

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol:

**DETERMINACIÓ EXPERIMENTAL I ANALÍTICA DE LA RESISTÈNCIA
A FATIGA D'UNA PEÇA**

Document: Núm. 1 Memòria

Alumne: Raül Sanchez Garcia

Tutor: Lluís Ripoll Masferrer

Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria: Juny del curs 2015/2016

Índex

MEMÒRIA	4
1. INTRODUCCIÓ	5
1.1. Antecedents	5
1.1.1. Peticionari	6
1.1.2. Necessitat del peticionari	6
1.2. Objecte del projecte	6
1.3. Abast	6
2. DESCRIPCIÓ DE LA MÀQUINA INICIAL	7
3. METODOLOGIA	8
4. MILLORES EN MÀQUINA	9
4.1. Ròtules del cilindre hidràulic	9
4.1.1. Ròtules inicials	11
4.1.2. Ròtules noves	11
4.2. Fixació de la peça al cilindre hidràulic	12
4.2.1. Fixació inicial de la peça al cilindre hidràulic	12
4.2.2. Fixació nova de la peça al cilindre hidràulic	13
4.3. Fi de cursa	14
4.3.1. Fi de cursa inicial	14
4.3.2. Fi de cursa nou	15
4.4. Sistema anticaiguda	16
5. ELECCIÓ DE LES PECES A ASSAJAR	17
6. CÀLCUL ANALÍTIC	18
6.1. Assaig de duresa	18
6.1.1. Assaig duresa clau gris	19
6.1.2. Assaig duresa clau negre	19
6.2. Càlcul elements finits	20
6.2.1. Resultats elements finits clau gris	24
6.2.2. Resultats elements finits clau negre	25
6.3. Càlcul analític de la resistència a fatiga	26
6.3.1. Càlcul analític de la resistència a fatiga de la clau gris	28
6.3.2. Càlcul analític de la resistència a fatiga de la clau negre	32
7. ASSAIG EXPERIMENTAL AL BANC DE FATIGA	33
7.1. Assaig a fatiga de la clau gris	33
7.2. Assaig a fatiga de la clau negre	34
8. RECÀLCUL I RESULTATS	35

8.1.	Assaig a tracció	35
8.2.	Recàlcul de la resistència a fatiga.....	36
8.2.1.	Recàlcul de la resistència a fatiga de la clau gris	37
8.2.2.	Recàlcul de la resistència a fatiga de la clau negre	37
8.3.	Comparació de resultats.....	38
9.	RESUM DEL PRESUPOST	39
10.	CONCLUSIONS	40
11.	RELACIÓ DE DOCUMENTS	41
ANNEX A. MANUAL DE LA MÀQUINA HIDRÀULICA D'ASSAIG A FATIGA.....		42
A.1.	MUNTATGE DE LA PEÇA I REGULACIÓ DE LA MÀQUINA	43
A.2.	MANTENIMENT	47
A.2.1.	Components.....	47
A.2.2.	Neteja.....	48
A.3.	DESCRIPCIONS TÈCNIQUES.....	49
A.3.2.	Sistema hidràulic.....	49
A.3.3.	Bomba hidràulica	51
A.3.4.	Cilindre hidràulic.....	53
A.3.5.	Electrovàlvula.....	54
A.3.6.	Manòmetre digital.....	55
A.3.7.	Dipòsit.....	60
ANNEX B. MIDES DE LES PECES UTILITZADES PER L'ASSAIG A FATIGA.....		61
B.1.	MIDES CLAU GRIS.....	62
B.2.	MIDES CLAU NEGRE.....	63

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

Al departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, el curs passat, es va construir una màquina per determinar experimentalment el nombre de cicles que triga una peça en trencar-se, per a poder comparar els resultats obtinguts utilitzant programes d'elements finits o bé càlculs analítics.

El treball final de grau de l'exalumne Marc Brugué Ayguadé, va consistir en dissenyar i construir la màquina d'assaig a fatiga, però no es va arribar a fer una posta en marxa exhaustiva i tampoc es va experimentar cap peça.

Aquesta màquina, consta d'un grup hidràulic i un quadre elèctric comandats per un PLC programat.

Connectat al grup hidràulic, hi ha un cilindre, que és l'encarregat d'aplicar les càrregues a la peça a assajar, tal i com es mostra a la Figura 1, i gràcies a una vàlvula reguladora de pressió, es pot ajustar la càrrega a la que se sotmet la peça. Tanmateix, la màquina incorpora una pantalla tàctil amb la qual es poden variar els temps d'obertura i tancament de les vàlvules per a poder ajustar els cicles correctament, o bé comandar-les manualment. En aquesta pantalla també es pot visualitzar un comptador de cicles.

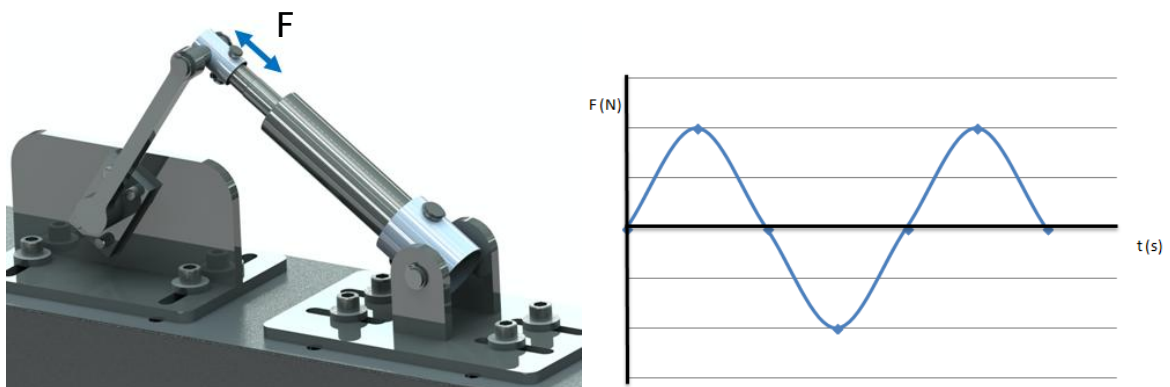


Figura 1: Principi funcionament de la màquina

1.1.1. Peticionari

Departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial
Escola Politècnica Superior
Universitat de Girona
Carrer Maria Aurèlia Capmany nº 61
17071 Girona

1.1.2. Necessitat del peticionari

El departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial, necessita fer una posta en marxa exhaustiva i l'assaig d'una peça, en la màquina que es va construir el curs passat, que es troba al laboratori de disseny de màquines de l'Escola Politècnica Superior, per assegurar-se de que funciona correctament, solucionant els possibles problemes que presenti i per a poder utilitzar-la en les classes de pràctiques d'algunes de les assignatures que s'imparteixen a l'escola.

1.2. Objecte del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és, fer primerament, una posta en marxa exhaustiva de la màquina d'assaig a fatiga del laboratori de disseny de màquines, fent les modificacions necessàries per al seu correcte funcionament. I posteriorment, determinar experimentalment i analíticament, la resistència a fatiga d'una peça.

1.3. Abast

L'abast d'aquest projecte va, des de la posta en marxa de la màquina, fins a determinar la resistència a fatiga de dues peces semblants, per poder comparar resultats entre elles, experimentalment (fent el muntatge necessari i dissenyant els utilatges adients), i analíticament (mitjançant un programa d'elements finits), per a poder comparar els resultats i assegurar-se del correcte funcionament de la màquina.

2. DESCRIPCIÓ DE LA MÀQUINA INICIAL

La màquina d'assaig a fatiga que es troba al laboratori de disseny de màquines, va ser dissenyada en el projecte fi de curs d'en Marc Brugué Ayguadé. Es va construir el curs passat i va quedar tal i com es mostra a la Figura 2.

Aquesta màquina consta de les següents parts:

- Un grup hidràulic i un cilindre hidràulic de la marca Roquet.
- Un quadre elèctric.
- Un PLC programat.
- Una bancada d'assaig.
- Uns suports i ròtules per al cilindre hidràulic i les peces.
- Un sistema de detecció de fallada de la peça.



Figura 2: Màquina d'assaig a fatiga inicial

3. METODOLOGIA

En aquest projecte, el primer que s'ha fet, ha set la posta en marxa exhaustiva de la màquina, modificant i/o afegint els components necessaris per al seu correcte funcionament.

Una vegada fet això, s'ha escollit quin tipus de peça es volia assajar, pensant en tot moment que fos possible assajar-la amb la màquina existent.

Posteriorment, s'ha procedit a determinar analíticament la resistència a fatiga de dues peces, per fer-ho s'han seguit els passos que s'expliquen a continuació. Com que no se sap de quin material són, en primer lloc s'ha fet un assaig de duresa, que dona les propietats del material de manera aproximada. S'ha de fer d'aquesta manera ja que no es disposa de varies peces exactament iguals per a poder fer un assaig de tracció, ja que s'hauria de tallar la peça abans d'assajar-la i no és factible. En segon lloc, una vegada dibuixada la peça amb un programa de disseny, s'importa aquesta geometria a un programa d'elements finits per trobar les tensions de càlcul. En tercer lloc, utilitzant les tensions trobades amb l'ANSYS, es procedeix a fer el càlcul teòric del nombre de cicles que aguantarà la peça i quina càrrega se l'hi ha d'aplicar.

Una vegada ja s'ha fet el càlcul teòric, es pot procedir a determinar experimentalment la resistència a fatiga de les peces, per fer-ho s'han seguit els següents passos. En primer lloc, s'han muntat a la màquina d'assaig que es troba al laboratori, en la mateixa posició en què s'ha realitzat el càlcul teòric. En segon lloc, s'ha regulat la màquina d'acord amb els resultats teòrics obtinguts i s'ha procedit a l'assaig.

Després de l'assaig a la màquina del laboratori, es pot fer un assaig de tracció per determinar exactament de quin material són les claus assajades, ja que una vegada trencades, se'ls hi pot tallar el mànec per fer unes provetes. Una vegada fet aquest assaig de tracció, es fa un recàlcul de la seva resistència a fatiga teòrica sabent la càrrega que s'ha aplicat i el material exacte; per a posteriorment, poder comparar els resultats teòrics amb els experimentals.

4. MILLORES EN MÀQUINA

Al realitzar la posta en marxa exhaustiva del sistema, s'ha pogut observar que alguns components no funcionaven de la manera esperada, i per tant, s'han tornat a dissenyar i construir per a que funcionessin correctament. També s'han incorporat alguns elements per a millorar l'experiència de l'usuari al realitzar els assajos.

4.1. Ròtules del cilindre hidràulic

El principi de funcionament d'aquestes ròtules, és el mateix que s'utilitza en qualsevol junta universal, tal i com es mostra a la Figura 3, és a dir, és deixa lliure el gir en dos eixos i els altres moviments queden restringits (dos graus de llibertat).

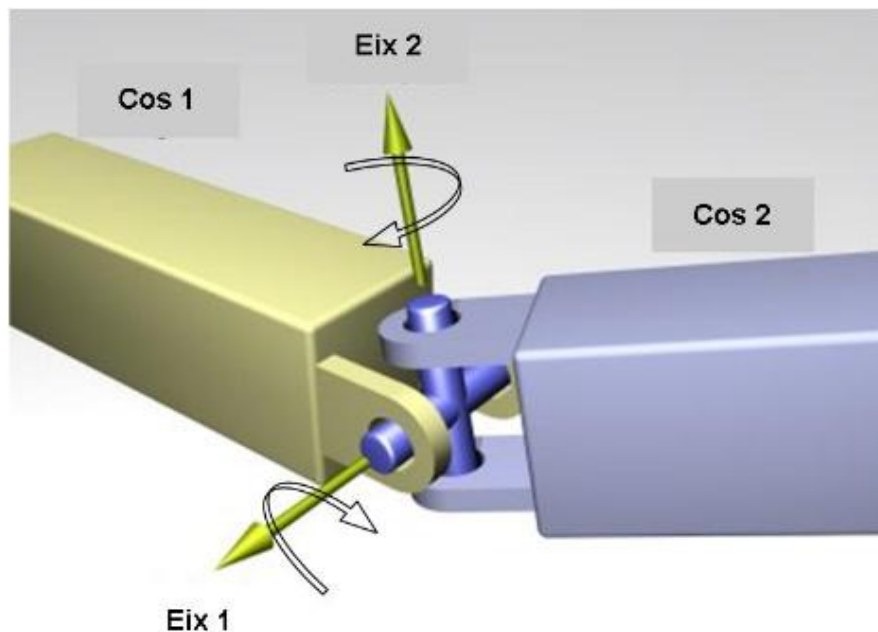


Figura 3: Principi funcionament ròtules

El cilindre hidràulic, incorpora una ròtula a cada extrem, amb la finalitat de que la màquina funcioni correctament, compensant els desalineaments del muntatge mentre la màquina funciona, ja que com la peça es deforma quan se li aplica la càrrega, canvia la geometria del muntatge variant els angles en els que es troben en cada moment, tant el cilindre com la peça. Com es pot veure a la Figura 4, la posició 0 seria la posició de repòs, la posició 1 seria la posició que assoliria el muntatge quan el pistó fa força cap a fora i la posició 2 la que assoliria el muntatge quan el pistó fes força cap a dins. Es pot veure com funcionen aquestes ròtules muntades al cilindre hidràulic a la Figura 5.

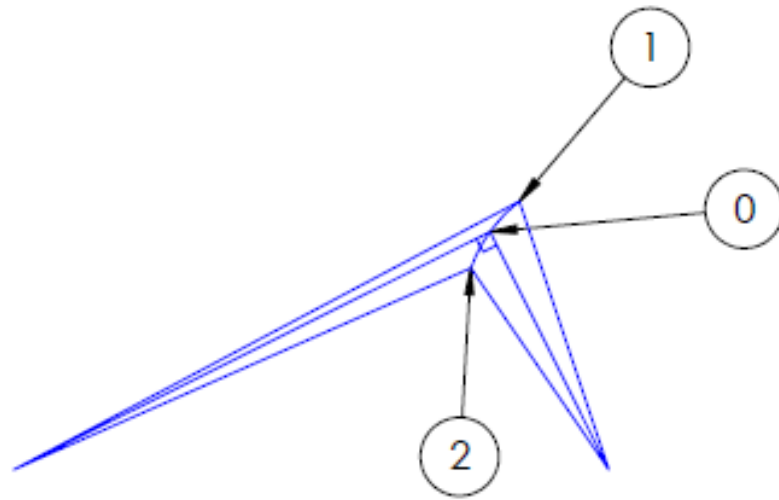


Figura 4: Variació de la posició del pistó i la peça durant un cicle

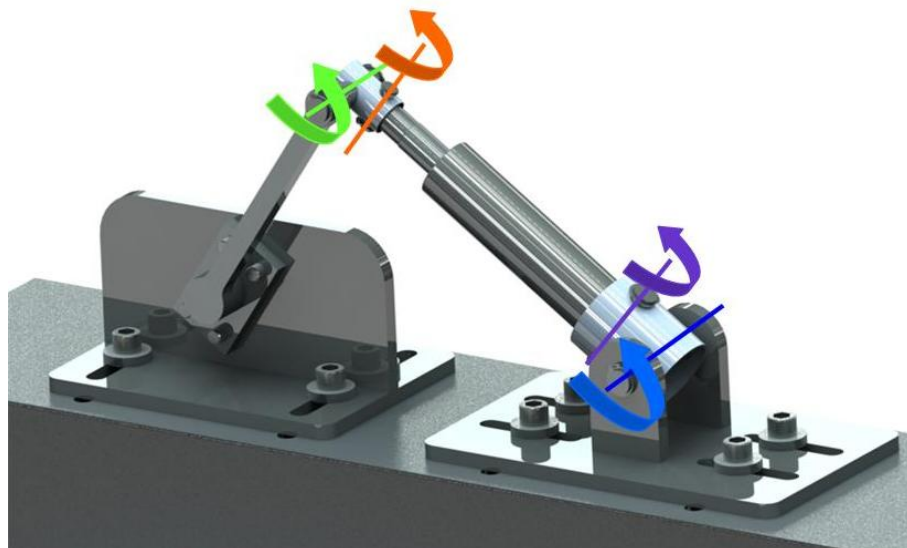


Figura 5: Funcionament de les ròtules instal·lades

4.1.1. Ròtules inicials

Les ròtules que incorporava inicialment la màquina, es van dissenyar desplaçant els passadors per a que no coincidissin en el centre, això es va fer per aportar més rigidesa al conjunt i que fossin més fàcils de construir.

Posteriorment, es van construir a partir de dos trossos de tub normalitzat d'acer, tal i com es mostra a la Figura 6. Degut a que aquests tubs tenen una paret bastant prima els passadors tenien joc, cosa que influïa negativament en el funcionament de la màquina.



Figura 6: Ròtules inicials

4.1.2. Ròtules noves

Les ròtules existents no funcionaven bé, degut a que els passadors tenien joc i això feia que la màquina fes més soroll i tingués desgast prematur. Per tant, es van dissenyar unes ròtules noves conservant el principi de disseny de les anteriors, és a dir, els passadors segueixen estant desplaçats per a que no coincideixin en el seu centre, aportant més rigidesa al conjunt. Ara però, l'espessor del tub és molt més gruixut per a que els passadors tinguin més superfície de contacte, i s'ha fet un rebaix als extrems de les ròtules per ampliar el seu angle de gir, tal i com es mostra a la Figura 7. A més, estan fabricades amb acer de major qualitat i s'han ajustat els passadors.



Figura 7: Ròtules millorades

4.2. Fixació de la peça al cilindre hidràulic

Per a poder aplicar les càrregues desitjades a la peça, aquesta s'ha de fixar a l'extrem de la tija del cilindre hidràulic, de manera que no hi hagi joc, per a que se li transmeti la força exercida pel pistó en la seva totalitat.

4.2.1. Fixació inicial de la peça al cilindre hidràulic

La màquina original, només podia fixar la peça utilitzant un dels passadors de la ròtula com a fixació, tal i com es mostra a la Figura 8. La qual cosa feia bastant difícil assajar altres peces que no fossin a un pedal de bicicleta.

