

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Disseny d'una màquina d'assaig de provetes d'aliatges
Heusler

Document: Memòria i annexos

Alumne: Arnau Pagès Bartret

Tutor: Suñol Martínez, Juan Josep

Departament: Física

Àrea: Física Aplicada

Convocatòria (mes/any) 06/2020

MEMÒRIA.....	5
1 INTRODUCCIÓ.....	6
1.1 Antecedents.....	6
1.1.1 Peticionari.....	6
1.1.2 Necessitat del peticionari.....	6
1.2 Objecte del projecte.....	7
1.3 Especificacions i abast.....	7
1.3.1 Especificacions de la petició.....	7
1.3.2 Abast del projecte.....	8
2 ASPECTE GENERAL DE LA SOLUCIÓ.....	9
3 MORDASSES.....	12
3.1 Muntatge mordasses.....	13
4 ACTUADOR.....	14
4.1 Reductor.....	15
4.2 Motor.....	16
4.3 Sensor per al control.....	17
4.4 Muntatge.....	18
5 CAMP MAGNÈTIC.....	18
5.1 Muntatge bobines.....	19
6 SENSOR FORÇA.....	20
6.1 Muntatge sensor força.....	21
7 SENSOR ELONGACIÓ.....	21
7.1 Muntatge sensor elongació.....	22
8 SENSOR TEMPERATURA.....	23
9 RESUM DEL PRESSUPOST.....	24
10 CONCLUSIONS.....	25
11 BIBLIOGRAFIA.....	26
12 RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	27

ANNEX A: PROPIETATS DE LA MOSTRA I DEL MATERIAL.....	28
A.1 INTRODUCCIÓ.....	29
A.2 DESCRIPCIÓ DEL MATERIAL.....	29
A.3 MOSTRES ADQUIRIDES.....	29
A.4 ELONGACIÓ DEL MATERIAL.....	31
A.4.1 Conclusió elongació.....	32
A.5 RESISTÈNCIA.....	33
A.5.1 Conclusió resistència.....	33
ANNEX B: CÀLCULS.....	34
B.1 CÀLCUL DE L'ALLARGAMENT MITJÀ DE LA MOSTRA.....	35
B.1.1 Allargament màxim de la mostra.....	36
B.2 CÀLCUL FORÇA AXIAL REQUERIDA PER L'ACTUADOR.....	36
B.3 CÀLCUL REDUCTOR.....	36
B.3.1 Càlcul nombre de voltes durant l'assaig.....	36
B.3.2 Càlcul esforç per volta.....	37
B.3.3 Càlcul temps assaig i velocitat de separació de les mordaces.....	38
B.3.4 Càlcul freqüència assaig a fatiga.....	38
B.4 CÀLCUL MOMENT DEL MOTOR.....	39
B.5 CÀLCUL PRECISIÓ CÈL·LULA DE CÀRREGA.....	40
B.6 CÀLCUL CAMP MAGNÈTIC.....	41
ANNEX C: ESTUDI D'ALTERNATIVES.....	42
C.1 INTRODUCCIÓ.....	43
C.2 ESTUDI DISPOSICIÓ GENERAL.....	43
C.2.1 Estudi disposició horitzontal.....	43
C.3 ESTUDI ACTUADORS.....	43
C.3.1 Pistó elèctric (actuador lineal).....	43
C.3.2 Pistó hidràulic	44
C.3.3 Motor de CC amb reductor integrat.....	45
C.4 ESTUDI CAMP MAGNÈTIC.....	45

C.4.1 Bobinat.....	45
C.4.2 Imants permanents.....	46
C.4.3 Electroimant.....	47
C.5 ESTUDI SENSOR ELONGACIÓ.....	47
C.5.1 Sensor de distància làser.....	47
C.5.2 Extensòmetre.....	48
C.6 ESTUDI MORDASSA.....	49
C.6.1 Mordassa per a fils (amb corba de reducció de força).....	49
C.7 ESTUDI MESURA TEMPERATURA.....	49
C.7.1 Sensor infraroig de temperatura.....	49
ANNEX D: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES.....	51
D.1 CARACTERÍSTIQUES REDUCTOR (363855).....	52
D.2 CARACTERÍSTIQUES MOTOR (110132).....	54
D.3 CARACTERÍSTIQUES ENCODER (110520).....	56
D.4 CARACTERÍSTIQUES CÈL·LULA DE CARGA.....	57
D.5 CARACTERÍSTIQUES SENSOR ELONGACIÓ LVDT (MD5/1000HKRA).....	59
D.6 CARACTERÍSTIQUES FIL BOBINA.....	60
D.7 CARACTERÍSTIQUES MORDASSES.....	61
ANNEX E:	
SEGURETAT DE LA MÀQUINA D'ASSAIGS/MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT.....	62
E.1 NORMES DE SEGURETAT I SALUT.....	63
E.2 MANUAL D'USUARI.....	64
E.3 MANTENIMENT.....	65

MEMÒRIA

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents

El grup de materials i termodinàmica del departament de Física de la Universitat de Girona disposa d'unes provetes de gruix micromètric i mides molt reduïdes d'aliatges Heusler.

A causa d'aquestes mides micromètriques i a les propietats úniques d'aquests aliatges el grup no pot estudiar més a fons aquest tipus d'aliatges, ja que, no poden fer-ho en les màquines d'assaigs convencionals a conseqüència de la baixa dimensionalitat de les mostres i tampoc s'han pogut assajar en màquines d'assaig termomecànic (com ara DTMA) degut a la fragilitat de les mostres. A més de la no adequació d'aquests equips per a dur a terme experiments per estudiar les característiques úniques d'aquests aliatges (com seria l'aplicació d'un camp magnètic extern).



Figura 1. Màquina d'assaigs a tracció universal

1.1.1 Peticionari

El peticionari del projecte "Disseny d'una màquina d'assaig de provetes d'aliatges Heusler" és el grup de material i termodinàmica del departament de Física de l'Escola Politècnica superior de la Universitat de Girona.

1.1.2 Necessitat del peticionari

El grup de material i termodinàmica del departament de Física vol estudiar les propietats dels aliatges Heusler per la recerca que estan realitzant.

Però a causa de les propietats d'aquests aliatges: les seves propietats i estructura poden variar depenent de factors com la pressió, la temperatura i el camp magnètic. I a les mides

de les reduïdes mides de les mostres: 30 mm x 2 mm x 20 µm (les mides depenen de les condicions de producció dels aliatges). No poden assajar correctament aquestes provetes.

Ja que en les màquines d'assaigs convencionals no estan preparades per unes mostres tan primes i les pinces patinen, a més a més en una màquina d'assaigs convencional no hi ha l'opció de crear ni variar el camp magnètic ni mesurar la temperatura.

A part que també es demana que la màquina hauria de ser capaç de fer assajos dinàmics. Per poder determinar com afecta la fatiga al material, saber quants cicles pot realitzar fins la ruptura.

I també hauria de ser capaç de sotmetre la mostra a processos cíclics emprant tècniques magnètiques o termomagnètiques per determinar si es modifica la resposta funcional de la mostra.

Per tant el grup necessita una màquina d'assaigs especial per poder assajar el material. Ha de ser capaç de variar el camp magnètic, mesurar la temperatura i fer assaigs a tracció i a fatiga. A més, es clar de mesurar la força aplicada i la deformació de la mostra amb precisió. Podent així treure i comparar resultats.

1.2 Objecte del projecte

L'objecte del projecte és dissenyar la màquina d'assaigs i realitzar tota la documentació per tal que es pogués construir.

Tal com s'ha esmentat anteriorment la màquina ha de ser capaç de fer assaigs a tracció i cíclics (fatiga), mesurar les forces i deformacions adequadament, poder variar el camp magnètic i mesurar la temperatura.

1.3 Especificacions i abast

1.3.1 Especificacions de la petició

A la Taula 1 es descriuen els diferents conceptes que aquest projecte ha de complir de forma obligatòria (O) o bé siguin desitjables (D).

Taula 1: Especificacions del client

Concepte	O/D	Descripció
Funció	O	La màquina ha de ser capaç de fer assaigs estàtic a tracció i assaig dinàmic (fatiga).
	D	La màquina ha de ser automàtica tant en el fet d'assajar com en el fet de recopilar les dades.
	O	Ha de ser capaç de crear un camp magnètic variable fins a 150 Gauss (0,0150 T) de màxim.
	O	Ha de ser capaç d'assajar sense problemes les mostres de

Forces	D	mides: 30 mm x 2 mm x 20 µm.
	O	Capaç d'assajar fils de diàmetre entre 20 µm i 30 µm.
Dimensions	D	Ha de ser capaç d'aplicar una força suficient per trencar la proveta.
	O	El més compacte possible.
Senyals i control	D	Ha de mesurar l'esforç aplicat a la mostra amb una precisió inferior a 1 MPa.
	O	Ha de mesurar l'elongació de la proveta amb una precisió igual o inferior a 0,5 micròmetres.
Muntatge	D	Ha de mesurar la temperatura de la proveta durant l'assaig.
	O	Actuadors fàcilment controlables.
Cost	D	Muntatge realitzable en un taller normal.
	O	Que sigui desmuntable.
	O	El cost ha de ser inferior a 2200€.

1.3.2 Abast del projecte

Aquest projecte comprèn una cerca d'informació sobre les propietats mecàniques del material que s'ha d'assajar, per tal de saber les propietats de la màquina que s'ha de dissenyar.

S'inclou el disseny mecànic de la màquina (estructura, unions...).

Pel que fa a l'electrònica se seleccionaran els sensors i actuadors necessaris per a les necessitats de la màquina.

No entrarà en aquest projecte les velocitats de mostreig, control dels actuadors i realització de programari específic.

El projecte conclourà amb l'entrega de tota la documentació necessària per construir la màquina.

2 ASPECTE GENERAL DE LA SOLUCIÓ

S'ha optat per una disposició vertical per a la màquina d'assaigs. Ja que és la més utilitzada en les màquines d'assaigs universals. Tal com es pot veure en la següent figura.

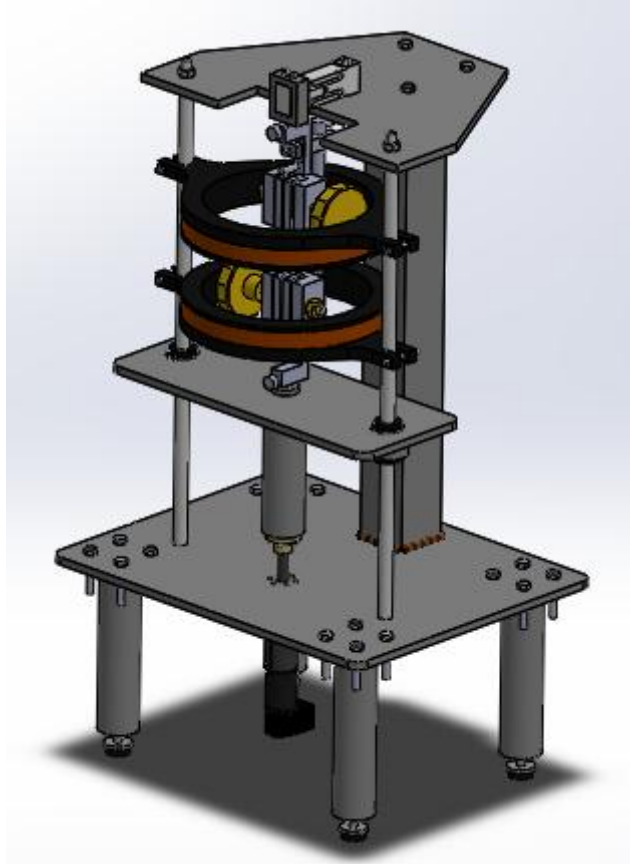


Figura 2: Imatge en CAD de la màquina d'assaigs dissenyada (Escala: 1/60)

La màquina funciona d'una manera similar les màquines d'assaig convencionals, és a dir, l'actuador mou linealment un carro guiat en el qual hi ha col·locada la mordassa inferior, la qual estira la mostra.

