

ÍNDEX ANNEX DE CÀLCULS

| | |
|--|-----------|
| 1. Coordenades geomètriques..... | 1 |
| 1.1. Coordenades de la geometria base de la cadira prototip..... | 1 |
| 1.2. Coordenades de la geometria amb les modificacions | 2 |
| 2. Hipòtesis de càrrega | 3 |
| 3. Dimensions de la malla | 5 |
| 4. Propietats geomètriques dels perfils emprats en la cadira..... | 6 |
| 5. Propietats mecàniques del material | 7 |
| 6. Valors màxims i mínims extrets en les simulacions | 8 |
| 6.1. Assaig del prototip en posició de propulsió | 8 |
| 6.2. Assaig del prototip en posició de propulsió | 9 |
| 6.3. Taula resum del prototip..... | 10 |
| 6.4. Assaig amb les modificacions en posició de propulsió..... | 11 |
| 6.5. Assaig amb les modificacions en posició de tracció | 12 |
| 6.6. Taula resum del prototip modificat | 13 |
| 7. Càlcul de rodaments..... | 14 |

1. Coordenades geomètriques

Per tal de poder introduir les coordenades de l'estructura al programa de càlcul, s'ha fet un llista de la localització dels punts. Mitjançant la correcta unió dels punts s'obté la estructura dissenyada.

A continuació estan llistades les coordenades respecte el punt (0,0,0). S'han ordenat els grups de coordenades en relació al tubs que crea la seva unió.

1.1. Coordenades de la geometria base de la cadira prototip:

Eix principal:

- (000)
- (311,101.05,0)
- (-311,101.05,0)
- (251.55,81.73,0)
- (-251.55,81.73,0)

Casquillos:

- (302.5,-62.42,-207)
- (-302.5,-62.42,-207)
- (140,-67.42,400)
- (-140,-67.42,400)

Fèmurs:

- (193.55,150.12,-153.58)
- (193.55,-150.12,-153.58)
- (-155,292.63,283.31)
- (155,292.63,283.31)
- (146.95,226.05,374.58)
- (-146.95,226.05,374.58)
- (147,-57.95,373)
- (-147,-57.95,373)

V davant:

- (167.81,-30.24,300.28)
- (-167.81,-30.24,300.28)

Respatllers:

- (193.55,380,-153.58)
- (-193.55,380,-153.58)
- (193.55,150.12,-153.58)
- (-193.55,150.12,-153.58)

1.2. Coordenades de la geometria amb les modificacions.

Les següents coordenades són les referents a les sis modificacions fetes en el prototip. Les coordenades del model base es mantenen iguals.

V davant:

- (167.81,-30.24,300.28)
- (-167.81,-30.24,300.28)
- Radi de curvatura: 300mm

V darrera:

- (-302.50,-67.42,-307)
- (302.50,-67.42,-307)
- (0,0,0)
- Radi de curvatura: 300mm

Tirant eix principal:

- (-254.25,72.91,0)
- (254.25,72.91,0)

Tirant braç dret:

- (-73.83,-25.87,281.56)
- (-284.50,-15.08,-129.89)

Tirant braç esquerra:

- (73.83,-25.87,281.56)
- (284.50,-15.08,-129.89)

Pilar secundari dret:

- (-180,191.39,0)
- (-180,72.91,0)

Pilar secundari esquerra:

- (180,191.39,0)
- (180,72.91,0)

2. Hipòtesis de càrrega

Arribats a aquest punt, es formulen les hipòtesis de càrrega de l'estructura que s'usaran en les simulacions amb ordinador.

Pes: majorat a 100Kg

$$P = 100\text{kg} = \mathbf{981\text{N}}$$

Superfície d'aplicació:

$$S = 300\text{mm} \times 400\text{mm} = \mathbf{120000\text{mm}^2}$$

Longitud d'aplicació de la força pes en els tubs fèmur:

$$L = \mathbf{400\text{mm}}$$

La pressió pot estar aplicada en n punts sobre l'estructura, depenent de l'assaig n pot valdre 4 o 6.