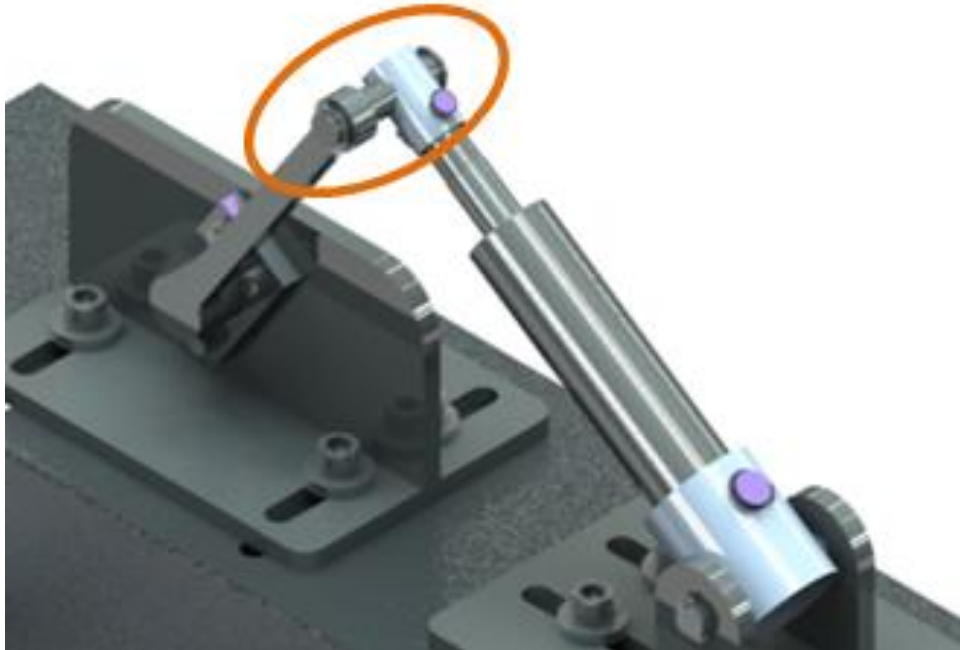


Figura 8: Fixació inicial de la peça al cilindre hidràulic

4.2.2. Fixació nova de la peça al cilindre hidràulic

Per poder assajar diferents tipus de peça, s'ha dissenyat una mordassa que va unida a la ròtula del cilindre hidràulic. Aquest conjunt, està format per una peça que té dues entalles, (que serveixen per fixar tubs o varetes, una és per diàmetres des de 8mm fins a 16mm i l'altre per diàmetres des de 16mm a 32mm), una plaqueta amb quatre forats roscats M6 i quatre cargols M6 per a que la peça quedi ben fixada, tal i com es mostra a la Figura 9.

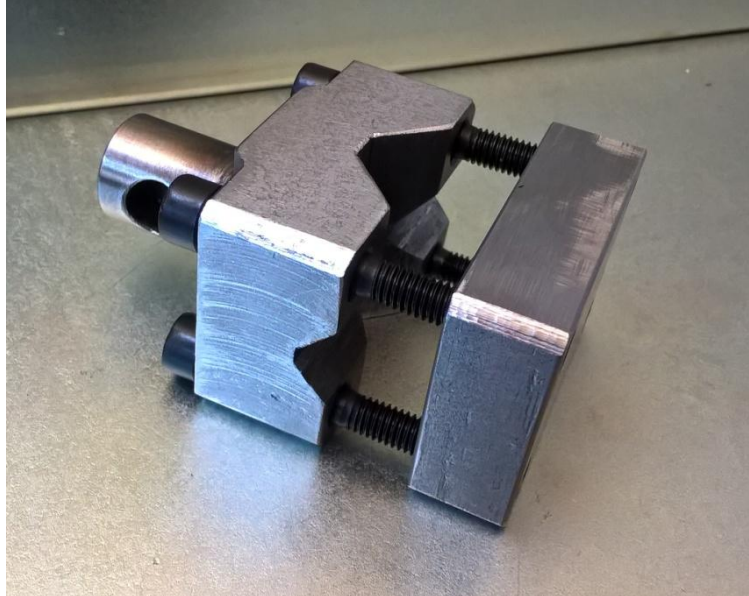


Figura 9: Mordassa de fixació de la peça al cilindre hidràulic

A la Figura 10, es pot veure com queda fixada una nova peça amb aquesta mordassa.



Figura 10: Fixació de la peça utilitzant la nova mordassa

4.3. Fi de cursa

Per a que la màquina es pari una vegada s'hagi trencat la peça i així saber el número exacte de cicles que ha aguantat, aquesta incorpora un sistema final de cursa.

4.3.1. Fi de cursa inicial

El sistema final de cursa, que s'ha trobat inicialment a la màquina que es mostra a la Figura 11, no acabava de funcionar correctament, ja que cada vegada que es trencava la peça, quedava tot doblegat. Aquest fet era degut a que el pistó acabava de sortir completament cap a enfora i aquest arrossegava les dues varetes fins que la platina tocava el sensor fi de cursa. Com que el sensor detectava per testa, la platina quedava totalment doblegada i tot el conjunt estampit, cosa que dificultava molt desmuntar-ho. Encara que és veritat que feia la seva funció i parava la màquina, era molt molest per l'usuari, ja que s'havia de desmuntar tot i tornar a adreçar les peces que s'havien doblegat, abans de tornar a utilitzar la màquina.

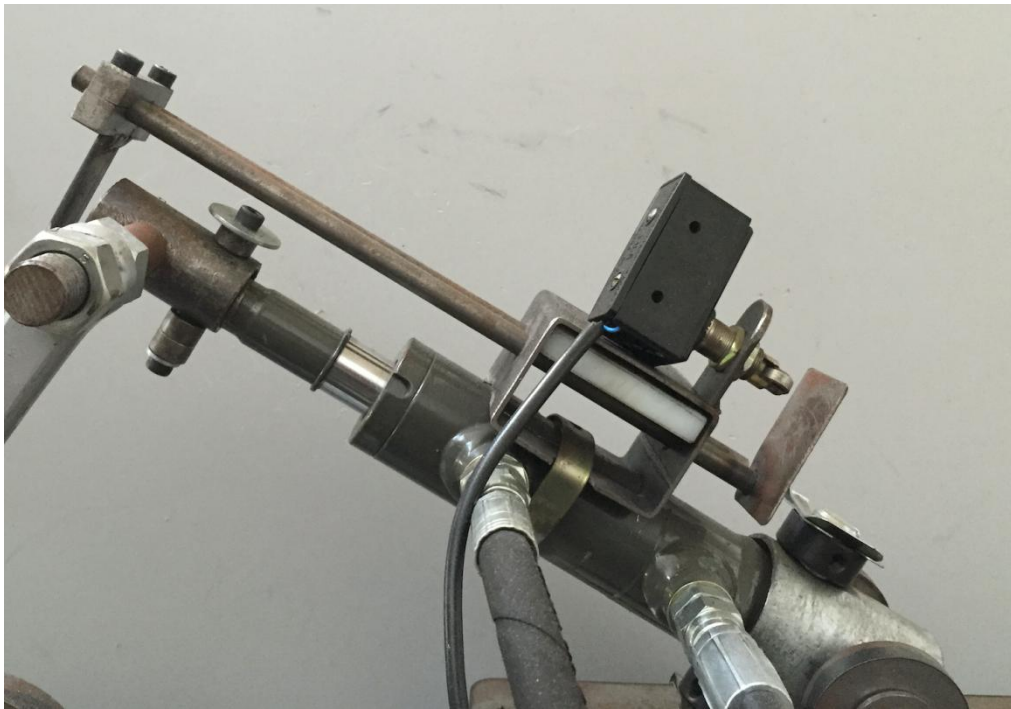


Figura 11: Fi de cursa inicial

4.3.2. Fi de cursa nou

Per no tenir els problemes exposats anteriorment amb el fi de cursa, s'ha dissenyat un nou sistema de manera que el sensor sigui activat pel contacte amb un seguidor i no muntat per testa com ho feia anteriorment. A la Figura 12, es pot observar el nou sistema de final de cursa, mostrant-se en detall el seguidor.

El nou sistema funciona de la següent manera. Una vareta té collats mitjançant uns presoners (això fa que es pugui regular completament la seva posició sobre la vareta) el seguidor i dos topalls. Aquesta vareta en un funcionament normal de la màquina roman quieta gràcies al seguidor que està en contacte amb el sensor, tal i com es mostra a la Figura 13. A la tija del pistó, s'hi ha collat de manera rígida un disc, de manera que aquest, a cada cicle va d'un topall a l'altre sense arribar a tocar-los. Quan comença a aparèixer l'esquerda a la peça, aquesta comença a cedir més i per tant, el disc toca un dels dos topalls, fent que la vareta es mogui una mica en la seva direcció axial i el seguidor activi el sensor fi de cursa, parant la màquina completament.

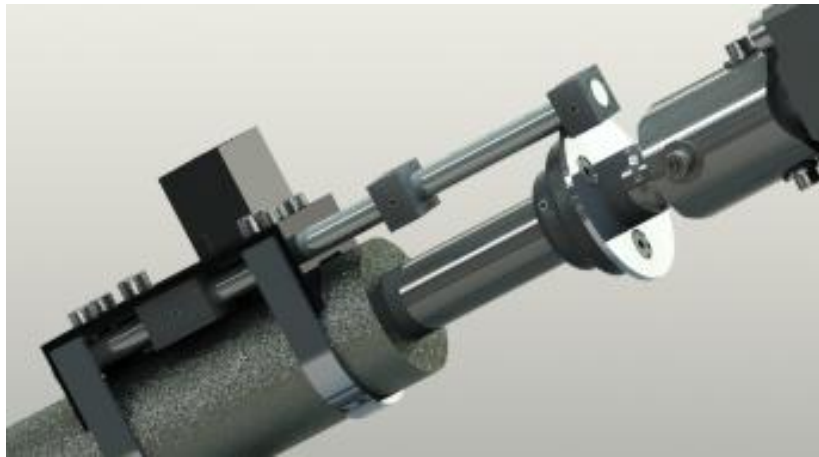


Figura 12: Nou fi de cursa

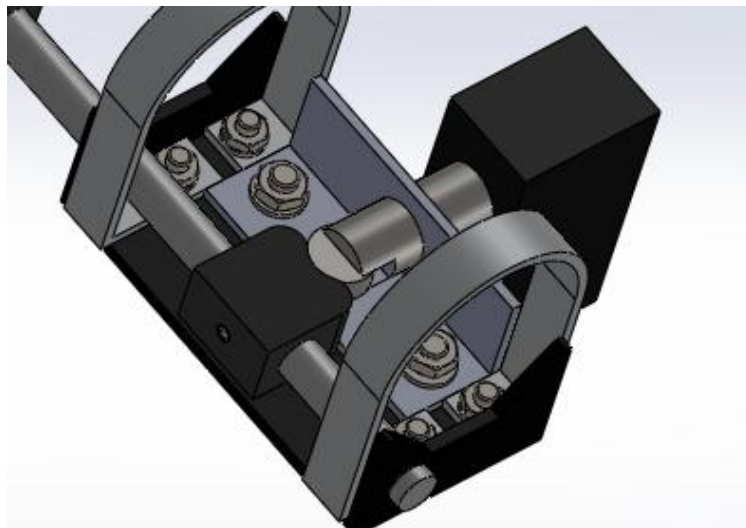


Figura 13: Detall seguidor fi de cursa

4.4. Sistema anticaiguda

Inicialment, la màquina, no tenia cap sistema per evitar la caiguda de la peça quan aquesta es trencava, per això s'ha dissenyat el conjunt que es mostra a la Figura 14. Com es pot observar, es pot regular tant en alçada cargolant o descargolant la molla a la peça de niló com l'angle gràcies a un cargol, que també fa d'eix. Per evitar que caigui el cilindre hidràulic amb una part de la peça trencada, el conjunt s'ha de muntar de manera que la molla quedi pràcticament tocant al cilindre, així quan la peça es trenqui, aquest quedarà recolzat sobre la molla, tal i com es mostra a la Figura 15.



Figura 14: Sistema anticaiguda



Figura 15: Posicionament sistema anticaiguda

5. ELECCIÓ DE LES PECES A ASSAJAR

En aquest projecte era necessari assajar dues peces per a poder comparar resultats, veure si concordaven els teòrics amb els experimentals i assegurar-se del correcte funcionament de la màquina.

Les peces havien de ser fàcils d'aconseguir, barates i de mida reduïda, per a que es poguessin assajar al banc d'assaig que es troba al laboratori. Així doncs, es va optar per les típiques claus en forma de L, que són les utilitzades a la majoria de cotxes quan s'ha de canviar la roda, a causa d'una punxada, per la de recanvi. D'aquesta manera, es podrien trobar en qualsevol desguàs de cotxes i a més, la forma d'aplicar la càrrega a la clau seria pràcticament idèntica a la que s'utilitzaria a l'assaig.

Finalment, es van aconseguir dues claus diferents, les quals es distingiran pel color durant tot el treball, per a que sigui més fàcil saber de quina s'està parlant en cada moment, a la Figura 16, es mostra la clau gris i a la Figura 17, es mostra la clau negra.



Figura 16: Clau gris



Figura 17: Clau negra

6. CÀLCUL ANALÍTIC

6.1. Assaig de duresa

Degut a que no se sap de quin material són les claus i no es poden fer unes provetes tallant el mànec d'aquestes per fer un assaig de tracció abans de fer l'assaig a fatiga, es fa un assaig de duresa per saber de manera aproximada, la resistència última a la tracció (S_{ut}) i el límit elàstic (S_y) per poder fer el càlcul teòric, de la manera més acurada possible.

Per fer l'assaig de duresa, s'utilitzarà el duròmetre que es troba al laboratori de materials de L'Escola Politècnica Superior de la UdG i que es mostra a la Figura 18.

Segons altres experiències amb aquest duròmetre, l'escala que dóna els resultats més semblants a la realitat és la Rockwell C (HRC), per tant serà la que s'utilitzarà.



Figura 18: Duròmetre

6.1.1. Assaig duresa clau gris

De l'assaig de duresa de la clau gris s'han obtingut els resultats que es mostren a la Taula 1:

Nº Mesura	Rockwell C (HRC)	Sut (Kg/mm ²)
1	19	77
2	17	73
3	19	77
4	21	80

Taula 1: Resultats assaig duresa clau gris

Per convertir els valors de l'escala Rockwell C a Sut, s'ha utilitzat la taula de conversió que hi ha al costat del duròmetre al laboratori de materials.

Amb altres experiències amb aquest duròmetre, s'ha vist que sol marcar de menys, per tant, per a realitzar els càlculs es farà servir la mesura de duresa més gran que s'ha obtingut. Per tant, la clau gris tindrà un Sut = 80 Kg/mm² que és el mateix que 784.8 Mpa, i com Sy s'agafarà $0.67 \cdot \text{Sut} = 525.8 \text{ Mpa}$.

6.1.2. Assaig duresa clau negre

De l'assaig de duresa de la clau gris s'han obtingut els resultats que es mostren a la Taula 2:

Nº Mesura	Rockwell C (HRC)	Sut (Kg/mm ²)
1	14	69
2	13	64
3	15	70
4	14	69

Taula 2: Resultats assaig duresa clau negre

Per convertir els valors de l'escala Rockwell C a Sut, s'ha utilitzat la taula de conversió que hi ha al costat del duròmetre al laboratori de materials.

Amb altres experiències amb aquest duròmetre, s'ha vist que sol marcar de menys, per tant, per a realitzar els càlculs es farà servir la mesura de duresa més gran que s'ha obtingut. Per tant, la clau gris tindrà un Sut = 70 Kg/mm² que es el mateix que 686.7 Mpa, i com Sy s'agafarà $0.67 \cdot \text{Sut} = 460.1 \text{ Mpa}$.

6.2. Càlcul elements finits

En aquest cas, s'ha utilitzat l'ANSYS Workbench15, concretament el mòdul Static Structural, per trobar de manera acurada la tensió de càlcul, ja que els elements finits no donen directament ni el numero de cicles que pot aguantar la peça ni la K_t (coeficient de concentració de tensions).

Primer de tot, s'ha de dibuixar la clau amb un programa de disseny, en aquest cas s'ha utilitzat el SolidWorks, tal i com es mostra a la Figura 19.

Posteriorment, s'ha de guardar la geometria en format .STEP per a poder-la importar correctament a l'ANSYS Workbench 15, com es veu a la Figura 20.