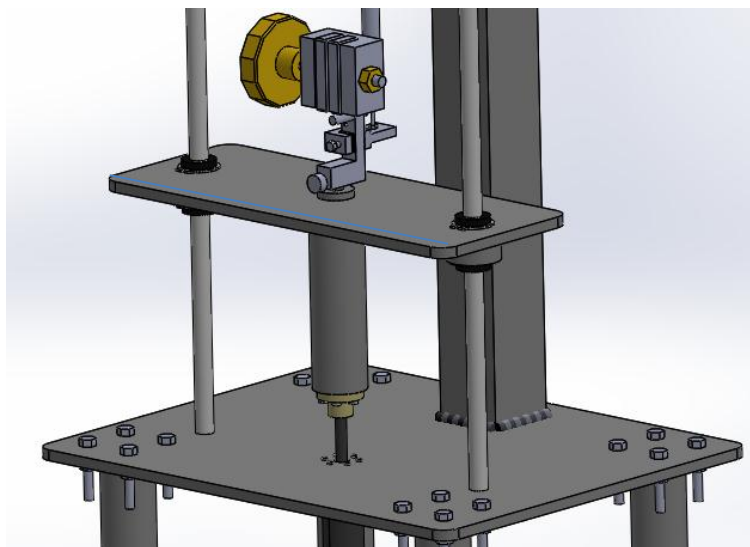


Figura 2: Detall del carro mòbil (Escala: 1/55)

L'actuador es tracta d'un motor amb un reductor acabat en una barra roscada de M6, situat a sota la placa inferior. Va roscat a una rosca subjecte a sota el cilindre del carro, el qual produeix un moviment lineal en girar el motor. El carro va guiat per 2 guies cilíndriques i a sobre seu hi ha muntada a mordassa inferior.

Mentrestant, la cèl·lula de càrrega en la qual hi ha subjectada la mordassa superior mesura la força que se li està aplicant a la mostra. I el sensor LVDT subjectat entre les 2 mordasses mesura la distància entre aquestes per tal de saber l'allargament de la mostra.

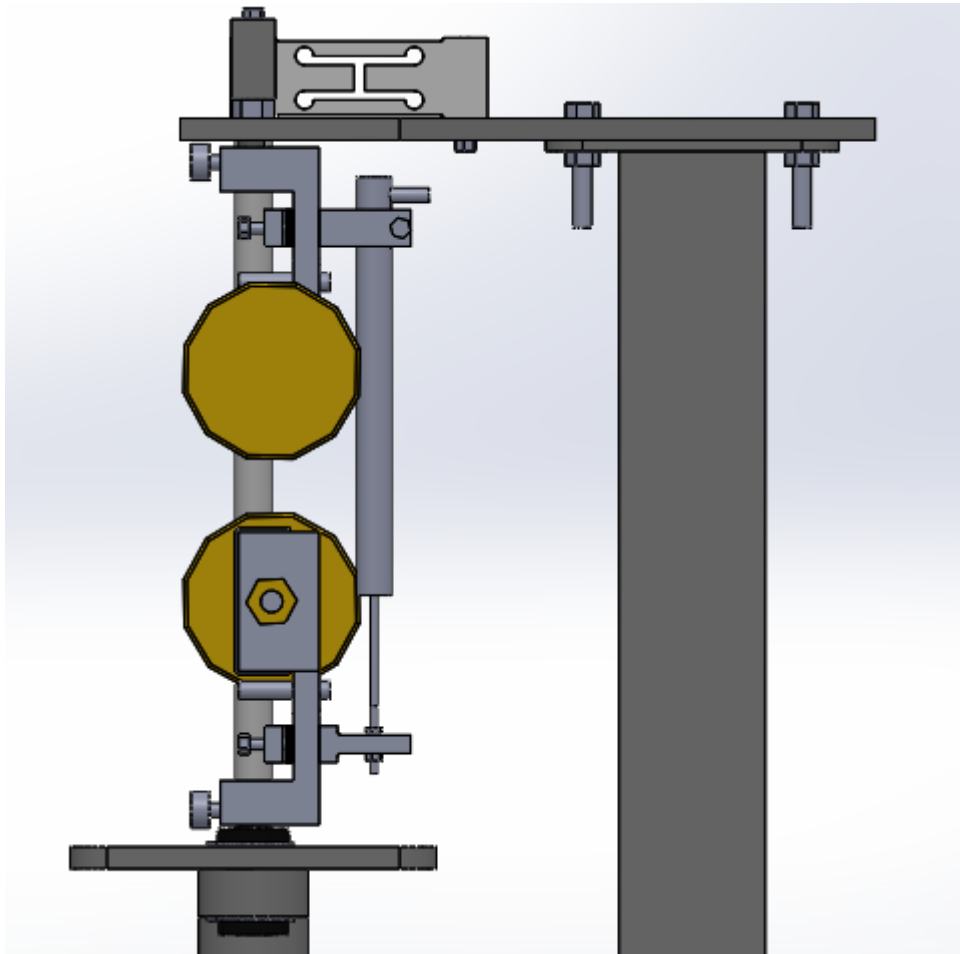


Figura 3: Detall de la subjecció del sensor LVDT i la cèl·lula de càrrega (Escala: 1/20)

Per a una correcta mesura i aplicació de la càrrega en la mostra, s'ha optat per una distribució vertical, la qual ens permet l'alineació de la cèl·lula de càrrega amb les mordaces i l'actuador. Cosa que amb una distribució horitzontal seria impossible degut als flectors causats pel pes de les mordasses.

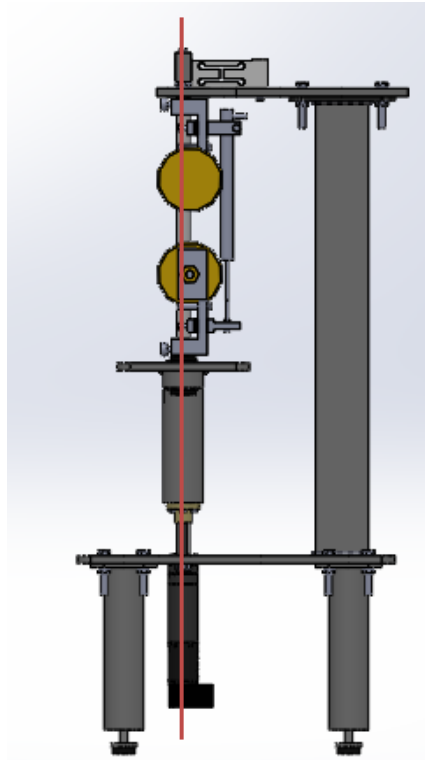


Figura 4: Alineació de cèl·lula de càrrega, mordasses i actuator (Escala: 1/65)

Les potes de la màquina d'assaigs són potes ajustables en alçada, per tal d'ajustar una alçada còmode pels investigadors i també per poder anivellar la màquina d'assaigs abans de cada assaig per si la superfície on es recolza no és recta.



Figura 5: Representació del funcionament de les potes ajustables. Foto del fabricant.

Les característiques de cada element que conforma la màquina, com el seu muntatge són descrites a continuació.

Aquests elements han estat seleccionats a través d'un estudi d'alternatives. Aquestes alternatives, les quals han estat desestimades per diverses raons, estan descrites en l'Annex C.

3 MORDASSES

Pel fet que les mostres tenen un gruix de micròmetres. I per tant s'ha de mirar el fet que les mordasses subjectin adequadament la mostra, per evitar que aquesta patini, fet que faria que els assaigs no fossin adequats i per tant els resultats no congruents. S'ha optat per unes mordasses especials dissenyades per assajar fils i cintes.

La màquina utilitzarà un joc de 2 mordasses iguals, per tant la mordassa fixa serà idèntica a la mòbil.

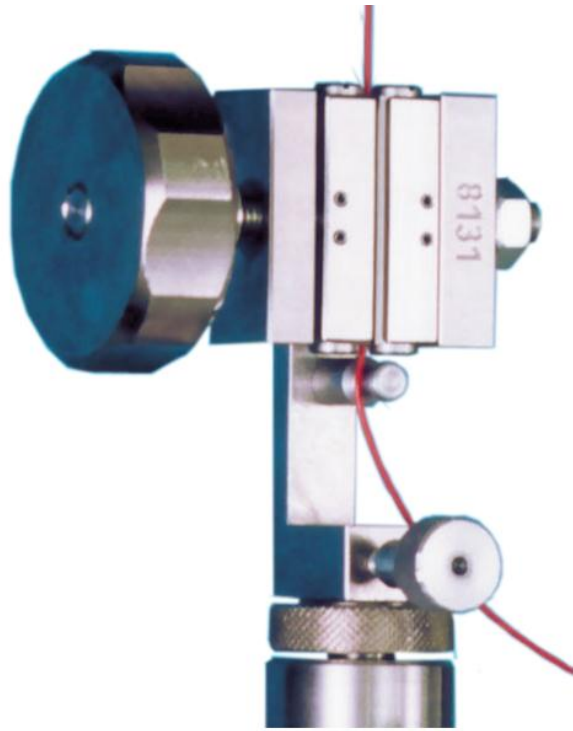


Figura 6: Mordassa seleccionada. Foto del fabricant.