Amb les dades anteriors s'obtenen les següents pressions equivalents, és a dir, les hipòtesis de càrrega:

(Ps) Pressió sobre tota la superfície.

$$P_s = P/S \quad (1)$$

$$\mathbf{P_s \approx 0.01\text{N/mm}^2}$$

(Pl) Pressió lineal sobre el tub fèmur.

$$P_l = P_s \times L \quad (2)$$

$$\mathbf{P_l \approx 4\text{N/mm}}$$

(Pp) Pressió puntual

$$P_p = P/n \quad (3)$$

Si n = 4:

$$\mathbf{P_p \approx 220\text{N}}$$

Si $n=6$, com és el cas de les hipòtesis de càrregues aplicades en el model modificat, les 6 forces puntuals no estan distribuïdes equitativament, per tant, els seus valors no són els mateixos. De manera que s'aplica el mètode de les àrees tributàries. Tenint en compte la geometria següent:

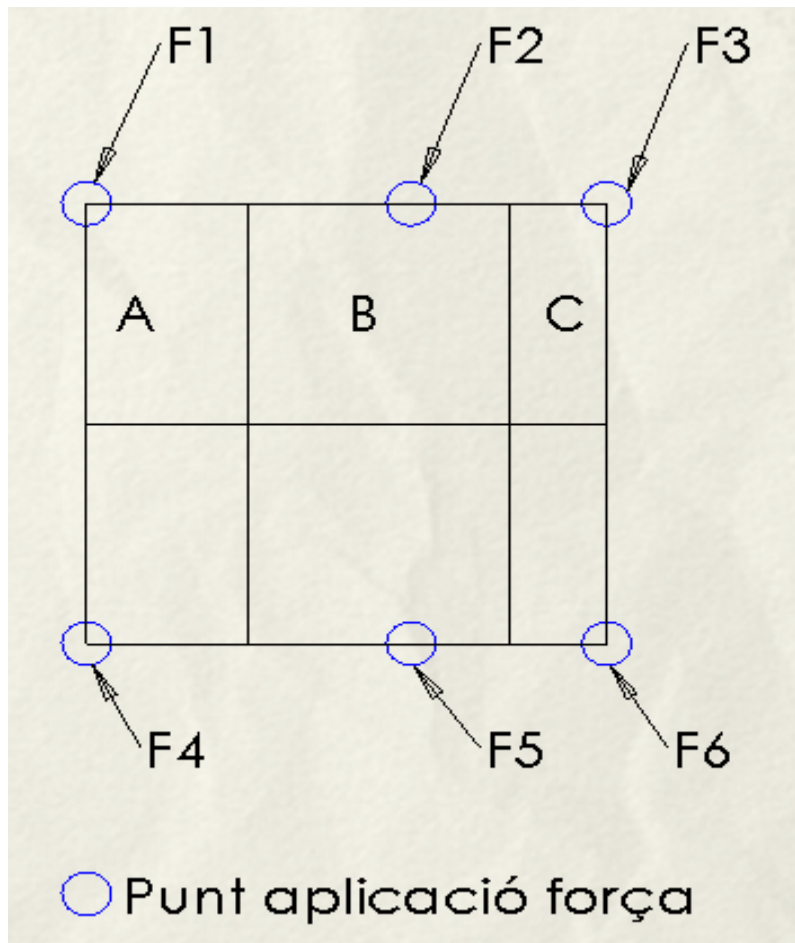


Figura 151: Dibuix àrees tributàries

Sabem que:

$$F1=F4$$

$$F2=F5$$

$$F3=F6$$

Area total: 170000mm²

$$\text{Area A} = 27200\text{mm}^2$$

$$\text{Area B} = 42000\text{mm}^2$$

$$\text{Area C} = 15800\text{mm}^2$$

Per tant, podem calcular el valor de cada força en funció de la seva àrea de càrrega fent una regla de tres:

$$F1=F4 = (27200 \cdot 981) / 170000 = \mathbf{146.96N}$$

$$F2=F5 = (42000 \cdot 981) / 170000 = \mathbf{242.36N}$$

$$F3=F6 = (15800 \cdot 981) / 170000 = \mathbf{91.17N}$$

Comprovem que la suma de totes les forces equival al total:

$$\Sigma F_i = 981\text{N} \quad (4)$$

$$(F_1 + F_2 + F_3) \cdot 2 = \mathbf{978\text{N} \approx 981\text{N}} \quad \text{OK!}$$

3. Dimensions de la malla

A continuació es fa el càlcul per determinar les dimensions de la malla en funció del elements més petit.