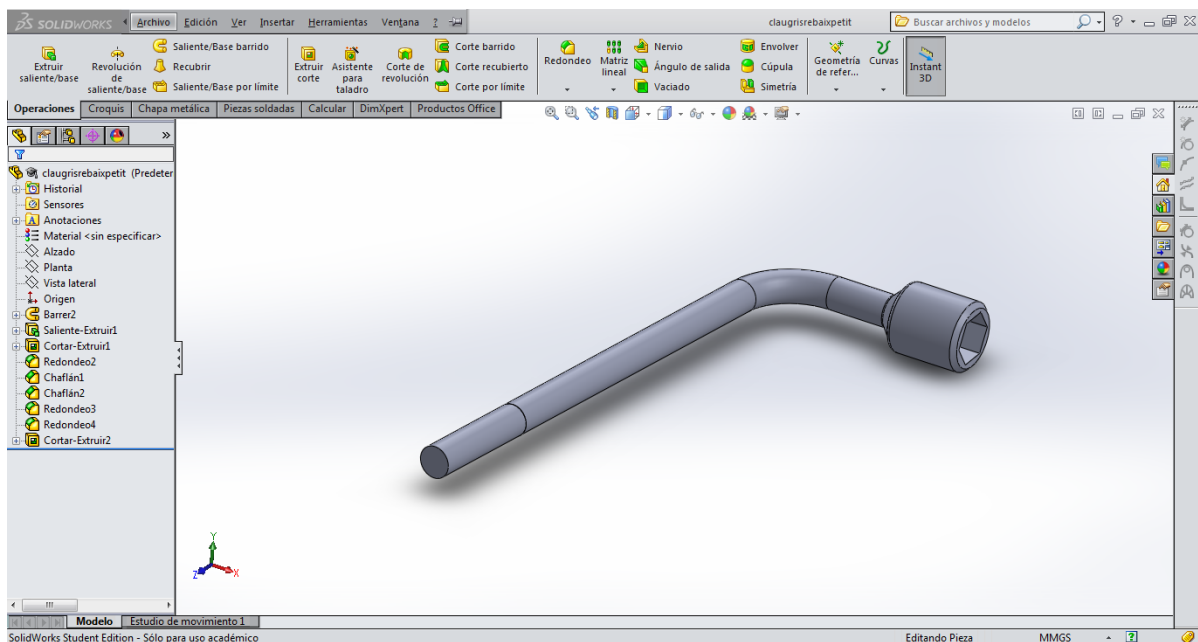


Figura 19: Dibuix de la geometria de la clau mitjançant SolidWorks

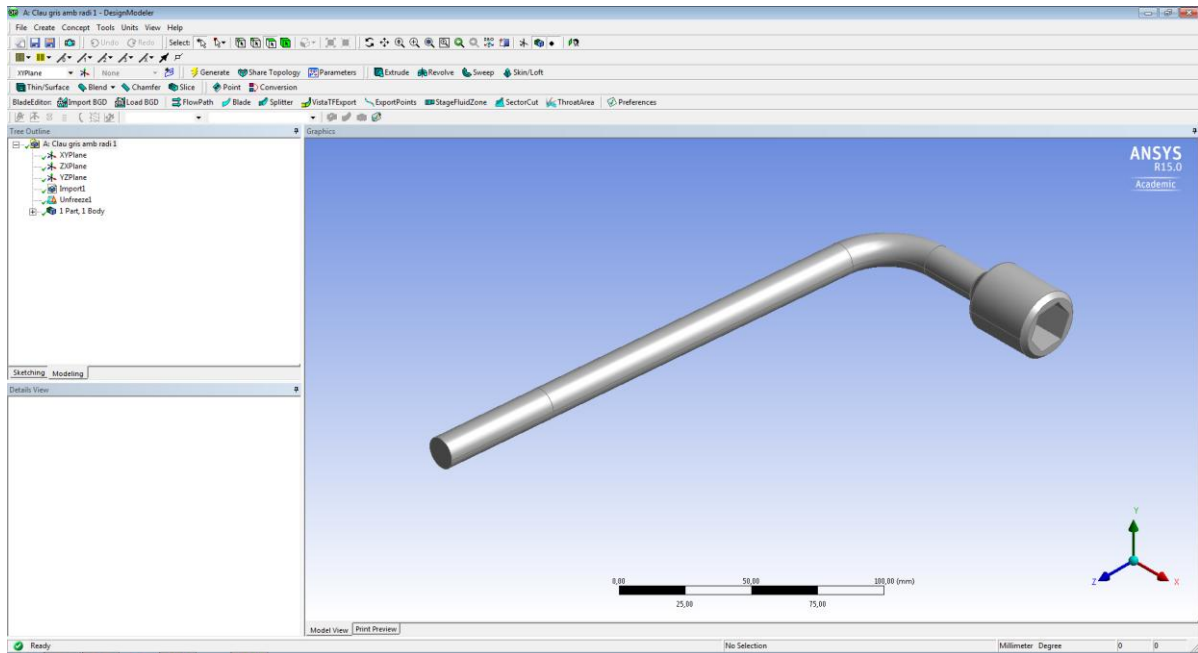


Figura 20: Geometria de la clau ja importada a l'Ansys

Una vegada importada la clau, es realitza el mallat de la superfície. Per a obtenir un resultat òptim, s'han utilitzat 3 mallats de diferents mides, un de 2mm, un de 1mm i un altre de 0.1mm. Els mallats més bastos, són per a les zones més allunyades de la concentració de tensions, tal i com es mostra a la Figura 21 i a la Figura 22, ja que no ens interessa que aquestes tinguin gran precisió. No obstant, el mallat més fi és utilitzat a la zona de concentració de tensions, per tenir més precisió, com es veu a la Figura 23.

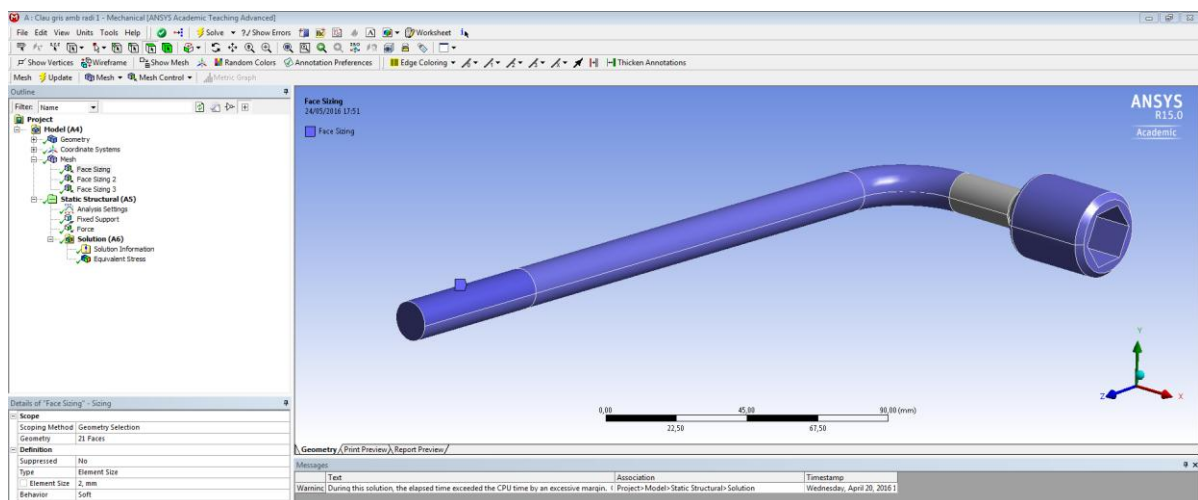


Figura 21: Mallat 2mm

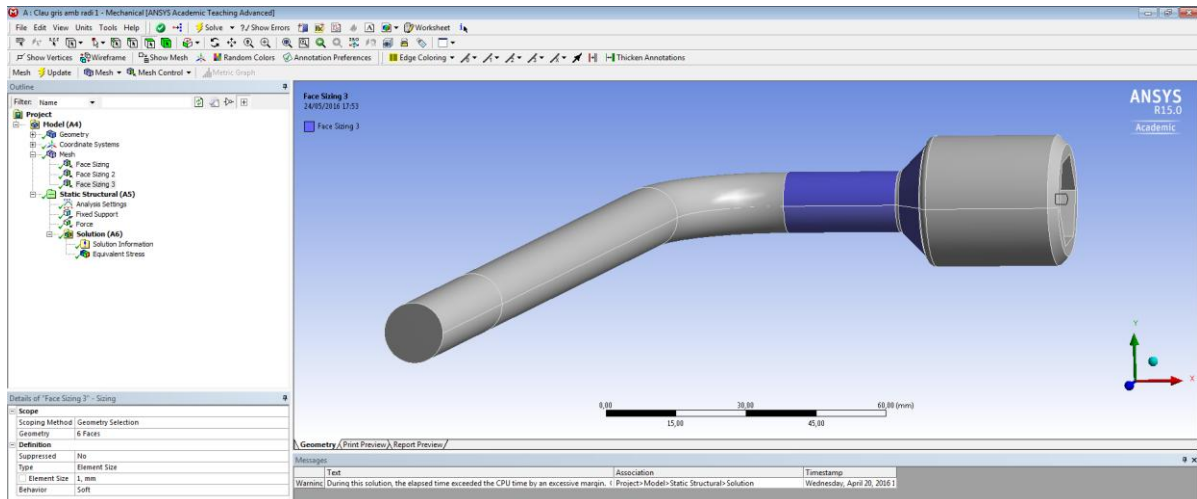


Figura 22: Mallat 1mm

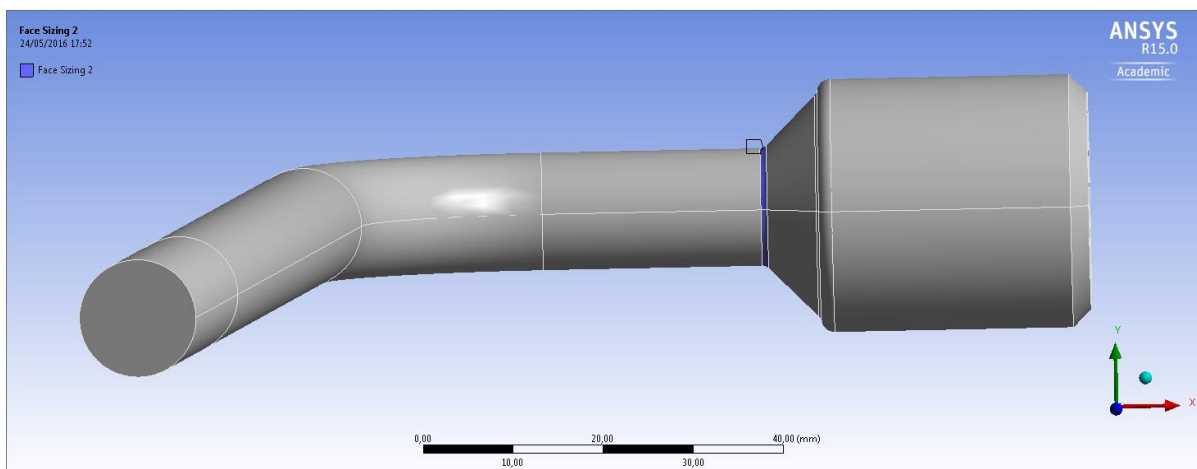


Figura 23: Mallat 0.1mm

Després de mallar tota la clau, es passa a posar les restriccions i a aplicar les càrregues desitjades. Com a restricció, es fixarà la cara de davant del got, tal i com es mostra a la Figura 24, ja que a l'hora d'assajar les peces se'ls hi soldarà aquesta cara a una plaqueta amb quatre forats roscats, tal i com es veu a la Figura 25, per a poder subjectar correctament la peça.

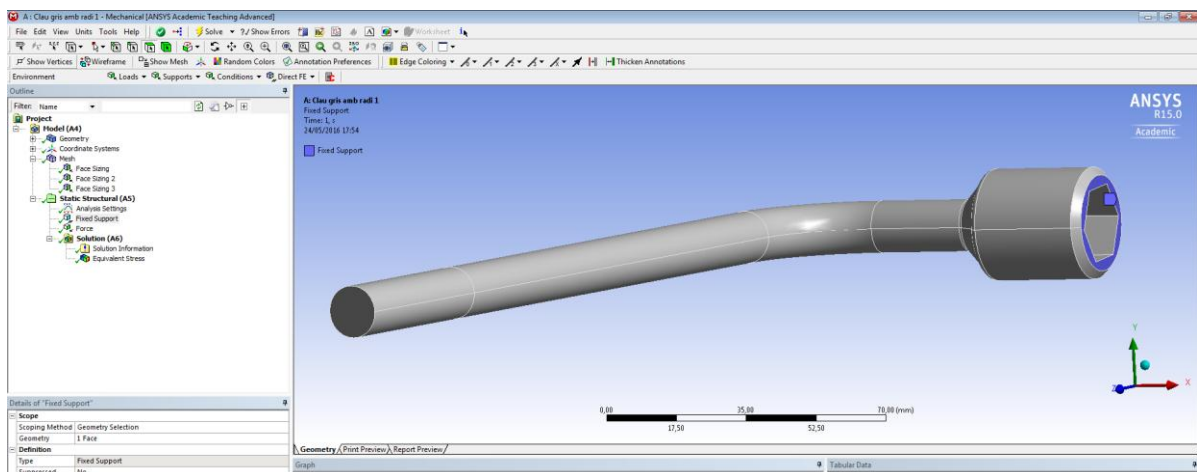


Figura 24: Cara del got de la clau fixada a l'Ansys



Figura 25: Cara del got de la clau soldada a la plaqueta

Com a càrrega, com que encara no se sap quina s'aplicarà a la realitat, s'apliquen 100N al mànec de la clau, tal i com es mostra a la Figura 26. Posteriorment doncs, es trobarà amb major facilitat la càrrega real que s'haurà d'aplicar, realitzant una regla de tres, ja que la força aplicada i la tensió a la que se sotmet la peça són directament proporcionals.

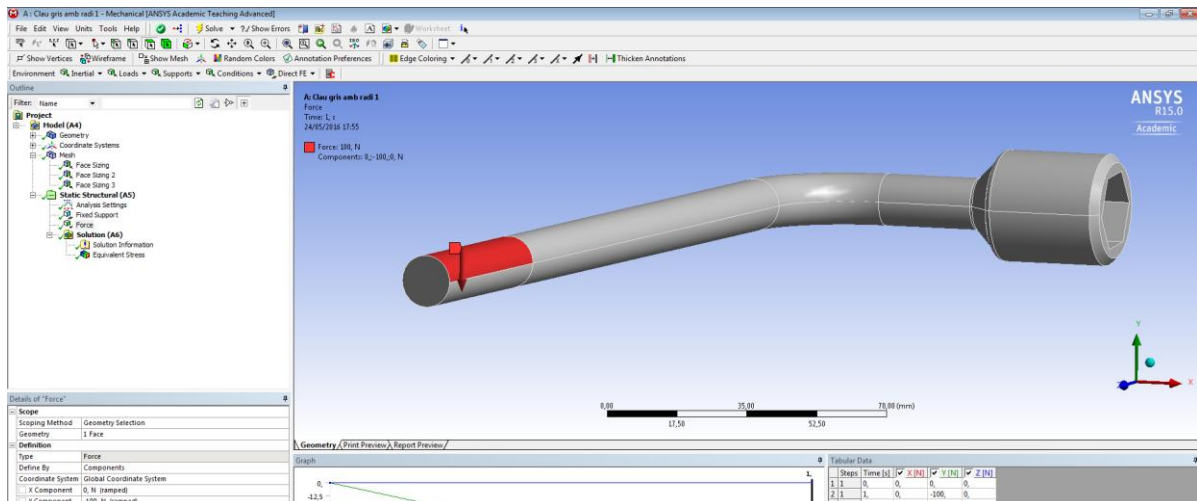


Figura 26: Aplicació de la càrrega a la clau a l'Ansys

Una vegada ja s'han fet tots els passos anteriors, ja se li pot dir a l'Ansys que busqui la tensió equivalent de Von Mises.

6.2.1. Resultats elements finits clau gris

Si s'aplica una força de 100N a una distància de 25mm de l'extrem del mànec com es veu a la Figura 27, la clau gris té una tensió de Von Mises a la zona de concentració de tensions de 125MPa, tal i com es veu a la Figura 28. Com l'Ansys no ens dóna la K_t (coeficient de concentració de tensions), s'ha de trobar la tensió de Von Mises que es té a la zona continua, essent de 87MPa, tal i com es mostra a la Figura 29, per a posteriorment obtenir aquest coeficient.

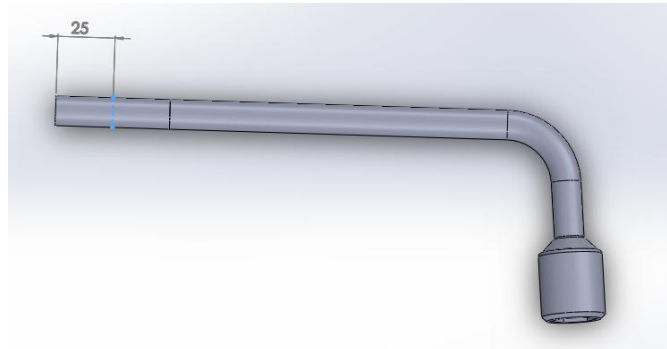


Figura 27: Distància d'aplicació de la càrrega clau gris

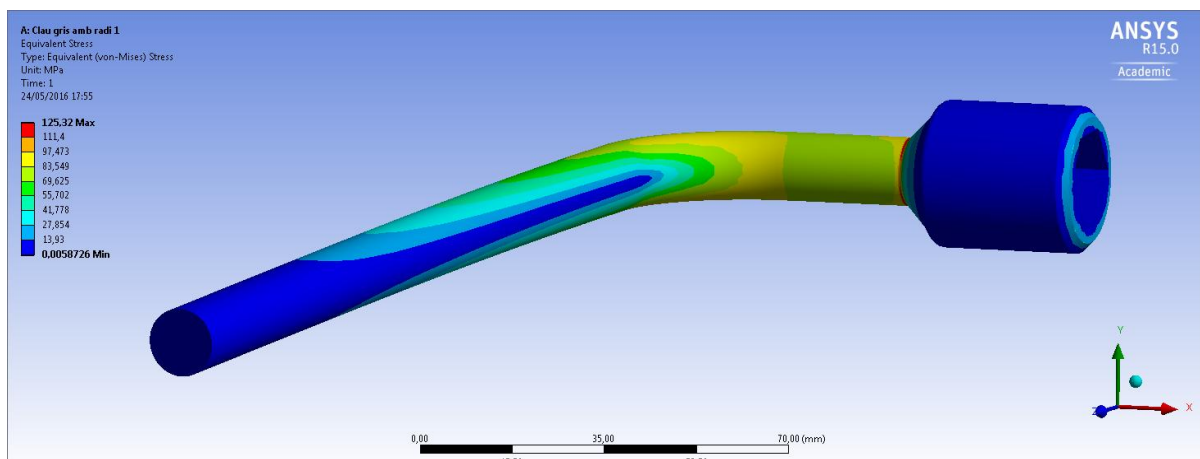


Figura 28: Tensió de Von Mises a la zona de concentració de tensions de la clau gris trobada amb l'Ansys

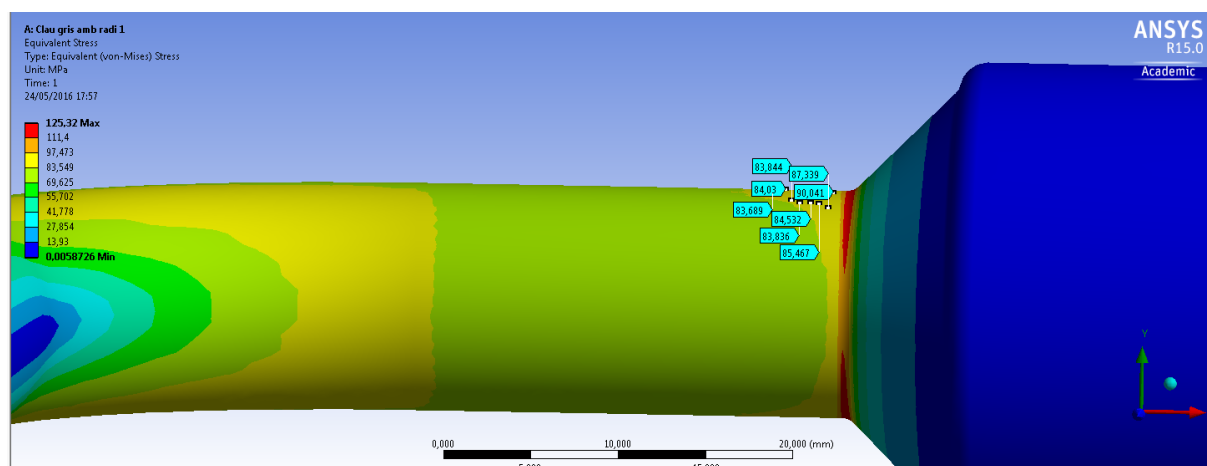


Figura 29: Tensió de Von Mises a la zona contínua de la clau gris trobada amb l'Ansys

6.2.2. Resultats elements finits clau negre

Per a que aquesta clau, aguantí aproximadament el mateix nombre de cicles que la clau gris aplicant-li la mateixa càrrega amb el cilindre hidràulic (tal i com es veurà més endavant), s'ha hagut d'aplicar la càrrega a 85mm de l'extrem del mànec a la zona recte tal i com es veu a la Figura 30. La tensió a la zona de concentració de tensions és de 107Mpa, tal i com es pot veure a la Figura 31, i la tensió a la zona contínua és de 78Mpa, tal i com es mostra a la Figura 32.