Les característiques per les quals s'ha escollit d'aquesta mordassa són les següents:

- Està dissenyada per a assajar a tracció materials de gruixos reduïts com són: làmines metàl·liques, cintes de paper, teixits prims i fils. L'obertura màxima d'aquestes mordasses és de 2 mm.
- Pot suportar una força a tracció de 200N, la qual és suficient segons els càlculs de l'annex B.
- La zona de subjecció té una profunditat de 6mm, la qual és superior a l'amplada de les mostres, i per tant ens assegura que les mostres podran ser subjectades per la mordassa.
- Poden realitzar assaigs a fatiga amb un gran nombre de cicles

- Asseguren una subjecció suau de la mostra, evitant que les mostres no es trenquin en la zona on s'acaben les mordasses.
- Tenen una zona que permet que a l'hora d'assajar fils, aquests puguin ser centrats de manera fàcil i eficaç

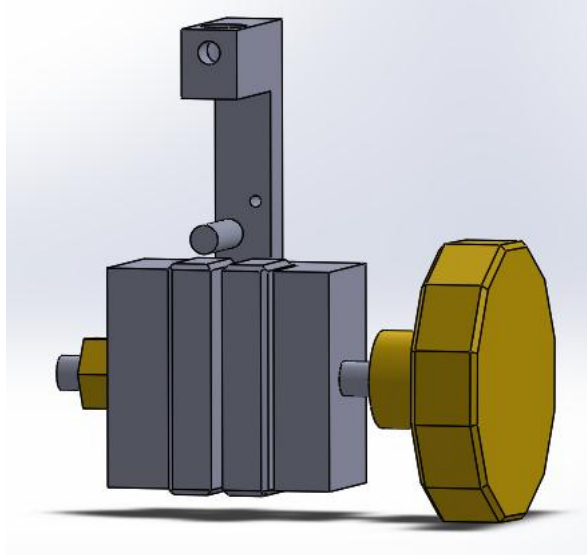


Figura 7: Detall de la zona per centrar fils mitjançant el cilindre i el forat (Escala: 1/12)

3.1 Muntatge mordasses

La mordassa superior va subjecte a la cèl·lula de càrrega mitjançant un adaptador i un passador, tal com es pot veure en la següent imatge:

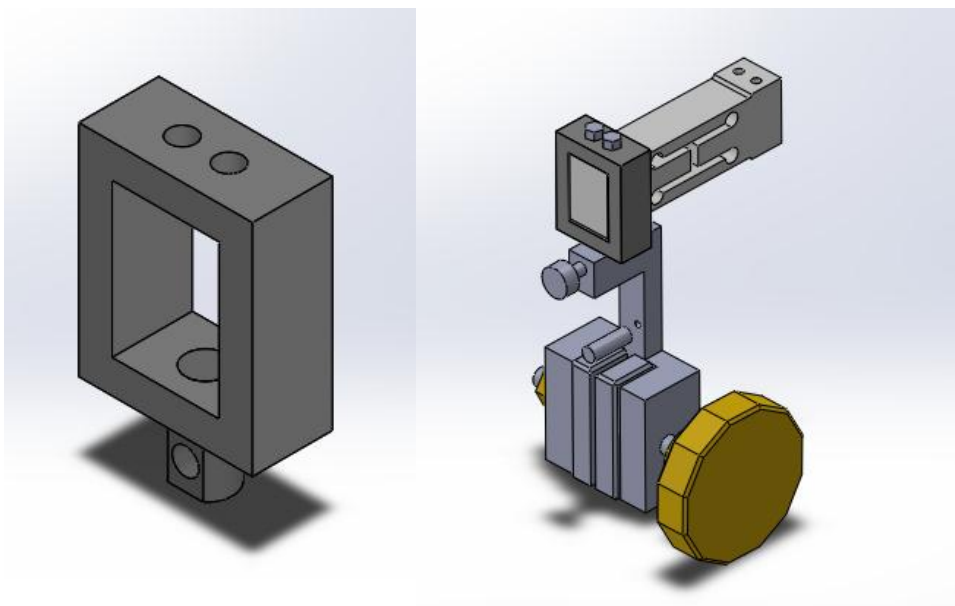


Figura 8: En la imatge de la dreta es pot observar l'adaptador (Escala: 1/1), i en l'altre es mostra el muntatge amb la mordassa i la cèl·lula de càrrega (Escala: 1/2,5)

Pel que fa a la mordassa inferior va subjecte al carro amb un passador amb el cilindre de diàmetre 8mm.

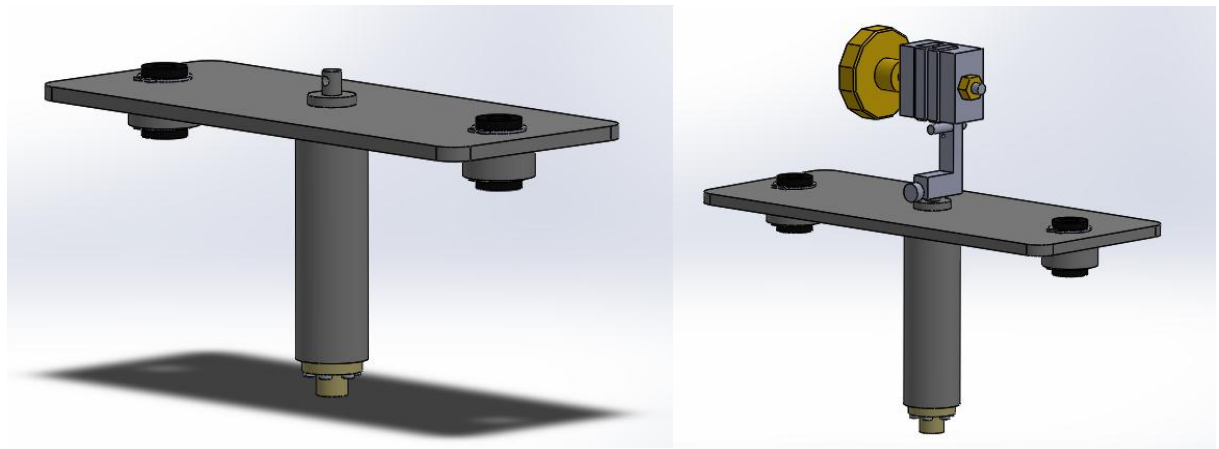


Figura 9: En la imatge de la dreta es pot observar el carro mòbil (Escala: 1/3,25), i en l'altre es mostra el muntatge amb la mordassa inferior (Escala 1/4,5).

4. ACTUADOR

L'actuador és l'encarregat d'accionar el carro mòbil el qual carrega la mordassa inferior, aquest farà desplaçar el carro i per tant la mordassa inferior, fent així que s'allunyi de la mordassa superior i, per tant, aplicant un esforç a tracció al material.

L'actuador s'ha seleccionat segons les característiques del material seleccionades en l'annex A. I s'ha calculat perquè tingui la suficient força per trencar la mostra i es pugui dur a terme un assaig correcte tant a tracció com a fatiga.

Aquest actuador consta de 3 parts: el motor, el reductor amb barra roscada i l'encoder. Aquestes parts s'acoblen fàcilment al ser modulars.

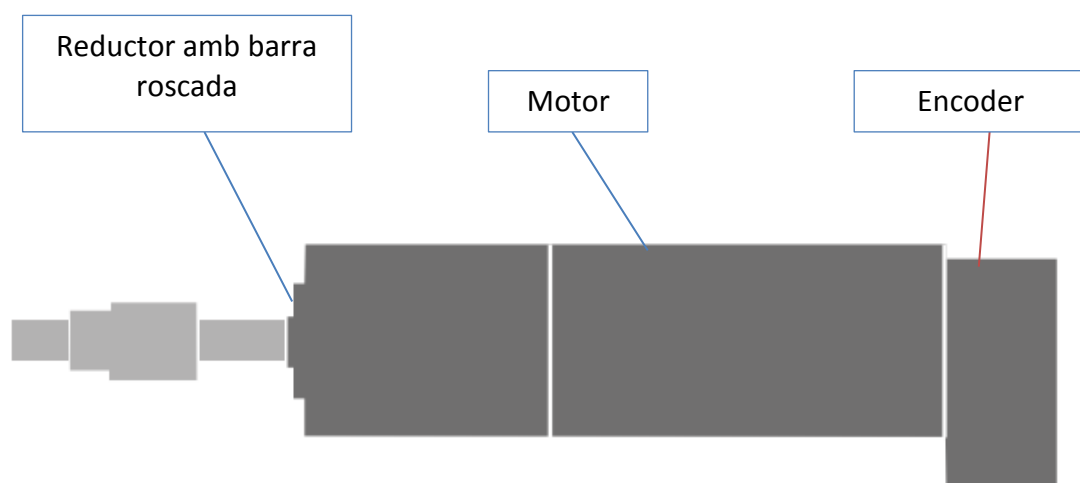


Figura 10: Esquema de l'actuador

S'han estudiat diverses opcions com: un pistó elèctric comercial, un pistó hidràulic o un motor de CC amb reductor integrat. S'ha acabat escollint aquesta opció modular per diverses raons: té més precisió que les opcions anteriors, la reducció que ens proporciona el reductor és la més adequada per realitzar l'assaig, no té grans complicacions pel que fa a la construcció de la màquina, es pot controlar fàcilment i requereix poc manteniment.

4.1 Reductor:

El reductor consta d'una reducció de 479 : 1 i acaba amb una barra roscada, per tal de convertir el moviment rotatori en un de translació per tal de moure el carro verticalment.

El reductor ha estat calculat tenint en compte que el material que s'assaja és un material bastant fràgil, característiques del qual estan descrites en l'annex A. Com es pot veure en l'annex les elongacions mínimes poden estar entre el 0,01% i l'1%, les quals provoquen un allargament de micròmetres en la mostra.

Aquesta reducció s'ha escollit per tal que el motor hagi de fer unes 10 voltes perquè el carro mòbil es desplaci una distància igual a l'allargament màxim mitjà de la mostra descrit en l'annex A. Sabent que el punt de màxim allargament és el punt de ruptura obtenim que l'assaig a tracció durarà el que es tardí a fer aquestes 10 voltes de mitjana (d'acord amb les propietats escollides en l'annex A).



Figura 11: Foto del reductor escollit. Foto del fabricant.

Aquest nombre de voltes s'ha calculat que sigui adequat per tal de poder seleccionar forces i temps d'assaig, perquè si la reducció resulta massa petita, podria passar que amb menys d'una volta del motor, s'arribés a l'allargament màxim, i per tant fos difícil de controlar forces i allargaments.

També s'ha mirat que aquesta reducció no sigui massa gran per tal de poder realitzar assaigs a fatiga, ja que degut a aquesta reducció tan gran els cicles de l'assaig a fatiga podrien durar massa i no seria còmode per als tècnics de laboratori, ja que els assajos podrien ser molt llargs.

Per mirar si la freqüència és suficientment alta s'ha realitzat un càlcul per determinar si la màquina seria capaç de fer cicles de 2 segons entre una diferència de pressions relativament gran (ja que no s'ha donat informació sobre com es volen realitzar aquests assajos a fatiga). I s'ha observat que no hi ha cap problema per realitzar-los, i que fins i tot hi hauria capacitat per a cicles amb freqüències més elevades degut a les especificacions del motor seleccionat (càlcul en l'annex B).

La barra roscada de la sortida del reductor és de la mida M6, el fet que sigui rosca mètrica ens indica que és auto-blocant com totes les rosques mètriques. Això fa que un cop aplicada una pressió a la mostra, si s'apaga l'actuador, aquesta pressió romandrà present pel fet que la femella no s'anirà descargolant degut a la força axial.

4.2 Motor

El motor seleccionat és un motor de CC de 6 V i 3,5 W de la sèrie A-màx 22. Amb un parell continu de 6,27 Nmm i una velocitat nominal de 3940 rpm.



Figura 12: Foto del motor seleccionat. Foto del fabricant.

Aquestes característiques són suficients per dur a terme els assaigs a tracció i cíclics (fatiga) tal com es pot veure en els càlculs de l'annex B. Això ens deixa un marge molt ampli en el parell, per si les propietats del material fossin superiors, o en la velocitat, per si l'allargament

fos més gran. També ens dóna marge en el cas de les forces produïdes per les inèrcies, les quals afectarien en l'assaig a fatiga degut a les acceleracions i desacceleracions dels cicles.