Element de menor longitud: Tub nucli-fèmur amb **400mm**.

Número de nodes que es volen analitzar en el tub: **20 nodes**.

(Nd) Nodes per unitat de longitud:

$$N_d = 400/20 = \mathbf{20\text{mm}}$$

4. Propietats geomètriques dels perfils emprats en la cadira:

A l'hora d'entrar les característiques mecàniques dels perfils en el programa de càlcul, s'han tingut en compte les següents propietats.

Tal i com s'ha explicat en el Capítol 3, els perfils disponibles són dos: de 19,9 i 26,6mm.

4.1. Tub de 26,6mm

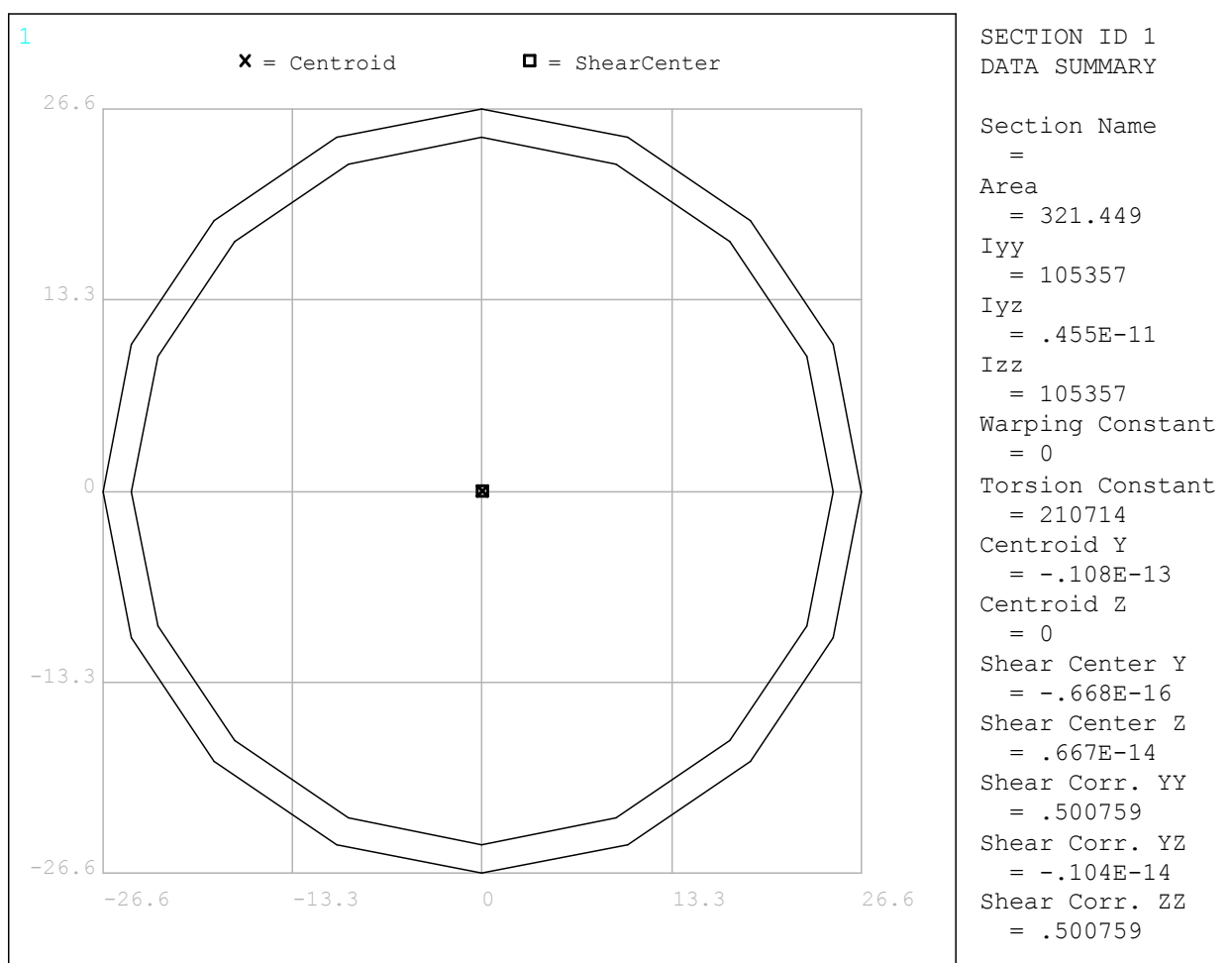


Figura 152: Propietats tub 19.9

4.2. Tub de 19,9mm

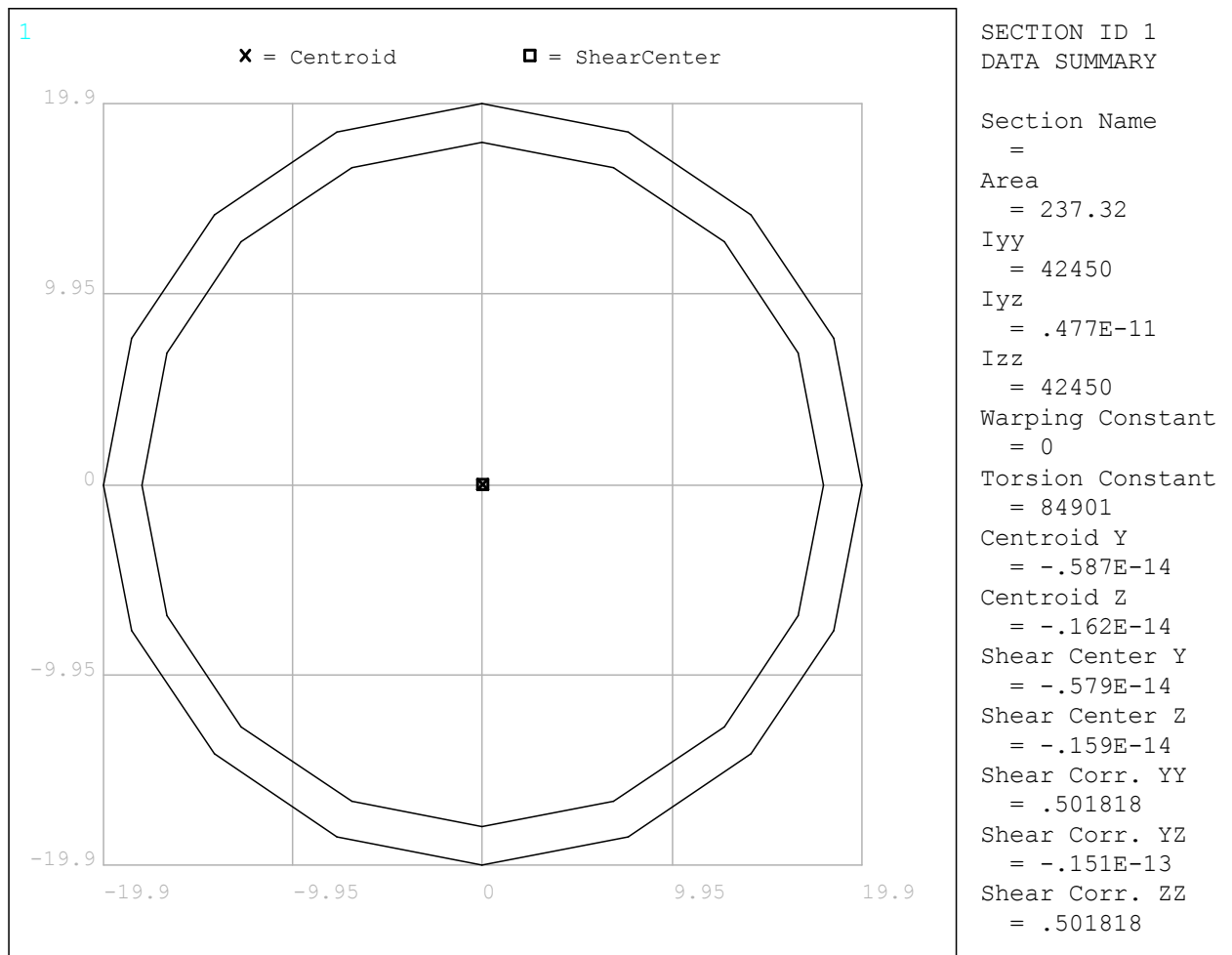


Figura 156: Propietats tub 26.6

5. Propietats mecàniques del material

| Propietat | Unitat |
|--------------------------|--------------------------|
| Resistència a la tracció | 345 MPa |
| Límit elàstic | 275 MPa |
| Ductilitat | 20 % |
| Estricció | 30 % |
| Duresa | 82 HRB |
| Resistència elèctrica | 0.56 $\mu\Omega\text{m}$ |
| Densitat | 4507 Kg/m ³ |

A l'hora d'introduir les dades del material al programa ANSYS s'ha caracteritzat com material isotròpic, és a dir, s'ha donat al nostre material la capacitat d'actuar per igual en totes les direccions.