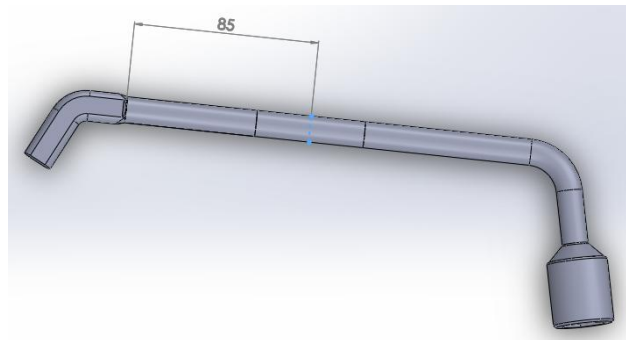


Figura 30: Distància d'aplicació de la càrrega clau negra

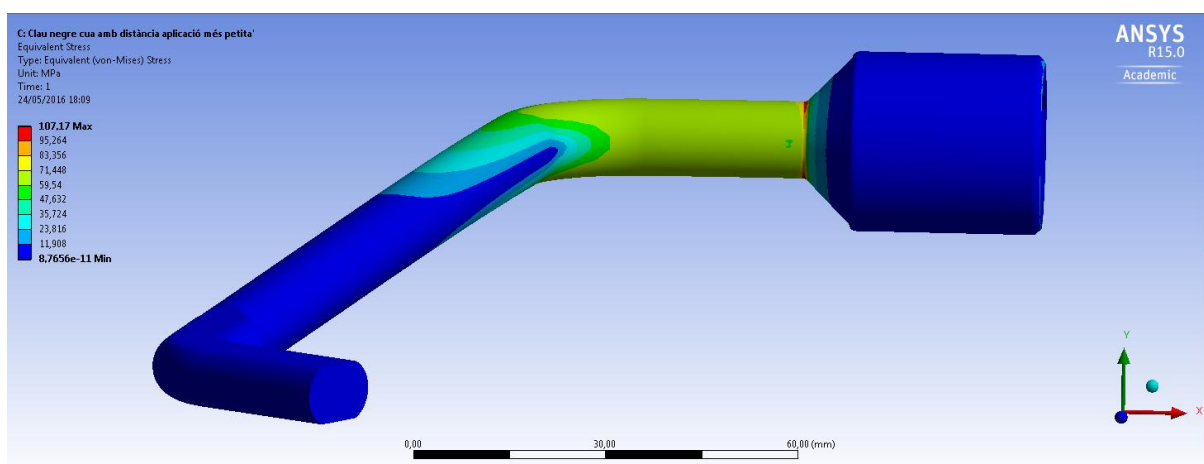


Figura 31: Tensió de Von Mises a la zona de concentració de tensions de la clau negra trobada amb l'Ansys

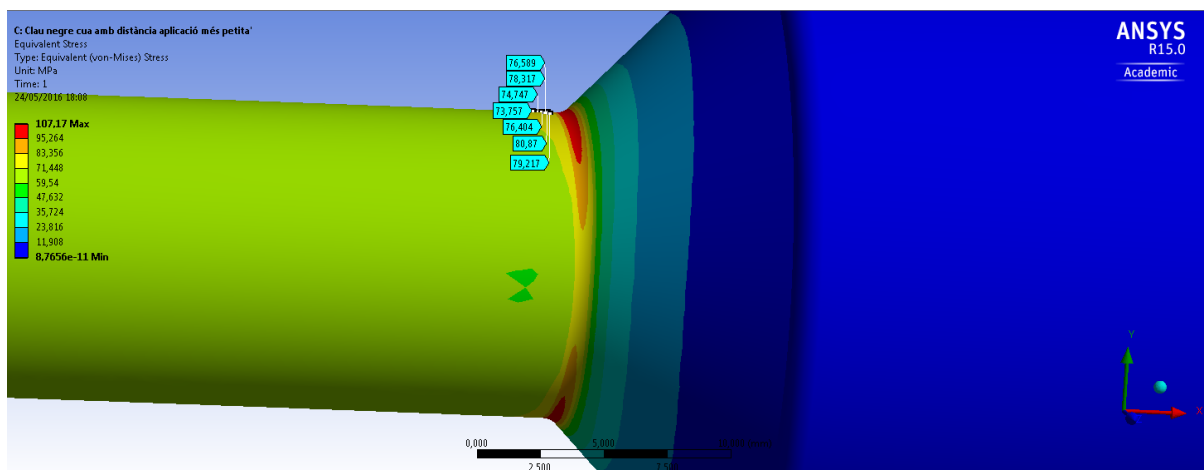


Figura 32: Tensió de Von Mises a la zona contínua de la clau negra trobada amb l'Ansys

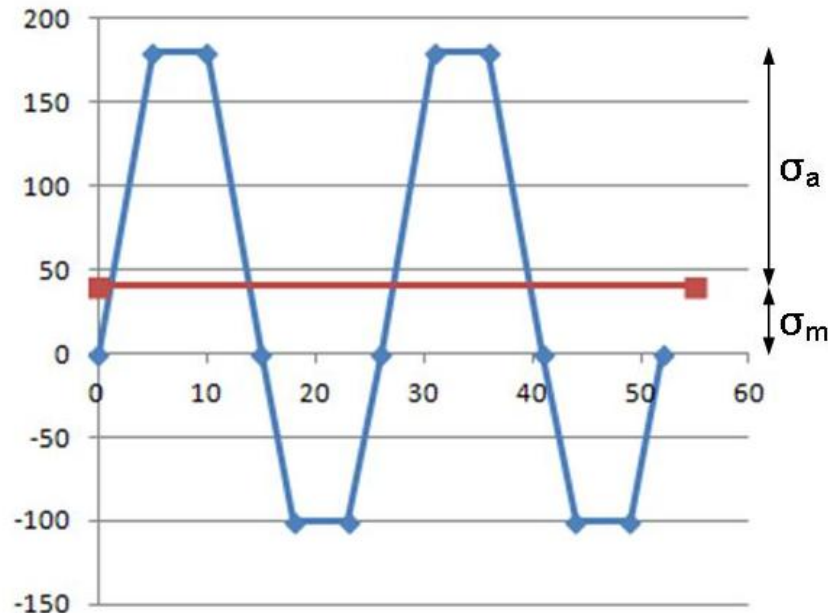
6.3. Càlcul analític de la resistència a fatiga

Una vegada que ja es té de manera aproximada les característiques del material del que estan fetes les claus i s'han obtingut els resultats de la tensió de Von Mises (utilitzant l'ANSYS tant a la zona contínua, com a la zona de concentració de tensions de cada clau), ja es pot realitzar el càlcul de la càrrega que hem d'aplicar per a que les claus aguantin el nombre de cicles desitjat.

Com el pistó del cilindre hidràulic fa 30mm de diàmetre, la tija del pistó fa 20mm de diàmetre i se sap que:

$$F = P \cdot A \quad \text{Eq. (1)}$$

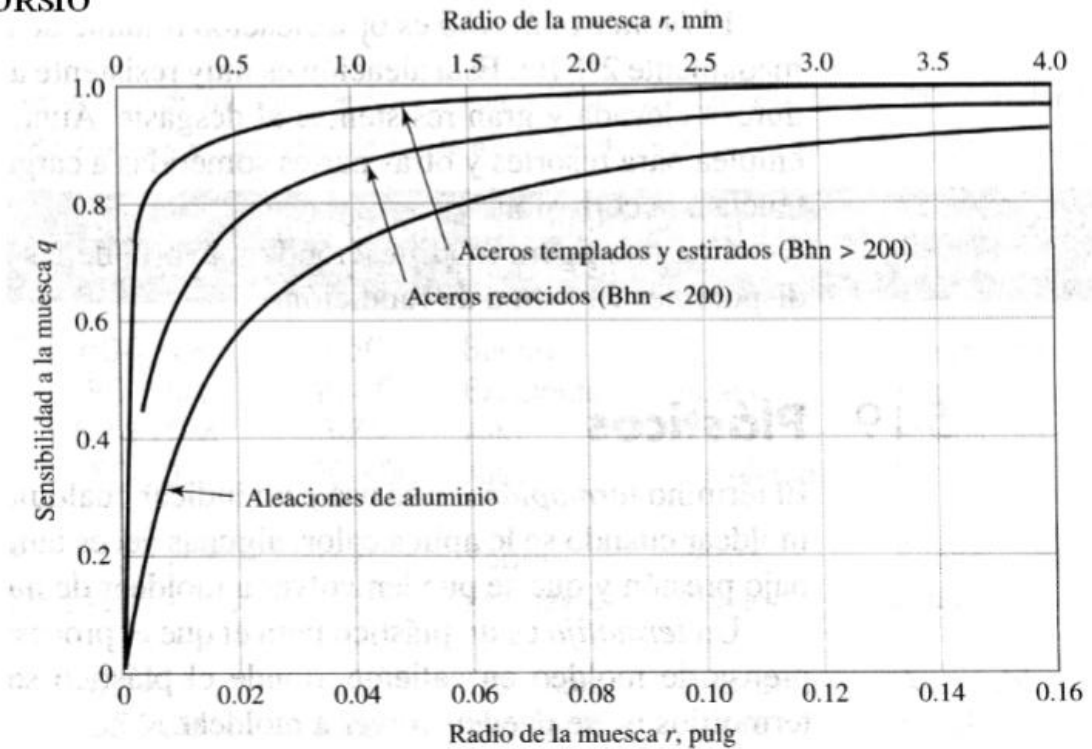
La força que fa el cilindre hidràulic quan el pistó surt és 1.8 vegades més gran que quan el pistó entra, ja que la pressió que subministra el grup hidràulic és la mateixa en ambdós casos, però la superfície útil quan surt és de $\pi \cdot \left(\frac{30}{2}\right)^2 = 706.86\text{mm}^2$ i en canvi, quan entra és de $\pi \cdot \left(\left(\frac{30}{2}\right)^2 - \left(\frac{20}{2}\right)^2\right) = 392.69\text{mm}^2$. Això fa que els cicles no siguin simètrics, tal i com es pot veure a la Gràfica 1, apareixent doncs, una tensió mitjana. Si les àrees fossin iguals, aquesta tensió mitjana seria zero i només es tindria tensió alterna.



Gràfica 1: Cicles no simètrics a causa de la diferència d'àrees del cilindre hidràulic

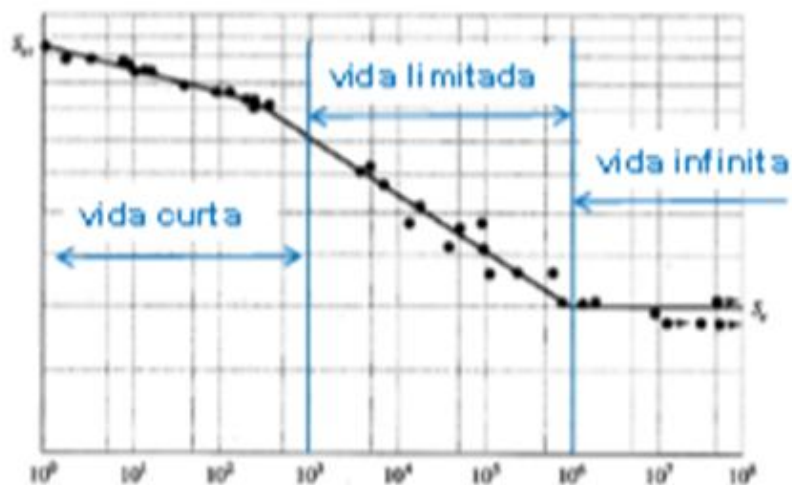
La sensibilitat que s'ha utilitzat per realitzar els càlculs és de 0.87 en les dues claus i s'ha trobat a la Gràfica 2. Per trobar-la, s'ha agafat com a radi 1mm, (ja que és el que tenen les dues claus a la zona de concentració de tensions) i el material és acer sense recoure.

TORSIÓ



Gràfica 2: Sensibilitat a torsió

El número de cicles que es vol que aguantin les claus és de 1000 cicles, ja que així s'està dins la zona de vida limitada, tal i com es veu a la Gràfica 3.



Gràfica 3: Tipus de vida segons numero de cicles que aguanta

6.3.1. Càlcul analític de la resistència a fatiga de la clau gris

Dades:

$S_{ut} = 784.8 \text{ Mpa}$

$S_y = 525.8 \text{ Mpa}$

Tensió de Von Mises a la zona de concentració de tensions = 125Mpa

Tensió de Von Mises a la zona contínua = 87Mpa

Càrrega aplicada de 100N a la distància de 25mm mostrada a la Figura 27.

Diàmetre del mànec de la clau = 13mm

Sensibilitat = 0.87

Número de cicles que es desitja que aganti la clau: 10000 cicles.

Se sap que:

La tensió a la zona de concentració de tensions = $\sigma_0 \cdot Kt$

I que la tensió a la zona contínua = σ_0 .

Per tant:

$$\sigma_0 = 87 \text{ MPa}$$

$$Kt = 1.44$$

$$Kf = 1 + q \cdot (Kt - 1) \quad \text{Eq (2)}$$

Utilitzant la Eq(2), es troba que $Kf = 1.38$

$$S_e = S_{e(pr)} \cdot K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \quad \text{Eq (3)}$$

On:

$$S_{e(pr)} = 0.5 S_{ut}$$

$$K_a = 4.45 \cdot S_{ut}^{-0.265} \text{ Degut a que la clau està mecanitzada.}$$

$$K_b = 0.94 \text{ Ja que el diàmetre de la clau es troba entre 2.79 i 51mm.}$$

$$K_c = 1 \text{ Ja que l'esforç de torsió és el més important, s'agafa aquest diàmetre igual al del mànec de la clau.}$$

$$K_d = 1 \text{ Ja que l'esforç aplicat a la clau més important és el de torsió.}$$

$$K_d = 1 \text{ Ja que la temperatura a la que es farà l'assaig és inferior a 250°C.}$$

$$K_e = \frac{1}{K_f} \text{ Ja que la clau és de material dúctil i es vol assajar a vida finita.}$$

Utilitzant la Eq(3), es troba que $S_e = 204.3 \text{ Mpa}$.

La força que s'ha aplicat a l'Ansys és de 100N, així doncs:

$$F_{m\grave{a}x} = 100N$$

$F_{m\grave{i}n} = -55.56N$ Degut a que la força del pistó quan entra és 1.8 vegades més petita que quan surt i va en sentit contrari.

$$F_a = \frac{F_{m\grave{a}x} - F_{m\grave{i}n}}{2} \quad \text{Eq (4)}$$

$$F_m = \frac{F_{m\grave{a}x} + F_{m\grave{i}n}}{2} \quad \text{Eq (5)}$$

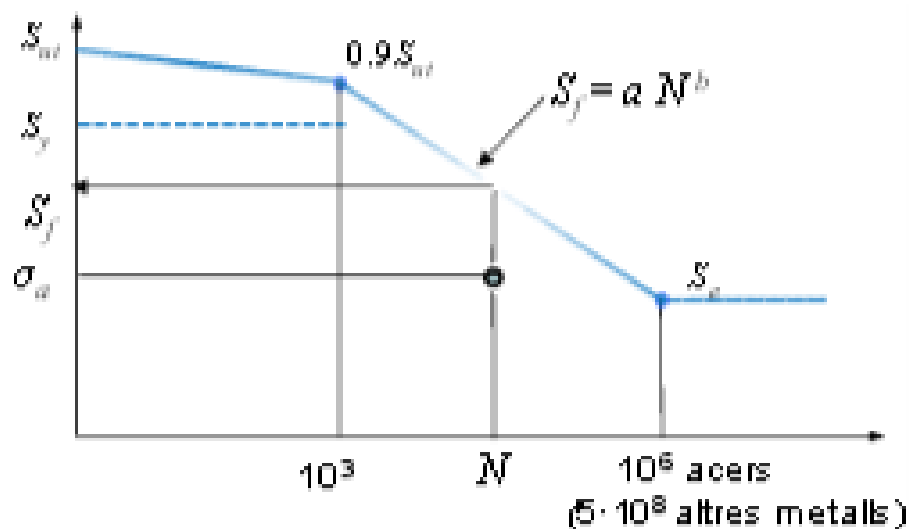
Utilitzant la Eq(4), es troba que $F_a = 77.78N$ i utilitzant la Eq(5), es troba que $F_m = 22.22N$.