Es pot veure que la potència del motor és molt superior a la necessària. El motor s'ha seleccionat d'acord amb el reductor, ja que al funcionar per mòduls, si s'escull el reductor que es necessita, aquest té una gamma de motors els quals li encaixen. I en aquest cas tots eren d'unes potències similars. Per això s'ha optat pel de potència més petita i preu més econòmic

4.3 Sensor per al control

El sensor seleccionat per al control del motor és un encoder rotatiu òptic incremental, el qual genera 100 polsos per volta i té 2 canals. Aquest sensor va encaixat en la part posterior del motor tal com està representat en la figura 10.



Figura 13: Foto del sensor encoder. Foto del fabricant.

El sensor envia 100 polsos per volta, el qual ens dóna que cada pols són $3,6^\circ$ tal com es pot veure en el càlcul següent:

$$1 \text{ pols} \cdot \frac{360^\circ}{100 \text{ polsos}} = 3,6^\circ$$

Aquesta precisió tal com es pot veure en l'annex B, és suficient per poder regular la pressió aplicada en la mostra correctament., ja que és inferior als $7,2^\circ$

Aquest encoder consta de 2 canals, cosa que ajudarà a realitzar el control de l'assaig a fatiga d'una manera més fàcil i precisa, gràcies a que l'encoder, pel fet de tenir 2 canals, serà capaç de donar-nos informació sobre en quin sentit gira el motor. Ja que, en l'assaig a fatiga el motor anirà variant el sentit de gir constantment, per així anar incrementant i reduint la càrrega de la mostra.

Es recomana l'ús d'un comptador en el programari que s'utilitzi durant l'assaig de fatiga, per tal de poder determinar el nombre de cicles que realitza la mostra fins al trencament d'aquesta

4.4 Muntatge

Totes les peces i instruccions per al muntatge entre els 3 mòduls de l'actuador: reductor, motor i encoder. Són facilitats per part del fabricant.

Pel que fa a la unió entre l'actuador i la bancada de la màquina es realitzarà amb una unió cargolada directa tal com es mostra en la següent imatge:



Figura 14: Muntatge de l'actuador en la bancada (Escala: 1/2,5).

5 CAMP MAGNÈTIC

Per crear el camp magnètic s'ha optat per l'ús de 2 bobines de Helmholtz, pel fet que ocupen poc espai, són fàcils de fabricar i col·locades de manera que la longitud entre elles sigui igual al radi d'aquestes fa que produeixin un camp magnètic estable i constant.

Aquestes bobines seran 2 bobines iguals de diàmetre 125 mm i 500 espires, les quals estaran separades entre elles 62,5 mm. Les bobines estran formades per un fil de coure esmaltat de diàmetre 0,63 mm.

Les bobines estaran connectades en sèrie i bobinades segons es mostra en el següent esquema

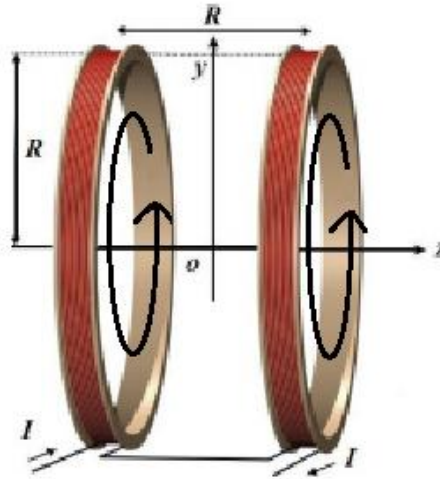


Figura 15: Esquema de connexió i bobinat de les bobines de Helmholtz

El camp màxim produït per les bobines serà de 0,0179 T, utilitzant la intensitat màxima que pot suportar el cable de la bobina, i podrà anar variant segons la intensitat que passa per les bobines.

El camp es considera suficient segons les especificacions donades pel client per tal de poder constatar si l'aplicació del camp magnètic afecta a la resposta mecànica de les mostres.

5.1 Muntatge bobines

Les peces utilitzades per la construcció de les bobines són fetes amb impressió 3D i aniran muntades entre les guies mitjançant cargols, tal com es mostra en la següent imatge.

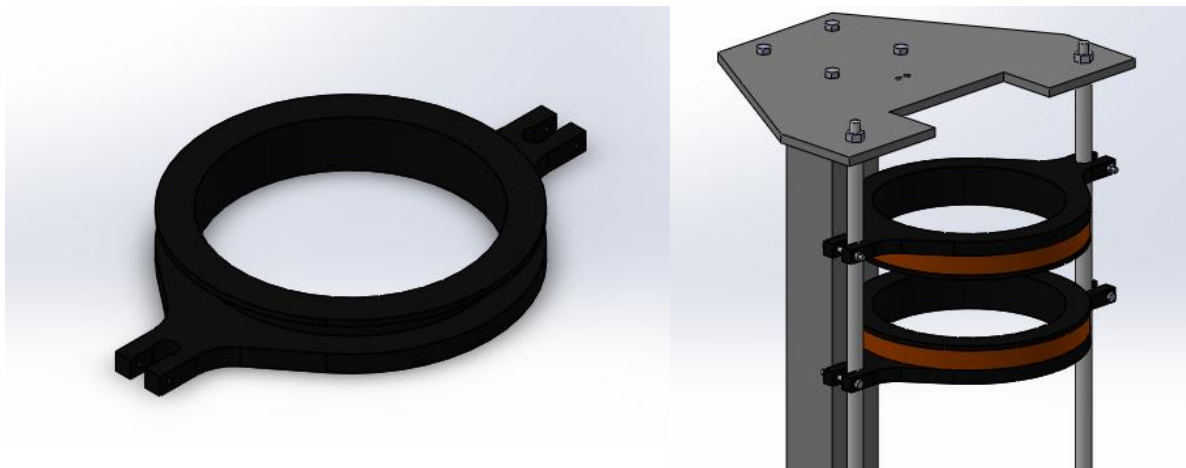


Figura 16: En la imatge de la dreta hi ha el suport on anirà bobinat el fil de coure (Escala: 1/3). En la imatge de l'esquerra s'observa el muntatge de les bobines en la màquina d'assaigs (Escala: 1/5).

El cable utilitzat per les bobines es tracta d'un cable de diàmetre 0,630 mm per on pot passar una intensitat màxima de 2,494 A.

6 SENSOR FORÇA

El sensor de força es tracta d'una cèl·lula de càrrega de punt únic en la qual una part va collada a la bancada, i l'altre costat va cargolat a la mordassa superior mitjançant un adaptador tal com s'ha mostrat en el punt 3.1. Mesurant així la força que aplica la mordassa mòbil a la mostra.

Aquesta cèl·lula té un escut per evitar interferències de camps magnètics, tal com es pot veure en el full amb les seves característiques. Així tenim que el camp magnètic generat per les bobines no afecta en la mesura del sensor. També la seva carcassa és d'alumini per evitar interferir amb el camp magnètic generat per les bobines.



Figura 17: Foto cèl·lula de càrrega seleccionada. Imatge del fabricant.

El rang del sensor s'ha determinat mitjançant la força necessària per trencar la mostra, el qual són més o menys 3 kg, el pes de la mordassa superior 400g i el conjunt de LVDT i suport. Per això s'ha escollit una cèl·lula amb capacitat fins a 5 kg.

Pel que fa a la precisió del sensor, degut a les mides de les mostres que deriva en el fet que una petita força augmenta molt la pressió. S'ha hagut de triar un sensor amb una bona precisió. Per això s'ha calculat que sigui suficient per poder determinar l'esforç amb una precisió acceptable.

Com es pot veure en l'annex de càlculs, la precisió de la pressió exercida sobre la mostra depèn de la mida de la mostra. Tenint això en compte, obtenim que la cèl·lula serà capaç de donar una precisió en el pitjor dels casos (quan la secció de la mostra és la mínima) de 0,5 MPa.

6.1 Muntatge sensor força

Per un costat, la cèl·lula va collada a la placa superior de l'estructura, la qual està sostinguda per 3 punts, per tal d'assegurar que aquesta no es deformarà, ja que això podria comportar una mala lectura del sensor.

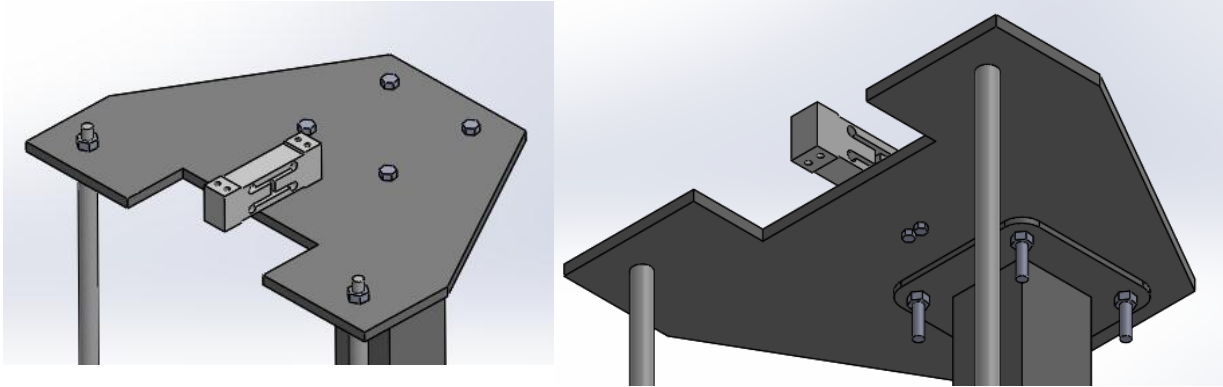


Figura 18: En la imatge de la dreta es mostra la posició de la cèl·lula de càrrega en la placa superior (Escala 1/5,5).

En l'esquerra es mostra el muntatge d'aquesta en l'estructura (Escala: 1/4,5).

Per l'altre costat va cargolat a l'adaptador de la mordassa tal com s'explica en el punt 3.1.

7 SENSOR ELONGACIÓ

El sensor seleccionat es tracta d'un sensor LVDT MD5/1000HKRA, el qual va fixat amb un adaptador en les 2 pinces.

S'ha escollit un sensor LVDT sense guies, en aquest tipus de sensors no hi ha contacte entre la part mòbil i la fixa, aquest fet fa que cap esforç passi a través del sensor, i així tot l'esforç aplicat passi a través de la mostra.



Figura 19: Foto del sensor seleccionat. Foto del fabricant.

També s'ha escollit aquest sensor per ser poc invasiu amb la mostra, és a dir, no hi ha d'haver contacte del sensor amb la mostra, pel fet que es mesurarà la distància entre la mordassa fixa i la mordassa mòbil durant l'assaig. Aquesta distància entre mordasses serà l'allargament de la mostra durant l'assaig.

Un altre motiu pel qual s'ha escollit aquest sensor és pel fet que els sensors LVDT solen tenir una resolució infinita. És a dir que poden arribar a detectar increments de longitud molt petits si la targeta d'adquisició de dades li permet, cosa que en el cas que ens ocupa és ideal.

El sensor té un rang de 50 mm, d'acord amb els càlculs realitzats en l'annex B per si l'elongació resulta ser la màxima prevista.