6. Valors màxims i mínims extrets en les simulacions

A continuació estan recollits i localitzats els màxims valors absoluts que s'an obtenint en els diferents assajos amb el programa ANSYS®.

6.1. Assaig del prototip en posició de propulsió.

Moments flectors:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 1 | 113 |
| VALUE | -1849.0 | -1797.1 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 178 | 94 |
| VALUE | 1849.0 | 1758.6 |

Esforços tallants:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 195 | 195 |
| VALUE | -121.11 | -121.11 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 202 | 202 |
| VALUE | 121.11 | 121.11 |

Els valors màxims de tallants en l'estructura s'han despreciat. Els esforços són de l'ordre de 15 N, i per tan, despreciables ja que resulten extremadament petits en comparació a la resta de valors, tal com s'ha justificat en el punt 3.4.2. *Procés d'optimització i mètodes emprats*

Esforços normals:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 55 | 55 |
| VALUE | -200.03 | -200.03 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 127 | 127 |
| VALUE | 191.68 | 191.68 |

6.2. Assaig del prototip en posició de propulsió.

Moments flectors:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 197 | 215 |
| VALUE | -2842.2 | -3013.1 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 28 | 318 |
| VALUE | 3721.0 | 3721.0 |

Esforços tallants:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 200 | 200 |
| VALUE | -93.953 | -93.953 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 96 | 96 |
| VALUE | 93.953 | 93.953 |

Esforços normals:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 136 | 135 |
| VALUE | -176.85 | -176.85 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 167 | 167 |
| VALUE | 183.41 | 183.41 |

6.3. Taula resum del prototip

Llista de resultats de valors màxims i mínims del primer i el segon assaig sobre la geometria del prototip amb perfil de tub de 19.9mm amb 1mm de pared:

Taula 30: *Extracte de resultats del assaig a propulsió*

| MINIMUM VALUES | | | | | | | | |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| | MI | MJ | TI | TJ | NI | NJ | UX | UY |
| ELEM | 1 | 113 | 195 | 195 | 55 | 55 | 177 | 267 |
| VALUE | -1849 | -1797 | -121.1 | -121.1 | -200.1 | -200.1 | -0.6E-02 | -0.7E-02 |
| MAXIMUM VALUES | | | | | | | | |
| ELEM | 178 | 94 | 202 | 202 | 127 | 127 | 100 | 21 |
| VALUE | 1849 | 1758.6 | 121.11 | 121.11 | 191.68 | 191.68 | 0.616E-02 | 0.104E-02 |

