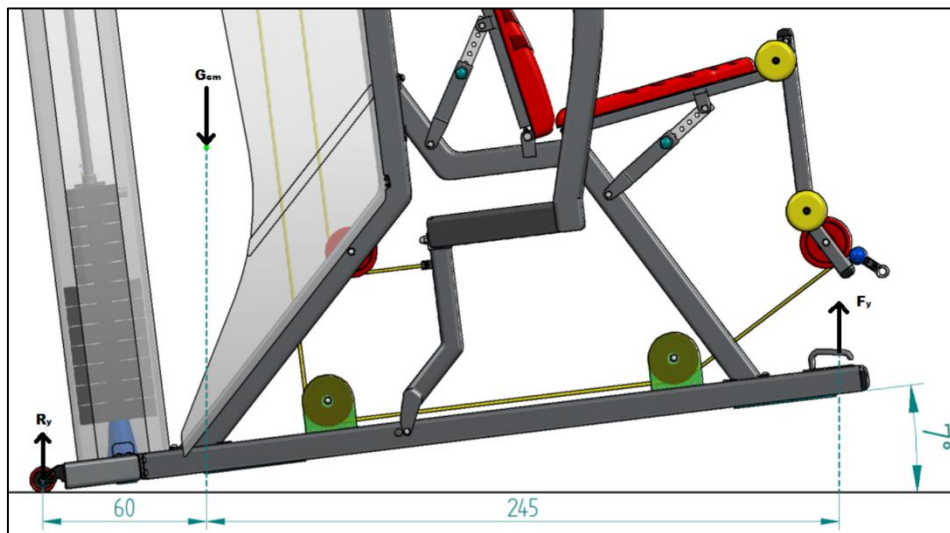


Fig.27 Posició de transport amb les forces presents

## 2.6.4 Proteccions

Per tal de protegir a l'usuari final i conferir un aspecte més elegant i discret a l'estació, s'ha optat per utilitzar dos panells de policarbonat semitransparent a la part posterior de l'estació amb l'objectiu de dissimular la transmissió sense amagar-la per complet, a més, impedeix que res ni ningú interfereixi en el correcte moviment de les politges.

Els panells tenen un gruix de 3mm i un disseny amb làmines per facilitar la seva plenitud alhora de fabricar-los, es muntaran directament sobre el xassís mitjançant unions cargolades.

De manera similar, el conjunt dels pesos i el selector queda cobert amb una carcassa de característiques molt semblants, en aquest cas, s'ha deixat una obertura al davant i al darrere per poder seleccionar còmodament els pesos amb el passador, es muntarà sobre la base del xassís mitjançant unions cargolades.

Inicialment la carcassa s'ha concebut com una única peça, si per qüestions de fabricació això no fos possible es podria dividir en dos parts simètriques.



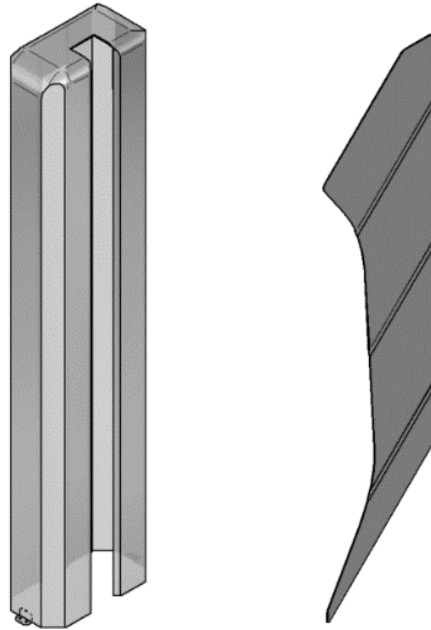


Fig.28 Carcassa i protecció respectivament

### 3. RESUM DE CARACTERÍSTIQUES

<b>Dimensions</b>	1550 x 980 x 2030 mm
<b>Pes total</b>	200,93 Kg
<b>Volum</b>	43098 cm <sup>3</sup>
<b>Nº total components</b>	279
<b>Nº components únics</b>	72
<b>Pes de treball màxim (pesos de sèrie)</b>	97 kg
<b>Pes de treball màxim</b>	200 kg
<b>Combinacions de pes de treball disponibles</b>	12

Fig.29 Taula resum de característiques

## 4. RESUM DEL PRESSUPOST

Partides	Import (€)
Conjunt Xassís	95,53
Conjunt Pesos	30,58
Conjunt Transmissió	59
Conjunt Premsa V	27,53
Conjunt Seient	56,91
Conjunt Protecció	15,4
Conjunt Accessoris	78,1
Mà d'obra	208,75
<b>TOTAL</b>	<b>571,8</b>

*Fig.30 Taula resum pressupost global*

El conjunt de materials i recursos humans requerits per dur a terme el projecte descrit ascendeix a **“CINC-CENTS SETANTA-UN EUROS AMB VUITANTA CÈNTIMS”** I.V.A. INCLÒS.

## 5. RELACIÓ DE DOCUMENTS

- Document 1: Memòria i Annexos
  - Memòria Descriptiva
  - Annex A: Estudi de mercat
  - Annex B: Càlculs
  - Annex C: Producte final i renderitzat
  - Annex D: Manual d'usuari i manteniment
  - Annex E: Recuperació parcial d'energia
- Document 2: Plànols
- Document 3: Plec de condicions
- Document 4: Estat d'amidaments
- Document 5: Pressupost
  - Quadres de preus, pressupostos parcials i globals
  - Annex A: Redacció del projecte

## **Annex A: Estudi de mercat**

## A.1 INTRODUCCIÓ

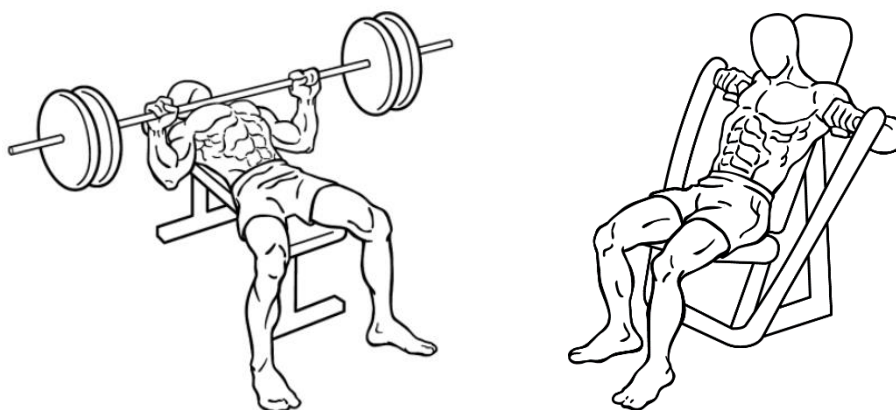
Aquest capítol pretén analitzar quin producte podria tenir un millor impacte al mercat actual i en quin sector específic hi ha més possibilitats d'introduir canvis i millores.

## A.2 ANÀLISI PRELIMINAR

En primer lloc cal tenir present que el nostre públic objectiu té una certa edat i les seves prioritats són diferents que les del públic més jove, en aquest sentit, es busca dissenyar una màquina capaç de treballar el tren superior i inferior, tot això amb un disseny relativament compacte que permeti una posició de treball més còmode i accessible. Es valorarà la facilitat per canviar de pes i exercici, i la diversitat de grups musculars que entrin en joc, així com la seva ergonomia i comoditat.

L'objectiu principal de l'estudi és el d'acostar-se a les necessitats del públic objectiu per tal de dissenyar un producte el més desitjable possible, per aconseguir-ho, s'analitzaran i es compararan diversos productes disponibles actualment per tal d'aprofundir en els que més possibilitats tinguin.

### A.2.1 Pesos lliures i màquines de musculació



*Fig.A1 Comparació entre l'entrenament amb pesos lliures versus utilitzant màquines*

A grans trets podem diferenciar l'entrenament amb pesos lliures i el realitzat amb màquines de musculació.

En el primer cas, els moviments no són assistits, de manera que cal estabilitzar el pes en cada repetició, per tant, més músculs entren en joc i es treballa l'equilibri. Per contra, és més fàcil lesionar-se i desenvolupar mals hàbits.

En el cas d'utilitzar màquines, els moviments són guiats en tot moment, això provoca l'aïllament dels músculs concrets que es volen treballar i l'estabilitat del pes al llarg del recorregut. A més, solen tenir límits i topalls per evitar provocar lesions si el seu ús és incorrecte, això les fa ideals per a usuaris inexperts i aficionats.

## A.3 ANÀLISI ERGONÒMIC

A continuació es detallen una sèrie d'equipaments a tenir en compte i se'n fa un anàlisi ergonòmic individual. L'objectiu és el d'identificar punts forts i punts febles per a diferents productes per tal de començar a dissenyar un producte polivalent i funcional.

### A.3.1 Bancs Multi funció



*Fig.A2 Banc multi funció i peses lliures*

Són senzills, robustos i polivalents, permeten realitzar multitud d'exercicis, sempre han d'anar acompanyats d'una sèrie de pesos. Els moviments no són assistits, de manera que necessiten un alt nivell d'atenció i d'un cert coneixement per evitar lesions i postures perilloses.

Centren l'atenció al tren superior i no solen oferir cap possibilitat per entrenar cames o abdominals, la gran majoria permet adaptar la inclinació del seient i el respatllet vertical en diferents posicions.

<i>Interfase home-màquina</i>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Maniobrabilitat</b>			
Per forma	X		
Per dimensions	X		
Per pes	X		
Per estabilitat	X		
Reguladors i controls	X		
<b>Accessibilitat</b>			
Facilitat de manteniment	X		
Facilitat per a la neteja	X		
Facilitat per canviar els pesos			X

<b>Efectivitat</b>			
Per aïllar els músculs treballats			X
Per oferir fiabilitat	X		
Per oferir durabilitat	X		
<b>Versatilitat</b>			
Per a ser traslladat			X
Per diversitat de músculs treballats		X	
Per treballar el tren superior	X		
Per treballar el tren inferior			X
Per a ser muntat/desmuntat	X		
<b>Confort físic i seguretat</b>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Postura d'utilització</b>			
Palanques, elements de control i pesos accessibles	X		
Postura còmode	X		
Suport lumbar			X
Facilitat per adoptar posició de treball	X		
Facilitat per a canviar posició de treball	X		
Capacitat d'adaptació del seient		X	
<b>Seguretat</b>			
Elements de seguretat passius			X
Moviments assistits			X
Subjecció i adherència als pesos i barres			X
Subjecció i adherència al sòl	X		
<b>Confort psicològic</b>			
	Alt	Mig	Baix
<b>Nivell d'estrès o tensió</b>			
Pel número d'exercicis disponibles		X	
Per la seva complexitat			X
Per la posició i comoditat de treball			X
Pel seu color		X	
<b>Atenció i concentració</b>			
Nivell d'atenció requerit	X		
Durada de l'atenció requerida	X		
Nivell de monotonia	X		
Nivell de coneixements necessaris		X	
Probabilitat de provocar lesions	X		
<b>Sensació de seguretat</b>			
Nivell de soroll			X
Nivell de vibracions			X
Nivell de robustesa	X		

### A.3.2 Estacions de càrrega de discs



Fig.A3 Estació per treballar espatlla

Permeten realitzar un únic exercici, i com el seu nom indica, cal carregar els pesos un a un de manera individual, el seu moviment és assistit i compten amb topalls i límits per tal d'evitar provocar lesions.