Com que la tensió i la força aplicada són directament proporcionals, es poden aplicar les següents equacions:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_0}{F_{\text{aplicada ansys}}} \cdot F_a \quad \text{Eq (6)}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_0}{F_{\text{aplicada ansys}}} \cdot F_m \quad \text{Eq (7)}$$

Utilitzant la Eq(6), es troba que $\sigma_a = 67.67N$ i utilitzant la Eq(7), es troba que $\sigma_m = 19.33N$.



Gràfica 4: Determinació del numero de cicles

Per determinar la força que s'ha de aplicar per a que la peça aguantí el número de cicles desitjats, s'utilitzaran les equacions vàlides per a vida limitada, tal com es pot observar a Gràfica 4, i per tant:

$$S_f = a \cdot N^b \quad \text{Eq (8)}$$

On:

$$a = \frac{(0.9 \cdot S_{ut})^2}{S_e} \quad \text{Eq (9)}$$

$$b = -\frac{1}{3} \cdot \log \left(\frac{0.9 \cdot S_{ut}}{S_e} \right) \quad \text{Eq (10)}$$

Utilitzant la Eq(9), es troba que $a = 2441.89$ i utilitzant la Eq(10), es troba que $b = -0.1796$.

Substituint els resultats anteriors i N per 10000 (que són el número de cicles que es vol que aguantí la clau experimentalment) a la Eq(8), es troba que $S_f = 467.12N$.

Per a obtenir uns resultats més acurats, s'utilitzarà la fórmula de la el·lipse d'ASME, ja que les altres teories són massa conservadores, com es pot observar a la Gràfica 5.



Gràfica 5: Teories de falla a fatiga

Com que es vol saber quina força s'ha d'aplicar per a que la clau aguantí els 10000 cicles desitjats, s'afegeix un factor x per saber si hem de majorar o disminuir la força aplicada i quant. De manera que l'equació de la el·lipse d'ASME, queda de la següent forma:

$$\left(\frac{\sigma_a \cdot x}{S_f}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_m \cdot x}{S_{ut}}\right)^2 = 1 \quad \text{Eq (11)}$$

Si de la Eq(11) s'aïlla el coeficient x , queda de la següent forma:

$$x = \frac{S_f \cdot S_{ut}}{\sqrt{\sigma_a^2 \cdot S_{ut}^2 + S_f^2 \cdot \sigma_m^2}} \quad \text{Eq (12)}$$

Si es resol la Eq(12), es troba que $x = 6.81$, per tant, la força màxima que s'haurà de aplicar serà de $680.55\text{N} = F_{\text{màx a aplicar}}$. I per tant, $\sigma_a = 67.67 \cdot 6.81 = 460.83\text{MPa}$ i $\sigma_m = 19.33 \cdot 6.81 = 131.64\text{MPa}$

Per saber a quina pressió s'haurà de regular la vàlvula, es calcularà utilitzant la fórmula següent:

$$P = \frac{F_{\text{màx a aplicar}}}{\pi \cdot \left(\frac{40}{2}\right)^2} \cdot 10 \quad \{\text{bar}\} \quad \text{Eq (13)}$$

Per tant, resolent la Eq(13), es troba que la pressió a la que s'haurà de regular la vàlvula serà de 9.63bar . Regulant la màquina a aquesta pressió, exercirà una $F_{\text{màx}} = 680.55\text{N}$ i una $F_{\text{mín}} = -378.08\text{N}$ i la peça hauria d'aguantar 10000 cicles.

6.3.2. Càlcul analític de la resistència a fatiga de la clau negra

Seguint els mateixos passos que en el apartat 4.3.1. i utilitzant les mateixes equacions, però canviant les dades següents, s'obté:

$S_{ut} = 686.7 \text{ Mpa}$

$S_y = 460.09 \text{ Mpa}$

Tensió de Von Mises a la zona de concentració de tensions = 107Mpa

Tensió de Von Mises a la zona contínua = 78Mpa

Càrrega aplicada de 100N a la distància de 85mm mostrada a la Figura 30.

Diàmetre del mànec de la clau = 12mm

Es troba que $x = 6.83$, per tant, la força màxima que s'haurà de aplicar serà de $682.89 \text{ N} = F_{\text{màx a aplicar}}$. I per tant, $\sigma_a = 60.67 \cdot 6.83 = 414.38 \text{ MPa}$ i $\sigma_m = 17.33 \cdot 6.83 = 118.36 \text{ MPa}$

La pressió a la que s'haurà de regular la vàlvula serà de 9.66bar. Regulant la màquina a aquesta pressió, exercirà una $F_{\text{màx}} = 682.89 \text{ N}$ i una $F_{\text{mín}} = -378.08 \text{ N}$ i la peça hauria d'aguantar 10000 cicles.

7. ASSAIG EXPERIMENTAL AL BANC DE FATIGA

Una vegada ja s'han fet els càlculs teòrics per saber a quina pressió s'haurà de regular la màquina i a quants cicles hauria de trencar-se la peça, ja es pot procedir a l'assaig.

Per fer l'assaig correctament, se segueixen els passos que estan detallats a l'ANNEX A.

7.1. Assaig a fatiga de la clau gris

Aplicant-li la càrrega calculada a l'apartat 4.3.1., ha aguantat 88723 cicles. A la Figura 33, es mostra que s'ha trencat per la zona esperada, és a dir, en la que hi havia concentració de tensions. A la Figura 34, es pot veure en detall la secció per on s'ha trencat la clau.



Figura 33: Zona de ruptura clau gris



Figura 34: Detall secció ruptura clau gris

7.2. Assaig a fatiga de la clau negra

Aplicant-li la càrrega calculada al apartat 4.3.2., ha aguantat 142217 cicles. A la Figura 35, es mostra que s'ha trencat per la zona esperada, és a dir, en la que hi havia concentració de tensions. A la Figura 36, es pot veure en detall la secció per on s'ha trencat la clau.



Figura 35: Zona de ruptura clau negra



Figura 36: Detall secció ruptura clau negra

8. RECÀLCUL I RESULTATS

8.1. Assaig a tracció

Una vegada ja s'ha realitzat l'assaig de fatiga i s'han trencat les claus, ja es pot tallar un tros de mànec de cada clau per a poder fer un assaig de tracció i així poder veure de quin material són realment. Posteriorment, es farà un recàlcul de la resistència a fatiga teòrica.

Així doncs, s'han fet dues provetes, a les quals se'ls hi ha rebaixat a la part central un tros de 50mm de llarg a 10mm de diàmetre i se'ls hi ha soldat un cargol a cada extrem, degut a que els trossos de mànec eren una mica curts i les mordasses de la màquina d'assaig a tracció no les podien agafar. A més, com que aquestes mordasses ja estan una mica gastades, la cabota del cargol ajuda a que no patinin les peces sobre les dents. Quedant de la manera que es mostra a la Figura 37.



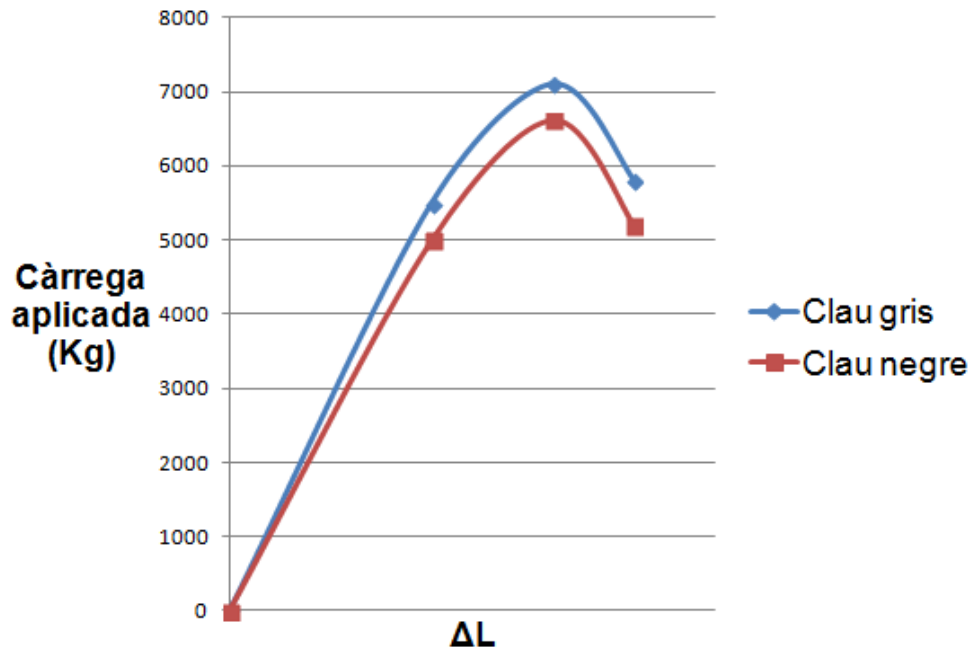
Figura 37: Provetes fetes amb el mànec de les claus per l'assaig a tracció

Després d'haver realitzat les provetes, ja es poden assajar a la màquina d'assaig a tracció que hi ha al laboratori de materials que es mostra a la Figura 38, per determinar de quin material estan fetes les dues claus.



Figura 38: Màquina d'assaig a tracció del laboratori

Els resultats obtinguts de l'assaig a tracció són els que es mostren a la Gràfica 6. Tal i com es pot observar, la clau gris té una $S_{ut}=887\text{Mpa}$, degut a que ha suportat una càrrega de 7100Kg amb una secció de 10mm de diàmetre. Per altra banda, la clau gris té una $S_{ut}=827\text{Mpa}$, degut a que ha suportat una càrrega de 6620Kg amb una secció de 10mm de diàmetre. La S_y no s'ha pogut observar clarament en cap dels dos casos.



Gràfica 6: Resultats assaig a tracció

A la Figura 39, es pot veure per on s'han trencat les provetes a l'assaig de tracció.



Figura 39: Provetes trencades a l'assaig de tracció

8.2. Recàlcul de la resistència a fatiga

Com a l'assaig de tracció s'ha vist que el material de les claus és més bo del que s'havia trobat de manera aproximada amb l'assaig de duresa, es torna a recalculer el nombre de cicles que teòricament haurien d'haver aguantat les claus, sabent ara, el material exacte i la càrrega que s'ha aplicat a l'assaig experimental de cada una d'elles.

8.2.1. Recàlcul de la resistència a fatiga de la clau gris

Ara se sap que:

$$S_{ut} = 887 \text{ MPa}$$

La tensió alterna i mitjana que s'han aplicat són les que s'han calculat a l'apartat 6.3.1.:

$$\sigma_a = 460.83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 131.64 \text{ MPa}$$

Utilitzant la Eq(3), es troba $S_e = 223.54 \text{ MPa}$

Utilitzant la Eq(9), es troba $a = 2850.89$

Utilitzant la Eq(10), es troba $b = -0.1843$

Per tant utilitzant la Eq(8), es troba $S_f = 2850.89 \cdot N^{-0.1843}$

Així doncs, aïllant N de la fórmula de la el·lipse d'ASME i substituint els valors anteriors, trobem que $N = 18538$ cicles. Es pot veure com augmentant una mica la S_{ut} , augmenta molt el nombre de cicles que aguanta la peça.

8.2.2. Recàlcul de la resistència a fatiga de la clau negra

Ara se sap que:

$$S_{ut} = 827 \text{ MPa}$$

La tensió alterna i mitjana que s'han aplicat són les que s'han calculat a l'apartat 6.3.2.:

$$\sigma_a = 414.38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 118.36 \text{ MPa}$$

Utilitzant la Eq(3,) es troba $S_e = 223.30 \text{ MPa}$

Utilitzant la Eq(9), es troba $a = 2480.93$

Utilitzant la Eq(10), es troba $b = -0.1743$

Per tant utilitzant la Eq(8), es troba $S_f = 2480.93 \cdot N^{-0.1743}$

Així doncs, aïllant N de la fórmula de la el·lipse d'ASME i substituint els valors anteriors, trobem que $N = 27120$ cicles. Es pot veure com augmentant una mica la S_{ut} , augmenta molt el nombre de cicles que aguanta la peça.

8.3. Comparació de resultats

Degut a que l'escala del nombre de cicles es logarítmica, tal i com s'ha vist anteriorment a la Gràfica 4, per mirar l'error comés, es farà utilitzant la Eq(14), que es mostra a continuació.

$$\text{Error} = \left| \frac{\log(N^{\circ} \text{ cicles teòric}) - \log(N^{\circ} \text{ cicles experimental})}{\log(N^{\circ} \text{ cicles teòric})} \right| \cdot 100 \quad \text{Eq (14)}$$

Així doncs, l'error comés amb la clau gris és del 15.9%, ja que el nombre de cicles teòric és 18538 i el nombre de cicles experimental és 88723.

D'altra banda, l'error comés amb la clau negra és del 16.2%, ja que el nombre de cicles teòric és 27120 i el nombre de cicles experimental és 142217.

D'aquesta manera, es veu que l'error comés en les dues peces es pràcticament el mateix. A més, els errors comesos no són gaire elevats, ja que es poden haver anat acumulant errors en varies operacions, com per exemple:

- Error en la lectura de la càrrega aplicada a l'assaig de tracció.
- Error al dibuixar la geometria de les peces assajades, degut a que és molt difícil agafar les mides amb precisió, cosa que fa que les tensions trobades amb l'ansys no concordin exactament amb les reals.
- Error en la lectura de la pressió aplicada al pistó.

9. RESUM DEL PRESUPOST

El pressupost per a la realització de les millores d'aquest projecte, puja a la quantitat de TRES-CENTS VINT-I-NOU EUROS AMB QUARANTA-QUATRE CÈNTIMS (329,44 €) a falta d'IVA.

10. CONCLUSIONS

En aquest projecte s'ha assolit l'objectiu d'aconseguir que la màquina funcionés correctament i fos operativa al 100%. A més, també s'han assajat dues peces tal i com es demanava i els resultats obtinguts han set molt positius.

Tota la documentació que forma aquest projecte, fa possible, que es puguin dur a terme en un futur, assajos de fatiga utilitzant la màquina que es troba al laboratori, sense la necessitat de fer modificacions.

11. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Document 1 Memòria i annexes

Memòria

Annex A

Annex B

Document 2 Plànols

Document 3 Plec de condicions

Document 4 Estat d'amidaments

Document 5 Pressupost

ANNEX A. MANUAL DE LA MÀQUINA HIDRÀULICA D'ASSAIG A FATIGA

A.1. MUNTATGE DE LA PEÇA I REGULACIÓ DE LA MÀQUINA

Primer de tot, s'ha de presentar tot a sobre de la màquina per veure com queda i connectar la màquina a la línia de 400v.

Posteriorment, s'ha de tenir cura de que el cilindre, quan la màquina està parada, estigui a la meitat de la seva cursa per a tenir el màxim recorregut necessari en ambdós sentits. Alhora, també s'ha de tenir en compte que el mànec de la clau i la tija del pistó formin un angle recte i que el suport del cilindre hidràulic i el suport de la peça siguin paral·lels.

Una vegada s'ha comprovat això, es pot continuar collant la mordassa del pistó a la posició en la qual s'han fet els càlculs i soldar la clau a la plaqueta roscada que va collada al suport de la peça.

Quan la peça ja està estacada correctament, es pot procedir a regular el sistema anticaiguda de manera que quedi a sota del cilindre per si la clau s'arriba a trencar, que no caigui tot.

El sistema fi de cursa, només es pot preparar allunyant els topalls al màxim, però no el podem deixar regulat, ja que no sabem encara quan cedirà la peça quan s'apliqui la càrrega en ambdós sentits. Per tant es regularà més endavant.

El muntatge ha de quedar com es mostra a la Figura 40.



Figura 40: Muntatge de la peça a la màquina

Una vegada s'ha muntat la peça a la màquina, es pot procedir a regular la pressió que s'aplicarà al pistó, per fer-ho, dins la pantalla principal que incorpora la màquina (que es mostra a la Figura 41), s'haurà de prémer el botó que diu motor. Això farà que el grup hidràulic s'engegui, després es mantindrà premut EV1 o EV2, la diferència entre ells és que EV2 obre la vàlvula que fa sortir el pistó i EV1 obre la vàlvula que fa entrar el pistó (com la pressió que entra a una cambra o a l'altra és la mateixa qualsevol dels dos servirà per regular la pressió). Per tant, mentre es manté premut EV1 o EV2, s'anirà regulant la pressió fins a que el manòmetre que es mostra a la Figura 42, marqui la pressió desitjada.

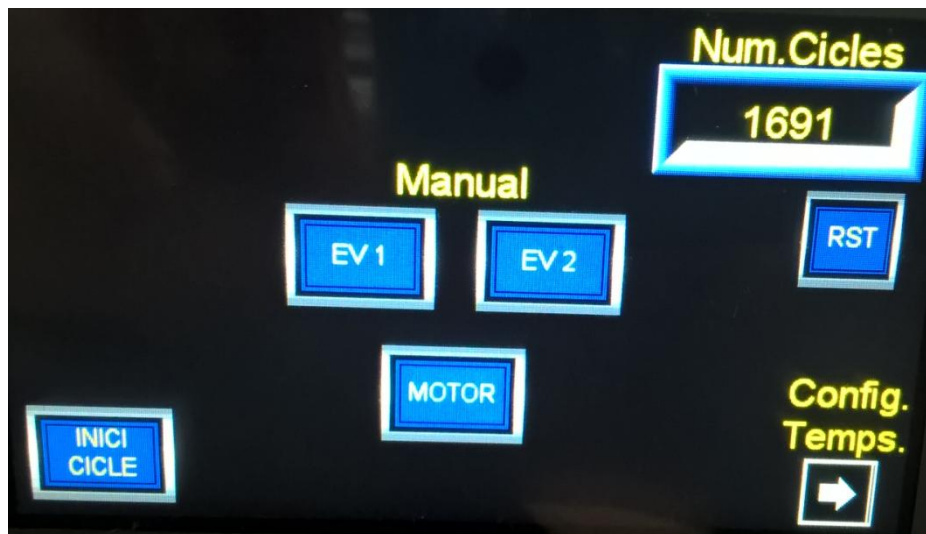


Figura 41: Pantalla principal



Figura 42: Manòmetre digital

Després d'haver regulat la pressió de treball, es farà un reset del comptador de cicles prement el botó RST de la pantalla principal i en aquest moment, ja es podrà prémer el botó inici cicle d'aquesta mateixa pantalla, d'aquesta manera la màquina ja començarà a aplicar els cicles a la peça.