El sensor presenta un escut per evitar interferències de camps magnètics. Així tenim que el camp magnètic generat per les bobines no afecta en la mesura del sensor. També la seva carcassa és d'alumini per evitar interferir amb el camp magnètic.

7.1 Muntatge

El sensor va muntat entre les 2 mordasses mitjançant 2 adaptadors, un per la part estàtica del sensor i un altre per la part mòbil.

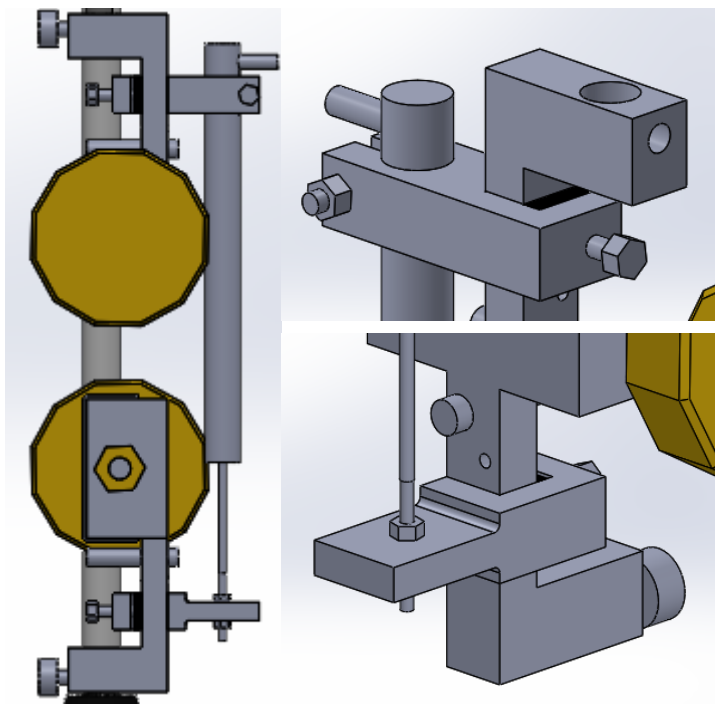


Figura 20: En la imatge de la dreta es pot observar el muntatge complet del sensor LVDT en les mordasses (Escala: 1/2,5), en la imatge superior esquerra es pot veure el detall de l'adaptador superior (Escala: 2/1) i en la imatge esquerra inferior es pot observar el detall de l'adaptador inferior (Escala: 2/1).

S'ha escollit aquest muntatge entre mordasses en lloc de mesurar el desplaçament del carro mòbil per obtenir un resultat més precís. Pel fet que si es mesura el desplaçament del carro i prou, dins la mesura obtinguda hi hauria la mesura de fletxes de l'estructura, la cèl·lula de

càrrega, del mateix carro, entre d'altres. I el que es vol és la mesura de l'allargament de la mostra tan exacte com es pugui.

Per tal que la subjecció òptima s'utilitzarà un parell de gomes les quals aniran col·locades entre el cargol de subjecció i la mordassa.

8 MESURA DE LA TEMPERATURA

Es vol mesurar la temperatura de la mostra durant els assaigs per tal d'observar si aquesta varia durant l'assaig, degut a les propietats del material.

Es vol observar si durant l'aplicació d'un esforç, del camp magnètic o d'una combinació de tots 2 alhora, pot provocar un escalfament o refredament de la mostra de diversos graus.

Pel que fa a aquesta mesura de temperatura, s'ha optat per realitzar-la mitjançant una pistola de termòmetre per infraroig.



Figura 21: Termòmetre infraroig en format pistola. Imatge del fabricant.

S'ha escollit aquesta opció pel fet que un sensor infraroig de temperatura és difícil de calibrar-lo perquè apunti a la mostra perfectament. I degut al poc espai lliure que queda en la màquina d'assaigs.

L'investigador haurà de prendre les mesures de temperatura amb la pistola quan ho cregui oportú per l'estudi.

La pistola ha de tenir un rang d'entre -50°C i 380°C amb una resolució de: $0,1^{\circ}\text{C}$.

9 RESUM DEL PRESSUPOST

El preu total de fabricació i muntatge de a màquina d'assaig de provetes d'aliatges Heusler és de:

DOS MIL QUATRE EUROS AMB SETANTA-NOU CÈNTIMS (2004,79€), sense IVA.

10 CONCLUSIONS

L'objecte del projecte era dissenyar i fer tota la documentació necessària per a fabricar i construir una màquina capaç de fer assaigs a les mostres d'aliatges Heusler produïdes pel grup de material i termodinàmica del departament de Física de l'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona. Mitjançant les especificacions establertes per a aquest mateix grup.

Partint de conceptes ja existents en el mercat com són les màquines d'assaig universals, i altres màquines més concretes com serien les màquines d'assaig de fils. S'ha dissenyat una màquina capaç d'assajar aquestes mostres fent un assaig comú, és a dir, mesurant l'allargament i l'esforç aplicat a aquesta. A més d'aplicar un camp magnètic i poder mesurar la temperatura de la mostra durant l'assaig, per tal de poder estudiar les característiques úniques d'aquests aliats.

S'ha intentat reduir la complexitat de la màquina, per tal que sigues assequible, funcional i compacte.

Una possible millora que se li podria fer a la màquina, seria que en el cas que el camp magnètic fos insuficient, aquest fos reemplaçat per un de més potent creat per electroimants. Una altra millora seria poder recopilar les dades de la temperatura de la mostra de forma automàtica, enlloc que l'investigador ho hagués de fer de forma manual amb la pistola de termòmetre infraroig

També un fet que ajudaria en assegurar que no patini la mostra i en aconseguir uns resultats més precisos seria el fet de poder produir mostres més llargues, ja que s'ha observat que la longitud de les mostres és més important que el gruix d'aquestes. Per tal que l'allargament sigui més gran i la subjecció amb les pinces fos més òptima.

Arnau Pagès Bartret

Diumenge, 24 de maig de 2020

11 BIBLIOGRAFIA

Shigley, J., Mischke, C., Budynas, R. (2004). *Mechanical Engineering Design* (7a ed.). Nova York: McGraw-Hill Education

Osmany Castillo Villa, P. (2011). *Efectos calóricos en aleaciones tipo Heusler con efecto memoria de forma magnético* (Tesi doctoral, CIMAV, Chihuahua). Recuperat de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/396/1/Tesis%20Pedro%20Osmany%20Castillo%20Villa.pdf>

Morales, O. (2018). *Caracterización estructural y propiedades ferromagnéticas de la aleación: Fe₁₁Mn₂Ga₃* (Projecte d'investigació, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú). Recuperat de http://www.unsch.edu.pe/oficinas/vri/wp-content/uploads/2018/12/18Proyecto-2019_Morales.pdf

Everhart, W., Newkirk, J. (2019, maig 1) *Mechanical properties of Heusler alloys*. Recuperat de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019318857#fig4>

Generar un campo magnético homogéneo con un yugo de hierro - supermagnete.es. (s. d.). Recuperat de <https://www.supermagnete.es/faq/Como-puedo-generar-un-campo-magnetico-lo-mas-homogeneo-posible>

Franco García, A. (2016). *Campo magnético producido por una corriente circular en un punto de su eje*. Recuperat de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/magnetico/espira/espira.html>

12 RELACIÓ DE DOCUMENTS

DOCUMENT N°1: MEMÒRIA I ANNEXOS

1. MEMÒRIA

2. ANNEXOS

A.- Propietats de la mostra i el material

B.- Càlculs

C.- Estudi d'alternatives

D.- Descripcions tècniques

E.- Seguretat de la màquina d'assaigs/manual d'usuari i manteniment

DOCUMENT N°2: PLÀNOLS

DOCUMENT N°3: PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT N°4: ESTAT D'AMIDAMENTS

DOCUMENT N°5: PRESSUPOST

ANNEX A: PROPIETATS DE LA MOSTRA I DEL MATERIAL

Les mides de les mostres obtingudes varien depenent de les condicions de producció dels aliatges donant-nos unes mides variables que comentarem a continuació:

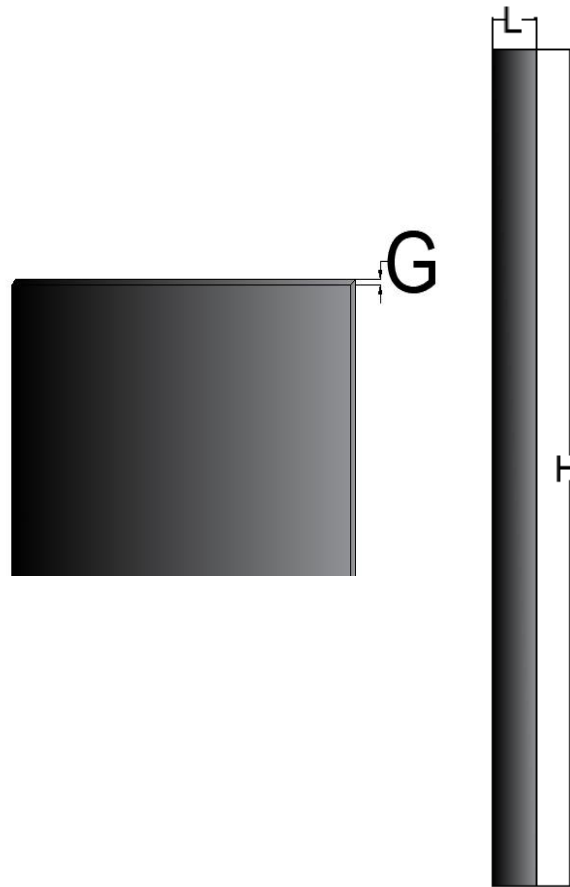


Figura X. Esquema de les mostres representat a escala on es representa l'altura (H), la llargada (L) i el gruix (G).

-L'altura (H) pot anar des d'una altura mínima de 20 mm a una de màxima de 30mm.

-La llargada (L) pot anar des de 1 mm a 2 mm.

-Pel que fa al gruix (G), i aquí és on radica una de les complexitats d'assajar aquestes mostres, pot anar dels 20 μm (0,02 mm) i els 30 μm (0,03 mm). Això provoca que si les mordaces no tenen la suficient precisió, aquestes patiran al ser una mostra amb un gruix tan reduït i per tant el material no es podrà assajar en condicions òptimes.

Aquestes mides provoquen que podem tenir una secció mínima de 0,02 mm² i una secció màxima de 0,06 mm². Les quals són unes seccions molt petites, això comportarà que una força molt petita provocarà un esforç bastant gran en el material.

A.4 ELONGACIÓ DEL MATERIAL

Pel que fa a l'elongació que pren el material fins a la ruptura d'aquest, s'ha trobat que quasi no hi ha informació sobre aquest aspecte, ja que per això el grup de recerca vol aquesta màquina d'assaigs, per això s'ha agafat el següent article com a referència: *Mechanical properties of Heusler alloys (Authors Wesley Everhar i Joseph Newkirk)*

En aquest article es comenta que els aliatges Heusler, respecte a la ductilitat, estan entre les ceràmiques més dúctils i els metalls menys dúctils.