Aïllen els músculs a treballar de manera excel·lent però acaben essent màquines molt monòtones i rutinàries. La seva neteja i manteniment són fàcils.

<i>Interfase home-màquina</i>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Maniobrabilitat</b>			
Per forma		X	
Per dimensions		X	
Per pes		X	
Per estabilitat	X		
Reguladors i controls		X	
<b>Accessibilitat</b>			
Facilitat de manteniment	X		
Facilitat per a la neteja	X		
Facilitat per canviar els pesos		X	
<b>Efectivitat</b>			
Per aïllar els músculs treballats	X		
Per oferir fiabilitat	X		
Per oferir durabilitat	X		

<b>Versatilitat</b>				
Per a ser traslladat			X	
Per diversitat de músculs treballats			X	
Per treballar el tren superior		X		
Per treballar el tren inferior			X	
Per a ser muntat/desmuntat			X	
<b>Confort físic i seguretat</b>				
		Bé	Regular	Malament
<b>Postura d'utilització</b>				
Palanques, elements de control i pesos accessibles			X	
Postura còmode				X
Suport lumbar				X
Facilitat per adoptar posició de treball				X
Facilitat per a canviar posició de treball				X
Capacitat d'adaptació del seient				X
<b>Seguretat</b>				
Elements de seguretat passius		X		
Moviments assistits		X		
Subjecció i adherència als pesos i barres		X		
Subjecció i adherència al sòl		X		
<b>Confort psicològic</b>				
		Alt	Mig	Baix
<b>Nivell d'estrès o tensió</b>				
Pel número d'exercicis disponibles				X
Per la seva complexitat				X
Per la posició i comoditat de treball		X		
Pel seu color			X	
<b>Atenció i concentració</b>				
Nivell d'atenció requerit				X
Durada de l'atenció requerida				X
Nivell de monotonia		X		
Nivell de coneixements necessaris				X
Probabilitat de provocar lesions				X
<b>Sensació de seguretat</b>				
Nivell de soroll				X
Nivell de vibracions				X
Nivell de robustesa		X		



### A.3.3 Màquines tipus Smith



Fig.A4 Estació Smith amb banc incorporat

Ofereixen la possibilitat de treballar el tren superior i l'inferior en menor mesura, els moviments són guiats i compten amb elements de seguretat, en aquest cas, incorpora un banc amb suport lumbar i un alt nivell d'adaptació.

El seu factor de forma, pes i dimensió és elevat, essent laboriós el seu trasllat i muntatge, no destaquen per esser màquines compactes i la càrrega de pes és individual.

<i>Interfase home-màquina</i>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Maniobrabilitat</b>			
Per forma	X		
Per dimensions			X
Per pes			X
Per estabilitat	X		
Reguladors i controls	X		
<b>Accessibilitat</b>			
Facilitat de manteniment	X		
Facilitat per a la neteja	X		
Facilitat per canviar els pesos		X	
<b>Efectivitat</b>			
Per aïllar els músculs treballats	X		
Per oferir fiabilitat	X		
Per oferir durabilitat	X		

<b>Versatilitat</b>			
Per a ser traslladat			X
Per diversitat de músculs treballats		X	
Per treballar el tren superior	X		
Per treballar el tren inferior		X	
Per a ser muntat/desmuntat			X

<b>Confort físic i seguretat</b>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Postura d'utilització</b>			
Palanques, elements de control i pesos accessibles		X	
Postura còmode	X		
Suport lumbar		X	
Facilitat per adoptar posició de treball	X		
Facilitat per a canviar posició de treball		X	
Capacitat d'adaptació del seient	X		
<b>Seguretat</b>			
Elements de seguretat passius	X		
Moviments assistits	X		
Subjecció i adherència als pesos i barres	X		
Subjecció i adherència al sòl	X		

<b>Confort psicològic</b>			
	Alt	Mig	Baix
<b>Nivell d'estrès o tensió</b>			
Pel número d'exercicis disponibles		X	
Per la seva complexitat		X	
Per la posició i comoditat de treball			X
Pel seu color		X	
<b>Atenció i concentració</b>			
Nivell d'atenció requerit		X	
Durada de l'atenció requerida			X
Nivell de monotonia		X	
Nivell de coneixements necessaris			X
Probabilitat de provocar lesions			X
<b>Sensació de seguretat</b>			
Nivell de soroll			X
Nivell de vibracions			X
Nivell de robustesa	X		

### A.3.4 Màquines de politges i tensors



Fig.A5 Estació multi funció de politges i tensors

Destaquen per la quantitat i diversitat d'exercicis que poden oferir, el seu principal avantatge davant les màquines tipus Smith és el selector de pesos incorporat, permet canviar de manera ràpida, còmode i segura el pes amb el que es vol treballar. Els moviments són semi-assistits però segueixen comptant amb elements de seguretat.

El factor de forma, pes i dimensió és elevat i el seu muntatge laboriós, requereixen més manteniment i cal comprovar politges i tensors paròdicament per tal d'evitar sorolls i vibracions no desitjades.

<i>Interfase home-màquina</i>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Maniobrabilitat</b>			
Per forma		X	
Per dimensions			X
Per pes			X
Per estabilitat	X		
Reguladors i controls		X	
<b>Accessibilitat</b>			
Facilitat de manteniment		X	
Facilitat per a la neteja			X
Facilitat per canviar els pesos	X		
<b>Efectivitat</b>			
Per aïllar els músculs treballats	X		
Per oferir fiabilitat		X	
Per oferir durabilitat		X	

<b>Versatilitat</b>		
Per a ser traslladat		X
Per diversitat de músculs treballats	X	
Per treballar el tren superior	X	
Per treballar el tren inferior		X
Per a ser muntat/desmuntat		X

### **Confort físic i seguretat**

	Bé	Regular	Malament
<b>Postura d'utilització</b>			
Palanques, elements de control i pesos accessibles	X		
Postura còmode		X	
Suport lumbar		-	
Facilitat per adoptar posició de treball		X	
Facilitat per a canviar posició de treball	X		
Capacitat d'adaptació del seient		-	
<b>Seguretat</b>			
Elements de seguretat passius	X		
Moviments assistits		X	
Subjecció i adherència als pesos i barres	X		
Subjecció i adherència al sòl	X		

### **Confort psicològic**

	Alt	Mig	Baix
<b>Nivell d'estrès o tensió</b>			
Pel número d'exercicis disponibles	X		
Per la seva complexitat	X		
Per la posició i comoditat de treball		X	
Pel seu color			X
<b>Atenció i concentració</b>			
Nivell d'atenció requerit	X		
Durada de l'atenció requerida	X		
Nivell de monotonia		X	
Nivell de coneixements necessaris	X		
Probabilitat de provocar lesions	X		
<b>Sensació de seguretat</b>			
Nivell de soroll			X
Nivell de vibracions		X	
Nivell de robustesa	X		

### A.3.5 Multi estacions



Fig.A6 Multi estació amb càrrega de discs

Tal i com el seu nom indica combinen varies estacions en una de sola per oferir un gran ventall d'exercicis diversos. En aquest cas la càrrega de pesos es realitza de manera individual, la totalitat dels seus exercicis són assistits i disposen d'elements de seguretat.

En general permeten aïllar els músculs eficientment i de manera variada, per aconseguir-ho, disposen de bancs molt adaptables, capaços de canviar de posició ràpidament.

El seu elevat nombre de peces i mecanismes compliquen el seu muntatge i transport però solen tenir unes dimensions acceptables, el seu manteniment sol ser senzill i ràpid.

<i>Interfase home-màquina</i>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Maniobrabilitat</b>			
Per forma			X
Per dimensions		X	
Per pes		X	
Per estabilitat	X		
Reguladors i controls		X	
<b>Accessibilitat</b>			
Facilitat de manteniment	X		
Facilitat per a la neteja		X	
Facilitat per canviar els pesos		X	
<b>Efectivitat</b>			
Per aïllar els músculs treballats	X		
Per oferir fiabilitat	X		
Per oferir durabilitat	X		

<b>Versatilitat</b>			
Per a ser traslladat			X
Per diversitat de músculs treballats	X		
Per treballar el tren superior	X		
Per treballar el tren inferior			X
Per a ser muntat/desmuntat			X
<b>Confort físic i seguretat</b>			
	Bé	Regular	Malament
<b>Postura d'utilització</b>			
Palanques, elements de control i pesos accessibles		X	
Postura còmode	X		
Suport lumbar			X
Facilitat per adoptar posició de treball	X		
Facilitat per a canviar posició de treball	X		
Capacitat d'adaptació del seient		X	
<b>Seguretat</b>			
Elements de seguretat passius	X		
Moviments assistits	X		
Subjecció i adherència als pesos i barres	X		
Subjecció i adherència al sòl	X		
<b>Confort psicològic</b>			
	Alt	Mig	Baix
<b>Nivell d'estrès o tensió</b>			
Pel número d'exercicis disponibles	X		
Pel seva complexitat	X		
Pel la posició i comoditat de treball		X	
Pel seu color	X		
<b>Atenció i concentració</b>			
Nivell d'atenció requerit		X	
Durada de l'atenció requerida		X	
Nivell de monotonia			X
Nivell de coneixements necessaris		X	X
Probabilitat de provocar lesions			X
<b>Sensació de seguretat</b>			
Nivell de soroll			X
Nivell de vibracions			X
Nivell de robustesa	X		

## **A.4 CONCLUSIONS DE L'ANÀLISI ERGONÒMIC**

En línies generals tots els productes analitzats compleixen correctament amb la seva funció, si bé tots ells tenen aspectes per millorar, concretament les màquines de politges i multi estacions permeten molt més marge per a innovar i aplicar millores.

S'ha comprovat també, que la majoria d'equipament està més enfocat a treballar el tren superior i es tendeix a deixar el tren inferior desatès, de la mateixa manera, en la gran majoria de màquines la càrrega i descàrrega de pesos és una operació lenta i que s'ha de fer un a un, en aquest aspecte són poc versàtils. La solució introduïda per les màquines de politges i tensors d'incorporar un selector de pesos facilita enormement aquest procés.

Pel que fa a l'apartat de disseny i confort psicològic, la majoria de productes tenen unes línies robustes que confereixen sensació de seguretat en cada moviment, però els mecanismes, controls i pesos estan molt exposats i no hi ha un esforç per aconseguir un acabat més polit i agradable a la vista.

En alguns casos la posició de treball és massa forçada o el banc no és prou adaptable, pocs productes ofereixen suport lumbar, tampoc és massa comú la incorporació de rodetes o algun sistema per traslladar la màquina còmodament.

Es pot concloure que les multi estacions són el producte més versàtil i polivalent, no només ofereixen la robustesa i fiabilitat oferta per les màquines tradicionals, sinó que a més, permeten la realització de diversos exercicis variats en una estació compacte.

## **A.5 ESPECIFICACIONS I DEFINICIÓ DE PROPOSTES**

Un cop finalitzat l'anàlisi ergonòmic cal centrar-se en definir les característiques i especificacions que es volen introduir al disseny final.