Com que segurament els temps de cicle que hi ha guardats a la màquina no aniran bé per a la nova peça que s'està assajant, aquests s'hauran de canviar prement el botó Config. Temps. de la pantalla principal i aquest ens enviarà a la pantalla que es mostra a la Figura 43.

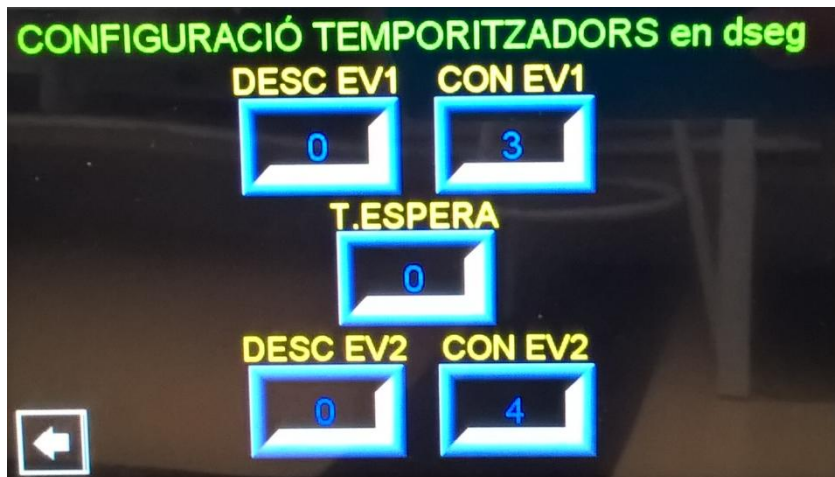


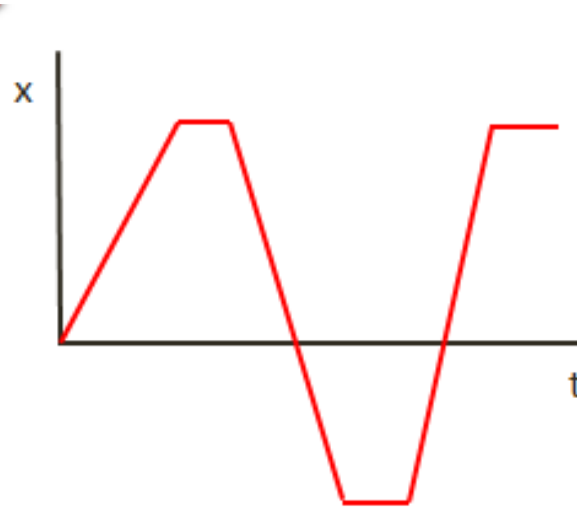
Figura 43: Pantalla configuració temps de cicle

Els temps que es configuren en aquesta pantalla són els d'obertura i tancament de les vàlvules i es fa en dècimes de segon.

Per a que la màquina funcioni de manera correcta, els temps DESC EV1, T.ESPERA i DESC EV2 sempre hauran de ser 0, per tant, només s'haurà de configurar CON EV1 i CON EV2.

CON EV1 és el temps que la vàlvula que fa que el pistó entri estigui oberta i CON EV2 és el temps que la vàlvula que el pistó surti estigui oberta. Com la cambra és més petita per la banda que fa que el pistó entri, degut a que la tija del pistó resta volum d'oli, el temps de CON EV1 pot ser més petit que el temps de CON EV2.

Aquests dos paràmetres, es regularan a ull, de manera que el pistó surti i s'estigui un moment parat i després entri i s'estigui un moment parat, tal i com es mostra a la Gràfica 7. Això voldrà dir que arriba a la pressió màxima i per tant, aplica la càrrega desitjada.



Gràfica 7: Posició del pistó en funció del temps per la correcta aplicació dels cicles

A continuació, es prem el botó de la fletxa cap a l'esquerra de la pantalla de configuració dels temps per tornar a la pantalla principal, i així poder veure el nombre de cicles que s'aplica la càrrega.

Per últim, només queda regular els topalls del fi de cursa, de manera que el disc que va collat a la tija del pistó estigui apunt de tocar-los deixant un petit marge, tant quan el pistó està completament cap a fora, com quan està completament cap a dins. Així doncs, quan comenci a aparèixer l'esquerda a la peça, aquesta començarà a cedir i la màquina es parará, i es podrà veure en pantalla el nombre de cicles que ha aguantat. Per evitar que es produeixi un atrapament del dit mentre es regula el sistema fi de cursa, la màquina haurà d'estar parada, i un cop regulat el sistema, es tornarà a engegar.

A.2. MANTENIMENT

Per tal de garantir un correcte funcionament de la màquina caldrà realitzar periòdicament el manteniment que es descriu a continuació.

A.2.1. Components

A continuació, s'indica el manteniment de cada un dels components i la seva periodicitat, tenint en compte el seu ús.

COMPONENT	ACCIÓ	PERIODICITAT	COMENTARIS
Grup hidràulic	Comprovar el nivell d'oli al visor	Abans de realitzar l'assaig	Fer-ho amb la màquina en fred i parada.
	Verificar possibles fugues d'oli	Abans de realitzar l'assaig	-
	Comprovar connexions elèctriques	Cada 2 anys	Realitzar-ho per personal qualificat.
Cilindre hidràulic	Verificar possibles fugues d'oli	Abans de realitzar l'assaig	-
Circuit	Verificar possibles fugues d'oli	Abans de realitzar l'assaig	-
Filtre de retorn	Canviar	Cada 500.000 cicles	-
Ròtules i passadors	Greixar	Cada 50.000 cicles	-
Sistema fi de cursa	Verificar que no hi hagi molt desgast.	Cada 500.000 cicles	-
Suport pistó	Verificar que no hi hagi molt desgast.	Cada 500.000 cicles	-
Suport peça	Verificar que no hi hagi molt desgast.	Cada 500.000 cicles	-
Sistema anticaiguda	Verificar que no hi hagi molt desgast.	Cada 500.000 cicles	-
Quadre elèctric	Verificar l'estat dels components i connexions	Cada 2 anys	-

A.2.2. Neteja

La neteja és la part més important en el manteniment d'una màquina, ja que pot reduir entre un 40% i un 50% les averies de la màquina.

La taula següent mostra els punts on cal tenir cura de la neteja i amb quina periodicitat s'hauran de netejar, tenint en compte el seu ús.

COMPONENT	ACCIÓ	PERIODICITAT	PRODUCTE RECOMANAT
Cilindre hidràulic	Netejar l'eix que empeny	Abans de cada assaig	Loctite 7070
Estructura	Netejar el banc d'assaig i suports	Cada mes	-
Accessoris (sistema fi de cursa, sistema anticiguda, etc.)	Netejar	Abans de cada assaig	-

A.3. DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

A.3.2. Sistema hidràulic

El sistema hidràulic, per trencar peces per cicles de fatiga, es basa en el funcionament d'un cilindre hidràulic accionat per un grup hidràulic, tal i com es mostra a la Figura 44.

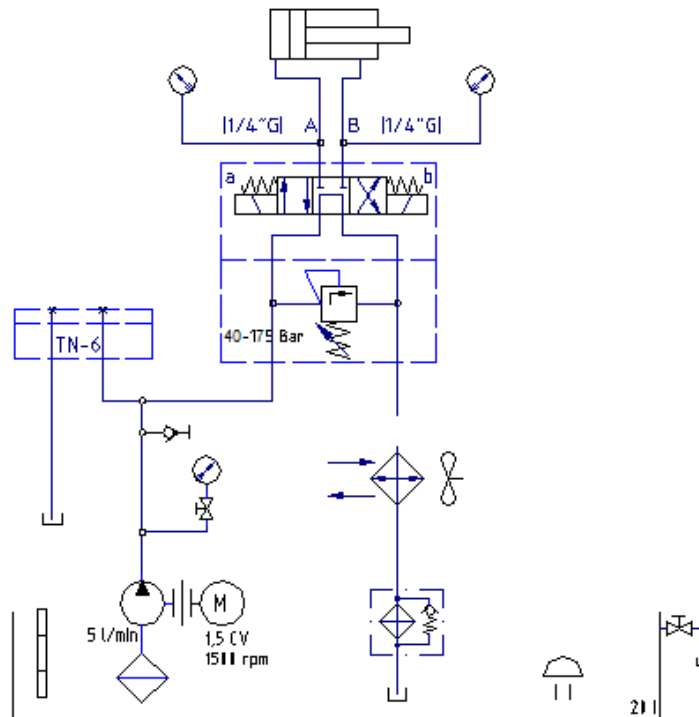


Figura 44: Esquema hidràulic

El grup hidràulic és de la marca Roquet i té com a referència CR10498, aquest està format per els següents components:

- Un motor elèctric de 1,5 CV a 1500 rpm.
- Bomba d'engrenatges amb referència 1L05DE10R i un cabal màxim de 5 litres/minut
- Vàlvula reguladora de pressió
- Electrovàlvules
- Cilindre hidràulic
- Dipòsit
- Tubs
- Manòmetre digital

A continuació, a la Figura 45, es mostren els components que formen el sistema hidràulic.

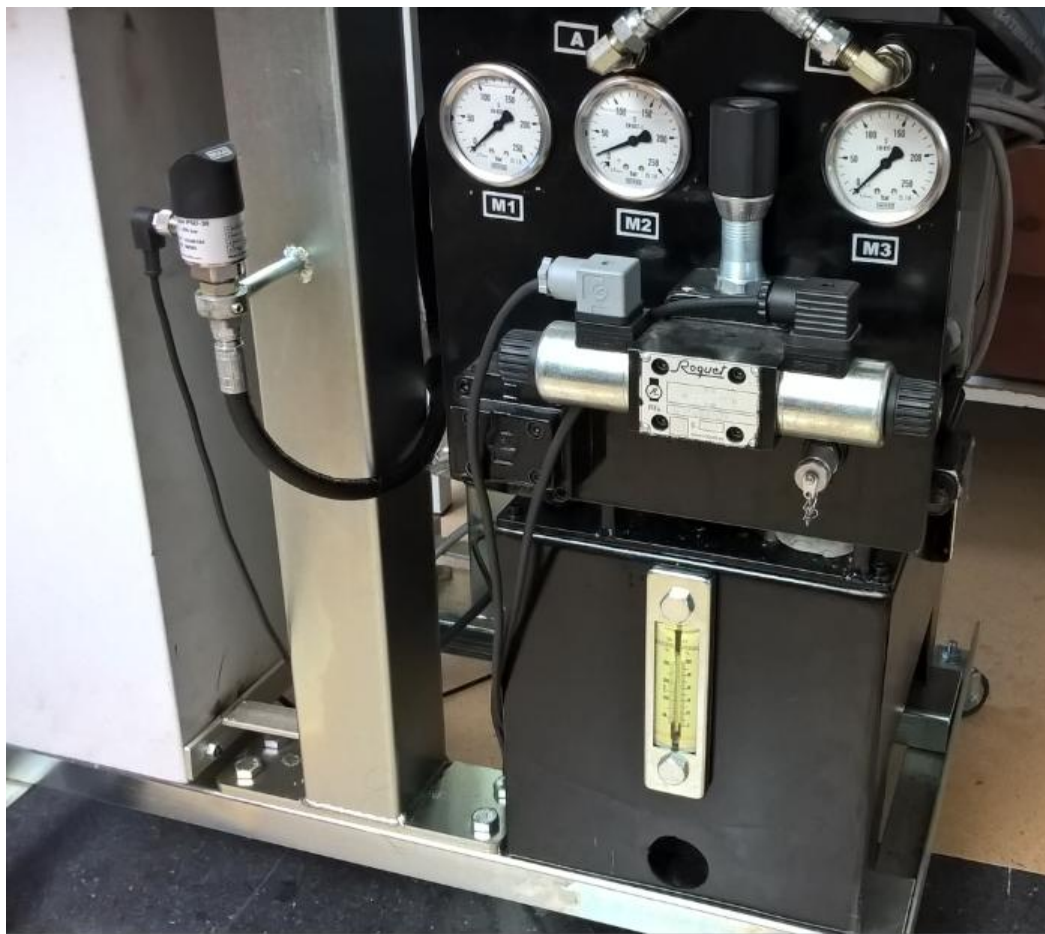


Figura 45: Components del sistema hidràulic real

A.3.3. Bomba hidràulica

La bomba d'engrenatges que incorpora el sistema hidràulic és de la marca Roquet, amb referència comercial 1L05DE10R. Aquesta bomba pot oferir un cabal de 5 litres/min. A la Figura 46, es pot veure la nomenclatura de la bomba, i a la Figura 47, es mostren les dades tècniques.

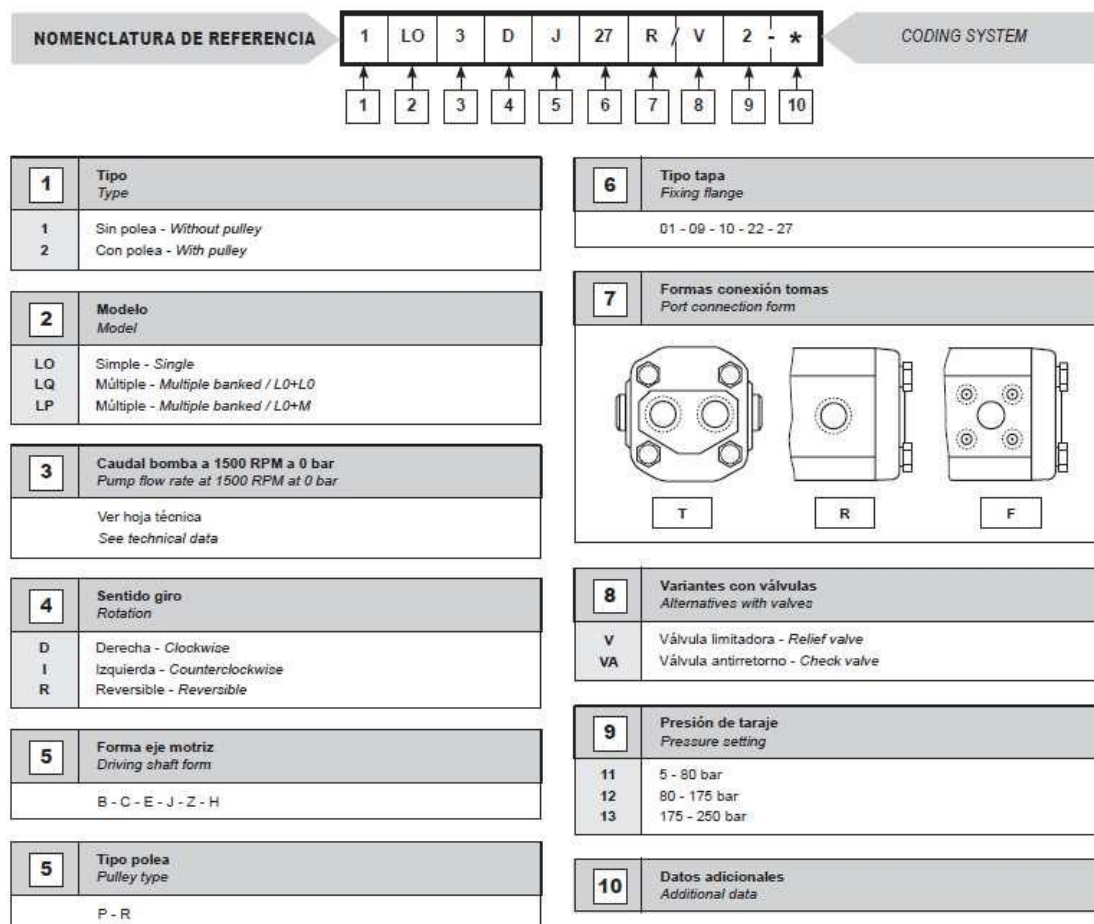


Figura 46: Nomenclatura de la bomba

Datos técnicos Technical data						
Caudal bomba Pump Flow rate		(L/min.) 1500 R.P.M.	1,5	3	5	7,5 10
Cilindrada Displacement		cm³/v cc/r	1	2	3,3	5 6,6
Presión máx. continuada en Cont. max. pressure		bar	275		240	185 135
Presión máx. inter 5 seg. máx. Intermittent max. pressure		bar	300		275	200 150
R.P.M. a presión continua R.P.M. at cont. pressure			5.000		4.000	3.000
R.P.M. máximas Max. R.P.M.			6.000		5.000	4.000 3.000
Minimas R.P.M. según presión Min. R.P.M. at given pressures	100 bar		1.000		750	500
	175 bar		1.500	1.250		1.000 —
	250 bar		2.000	1.750	1.500	— —
	300 bar		3.000	2.000	—	— —
Aceite recomendado Fluid to be used			ISO 6743 tipo HM, HV ó HG			
Viscosidad Viscosity range			ISO 3448 cat. VG32-VG46			
Grado de limpieza del aceite Recommended fluid cleanliness			19/16 s/. ISO 4406 ó RP70H			
Temperatura de trabajo Working temperature			-20°C... +80°C -70°F... +175°F			
Depresión máximo en aspiración Max. suction depression			≤ 0'3 bar			

Figura 47: Dades tècniques de la bomba per un cabal de 5l/min

A.3.4. Cilindre hidràulic

El cilindre hidràulic és l'encarregat de convertir la pressió que li subministra la bomba en força. Aquest és de la marca Roquet, amb referència comercial 6719000. A la Figura 48, es mostra el seu plànol.