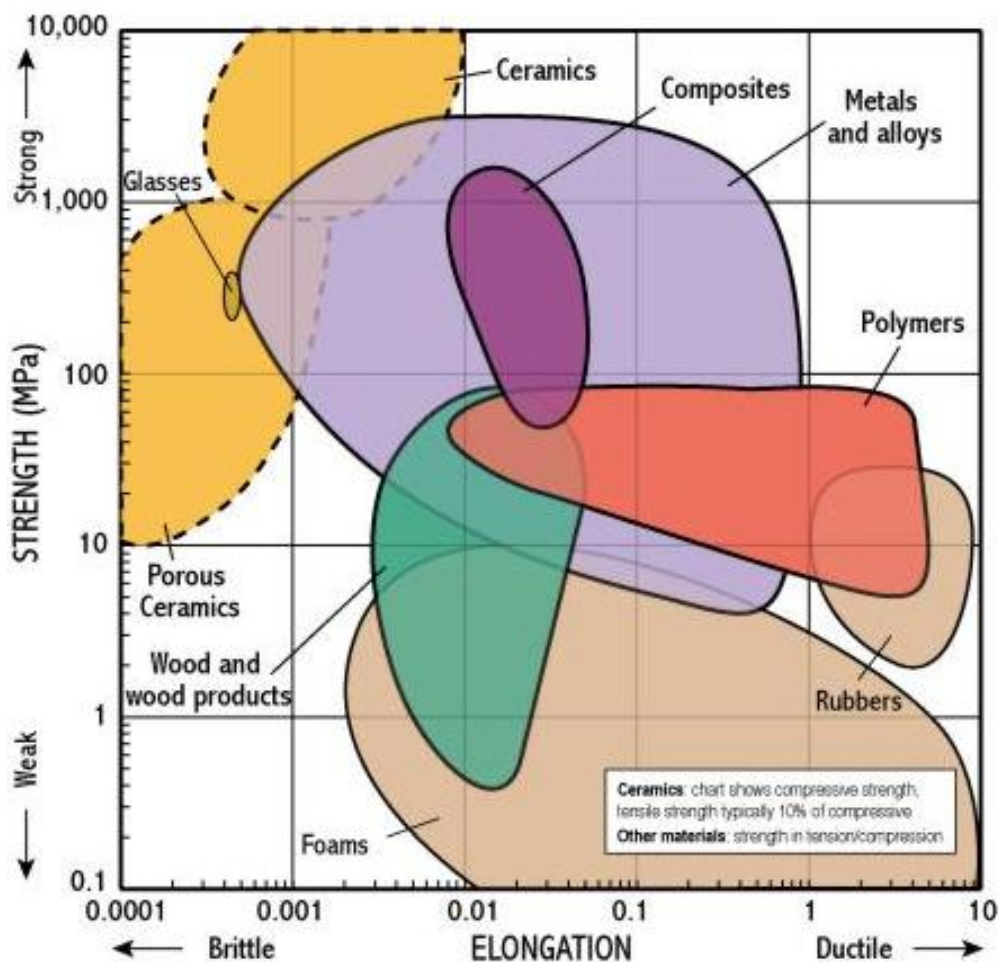


Figura A2: Representació de l'elongació i la resistència de diversos materials per regions.
Imatge extreta de: <http://www-materials.eng.cam.ac.uk/>

En la imatge podem observar un gràfic on ens mostra la ductilitat dels materials per regions, on en l'eix de les y hi ha la resistència (MPa) i en l'eix de les x hi ha l'elongació en tant per u. En aquest gràfic es pot veure que les ceràmiques més dúctils tenen una elongació de l'1% i els metalls menys dúctils tenen una elongació una mica inferior al 0,1%.

Si observem la informació que hi ha en l'article mencionat anteriorment podem corroborar-ho observant la següent imatge:

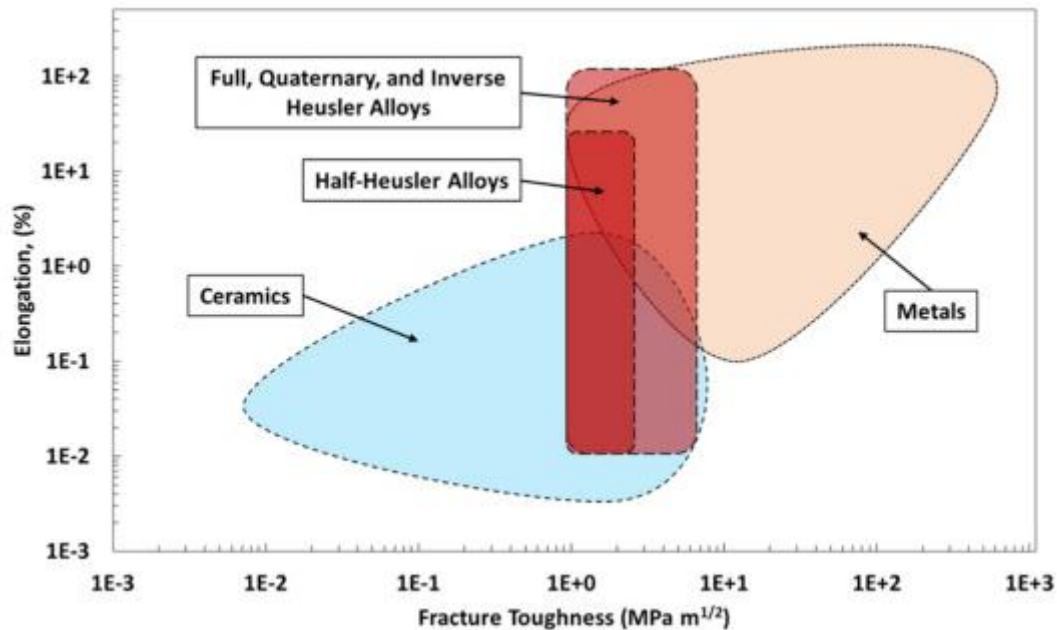


Figura A3: Gràfic el qual representa l'elongació de les ceràmiques i els metalls envers els aliats Heusler. Imatge extreta de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019318857#bib93>

La imatge ens mostra la duresa a la fractura vers la ductilitat dels aliats Heusler en comparació amb els metalls i la ceràmica. Com que no hi ha informació d'elongació per als aliats Heusler, s'ha utilitzat un criteri teòric per marcar la regió dels aliats Heusler. Les regions de metall i ceràmica han estat determinades a partir del conjunt de dades Material Univers dataset de GRANTA MI, Granta Design Limited, Cambridge, Regne Unit, 2019.

Podem observar que el rang pels aliats full Heusler és del 0,01% al 100%, el qual és un rang molt ampli.

A.4.1 Conclusió elongació

Vista la informació disponible s'ha decantat per agafar un valor de disseny d'elongació del 0,1%.

S'ha decantat per aquest valor pel fet que si dissenyem la màquina per valors d'elongació grans, i resulta que l'elongació del material resulta ser petita, el sensor escollit podria no tenir la resolució suficient. En canvi si agafem un valor d'elongació molt petit, la màquina podrà necessitar molta precisió, cosa que encariria el producte.

Aquest valor proposat de 0,1%, és un valor mitjà que permetria mesurar elongacions bastant petites amb bona precisió i no estaria tant lluny de les elongacions més grans per si fos el cas.

A.5 RESISTÈNCIA

Pel que fa a la resistència la informació s'ha tornat a agafar de l'article mencionat anteriorment: *Mechanical properties of Heusler alloys (Authors Wesley Everhar i Joseph Newkirk)*

En l'article es torna a mencionar una falta d'informació sobre aquest aspecte però es comenta que hi ha dades d'unes proves a un aliatge de Ni_2MnIn , aquestes proves es van fer a compressió i a gran temperatura 773K (500°C) i van donar un pic de resistència de 475 MPa, però a 973K (700°C) aquesta resistència es va reduir a 200 MPa.

A.5.1 Conclusió resistència

Aquests resultats no ens diuen molta cosa, ja que els assaigs van ser fets a compressió i en el nostre cas són a tracció. I pel fet de ser un material més aviat poc dúctil com hem vist anteriorment, els valors de resistència a tracció i a compressió són diferents.

A més a més els assaigs es faran a temperatura ambient i no a 500°C cosa que afecta notablement a la resistència com es veu amb l'assaig a 700°C.

Tot i això agafarem aquest 475 MPa com a pic màxim de resistència a tracció a temperatura ambient, per assegurar que la màquina sigui capaç de trencar-la, ja que no sabem ven bé com afecta la temperatura a aquests aliatges.

A més que aconseguir aquestes pressions amb les mostres obtingudes és senzill, perquè en tenir una secció tan reduïda la força de l'actuador no haurà de ser molt gran i segurament la màquina tindrà una capacitat superior.

Per últim també es pot observar que aquestes mostres tal i com s'ha vist en l'apartat d'elongació són fràgils, i això faci que presentin esquerdes i trenquin molt abans. Aquest problema es podria resoldre afegint un quart element en l'aliatge per disminuir aquesta fragilitat.

ANNEX B: CÀLCULS

B.1 CÀLCUL DE L'ALLARGAMENT MITJÀ DE LA MOSTRA.

Càlcul previ necessari per determinar el reductor del motor i el sensor, on es mesura l'elongació final de la mostra, és a dir el recorregut de les pinces tenint en compte que aquestes no patinen.

Per a aquest càlcul s'utilitzaran les mides de les mostres (descrites en l'annex A) i tindrem en compte que per poder subjectar la mostra, la mordassa ocupa 2,5 mm de la mostra per cada costat tal com s'indica a continuació:

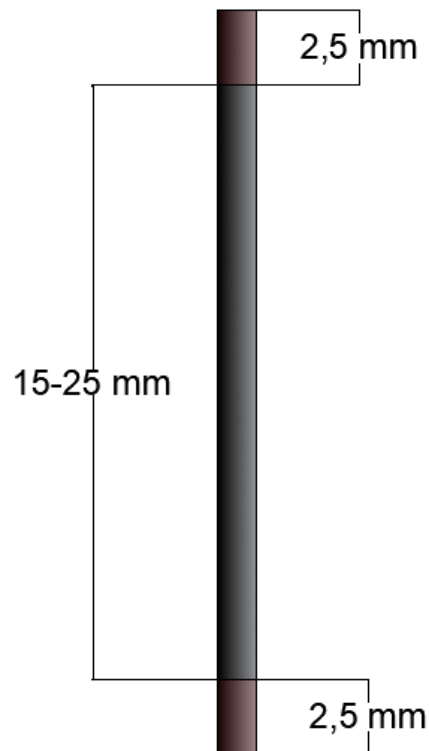


Figura B1: Mostra amb la zona que ocuparan les mordaces per a la subjecció marcada amb to vermell.

Amb això obtenim que la part que s'allarga de la mostra va de 15 a 25 mm lo qual denominarem L_0 .

$$\% \text{ elongació} = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100$$

-%elongació = 0,1% Annex A

- $L_0 = 15$ i $L_0=25$

D'aquí obtenim que l'allargament ΔL va de 0,015 mm a 0,025 mm.

Així que obtenim una mitjana d'allargament de 0,02mm.

B.1.1 Allargament màxim de la mostra

Càlcul per determinar l'elongació en el cas que el material tingués l'elongació màxima descrita en l'Annex A. I així determina el recorregut màxim que han de ser capaç de dur a terme la mordassa inferior.