Ha quedat clar que les multi estacions ofereixen gran versatilitat, són compactes, funcionals i poden ser concebudes i dissenyades des de molts punts de vista, per tot això, són la solució ideal per a desenvolupar el projecte mencionat, a més, tots els moviments són assistits, de manera que és indicat per a un públic més amateur o inexpert que vol evitar lesions i disposar d'elements de seguretat.

Per tal de complir amb els requeriments esmentats pel peticionari i a la vegada satisfer el públic objectiu caldrà dotar el disseny final d'una sèrie d'aspectes clau que permetin diferenciar-lo de la resta de productes i així dotar-lo d'un caràcter únic.

A continuació es detallen els elements que en un principi ha d'incorporar la màquina a concebre, la idea és anar dissenyant cada mòdul o estació un a un i anar-los integrant per formar el que serà el producte final.

## A.6 ASPECTES CLAU

### A.6.1 Selector de peses



*Fig.A7 Configuració d'un selector de peses*

Permet seleccionar de manera còmode i segura el pes amb el que es vol treballar, el desplaçament és lineal i es realitza al llarg d'unes guies amb topalls de goma en cada extrem, és una solució amb moltes avantatges respecte la càrrega de discs tradicional, per això cada cop s'aplica més.

Els pesos incorporen rodaments de fricció per tal d'evitar sorolls i vibracions al desplaçar-se, solen esser de 5 o 10 kg però poden ser substituïts al gust de l'usuari. La força aplicada es transmet a través d'un tensor d'acer i normalment recobert amb un material plàstic per tal de reduir el fregament amb les politges i resta d'elements encarregats de traslladar la força.

### A.6.2 Banc multi funció



*Fig.A8 Banc adaptable*

S'utilitza com a suport per a realitzar la majoria d'exercicis, solen ser adaptables en certa mesura.

Per aquesta aplicació en concret i tenint en compte el públic a qui va dirigit caldria dedicar especial atenció a la comoditat i adaptabilitat, la idea és introduir un seient més ample i amb suport lumbar regulable.



### A.6.3 Sistema de trasllat manual



*Fig.A9 Tren de rodes fix*

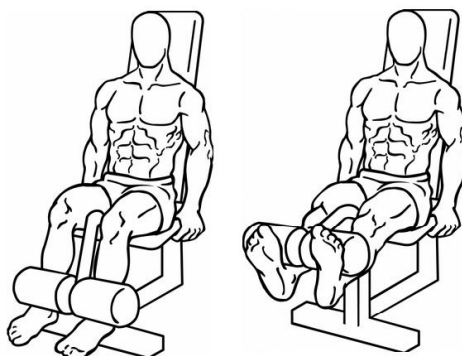
Per a complir amb el requeriment de trasllat fàcil sense arrossegament seria idoni incorporar un petit tren de rodes, idealment s'haurien de col·locar prop del centre de gravetat per tal de ser traslladat amb el menor esforç possible i garantint una bona estabilitat.

### A.6.4 Mòduls o estacions

Per tal d'oferir una estació versàtil es demana que permeti realitzar diversos exercicis i variats, a continuació es detallen una sèrie d'exercicis que es volen implementar al disseny final, és important que treballin tren superior i inferior de manera variada.

Cada un d'ells ha de treballar de manera independent a la resta i no pot interferir a la trajectòria de cap altre mecanisme ni resultar incòmode o molest.

#### A.6.4.1 Extensió de cames



*Fig.A10 Mòdul extensió de cames*

Com el seu nom indica consisteix en estendre les cames fins a una posició propera a la horitzontal, es treballa el tren inferior i abdominals, els quàdriceps reben la major part de la càrrega. És comú incorporar aquest mòdul a un seient, doncs és un exercici que cal fer assentat.

#### A.6.4.2 Premsa de pit

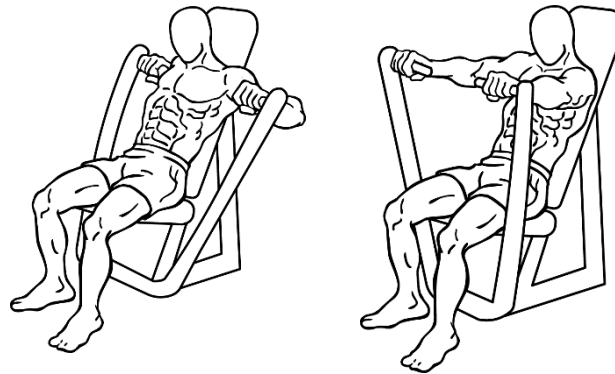


Fig.A11 Mòdul premsa de pit

Exercici on es treballa el pit, principalment els músculs pectorals, tríceps i deltoïdes. El moviment és assistit, normalment s'aplica la força sobre un braç en forma de V que pivota respecte la part més baixa de la màquina.

#### A.6.4.3 Politja alta

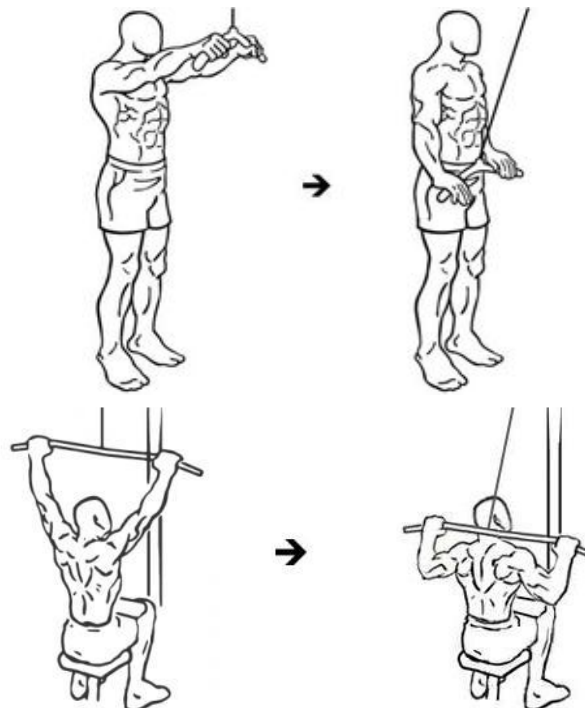
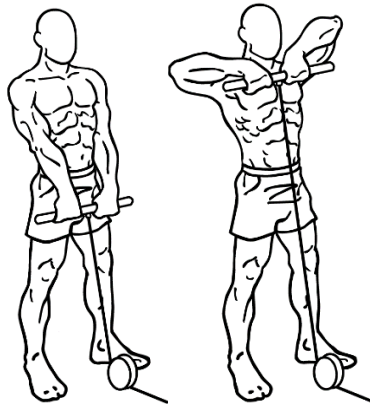


Fig.A12 Mòdul politja alta

Consisteix en un cable tensor que cal estirar en sentit gravitatori, ofereix multitud de possibilitats per treballar el tren superior si s'utilitzen diverses subjeccions. Adaptant la posició de treball permet realitzar exercicis dret o assentat. Els moviments són semi assistits i molt variats.

#### A.6.4.4 Politja baixa



*Fig.A13 Mòdul politja baixa*

Contràriament a la politja alta, consisteix en un cable tensor que cal estirar en sentit anti-gravitatori. Permet treballar tren superior i inferior si s'utilitzen les subjeccions o adaptadors adequats, es pot treballar indistintament força o flexibilitat. Complementa els exercicis que no es podrien fer amb la politja alta.

## **Annex B: Càlculs**

## B.1 ANÀLISI D'ELEMENTS FINITS

Per tal de conèixer el comportament dels elements més sol·licitats davant les càrregues aplicades es realitzarà un anàlisi amb el software "Workbench" de "Ansys" en la seva revisió número 19.

S'utilitzarà el mètode d'elements finits MEF per a obtenir la deformada aproximada, la tensió de Von-mises màxima i el coeficient de seguretat mínim.

### B.1.1 Conjunt Xassís

En primer lloc cal importar el model 3D en un format compatible amb el software "Ansys", com que es tracta d'un conjunt de peces caldrà declarar totes les connexions existents entre elements per tal que les forces es transmetin de manera realista entre les peces en contacte.

Per al conjunt xassís es troben i s'apliquen un total de 108 regions de contacte, entre elles s'hi troben les cares en contacte de platines, tubs, volanderes, rosques, caps de cargols etc.

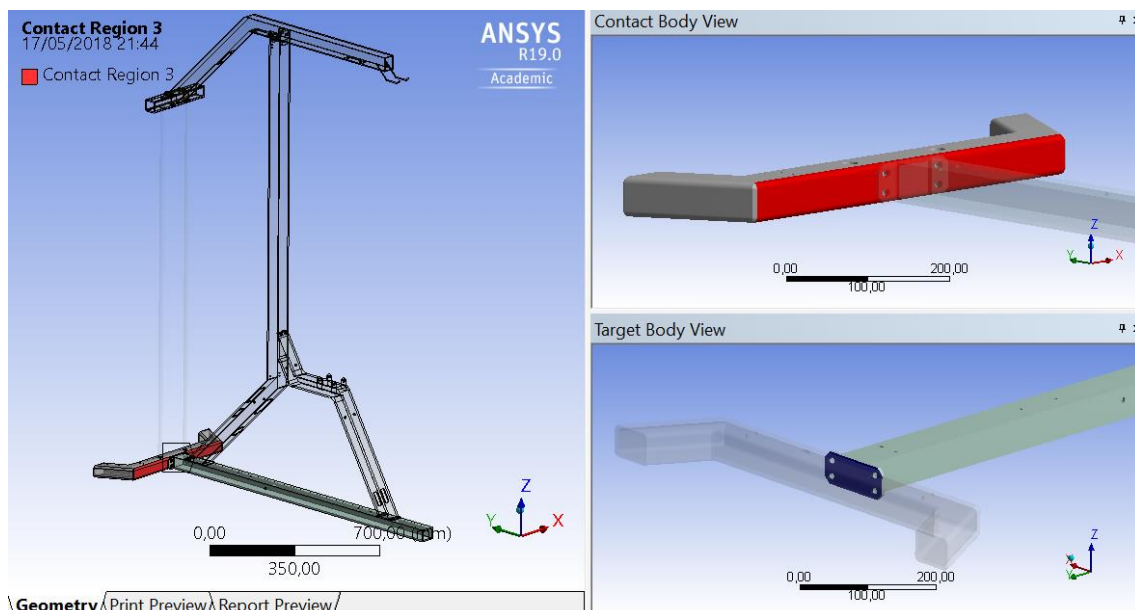


Fig.B1 Geometria del xassís importada, detall d'una regió de contacte

A continuació cal mallar el model per tal d'analitzar independentment cada un dels nodes formats, la densitat del mallat determinarà la precisió dels resultats, un mallat més dens oferirà resultats més fidedignes però n'augmentarà considerablement el temps de càlcul.

Per trobar un equilibri es malla de manera adaptativa, prenent nodes més petits a les zones sol·licitades on es poden produir concentració de tensions i prenent nodes més grans a les zones menys crucials. També s'eliminen elements que no intervenen de manera activa com els topalls de PVC i els rodets de transport.