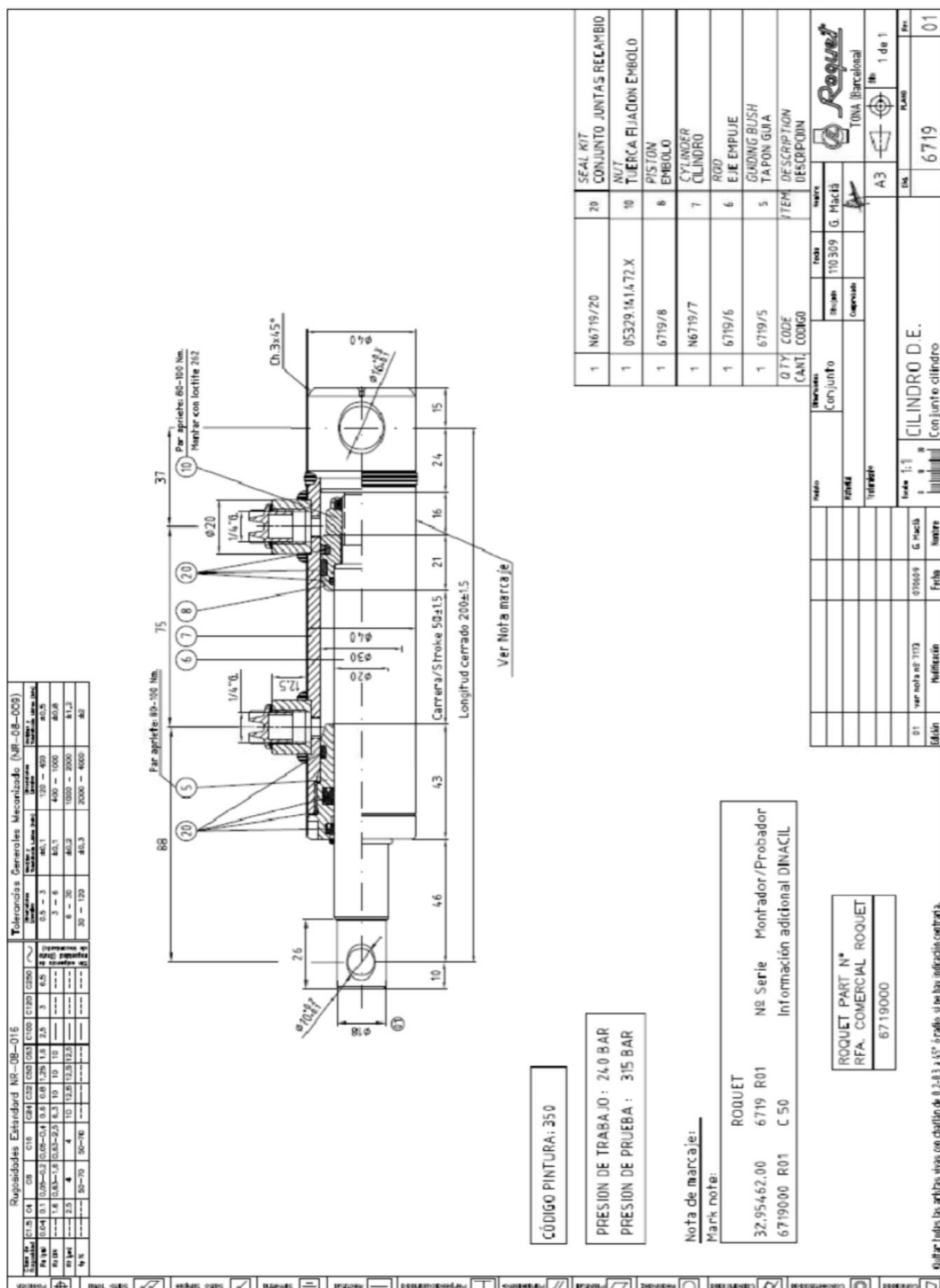


Figura 48: Plànol cilindre hidràulic

A.3.5. Electrovàlvula

L'electrovàlvula encarregada de seleccionar el sentit de moviment del cilindre hidràulic, és de la marca Roquet, referència comercial 5EVP3D1C02D24. Tal i com es mostra a la Figura 49, aquesta té tres posicions:

- Posició central: és la posició de repòs.
- Posició esquerra: fa passar l'oli del port P al port A.
- Posició dreta: fa passar l'oli del port P al port B.

Les dues últimes posicions esmentades són les que s'utilitzen per fer que el cilindre es mogui en un sentit o un altre. L'oli sobrant que ja ha estat al cilindre, retornarà al dipòsit pel port T. Per tal de no escalfar més el sistema, la vàlvula seleccionada és del tipus centre obert.

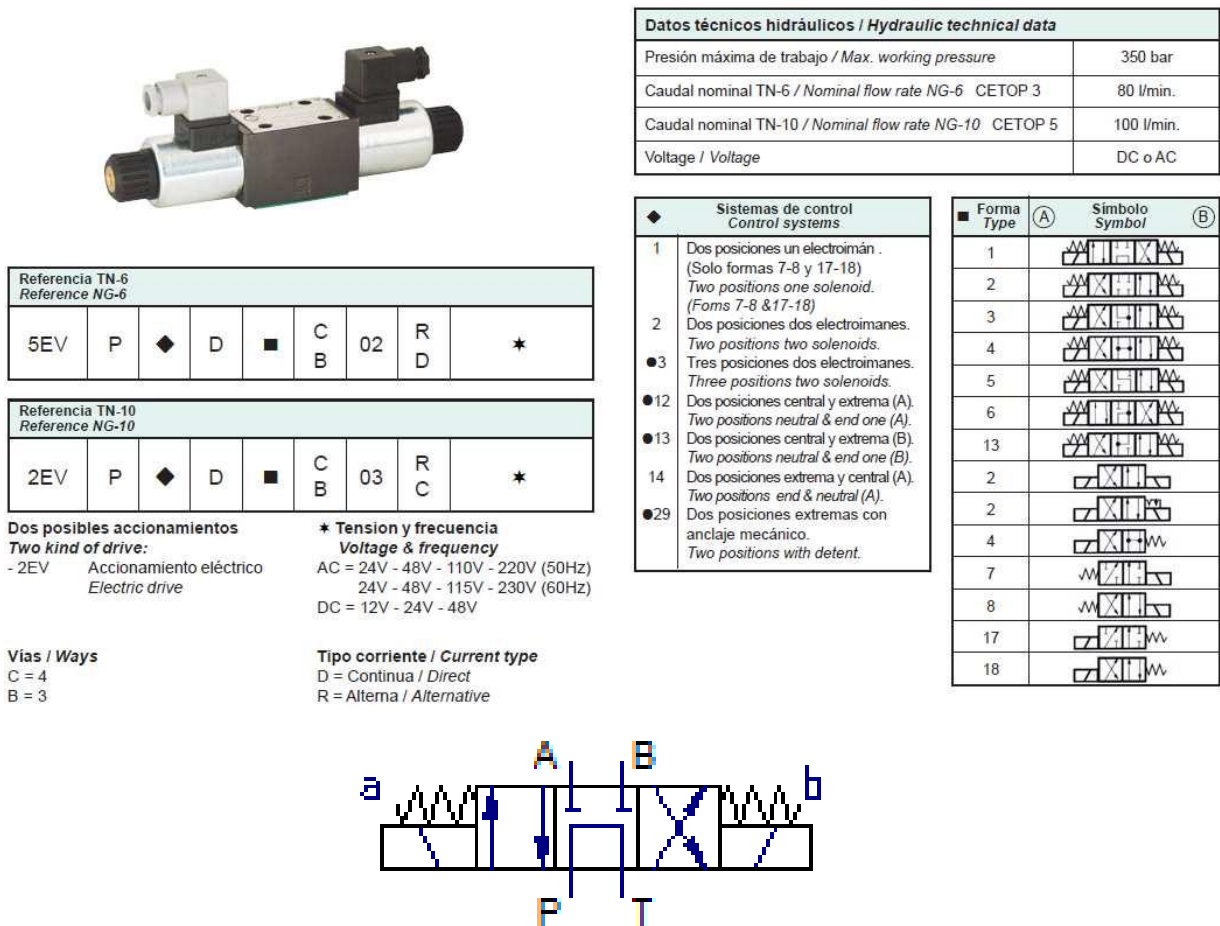
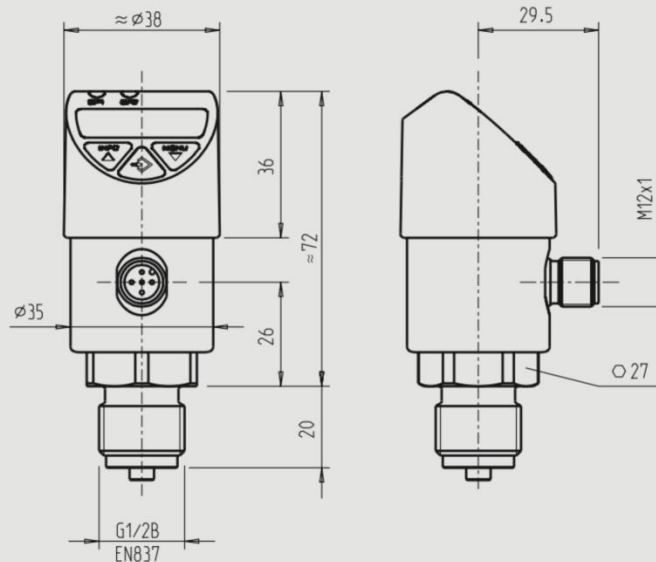


Figura 49: Característiques de l'electrovàlvula

A.3.6. Manòmetre digital

El manòmetre digital és de la casa WIKA, en concret és el model PSD-30. A continuació es mostren les seves característiques.

Presostato con conector circular M12 x 1 (4 y 5 pines)



Les característiques més importants del que hi ha instal·lat a la màquina son les següents:

- Rang de treball de 0 – 250 bar.
- Límit de la pressió de sobrecàrrega del doble.
- Precisió de com a màxim $\pm 1\%$ del span.
- Rang de temperatura de treball de -20 a +85°C.

Instrumentación de presión electrónica

Presostato electrónico con indicación Modelo PSD-30, versión estándar Modelo PSD-31, con membrana aflorante

Hoja técnica WIKA PE 81.67



Aplicaciones

- Máquinas-herramienta
- Hidráulica y neumática
- Bombas y compresores
- Construcción de máquinas

Características

- Display robusto de fácil lectura
- Manejo fácil y rápido
- Adaptación fácil a las condiciones más variadas



Presostato electrónico, modelo PSD-30

Descripción

Galardonado por su diseño y funcionalidad

Gracias al diseño bien logrado y las funciones excelentes de la gama de interruptores WIKA, el presostato PSD-30 ha obtenido el premio "iF product design award 2009".

El indicador LED de grandes dimensiones y una altura de cifras de 9 mm y es levemente inclinado para permitir la lectura de la presión desde largas distancias. La utilización de una pantalla de 14 segmentos garantiza una buena presentación y legibilidad de las letras.

El menú de 3 teclas permite un manejo fácil y autoexplicativo sin accesorios. La estructura del menú es conforme a los estándares actuales de la Asociación Alemana de Fabricantes de Maquinaria y Plantas Industriales VDMA.

El objetivo de la hoja normativa VDMA para sensores de fluido (24574-1, parte 1 presostatos) es de facilitar la utilización de presostatos normalizando la estructura del menú y el indicador.

Las teclas de control tienen el tamaño máximo y están colocadas ergonómicamente para poder efectuar los ajustes de forma rápida y simple. La reacción táctil facilita el control sin accesorios.

Instalación individual

El PSD-30 y el PSD-31 pueden adaptarse a cualquier situación de montaje. Dado que la pantalla y la caja pueden girarse más de 300°, el indicador puede orientarse independientemente de la conexión eléctrica. Por eso, es posible orientar el indicador en dirección del operador y posicionar la conexión M12 x 1 según el guiado de cable deseado.

Alta calidad

Durante el desarrollo de la gama de interruptores de WIKA se ha otorgado gran importancia a la construcción robusta y a materiales aptos para la construcción mecánica. Por este motivo, la caja y la rosca del conector eléctrico son de acero inoxidable. Resulta casi imposible forzar o romper el conector.

IO-Link

Mediante la señal de salida opcional hacia el estándar de comunicación IO-Link, el PSD-30 y PSD-31 permite una integración rápida en sistemas de automatización modernos. IO-Link proporciona una instalación y configuración aún más rápidas, así como una mayor funcionalidad del PSD-30 y PSD-31.

Hoja técnica WIKA PE 81.67 · 01/2014

Página 1 de 7

Hojas técnicas de productos similares:
Termostato electrónico con indicación; modelo TSD-30; véase hoja técnica TE 67.03
Interruptor electrónico de nivel de llenado con indicación; modelo LSD-30; véase hoja técnica LM 40.01



Rangos de medida

Presión relativa								
bar	0 ... 1 ¹⁾	0 ... 1,6 ¹⁾	0 ... 2,5	0 ... 4	0 ... 6	0 ... 10	0 ... 16	0 ... 25
	0 ... 40	0 ... 60	0 ... 100	0 ... 160	0 ... 250	0 ... 400	0 ... 600	
psi	0 ... 15 ¹⁾	0 ... 25 ¹⁾	0 ... 30 ¹⁾	0 ... 50	0 ... 100	0 ... 160	0 ... 200	0 ... 300
	0 ... 500	0 ... 1.000	0 ... 1.500	0 ... 2.000	0 ... 3.000	0 ... 5.000	0 ... 8.000	

Presión absoluta								
bar	0 ... 1 ¹⁾	0 ... 1,6 ¹⁾	0 ... 2,5	0 ... 4	0 ... 6	0 ... 10	0 ... 16	0 ... 25
psi	0 ... 15 ¹⁾	0 ... 25 ¹⁾	0 ... 30 ¹⁾	0 ... 50	0 ... 100	0 ... 160	0 ... 200	0 ... 300

Rango de medida de vacío y +/-								
bar	-1 ... 0 ¹⁾	-1 ... +0,6 ¹⁾	-1 ... +1,5	-1 ... +3	-1 ... +5	-1 ... +9	-1 ... +15	-1 ... +24
psi	-14,5 ... 0 ¹⁾	-14,5 ... +15 ¹⁾	-14,5 ... +30	-14,5 ... +50	-14,5 ... +100	-14,5 ... +160	-14,5 ... +200	-14,5 ... +300

1) No disponible para PSD-31.

Límite de presión de sobrecarga

Doble

1,7 veces para los rangos de medida de presión relativa de
160 psi, 1.000 psi y 1.500 psi

Indicador

LCD de 14 segmentos, rojo, de 4 dígitos,
altura de las cifras 9 mm

La visualización puede girarse electrónicamente a 180°

Actualización (ajustable): 100, 200, 500 o 1.000 ms

Señales de salida

Salida de conexión		Señal analógica
SP1	SP2	
PNP	-	4 ... 20 mA (3 conductores)
PNP	-	DC 0 ... 10 V (3 conductores)
PNP	PNP	-
PNP	PNP	4 ... 20 mA (3 conductores)
PNP	PNP	DC 0 ... 10 V (3 conductores)

Opcionalmente también disponible con salida de conexión
NPN en lugar de PNP.

IO-Link, revisión 1.0 (opcional)

El IO-Link está disponible para todas las señales de salida
En la opción IO-Link, la salida de conexión 1 es siempre PNP

Ajuste del desplazamiento del punto de cero

máx. 3 % del span

Umbral de conexión

Los puntos de conmutación 1 y 2 pueden ajustarse indi-
vidualmente.

Funciones de conmutación

Contacto normalmente abierto - cerrado, ventana, histéresis
Ajustable libremente

Tensión de conmutación

Alimentación auxiliar - 1 V

Corriente de conmutación

- sin IO-Link: máx. 250 mA
- con IO-Link: SP1 máx. 100 mA
SP2 máx. 250 mA

Tiempo de establecimiento

Señal analógica: 3 ms

Salida de conexión: ≤ 10 ms

Carga

Señal analógica de 4 ... 20 mA: ≤ 0,5 kΩ

Señal analógica DC 0 ... 10 V: > 10 kΩ

Duración

100 millones de conmutaciones

Alimentación de corriente

Alimentación auxiliar

DC 15 ... 35 V

Consumo de electricidad

Salidas de conexión con

- Señal analógica de 4 ... 20 mA: 70 mA
- Señal analógica DC 0 ... 10 V: 45 mA
- sin señal analógica: 45 mA

La opción IO-Link condiciona un consumo de energía diferente

Alimentación de corriente eléctrica total

- sin IO-Link: máx. 600 mA inclusive corriente de conmutación
- con IO-Link: máx. 450 mA inclusive corriente de conmutación

Datos de precisión

Exactitud, señal analógica

$\leq \pm 1,0$ % del span

Incluye alinealidad, histéresis, error punto cero y valor final (corresponde a desviación de valor de medida según IEC 61298-2). Calibrado en posición vertical con la conexión a presión hacia abajo.

Alinealidad: $\leq 0,5$ % del span (BFSL, IEC 61298-2)
Deriva a largo plazo: $\leq 0,2$ % del span (IEC 61298-2)

Exactitud, salida de conexión

Precisión del punto de conmutación: $\leq \pm 1$ % del span
Precisión de ajuste: $\leq \pm 0,5$ % del span

Indicador

$\leq \pm 1,0$ % del span ± 1 dígito

Error de temperatura en el rango de temperatura nominal

- típico: $\leq \pm 1,0$ % del span
- máximo: $\leq \pm 2,5$ % del span

Coefficientes de temperatura en el rango de temperatura nominal

CT medio del punto cero: $\leq \pm 0,2$ % del span/10 K (típico)
CT medio del span: $\leq \pm 0,1$ % del span/10 K (típico)

Condiciones de referencia

Temperatura: 15 ... 25 °C
Presión atmosférica: 950 ... 1.050 mbar
Humedad atmosférica: 45 ... 75 % relativa
Posición nominal: Conexión a proceso inferior
Alimentación auxiliar: DC 24 V
Carga: véase señales de salida

Condiciones de utilización

Rangos de temperatura admisibles

Medio: -20 ... +85 °C
Ambiente: -20 ... +80 °C
Almacenamiento: -20 ... +80 °C
Temperatura nominal: 0 ... 80 °C

Humedad del aire

45 ... 75 % h.r.