Taula 31: *Extracte de resultats del assaig a tracció*

| MINIMUM VALUES | | | | | | | | |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| | MI | MJ | TI | TJ | NI | NJ | UX | UY |
| ELEM | 197 | 215 | 200 | 200 | 136 | 135 | 128 | 266 |
| VALUE | -2842 | -3013 | -93.95 | -93.9 | -176.8 | -176.8 | -0.42E-02 | -0.45E-02 |
| MAXIMUM VALUES | | | | | | | | |
| ELEM | 28 | 318 | 96 | 96 | 167 | 167 | 216 | 163 |
| VALUE | 3721 | 3721.0 | 93.953 | 93.953 | 183.41 | 183.41 | 0.425E-02 | 0.425E-02 |

Sent les unitats analitzades:

M -> Moments flectors en N.m

T -> Esforços tallants en N

N -> Esforços normals o axils en N

U -> Moments torçors en N.m

6.4. Assaig amb les modificacions en posició de propulsió.

Moments flectors:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 197 | 366 |
| VALUE | -2741.9 | -1819.9 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 92 | 372 |
| VALUE | 2741.9 | 1819.9 |

Esforços tallants:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|---------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 199 | 199 |
| VALUE | -72.63 | -72.634 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|-------|-------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 93 | 93 |
| VALUE | 72.64 | 72.64 |

Esforços normals:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 362 | 362 |
| VALUE | -160.60 | -160.60 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 136 | 136 |
| VALUE | 104.35 | 104.35 |

6.5. Assaig amb les modificacions en posició de tracció.

Moments flectors:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 197 | 94 |
| VALUE | -2951.8 | -1765.4 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | MI | MJ |
| ELEM | 92 | 352 |
| VALUE | 2951.8 | 2067.3 |

Esforços tallants:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|--------|--------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 199 | 199 |
| VALUE | -85.91 | -85.91 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|-------|-------|
| | TI | TJ |
| ELEM | 94 | 94 |
| VALUE | 85.91 | 85.91 |

Esforços normals:

| MINIMUM VALUES | | |
|----------------|---------|---------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 362 | 362 |
| VALUE | -167.68 | -167.68 |

| MAXIMUM VALUES | | |
|----------------|-------|-------|
| | NI | NJ |
| ELEM | 124 | 124 |
| VALUE | 93.18 | 93.18 |

6.6. Taula resum del prototip modificat

Llista de resultats de valors màxims i mínims del primer i el segon assaig sobre el prototip amb les modificacions:

Taula 32: Extracte de resultats del assaig a propulsió

| MINIMUM VALUES | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| | MI | MJ | TI | TJ | NI | NJ | UX | UY |
| ELEM | 197 | 366 | 362 | 362 | 199 | 199 | 91 | 338 |
| VALUE | -2741 | -1819 | -160.6 | -160.6 | -72.63 | -72.63 | -0.79E-03 | -0.14E-02 |
| MAXIMUM VALUES | | | | | | | | |
| ELEM | 92 | 372 | 136 | 136 | 93 | 93 | 135 | 106 |
| VALUE | 2741 | 1819 | 104.35 | 104.35 | 72.63 | 72.63 | 0.79E-03 | 0.124E-03 |

Taula 33: Extracte de resultats del assaig a tracció

| MINIMUM VALUES | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-----------|-----------|
| | MI | MJ | TI | TJ | NI | NJ | UX | UY |
| ELEM | 197 | 94 | 199 | 199 | 362 | 362 | 91 | 338 |
| VALUE | -2951 | -1765 | -85.9 | -85.9 | -167.8 | -167.8 | -0.10E-02 | -0.17E-02 |
| MAXIMUM VALUES | | | | | | | | |
| ELEM | 92 | 352 | 94 | 94 | 124 | 124 | 135 | 106 |
| VALUE | 2951 | 2067 | 85.91 | 85.91 | 93.18 | 93.18 | 0.10E-02 | 0.175E-02 |

Sent les unitats analitzades:

M -> Moments flectors en N.m

T -> Esforços tallants en N

N -> Esforços normals o axils en N

U -> Moments torçors en N.m

7. Càlcul de rodaments.

En aquest apartat es pretén determinar quins són els esforços que han de suportar els rodaments dels casquillos. en funció dels esforços obtinguts es podrà fer la tria del model més adequat.