Cal tenir present que per aconseguir un mallat més fàcil s'han eliminat alguns dels arrodoniments més complexos de la geometria, per tant, algunes tensions produïdes no seran tals.

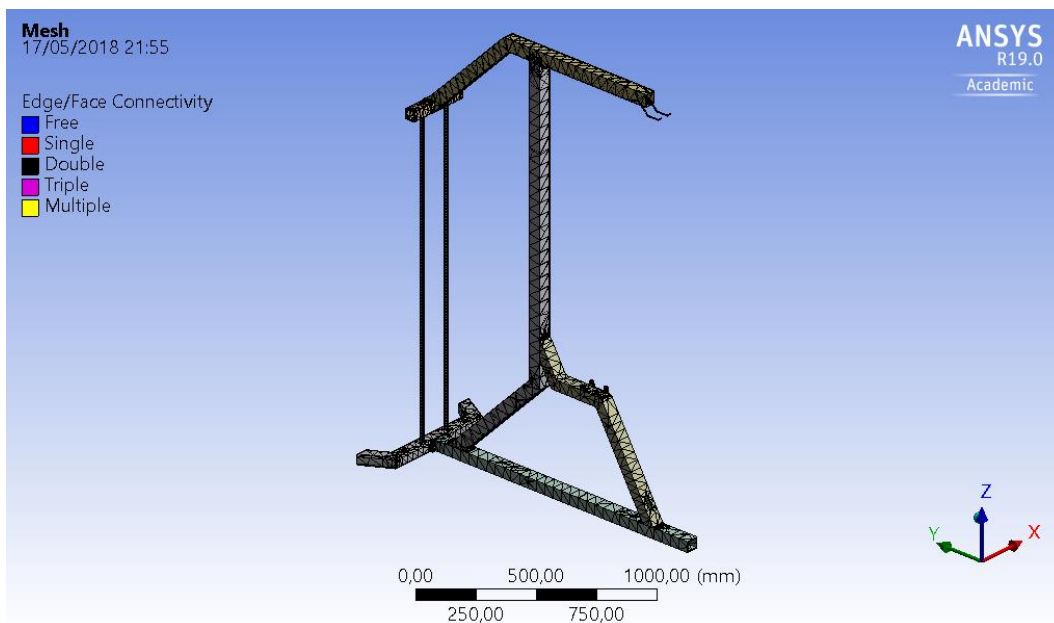


Fig.B2 Geometria del xassís mallada

Seguidament s'apliquen les càrregues provinents dels cables tensors, cal dir que realment els suports de les politges són els que transmeten la força cap al xassís i per tant la distància existent entre aquests i el punt on s'aplica la força crea un moment addicional que negligim.

Es considera un cas desfavorable en el que l'usuari ha substituït les peses de sèrie per unes amb una massa superior, les forces aplicades corresponen a l'aixecament d'un pes  $P=2000\text{N}$

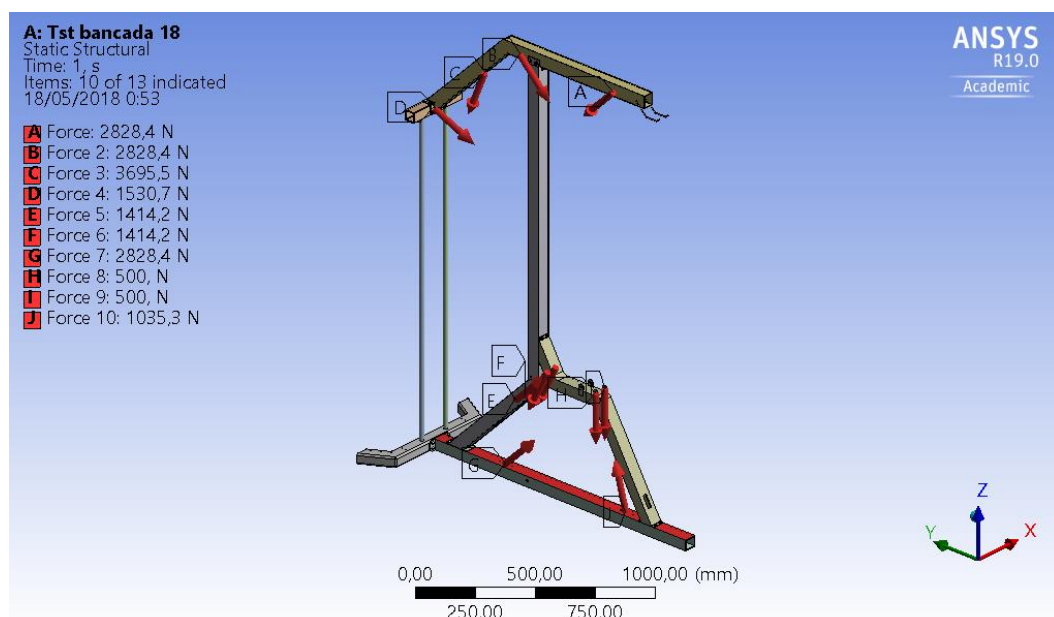


Fig.B3 Forces aplicades a la geometria

Les forces aplicades simulen l'aixecament d'un pes d'aproximadament 200kg aplicat al punt "F1" (politja alta), tal com s'ha demostrat anteriorment donat que  $P=F1=F2=F3$  es creen una sèrie d'accions i reaccions que repartides per el sistema de transmissió afecten a bona part del xassís. Tal i com es veu a la fig.B3. S'afegeixen unes forces addicionals a la part davantera del conjunt per simular el pes d'una persona d'uns 100kg.

### B.1.1.1 Resultats

Material	Acer estructural
Límit elàstic	250 Mpa
Tensió de ruptura	460 Mpa
Coeficient de poisson	0,3
Nº nodes	236688
Temperatura d'assaig	22°C

Fig.B4 Paràmetres de càlcul

El càlcul de tensions de Von-mises revela que el punt més tensionat del conjunt es troba a l'unió entre la bancada superior i la central amb un valor màxim de 67MPa, molt per sota del seu límit elàstic de 250 MPa. La simulació afirma que hi ha un punt on la tensió arriba a 85MPa, es tracta d'un error, doncs el mallat és excessivament gran en una unió cargolada.

Tal com es preveia la bancada central és l'encarregada de transportar les càrregues i distribuir-les cap al sòl, les guies per als pesos reben una tensió mitjana molt més baixa, ideal per evitar deformacions. Altres zones afectades són les arestes no arrodonides amb concentració de tensions, cap punt supera els límits.

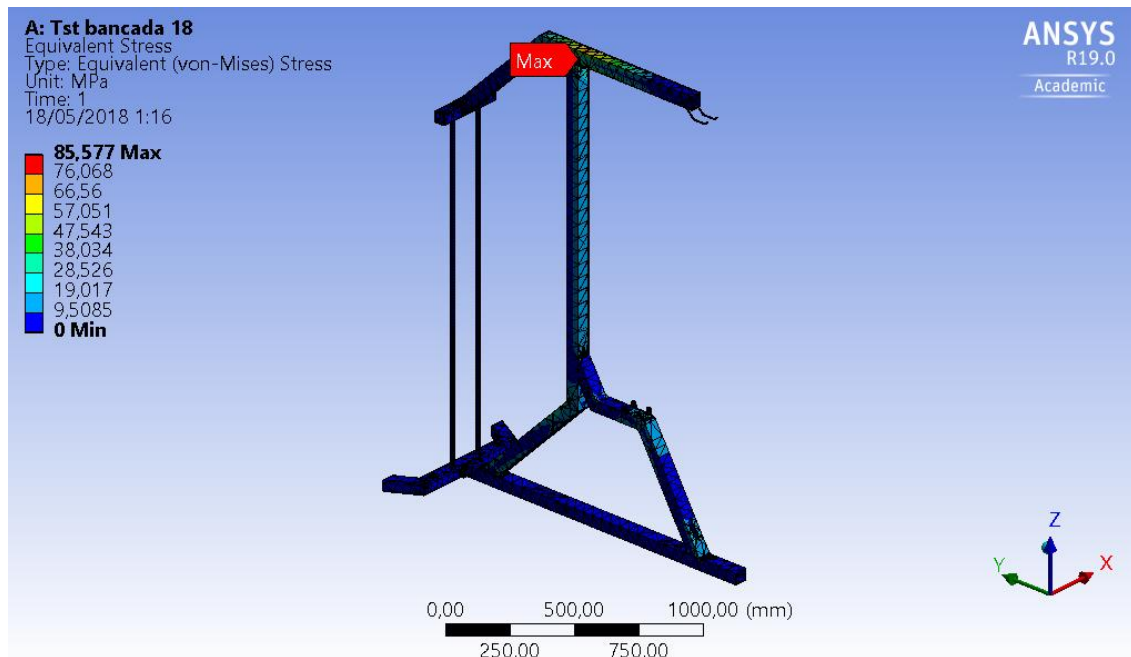


Fig.B5 Resultat càlcul de tensions Von-Mises

La simulació de la deformada revela que l'extrem del braç superior és el que pateix més deformació, a la següent figura s'aprecia aquest fet amb un factor d'escala 46 cops superior al real. La deformació màxima és de tan sols 3mm, mentre que la deformació a les guies posteriors no supera els 0,44mm.

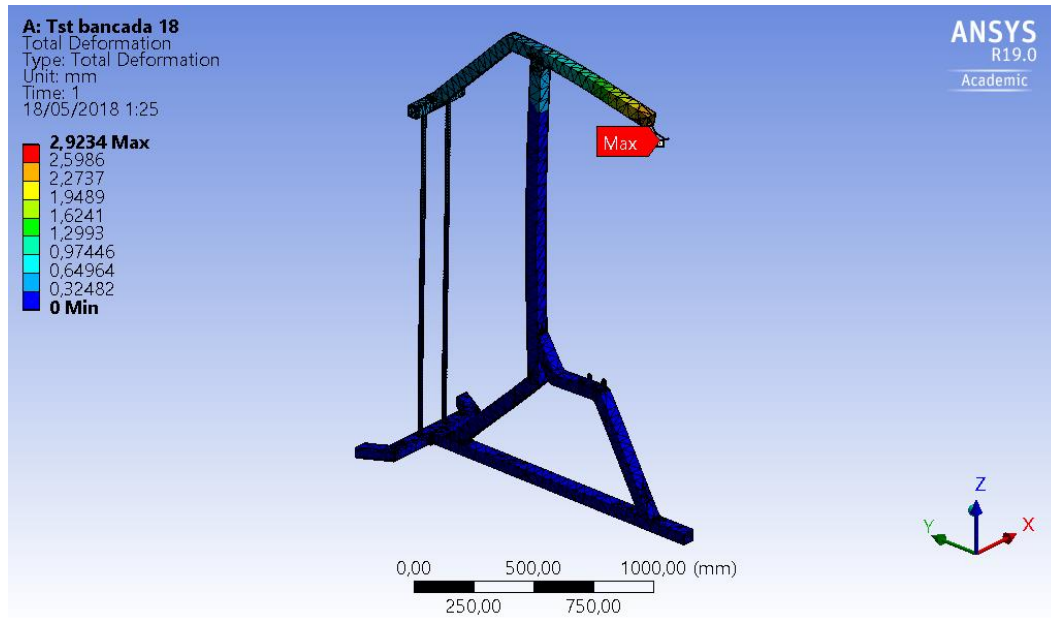


Fig.B6 Resultat simulació de deformació total (x46 escala real)

El càlcul del coeficient de seguretat revela que per una càrrega de 200kg la bancada presenta bon comportament oferint un coeficient mínim de 2,9 al punt on s'acumulen les tensions màximes.