Resistencia a la vibración

10 g (IEC 60068-2-27, con resonancia)

Resistencia a choques

50 g (IEC 60068-2-6, mecánica)

Duración, mecánica

10 millones cambios de carga

Tipo de protección

IP 65 y IP 67

Los tipos de protección indicados (según IEC 60529) sólo son válidos en estado conectado con conectores según el modo de protección correspondiente.

Posición de montaje

cualquiera

Materiales

Piezas en contacto con el medio









Conexión a proceso: Acero inoxidable 316L
Sensor de presión: < 9,8 bar: acero inoxidable 316L
> 9,8 bar: acero inoxidable 13-8 PH

Piezas sin contacto con el medio

Caja: Acero inoxidable 304
Teclado: TPE-E
Cristal de la pantalla: PC
Cabezal indicador: Combinación de PC+ABS


Conexiones

Conexiones disponibles, modelo PSD-30

Norma	Rosca
	G 1/4 A
	G 1/2 A
	G 3/8 B
	G 1/2 rosca hembra
	G 3/8 B
	ISO 7
	KS
	PT 1/4

Otras conexiones a consultar

Conexiones disponibles, modelo PSD-31

Norma	Rosca
	

Juntas

Conexión al proceso según DIN 3852-E

Estándar	NBR
Opción	sin
Opción	



Conexión al proceso según EN 837 ¹⁾

Estándar	sin
Opción	Cobre
Opción	Acero inoxidable

1) EN 837-1:2004, EN 837-2:2004, EN 837-3:2004, EN 837-4:2004, EN 837-5:2004, EN 837-6:2004, EN 837-7:2004, EN 837-8:2004, EN 837-9:2004, EN 837-10:2004, EN 837-11:2004, EN 837-12:2004, EN 837-13:2004, EN 837-14:2004, EN 837-15:2004, EN 837-16:2004, EN 837-17:2004, EN 837-18:2004, EN 837-19:2004, EN 837-20:2004, EN 837-21:2004, EN 837-22:2004, EN 837-23:2004, EN 837-24:2004, EN 837-25:2004, EN 837-26:2004, EN 837-27:2004, EN 837-28:2004, EN 837-29:2004, EN 837-30:2004, EN 837-31:2004, EN 837-32:2004, EN 837-33:2004, EN 837-34:2004, EN 837-35:2004, EN 837-36:2004, EN 837-37:2004, EN 837-38:2004, EN 837-39:2004, EN 837-40:2004, EN 837-41:2004, EN 837-42:2004, EN 837-43:2004, EN 837-44:2004, EN 837-45:2004, EN 837-46:2004, EN 837-47:2004, EN 837-48:2004, EN 837-49:2004, EN 837-50:2004, EN 837-51:2004, EN 837-52:2004, EN 837-53:2004, EN 837-54:2004, EN 837-55:2004, EN 837-56:2004, EN 837-57:2004, EN 837-58:2004, EN 837-59:2004, EN 837-60:2004, EN 837-61:2004, EN 837-62:2004, EN 837-63:2004, EN 837-64:2004, EN 837-65:2004, EN 837-66:2004, EN 837-67:2004, EN 837-68:2004, EN 837-69:2004, EN 837-70:2004, EN 837-71:2004, EN 837-72:2004, EN 837-73:2004, EN 837-74:2004, EN 837-75:2004, EN 837-76:2004, EN 837-77:2004, EN 837-78:2004, EN 837-79:2004, EN 837-80:2004, EN 837-81:2004, EN 837-82:2004, EN 837-83:2004, EN 837-84:2004, EN 837-85:2004, EN 837-86:2004, EN 837-87:2004, EN 837-88:2004, EN 837-89:2004, EN 837-90:2004, EN 837-91:2004, EN 837-92:2004, EN 837-93:2004, EN 837-94:2004, EN 837-95:2004, EN 837-96:2004, EN 837-97:2004, EN 837-98:2004, EN 837-99:2004

Conexiones eléctricas


Conexiones

- 
- 

1) EN 60646-1:2004, EN 60646-2:2004, EN 60646-3:2004, EN 60646-4:2004, EN 60646-5:2004, EN 60646-6:2004, EN 60646-7:2004, EN 60646-8:2004, EN 60646-9:2004, EN 60646-10:2004, EN 60646-11:2004, EN 60646-12:2004, EN 60646-13:2004, EN 60646-14:2004, EN 60646-15:2004, EN 60646-16:2004, EN 60646-17:2004, EN 60646-18:2004, EN 60646-19:2004, EN 60646-20:2004, EN 60646-21:2004, EN 60646-22:2004, EN 60646-23:2004, EN 60646-24:2004, EN 60646-25:2004, EN 60646-26:2004, EN 60646-27:2004, EN 60646-28:2004, EN 60646-29:2004, EN 60646-30:2004, EN 60646-31:2004, EN 60646-32:2004, EN 60646-33:2004, EN 60646-34:2004, EN 60646-35:2004, EN 60646-36:2004, EN 60646-37:2004, EN 60646-38:2004, EN 60646-39:2004, EN 60646-40:2004, EN 60646-41:2004, EN 60646-42:2004, EN 60646-43:2004, EN 60646-44:2004, EN 60646-45:2004, EN 60646-46:2004, EN 60646-47:2004, EN 60646-48:2004, EN 60646-49:2004, EN 60646-50:2004, EN 60646-51:2004, EN 60646-52:2004, EN 60646-53:2004, EN 60646-54:2004, EN 60646-55:2004, EN 60646-56:2004, EN 60646-57:2004, EN 60646-58:2004, EN 60646-59:2004, EN 60646-60:2004, EN 60646-61:2004, EN 60646-62:2004, EN 60646-63:2004, EN 60646-64:2004, EN 60646-65:2004, EN 60646-66:2004, EN 60646-67:2004, EN 60646-68:2004, EN 60646-69:2004, EN 60646-70:2004, EN 60646-71:2004, EN 60646-72:2004, EN 60646-73:2004, EN 60646-74:2004, EN 60646-75:2004, EN 60646-76:2004, EN 60646-77:2004, EN 60646-78:2004, EN 60646-79:2004, EN 60646-80:2004, EN 60646-81:2004, EN 60646-82:2004, EN 60646-83:2004, EN 60646-84:2004, EN 60646-85:2004, EN 60646-86:2004, EN 60646-87:2004, EN 60646-88:2004, EN 60646-89:2004, EN 60646-90:2004, EN 60646-91:2004, EN 60646-92:2004, EN 60646-93:2004, EN 60646-94:2004, EN 60646-95:2004, EN 60646-96:2004, EN 60646-97:2004, EN 60646-98:2004, EN 60646-99:2004

Protección eléctrica

Resistencia contra cortocircuitos: 

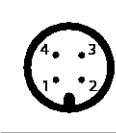
Protección contra polaridad inversa: 

Tensión de aislamiento: 


Protección contra sobretensiones: DC 40 V

Esquema de conexión






Conector circular, M12 x 1 (4-pin)

	U+	1
	U-	3
	S+	2
	SP1	4
	SP2	2

Conector circular, M12 x 1 (5-pin)

	U+	1
	U-	3
	S+	2
	SP1	4
	SP2	2

Leyenda:






-  Tensión de alimentación positiva
-  Potencial de referencia
-  Salida de conexión 1
-  Salida de conexión 2
-  Salida analógica

Conformidad CE

Directiva de equipos a presión



Directiva CEM

Conformidad RoHS



Homologaciones

1) cULus     

2)     

3) GOST-R     

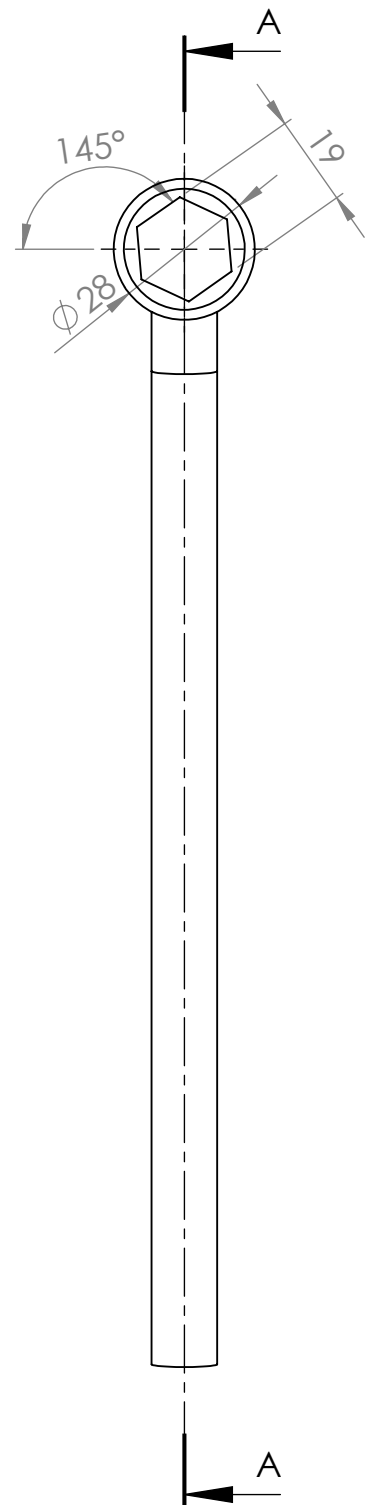
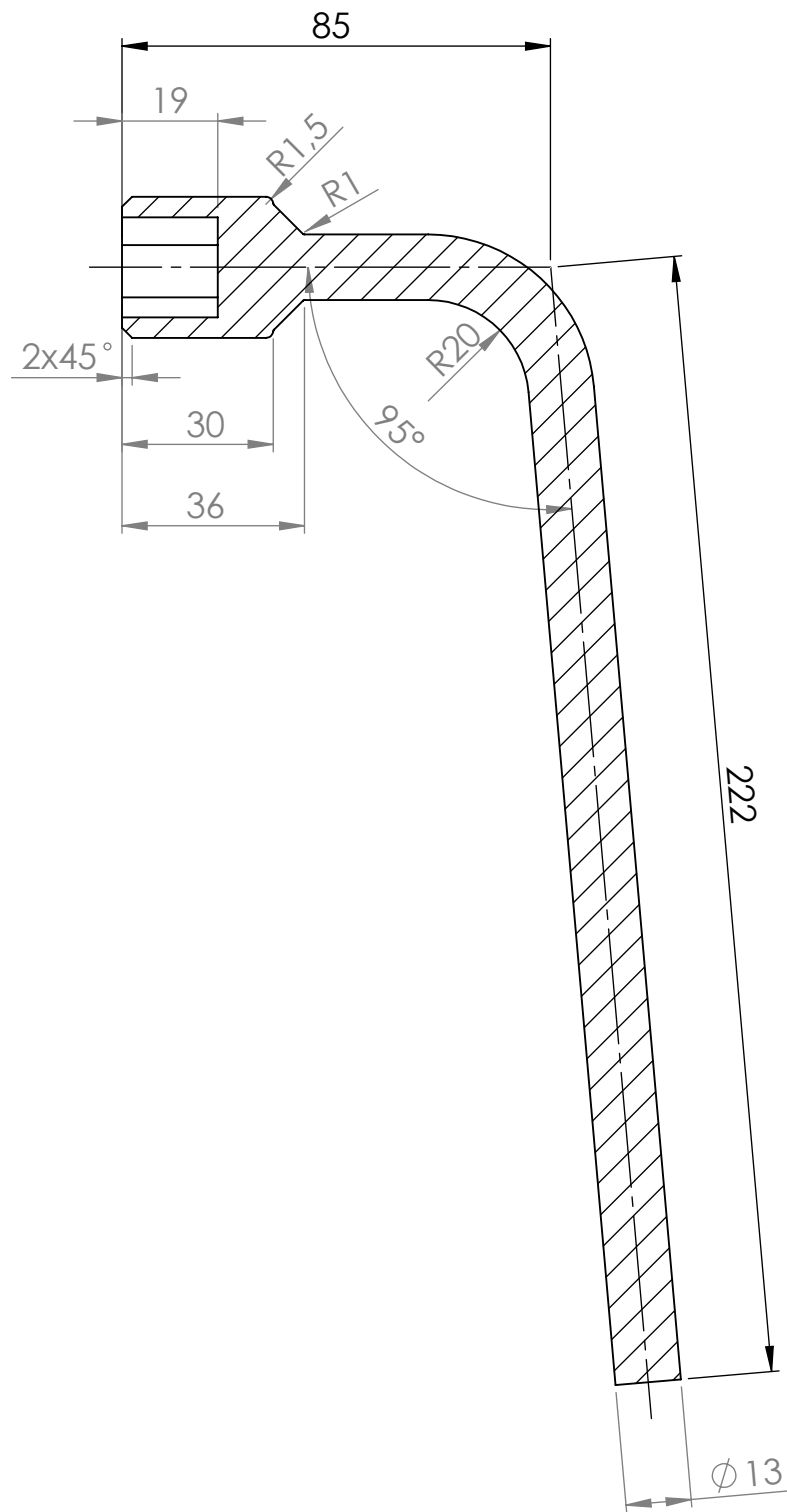
4) CRN      


A.3.7. Dipòsit

El dipòsit és d'acer, amb una capacitat de 20 litres d'oli. L'oli que s'utilitza és el recomanat pel fabricant del grup hidràulic. Així doncs, l'oli serà un ATF amb un índex de viscositat de 46 Cst fins a 64'7 Cst, a una temperatura de 38°C. L'oli seleccionat dels recomanats pel fabricant serà de la marca Shell i el producte serà el "Shell Spirax S2 ATF AX". La temperatura de treball de la bomba és aproximadament entre -20°C i 60°C. En la màquina que ens ocupa, la temperatura aproximada de treball és de 50°C controlada gràcies al sistema de refrigeració integrat en el propi banc d'assaig.

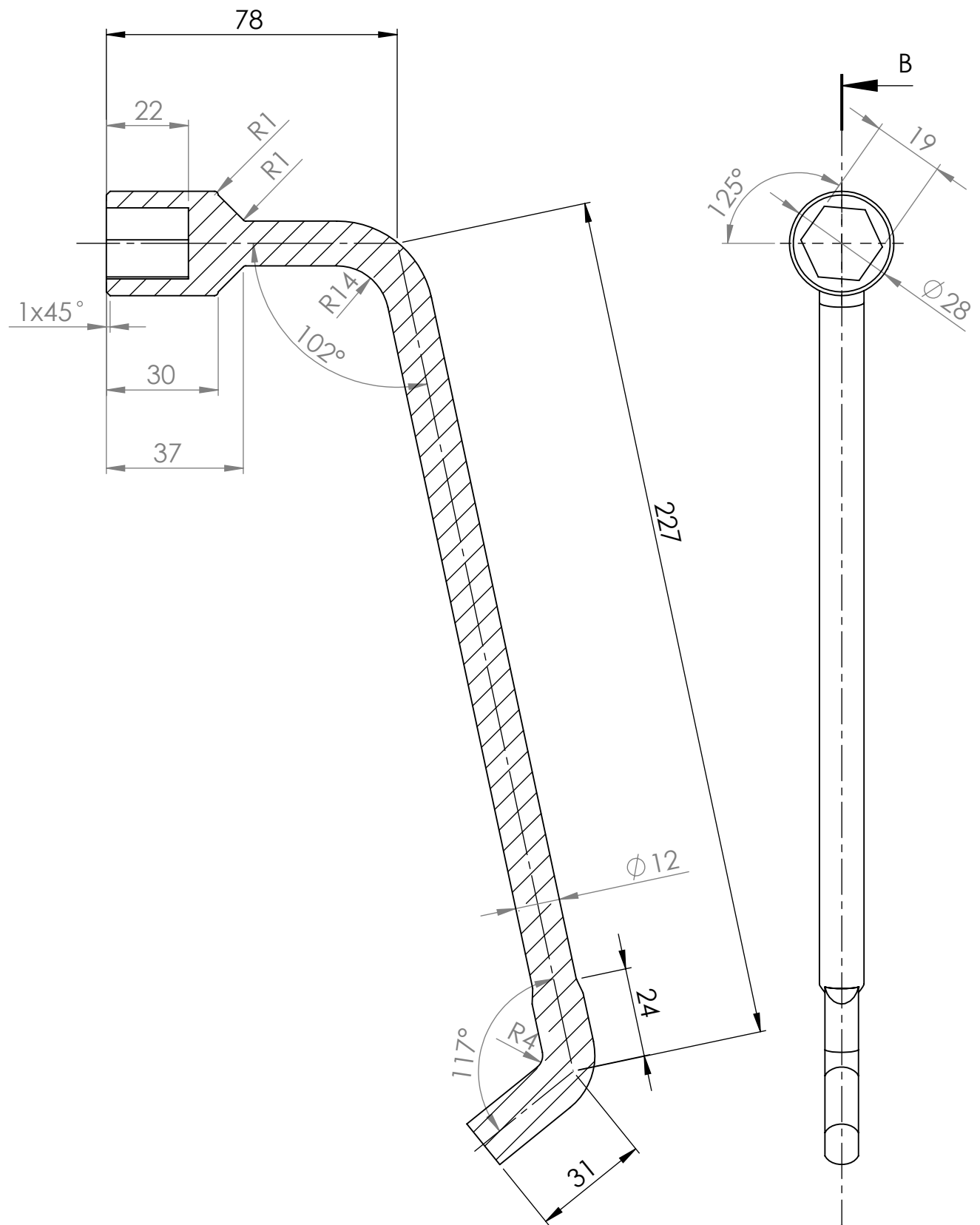
ANNEX B. MIDES DE LES PECES UTILITZADES PER L'ASSAIG A FATIGA




TALL A-A
ESCALA 1 : 1.5

Dibuixat	Raül	Sanchez	01/04/16	
Comprovat	Lluís	Ripoll		
SOLIDWORKS Student Edition. Solo para uso académico. Escala 1:1.5				N° de plànol: B.1. Especialitat: Mecànica

Crau gris



TALL B-B
ESCALA 1 : 1.5

Dibuixat	Raül	Sanchez	01/04/16	
Comprovat	Lluís	Ripoll		
SOLIDWORKS Student Edition. Solo para uso académico. 1:1.5				N° de plànol: B.2. Especialitat: Mecànica