Primer de tot, s'obté la geometria del conjunt. Així es determina la localització dels rodaments i el punt d'aplicació de la força.

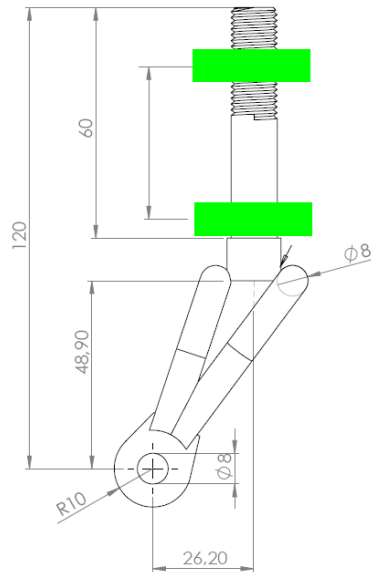


Figura 154: Geometria de la forquilla, els rodaments en verd

Seguidament, s'estudia la forma en que estan els rodaments muntats dins els casquillo. És a dir, les restriccions que pot imposar cada rodament:

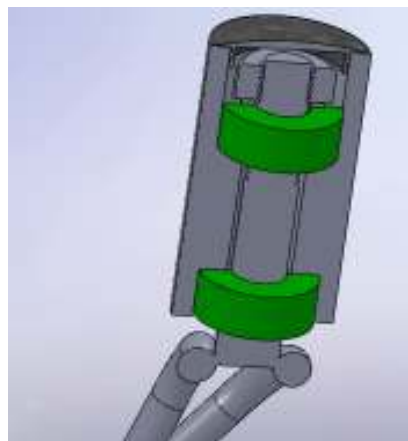


Figura 154: Muntatge dels rodaments

- El rodament superior. Donat el seu muntatge, limita el moviment només en sentit horitzontal.
- El rodament superior. Donat el seu muntatge i el sentit de la força, limita el moviment en sentit horitzontal i vertical.

Es simplifica el dibuix i es fa el diagrama del sòlid lliure. D'aquesta manera es poden determinar les reaccions en els rodaments.

S'ha suposat una força de 45Kg. S'ha majorat el pes que ha d'aguantar cada parella de rodetes fins a 90Kg.

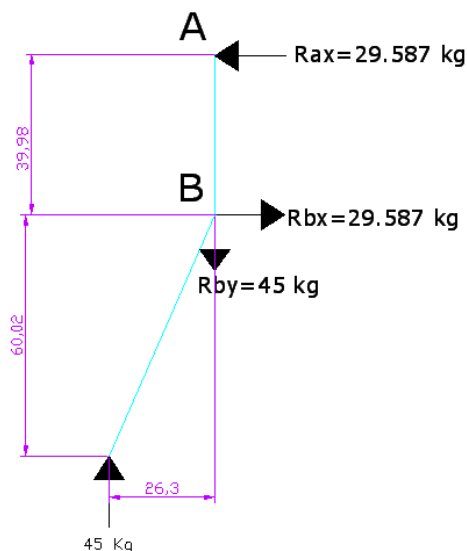


Figura 154: Sistema simplificat.

Sabent que el sistema esta en equilibri:

$$\sum F_y = 0 \quad (5)$$

$$R_{by} = 45 \text{ Kg} = \mathbf{441 \text{ N}}$$

$$M_B = 0 \quad (6)$$

$$45 \text{ Kg} * 26,3 - R_{ba} * 39,98 = 0$$

Per tant Rax valdrà:

$$R_{ax} = 29,56 \text{ Kg} = \mathbf{289.89 \text{ N}}$$

Tornant a aplicar el mateix principi però en l'eix horitzontal:

$$\sum F_x = 0 \quad (7)$$

$$R_{bx} = 29,56 \text{ Kg} = \mathbf{289.89 \text{ N}}$$

-Cal que els rodaments superiors siguin purament radials amb una índex de càrrega **superior als 290N**

-Cal que els rodaments inferiors puguin aguantar càrregues radials **superiors als 290N** i càrregues axials **superiors als 441N**