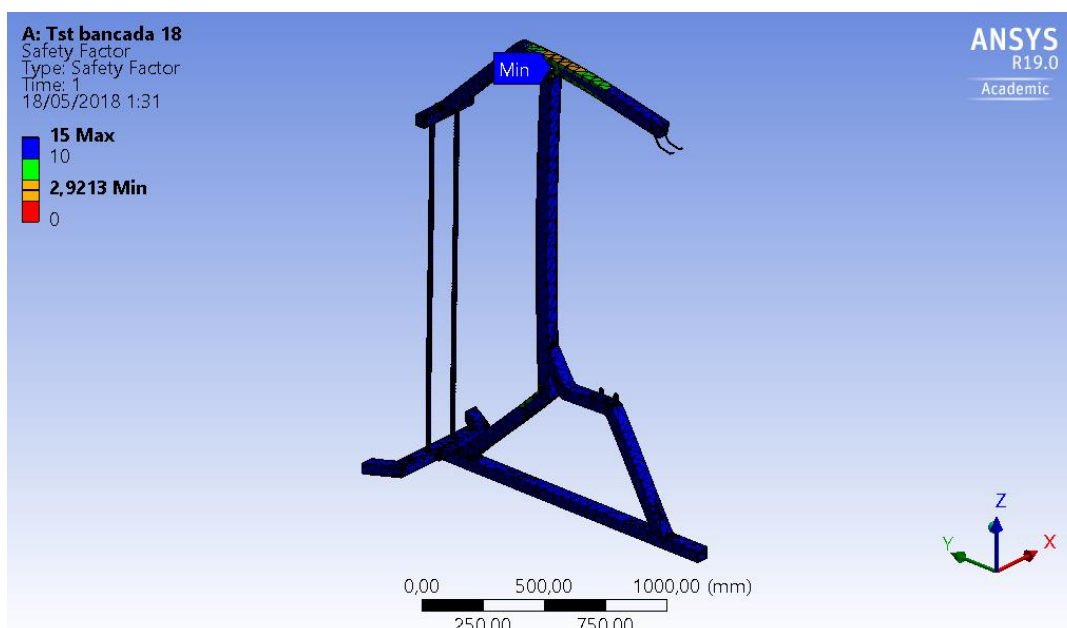


Fig.B7 Coeficient de seguretat



## B.1.2 Suport politja doble

En aquest cas s'analitza un sol component, no és necessari declarar regions d'unió, de manera que a igualtat de temps de càlcul el mallat pot ser més fi, de l'ordre de pocs mil·límetres.

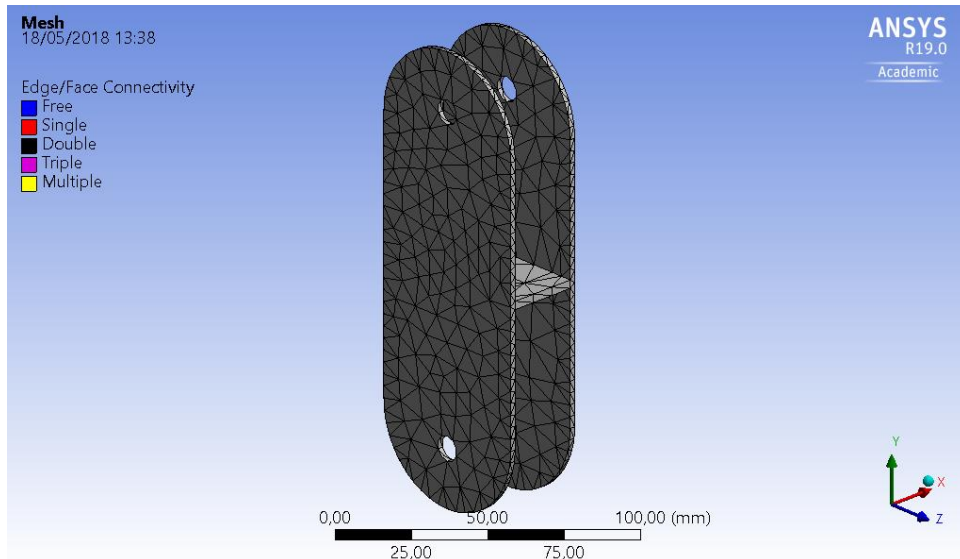


Fig.B8 Geometria mallada

Es presenta un cas desfavorable en el que es vol aixecar un pes de 2000N, el suport doble es troba doblement sol·licitat pels dos cables tensors, en conseqüència actuen dos forces de 4000N en cada sentit exercits pels eixos de les politges que es reparteixen uniformement entre les dues plaques del suport. Durant la simulació la placa del mig queda fixada.

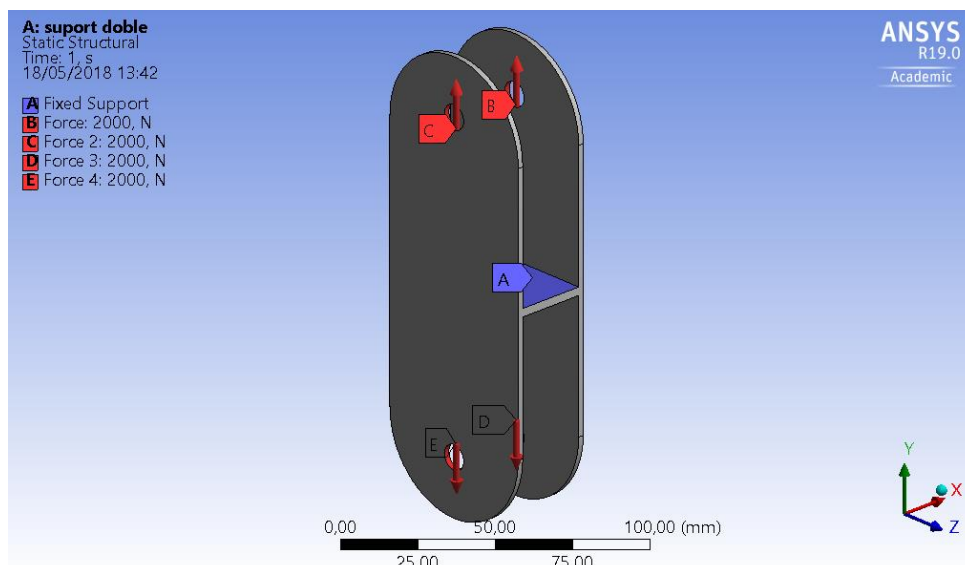


Fig.B9 Forces aplicades a la geometria i cara fixada

### B.1.2.1 Resultats

<b>Material</b>	Acer estructural
<b>Límit elàstic</b>	250 Mpa
<b>Tensió de ruptura</b>	460 Mpa
<b>Coefficient de poisson</b>	0,3
<b>Nº nodes</b>	4622
<b>Temperatura d'assaig</b>	22ºC

Fig.B10 Paràmetres de càlcul

La simulació reflexa que els punts crítics es situen al voltant dels forats passants on es munten les politges, la tensió màxima de Von-Mises no supera els 52MPa. Alguns dels punts més allunyats pateixen una tensió molt propera a zero, es podria reconsiderar la geometria del suport si fos necessari reduir-ne el pes i costos.

L'anàlisi de la deformada ha conclòs que el suport pateix deformacions inferiors a 0.02 mil·límetres i per tant no suposa cap problema per el funcionament de l'estació. La fig.B12 es mostra amb una escala 5 cops superior a la real per fer més visible la deformació produïda.

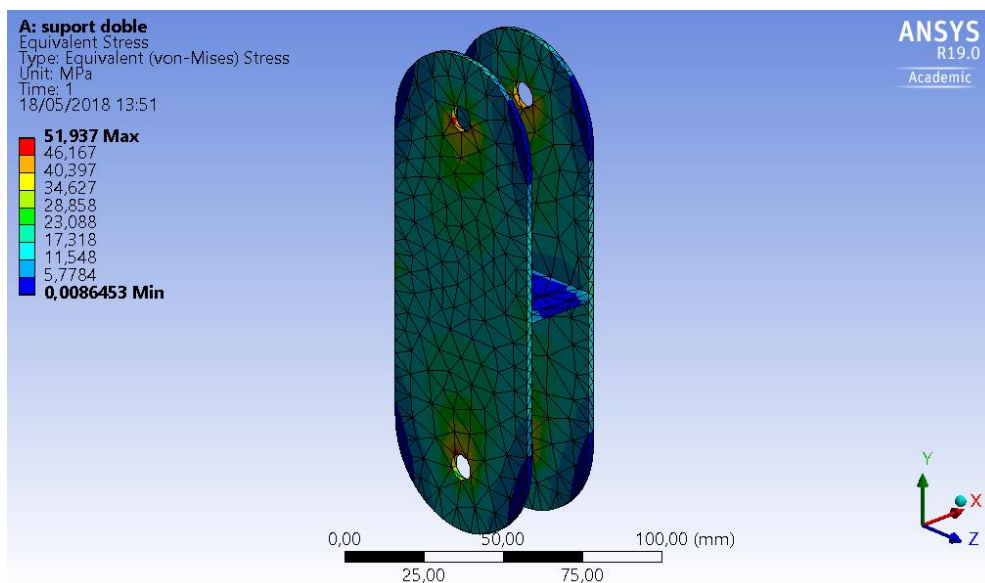


Fig.B11 Resultat càlcul de tensions Von-Mises

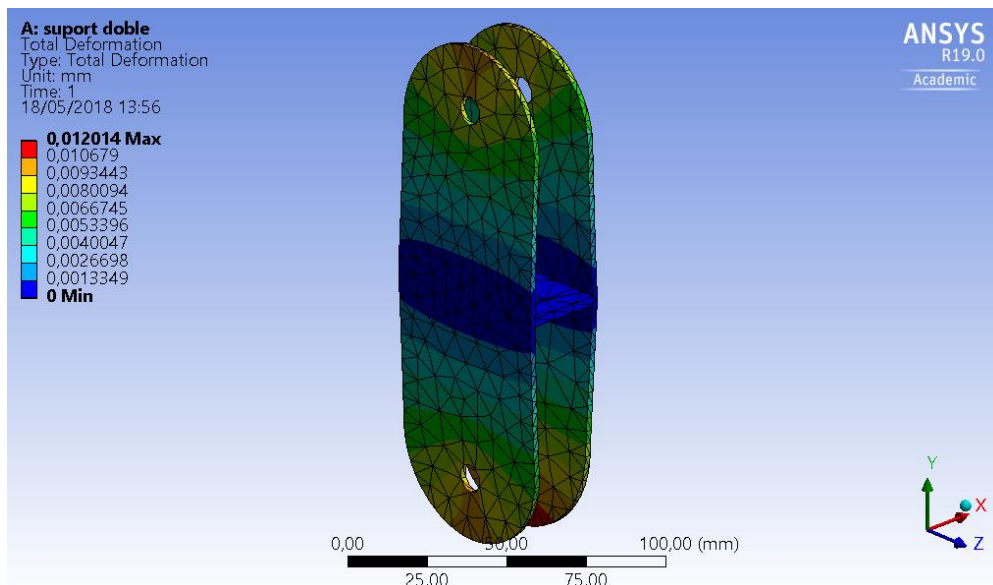


Fig.B12 Resultat simulació de deformació total (x5 escala real)

Finalment l'estudi revela que per una càrrega de 200kg el suport doble presenta un coeficient de seguretat mínim de 4,8 per tant podem confirmar que es vàlid per ser utilitzat a l'estació dissenyada.