Per a aquest càlcul s'utilitzaran les mides de les mostres (descrites en l'annex A) i tindrem en compte que per poder subjectar la mostra, la mordassa ocupa 2,5 mm de la mostra per cada costat tal com es mostra en l'apartat B.1.

Amb això obtenim que la part que s'allarga de la mostra és de 25 mm, ja que volem l'allargament màxim lo qual denominarem L_0 màx.

$$\% \text{ elongació màx} = \frac{\Delta L}{L_0 \text{ màx}} \cdot 100$$

-%elongació màx = 100%. Descrit en l'Annex A

- L_0 màx = 25mm

D'aquí obtenim que l'allargament ΔL màx = 25 mm. Per tant la mostra al final de l'assaig en el cas que l'elongació sigui màxima és de : 50 mm.

B.2 CÀLCUL FORÇA AXIAL REQUERIDA PER L'ACTUADOR

Càlcul força axial que ha de ser capaç de realitzar l'actuador:

Per a aquest càlcul s'utilitzaran les mides de les mostres (descrites en l'annex A)

$$\sigma = \frac{F}{A \text{ màx}}$$

- σ = 475 MPa que és la tensió màxima en el punt de ruptura del material determinat en l'annex A.

- A màx = 0,06 mm² que és l'àrea màxima de la secció de la proveta determinada en l'annex A.

D'aquí obtenim que la força mínima que ha de ser capaç d'aplicar l'actuador és de 28,5 N.

B.3 CÀLCUL REDUCTOR

B.3.1 Càlcul nombre de voltes durant l'assaig

Càlcul per determinar que el reductor és capaç de fer l'assaig en un nombre raonable de voltes. Pel fet de mirar que l'assaig duri el temps suficient per poder dur a terme un assaig on es puguin obtenir dades correctament i poder seleccionar l'esforç que es vol aplicar en la

probeta sense problemes (pel fet que si es realitzessin poques voltes durant l'assaig, l'esforç augmentaria molt de cop i no es podria seleccionar el desitjat). També es vol observar a quina freqüència es podrien fer els assaigs a fatiga.

Per a aquest càlcul s'utilitza el reductor + barra roscada descrit anteriorment amb les característiques descrites en el Plec de condicions.

$$v \cdot n \cdot p = d$$

- v número de voltes que dona el motor. En aquest cas li donarem el valor de v=1 per determinar la distància recorreguda per volta.
- n =1/479 . Reducció del reductor descrita en el plec de condicions.
- p =1 mm . Pas de la barra roscada que porta el reductor la qual és de M6.
- d és la distància recorreguda

Això ens dona una distància de 0,002087mm per cada volta que dona el motor.

Tenint en compte que en el càlcul de l'annex A s'ha determinat un increment de longitud de 0,02mm. Podem determinar que el motor tardarà 9,58 voltes a completar l'assaig de mitjana (ja que l'allargament com hem vist depèn de la mida de la mostra), les quals considerem suficients per obtenir dades correctament.

B.3.2 Càlcul esforç per volta

Pel que fa a poder seleccionar l'esforç que es desitgi. Es farà la simplificació següent:

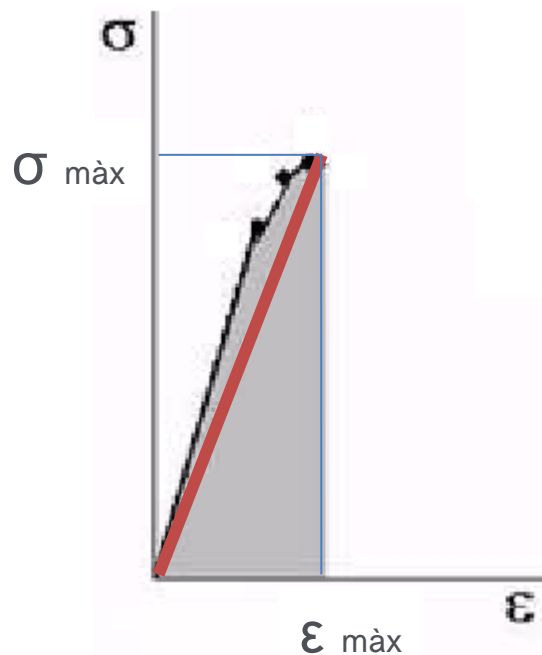


Figura B2: Esquema de la simplificació aplicada en la corba esforç deformació.

On σ màx són els 475 MPa (annex A) i ϵ màx és el 0,1% (annex A). Al simplificar la corba com una recta, la deformació i la tensió prenen un comportament lineal fent que en el moment que l'actuador fa les 9,58 voltes la mostra té un esforç de 475 MPa.

Obtenint així que per cada volta completa de motor la mostra puja 50 MPa, és a dir que cada 7,2° la pressió a la mosta s'incrementa 1 MPa.

Considerem que aquesta precisió és suficient per poder seleccionar l'esforç que es desitgi. S'ha de tenir en compte però que aquests resultats són molt aproximats, pel fet que s'ha simplificat bastant la corba i, que a part les propietats de les mostres també són aproximades, ja que no es té informació precisa com s'ha dit en l'annex A.

B.3.3 Càlcul temps assaig i velocitat de separació de les mordaces

Pel que fa al temps que dura l'assaig depèn de la velocitat en què el motor doni aquestes 9,58 voltes. El que s'ha de mirar és la velocitat en què les mordaces se separen. Aquesta velocitat per als assajos de tracció convencionals és de 10 mm/min, en aquest cas com es pot observar aquesta velocitat és massa elevada a causa de les mides del material.

Es recomana una velocitat de 10 rpm per el que l'assaig durarà més o menys 1 minut. Pel que fa a la velocitat en què se separaran les mordaces serà segons la següent fórmula:

$$w \cdot n \cdot p = v$$

- w= 10 rpm (1,047 rad/s) velocitat angular del motor
- n =1/479 . Reducció del reductor descrita en el plec de condicions
- p =1 mm . Pas de la barra roscada que porta el reductor la qual és de M6.
- v = velocitat de separació de les mordaces.

Això ens dóna una velocitat de separació de 0,0209 mm/min. Com s'ha dit anteriorment Aquesta velocitat es pot variar com es desitgi, sempre i quan no passi de 0,3mm/s (18 mm/min) que és el màxim que pot suportar el reductor tal com es diu en les característiques del reductor esmentades en el plec de condicions.

B.3.4 Càlcul freqüència assaig cíclic (fatiga)

Càlcul per determinar si la màquina d'assaigs pot realitzar assaig a freqüències suficientment elevades.

Com es veu en el càlcul de velocitat de separació de les mordaces, la velocitat del motor es pot augmentar molt per tal que, si es vol fer un assaig a fatiga a freqüències elevades, es podria fer sense problemes. Només s'hauria de tenir en compte l'acceleració i desacceleració del motor, per tal que aquest assaig sigui correcte, però això es dóna per suposat que els investigadors que utilitzin la màquina ho vigilaran.

Com que els assaigs a fatiga no estan tan normalitzats com els de tracció es farà el càlcul per un assaig de fatiga on l'esforç oscil·li entre 0 i 300 MPa i on període complet que duri 2s (0,5 Hz).

Utilitzant la simplificació del càlcul d'esforç per volta obtenim la següent fórmula:

$$\sigma_{\text{objectiu}} \cdot \frac{\text{voltes màx}}{\sigma_{\text{màx}}} = \text{voltes necessàries}$$

- $\sigma_{\text{objectiu}} = 300 \text{ MPa}$

- voltes màx = 9,58

- $\sigma_{\text{màx}} = 475$

- voltes necessàries, són les voltes que es necessiten per arribar a la sigma objectiu.

Això ens dona que el motor necessita fer 6 voltes completes per arribar als 300 MPa.

Per tant el motor ha de fer 6 voltes en 1 segon, per el que el motor ha de ser capaç de donar com a mínim 360 rpm. La qual donarà una velocitat entre mordaces de 0,751 mm/min (calculat amb la fórmula del càlcul velocitat entre mordaces) la qual no supera els 0,3 mm/s que és la velocitat límit a la qual pot funcionar el reductor segons les seves especificacions esmentades en el plec de condicions.

Aquesta velocitat pot variar molt depenent de les condicions de fatiga que vulguin realitzar els investigadors.

B.4 CÀLCUL MOMENT DEL MOTOR

Càlcul per determinar el moment que necessita el motor per poder dur a terme els assaigs.

No aplicarem rendiments ni tindrem en compte les acceleracions (pel cas dels assaigs a fatiga), pel fet que desconeixem el rendiment del reductor ni les acceleracions que volen utilitzar el grup de recerca. Però s'aplicarà un coeficient d'1,5 (un 50 % més) del valor obtingut per mirar de corregir-ho i que l'actuador pugui fer els assaigs correctament.

Per determinar el moment a la sortida del reductor utilitzarem la següent fórmula utilitzada per trobar el parell necessari per obtenir una força axial en una unió cargolada.

$$T = K \cdot F \cdot d$$

On:

-F= 28,5 N, és la força axial que ha de realitzar la rosca, determinat en el càlcul B.2

-K=0,2 Valor utilitzat en les unions roscades.

-d=6 mm Diàmetre d'un M6.

Ens dona un parell necessari a la sortida del reductor de: T=34,2 Nmm.

Per saber el Moment del motor Me utilitzarem la següent fórmula:

$$M_e \cdot W_e = M_s \cdot W_s$$

Sabent que:

$$\frac{W_s}{W_e} = i$$

Ens queda que:

$$M_e = M_s \cdot i$$

- $i=1/479$ reducció del reductor.

- $M_s= 34,2$ Nmm , Moment a la sortida del reductor.

Per tant el moment a l'entrada del reductor és de : $M_e = 0,0714$ Nmm.

Si afegim el coeficient d'1,5 que s'ha comentat anteriorment, tenim que: $M_e = 0,0107$ Nmm.

El qual és molt petit i el motor no tindrà problemes a arribar-hi.

B.5 CÀLCUL PRECISIÓ CÈL·LULA DE CÀRREGA.

Càlcul per determinar si la precisió de la cèl·lula de càrrega és suficient:

Es mirarà quin efecte té en el material el mínim increment capaç de percebre la cèl·lula de càrrega.

Per a aquest càlcul s'utilitzaran les mides de les mostres (descrites en l'annex A)

$$\Delta \sigma_{min} = \frac{F}{A_{min}}$$

$$F = \Delta_{min} \cdot g$$

On:

- $g = 9,81$ m/s²

- $\Delta_{min} = 1g$ (0,001Kg) que és el mínim increment capaç de percebre la cèl·lula determinat en les especificacions de la cèl·lula de càrrega en el plec de condicions.

- $A_{min} = 0,02$ mm² que és l'àrea màxima de la secció de la proveta determinada en l'annex A. S'utilitza l'àrea mínima, ja que és la més desfavorable.

Això ens dóna un $\Delta \sigma_{min}$ de 0,5 MPa (500000 Pa), és a dir que la resolució màxima de la màquina pel que fa a la pressió que s'exerceix en la mostra és de mig MPa. Lo qual considerem suficient.