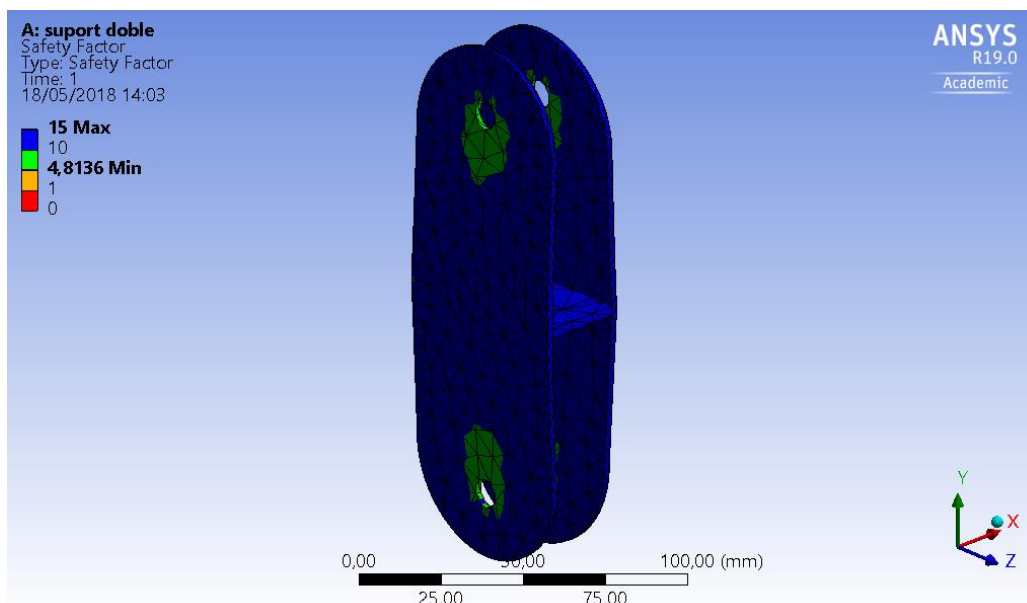


Fig.B13 Coeficient de seguretat

### B.1.3 Suport rodet de transport

De manera similar a l'anàlisi anterior es malla la geometria amb un mallat fi de l'ordre de pocs mil·límetres.

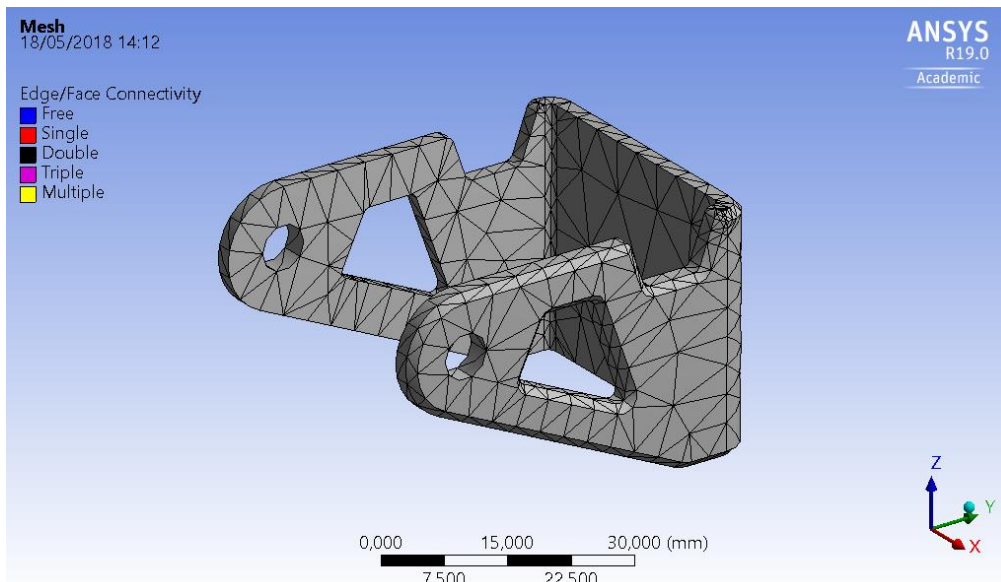


Fig.B14 Geometria mallada

Es suposa un cas desfavorable en el que el rodets de transport han d'aguantar una força de 2000N, en conseqüència, cada rodet suporta la meitat de la càrrega repartida uniformement, la cara "A" queda fixada a la bancada mitjançant una soldadura.

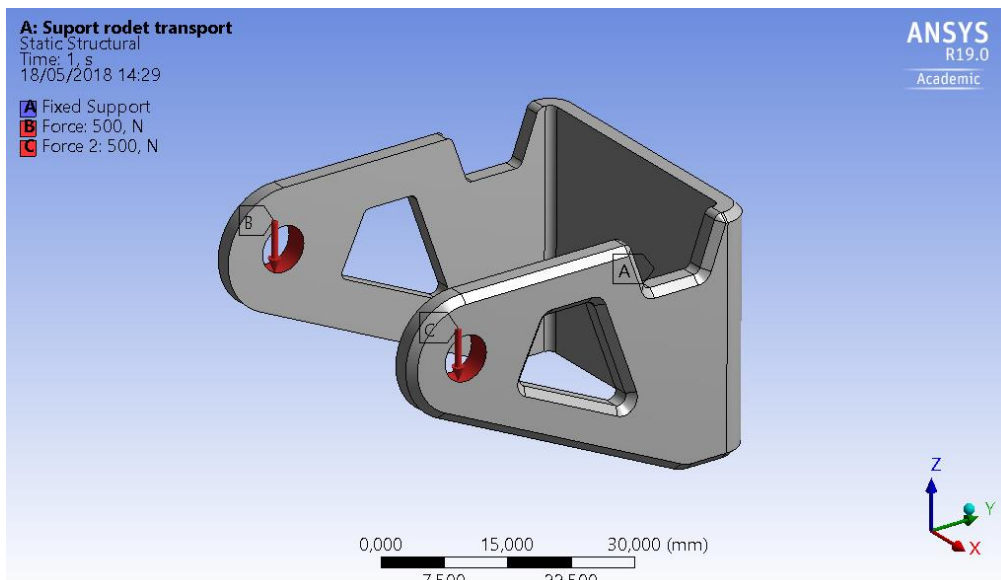


Fig.B15 Forces aplicades i cares fixes

### B.1.3.1 Resultats

<b>Material</b>	Acer estructural
<b>Límit elàstic</b>	250 Mpa
<b>Tensió de ruptura</b>	460 Mpa
<b>Coefficient de poisson</b>	0,3
<b>Nº nodes</b>	9465
<b>Temperatura d'assaig</b>	22°C

Fig.B16 Paràmetres de càlcul

L'estudi revela que el punt on es concentren les tensions màximes és en un dels arrodoniments del suport, just on es produeix un petit escurçament de la secció, la tensió màxima de Von-mises és de 204 MPa, lluny encara del seu límit elàstic. Al voltant de les ranures per estalviar material també s'aprecia un augment de les tensions, en aquest cas no superen els 91 MPa.

La deformada s'ajusta molt al que es podia predir, el punt més deformat es situa a l'extrem més allunyat de la cara fixada, la deformació màxima és de tan sols 0,055mm. La fig.B18 mostra el suport deformat en una escala 67 cops superior a la real.

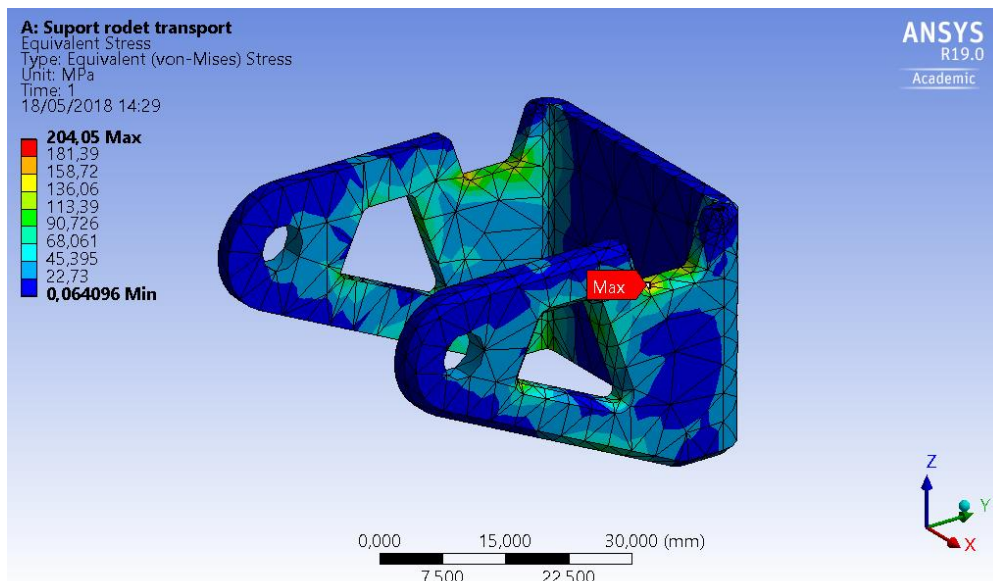


Fig.B17 Resultat càlcul de tensions Von-Mises

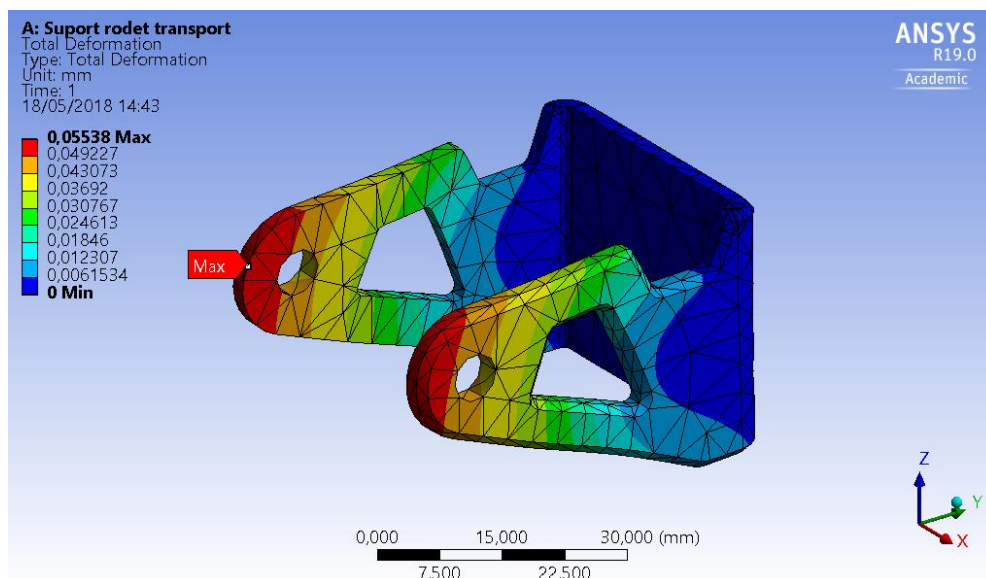


Fig.B18 Resultat simulació de deformació total (x67 escala real)

Finalment per a la càrrega mencionada el coeficient de seguretat mínim és de només 1,2 i es situa al punt on es troba la tensió màxima, es conclou que el resultat és suficient ja que estem simulant un cas molt desfavorable i seguim estant molt allunyats de la tensió de ruptura de 460MPa.

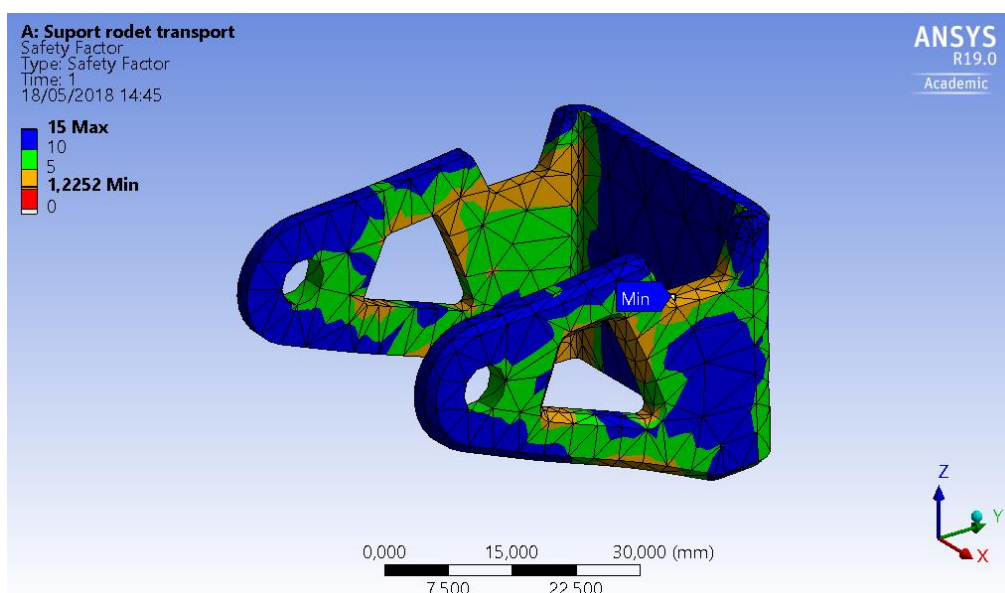


Fig.B19 Coeficient de seguretat

## **B.2 Conclusions de l'anàlisi MEF**

Un cop analitzats els elements més sol·licitats i sensibles de crear problemes podem concloure que aplicant les càrregues descrites els elements es comportaran de manera fiable.

El xassís i el suport doble presenten coeficients de seguretat més que suficients però no es justifica la necessitat de redimensionar els elements ja que no comportaria una reducció notable en el cost de fabricació ni al pes total.

Cal remarcar que els resultats obtinguts i la seva precisió estan lligats a la densitat del mallat i a la similitud del material d'assaig amb el realment emprat, per tant, no ens en podem fiar completament. De la mateixa manera, alguns arrodoniments complexos s'han eliminat de la geometria de la bancada per tal de simplificar i agilitzar la simulació, aquest últim fet hauria de provocar una concentració de tensions més gran al model simulat del que realment és.

## **Annex C: Producte final i renderitzat**

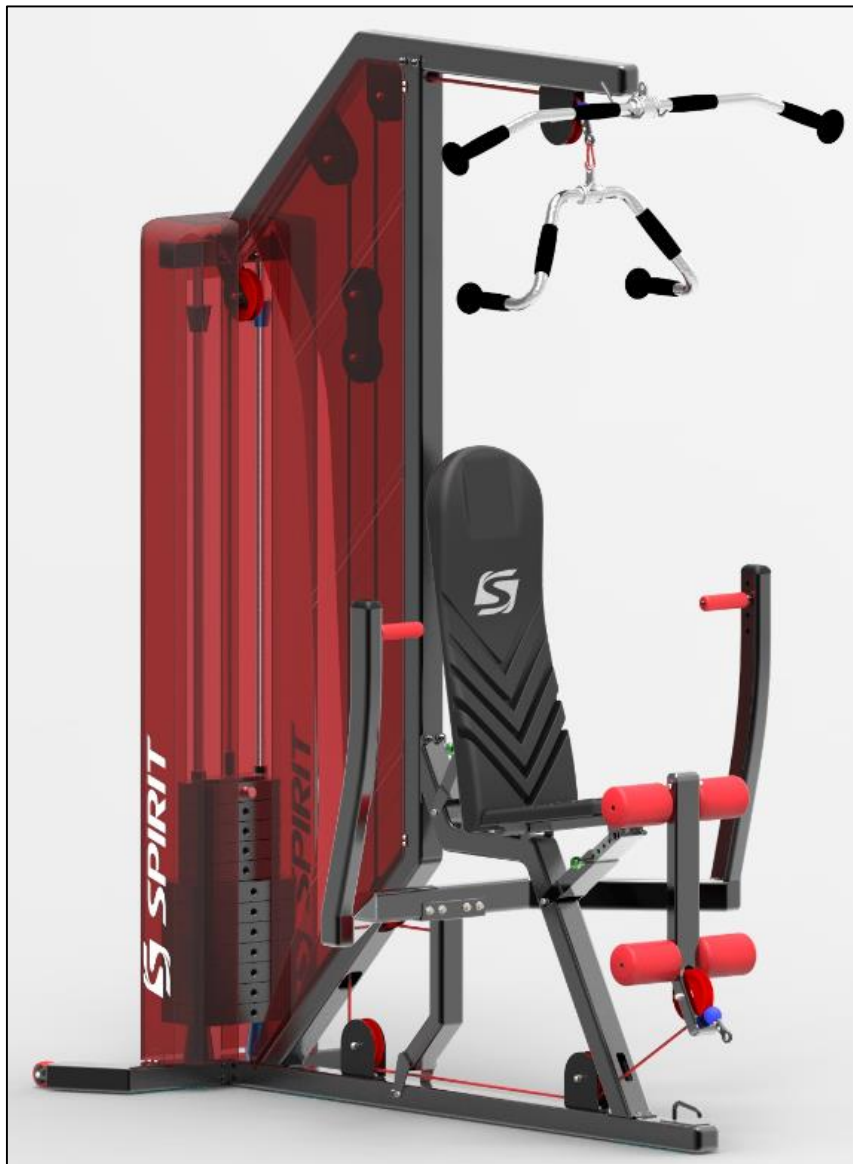


## C.1 ASPECTE DEL PRODUCTE FINAL

Per tal de poder-se fer una idea de l'aspecte final de l'estació un cop fabricada s'han realitzat diversos renderitzats amb el software "Keyshot6", s'han aplicat els materials de fabricació per aportar realisme i s'ha dotat l'entorn d'unes condicions d'il·luminació i lluminositat d'estudi per ressaltar el seu disseny. Finalment s'han aplicat etiquetes amb el logotip del peticionari a la carcassa dels pesos i al respall del seient.

### C.1.2 Renderitzats

#### C.1.2.1 Perspectiva



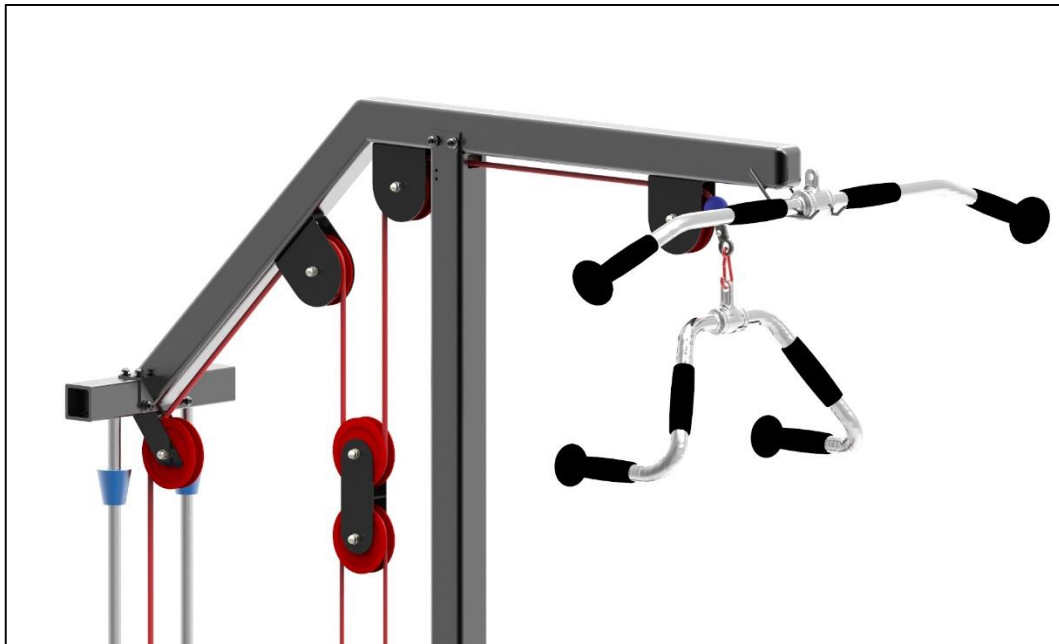
### C.1.2.2 Perfil i alçat



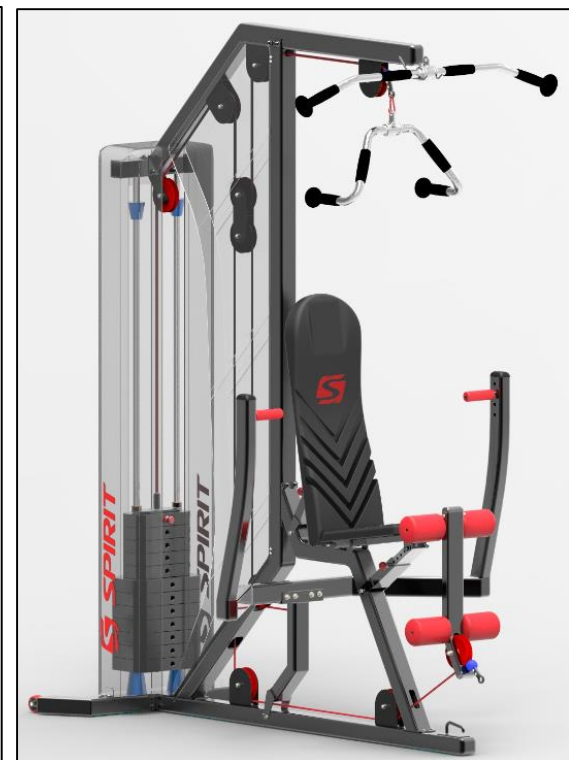
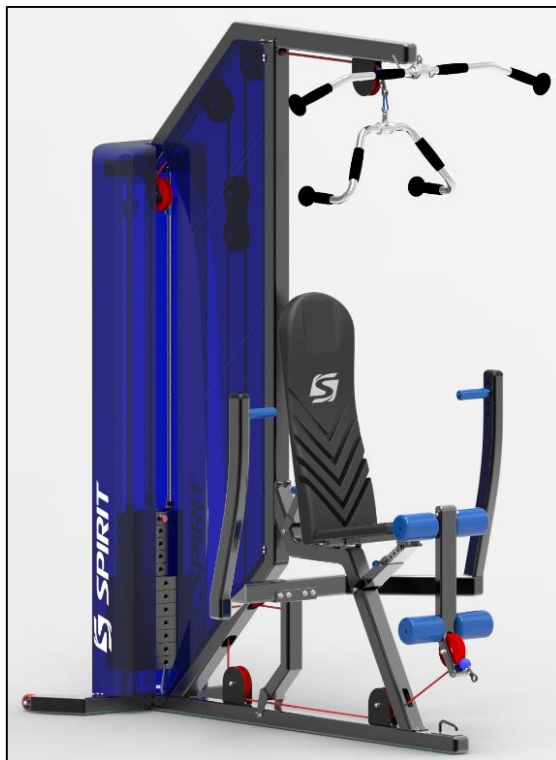
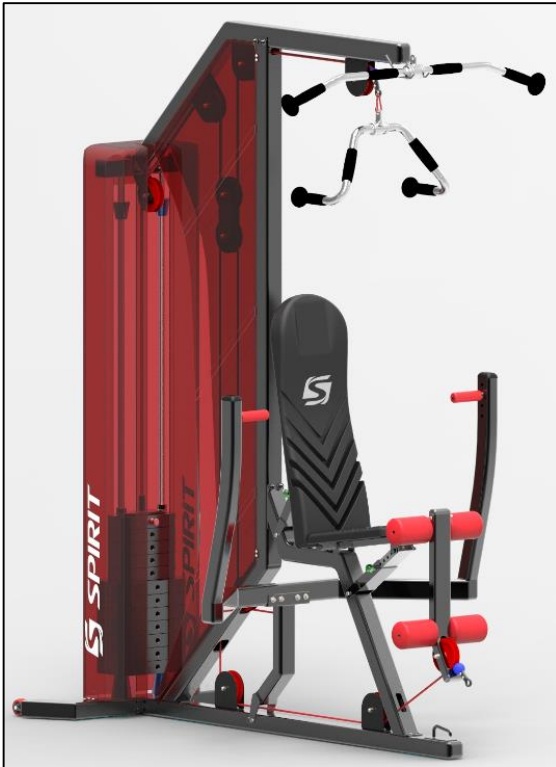
### C.1.2.3 Vistes de detall, inferior i posterior



### C.1.2.4 Vistes de detall sense proteccions



### C.1.2.5 Possibles acabats



## **Annex D: Manual d'usuari i manteniment**

## D.1 MANUAL D'USUARI

Es recomana la lectura del manual d'usuari abans d'utilitzar l'estació per tal d'evitar situacions de perill i poder gaudir de manera còmode i segura.

### D.1.1 Adaptació i ajust ergonòmic

- Reguli l'altura i posició del seient mitjançant el passador situat sota el respall horitzontal en funció de l'altura i exercici que es vulgui practicar.
- Reguli la inclinació del respall vertical mitjançant el passador situat rere seu, procuri realitzar els exercicis amb l'esquena completament recolzada al coixí per evitar males pràctiques.
- Utilitzi subjeccions còmodes tant a la politja baixa com a l'alta per evitar realitzar moviments antinaturalment.
- Abans d'utilitzar la premsa per primer cop, ajusti les manetes en una posició còmode a l'altura del pit.
- En cas que alguna de les proteccions estigui danyada o presenti deformacions substitueixi-la immediatament.

### D.1.2 Precaucions i advertències de seguretat

- Eviti carregar massa pes, comenci sempre amb un pes baix i vagi incrementant-lo en funció de les seves possibilitats.
- Revisi periòdicament l'estat dels cables tensors i politges, substitueixi els elements que presentin danys o problemes.
- En cas de sentir un soroll no present anteriorment o notar vibracions notables pari l'activitat immediatament i revisi els components, presti especialment atenció als rodaments de boles.
- Davant una caiguda dels pesos accidental revisi la integritat dels components afectats, els topalls d'impacte poden no absorbir el xoc completament.
- Si nota molèsties musculars, migranya, mareig o qualsevol tipus de dolor pari l'activitat immediatament.
- Tingui especial precaució si està en rehabilitació, consulti el vostre metge de confiança en cas de dubte.

### **D.1.3 Informació destacada i funcionament**

- Seleccioni el pes amb el que es vol treballar mitjançant el passador situat al selector de peses.
- Mantingui sempre els cables tensors amb una mínima tensió, per aconseguir-ho, ajusti la posició dels topalls de goma situats als extrems de la politja alta/baixa.
- En cas de voler substituir els pesos de sèrie per d'altres, tingui present que hauran de ser compatibles amb el conjunt selector de peses.
- Per substituir els pesos de sèrie retiri la carcassa semitransparent amb compte i descolli els 4 cargols que l'uneixen a la bancada base.
- Si decideix substituir els pesos de sèrie tingui present que el conjunt dels pesos nous no podrà superar els 200kg.
- Per traslladar l'estació aixequi-la amb l'ajuda de la maneta situada sota el seient una inclinació mínima de 7º.

### **D.1.4 Responsabilitats**

- El fabricant no es responsabilitza davant l'ús incorrecte de l'estació, el client assumeix el risc de patir lesions si no es prenen les mesures preventives adients.
- El fabricant no es farà càrrec de cap reparació o substitució si s'han usat elements no originals o s'han dut a terme reparacions prèvies per terceres persones.



## D.2 MANTENIMENT

Es recomana la comprovació periòdica de tots els elements per tal de garantir el bon funcionament de l'estació, en cas de detectar qualsevol anomalia pari l'activitat i revisi els possibles components defectuosos. És important mantenir una bona higiene en tot moment, netegi l'estació després de cada ús.

En cas de no produir-se cap anomalia es realitzarà un manteniment preventiu cada 6 mesos, o bé cada 3 si s'usa amb una freqüència elevada.

### D.2.1 Conservació dels cables tensors i politges

- Revisi detingudament l'estat dels cables tensors, si detecta deformacions o fissures substitueixi'ls.
- Comprovi el recobriment dels cables, un cable pelat provocaria el desgast prematur de les politges, vibracions i sorolls no desitjats.
- Inspeccioni les politges de niló, el seus rodaments haurien de girar amb facilitat i sense vibracions, afegeixi lubricant si fos necessari.

### D.2.2 Conservació del xassís

- Revisi les unions cargolades i colli les que presentin joc, busqui òxid o qualsevol indicati de deteriorament.
- Busqui atentament fissures o qualsevol tipus d'esquerda present a la bancada.
- Comprovi que les guies posteriors no freguen amb els pesos ni el selector, substitueixi els rodaments de fricció en cas de presentar desgast.

### D.2.3 Conservació del seient

- Inspeccioni detingudament l'estat dels respallers vertical i horitzontal, en cas de presentar deformacions substitueixi'ls.
- Revisi les xarneres i comprovi que es mouen al llarg de tot el seu recorregut sense sorolls ni impediments.
- Comprovi el recorregut del conjunt "extensió de cames", si els coixins per les cames presenten deformacions substitueixi'ls.

## **Annex E: Recuperació parcial d'energia**

## E.1 INTRODUCCIÓ

Tradicionalment durant l'aixecament de peses es produeix energia mecànica que no s'aprofita, queda doncs malbaratada, en aquest últim annex es fa un petit estudi per esbrinar com es podria aprofitar part de l'energia produïda sense arribar a l'aplicació pràctica.

## E.2 CONVERSIÓ D'ENERGIA

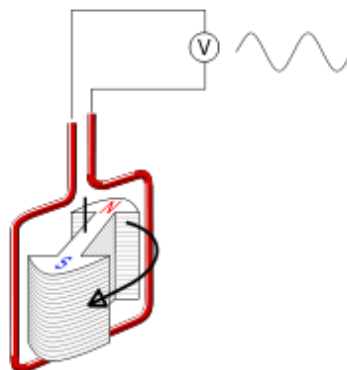
Per tal d'aprofitar l'energia mecànica produïda ens cal convertir-la en elèctrica, per poder fer-ho, existeixen al mercat diversos generadors d'energia elèctrica basats en el fenomen de l'inducció electromagnètica.

Idealment el generador es situaria muntat en el propi selector de peses i aprofitaria el moviment lineal al llarg de les guies per fer girar un eix solidari al generador, al mateix temps aquest carregaria una bateria externa de baix voltatge. El principi d'aplicació seria molt similar al que utilitzen els alternadors a les bicicletes.

### E.2.1 Generadors d'energia

El més conegut és el dinamo, permet generar corrent elèctric en continua de manera molt senzilla, el problema principal és que degut al canvi de velocitat constant que es produeix al selector de peses aquest produiria un voltatge i corrent difícils de regular, a més, s'hauria d'evitar l'inversió del flux del corrent, doncs el dinamo és bàsicament un motor i començaria a girar quan el potencial de la bateria fos superior al generat per el propi dinamo.

Per tot això seria més convenient utilitzar un alternador, que de manera similar genera corrent elèctric però ho fa canviant la seva polaritat al llarg del temps a una freqüència de 50Hz, d'aquesta manera i fent ús d'un rectificador de corrent (ja integrat a molts alternadors) es podria carregar una bateria d'uns 5V en corrent continu.



*Fig.E1 Principi de funcionament d'un alternador i corrent generat per aquest*

## E.3 ENERGIA PRODUÏDA

L'energia generada s'emmagatzemaria en una bateria externa situada a la carcassa posterior dels pesos, la seva capacitat no hauria d'excedir 2000mah doncs difícilment es superarien.

La bateria s'utilitzaria com a font d'alimentació per a donar servei a una sèrie d'entrades USB, i a la vegada aquestes entrades permetrien carregar a un voltatge de 5V qualsevol aparell electrònic actual (mp3, taquetes, mòbils, altaveus sense fil...)

La disposició de les entrades USB es situaria en alguna part accessible de l'estació, preferiblement aniria integrada a la pròpia carcassa posterior i amb una petita safata per dipositar el dispositiu que s'estigui carregant.



Fig.E2 "Hub" USB de 4 entrades amb indicador de bateria integrat

### E.3.1 Consideracions

- Cal tenir present que l'energia produïda no depèn en cap cas del pes aixecat pel selector, sinó que es genera a costa de vèncer una resistència extra deguda al fenomen de l'inducció electromagnètica generada dins l'alternador. Aquesta energia produïda serà directament proporcional a la velocitat assolida pel selector.
- S'estima una intensitat de càrrega no superior a 0,5A basada en la produïda als alternadors de bicicleta.
- Degut al baix amperatge subministrat no podria carregar dispositius amb tecnologia "Quickcharge" o similar.