B.6 CÀLCUL CAMP MAGNÈTIC

Càlcul per determinar el camp magnètic que produiran les bobines seleccionades.

Es calcularà la potència del camp magnètic en Tesles que produiran les bobines de Helmholtz.

Fórmula utilitzada segons la web: *Laboratorio virtual de física cuántica*: https://www.uv.es/inecfis/QPhVL/p3/p3_intro.html.

La fórmula és el cas concret en el qual la distància entre les bobines és igual al radi d'aquestes. En aquest cas es produeix un camp magnètic constant entre aquestes.

Mides utilitzades extretes del *Document 2: Plànols*.

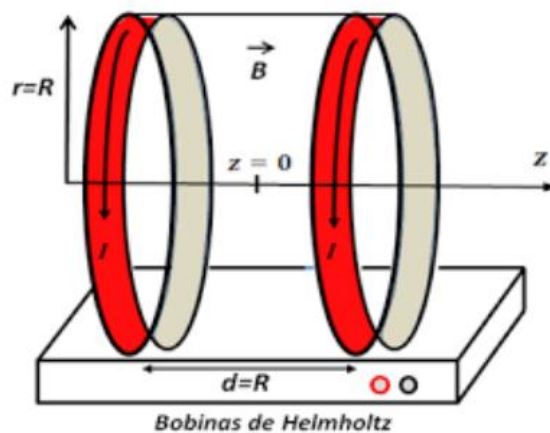


Figura B3: Esquema bobines de Helmholtz

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{R} \cdot \frac{8}{\sqrt{125}}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$, la qual és la permeabilitat del buit.

$N=500$, el qual és el nombre d'espines de cada bobina.

$I= 2,49 \text{ A}$, la qual és la màxima intensitat que pot passar pel cable, segons les especificacions de fabricant

$R= 62,5 \text{ mm}$. És el radi de les bobines i la distància entre aquestes.

Per tant aquestes bobines ens proporcionen un camp magnètic de: 0,0179 T (180 G). El qual és superior als 150 Gauss requerits pel client.

ANNEX C: ESTUDI D'ALTERNATIVES

C.1 INTRODUCCIÓ

En aquest annex hi ha recopilades i descrites breument les diferents opcions que s'han estudiat per cadascun dels components de la màquina d'assaig de provetes d'aliatges Heusler.

C.2 ESTUDI DISPOSICIÓ GENERAL

C.2.1 Estudi disposició horitzontal

S'ha estudiat l'opció d'utilitzar una disposició horitzontal de la màquina i els seus elements. Pel fet de que una disposició horitzontal seria més estable.

S'ha desestimat pel fet de que aquesta disposició ens genera un problema amb els flexors degut a la gravetat. Sobretot en el cas de la mordassa fixa, en el qual el pes de la mordassa generaria un flector i una força resultant no paral·lela a la mostra, això generaria que el sensor no llegís únicament la força de tracció que és la que ens interessa, i provocaria una lectura incorrecta sobre l'esforç aplicat, ja que volem una lectura molt precisa de la força aplicada degut a les mides de la mostra. Aquest problema no existeix en la disposició vertical, ja que totes les forces són paral·leles i alineades en l'eix de la mostra.

Per arreglar aquest problema una solució seria guiar les mordasses, cosa que augmentaria la complexitat i preu de la màquina i per això no s'ha triat aquesta opció.

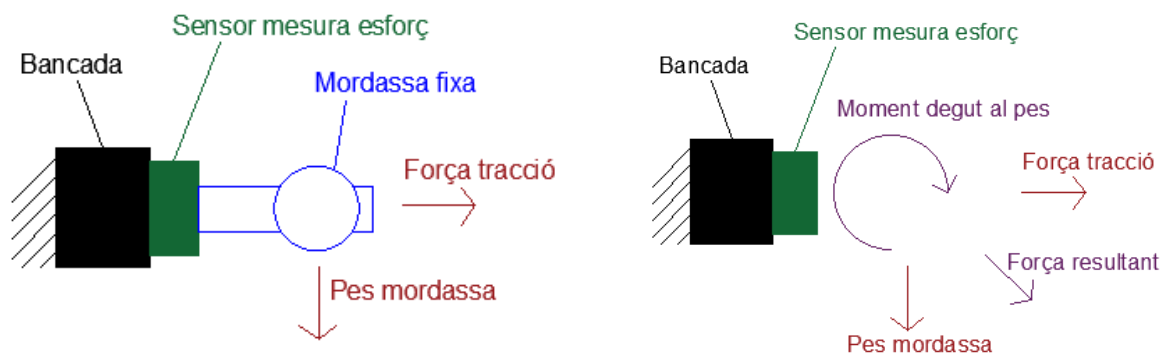


Figura C.1: Esquema de la problemàtica en la mordassa fixa en una disposició horitzontal de la màquina

C.3 ESTUDI ACTUADORS

C.3.1 Pistó elèctric (actuador lineal)

S'ha estudiat l'opció de fer servir un pistó elèctric comercial de cursa petita i reducció gran. Pel fet que són relativament més barats i són més senzills d'instal·lar.

S'ha desestimat la idea perquè les velocitats mínimes dels pistons comercials són massa elevades per dur a terme un assaig bo, on el motor realitzi diverses voltes per fer un assaig complet. A més que la majoria tenen unes mides de cursa i pistó grans i difícilment reduïbles. També s'ha desestimat pel fet que en molts casos s'hauria d'afegir al pistó un sensor per poder controlar correctament la velocitat i desplaçament del pistó.



Figura C2: Pistó elèctric comercial

C.3.2 Pistó hidràulic

S'ha estudiat l'opció de realitzar la màquina amb un pistó hidràulic, pel fet que la majoria de màquines d'assaig universals, utilitzen aquest actuator i les velocitats lineals són petites. També s'ha estudiat perquè en el mercat existeixen pistons hidràulics de petites dimensions.

S'ha desestimat perquè aquesta màquina no necessita molta força per trencar la mostra, i per tant no és necessària la força que et pot arribar a donar un pistó hidràulic. Tampoc s'ha escollit aquesta opció perquè al necessitar un sistema hidràulic, aquest requereix molt de manteniment, cosa que no és còmode per l'usuari. Finalment un sistema hidràulic + pistó té un preu molt elevat i no es faria ús de tota la seva potència per tant no és rendible.



Figura C3: Pistó hidràulic de petites dimensions

C.3.3 Motor de CC amb reductor integrat.

S'ha estudiat l'opció de buscar en el mercat un motor amb un reductor integrat, pel fet que són més barats. I acoblar-li una barra roscada en l'eix de sortida.

S'ha desestimat perquè no se n'ha trobat cap que tingués una reducció suficient per dur a terme un assaig correcte, tot i que les velocitats eren inferiors a les dels pistons elèctrics.

Al no tenir una reducció suficient però propera a la necessària, s'ha pensat en l'opció d'afegir una etapa en la sortida del reductor, però això deriva en una complexitat constructiva que amb l'opció seleccionada no existeix.

La majoria de moto-reductors tenien unes precisions pobres i uns jocs relativament grans.

Finalment el fet que se li hauria d'afegir un sensor per tal de controlar el motor. Fa que sigui més barat no sigui tan rellevant, si se li ha d'afegir una etapa, un sensor i una barra roscada. Això complica molt el seu muntatge, cosa que fa que augmenti el preu i no resulti una opció gaire millor a l'escollida. Pel fet que es tindrà menys precisió i la diferència de preus podria no resultar tan gran.



Figura C4: Moto-reductor de petites dimensions.

C.4 ESTUDI CAMP MAGNÈTIC

C.4.1 Bobinat

S'ha estudiat l'opció d'utilitzar un bobinat per crear el camp magnètic pel fet que s'aconsegueixen més potents que amb bobines de Helmholtz de mides similars.

El principal problema d'aquesta opció resulta en el fet que l'ús d'aquests bobinats no permetria fer les mesures de temperatura amb el sensor infraroig, pel fet que la mostra quedaria a dins del bobinat, cosa que ens impediria apuntar la mostra amb el sensor.

També s'ha observat que la diferència de potència del camp amb les bobines de Helmholtz no és molt gran, comparat amb la diferència que hi ha entre alguns imants permanents i electroimants.

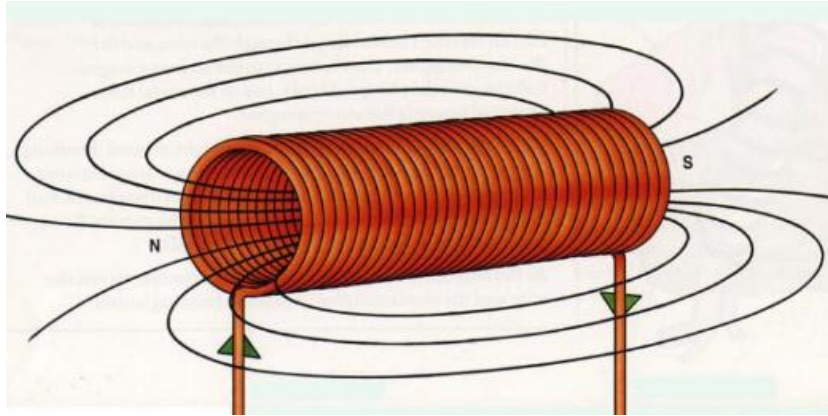


Figura C5: Esquema d'un bobinat, a dins el qual aniria la mostra

C.4.2 Imants permanents

S'ha mirat l'ús d'imants permanents pel fet que podrien generar camps més potents i no tenen problemes d'escalfament.

Els imants estarien disposats de manera perpendicular produint un camp perpendicular a la mostra, a diferència d'ara que el camp és paral·lel.

El principal problema d'aquesta opció resulta en el fet que necessites una parella d'imants per fer un camp més o menys constant. I amb una sola parella d'imants permanents resulta impossible variar el camp magnètic, així que necessaries diverses parelles d'imants permanents per anar-los canviant i així poder variar el camp magnètic. Aquest fet fa que el camp magnètic no es pugui variar amb facilitat; i els valor en què es pot variar el camp estiguin fixats per la potència dels imants que tinguis.

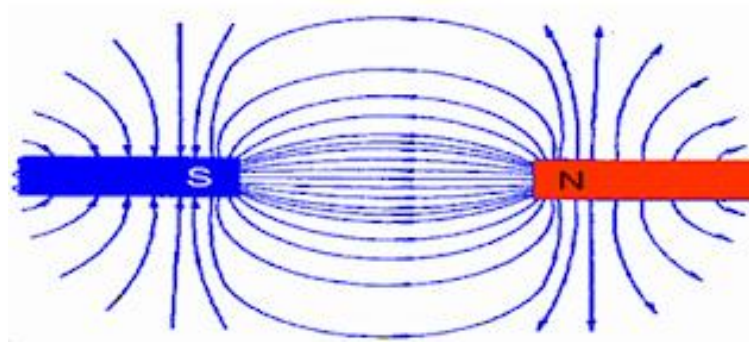


Figura C6: Camp format entre 2 imants permanents

C.4.3 Electroimant

S'ha estudiat l'ús d'electroimants pel fet que poden generar camps més potents.

Els imants estarien disposats de manera perpendicular produint un camp perpendicular a la mostra, a diferència d'ara que el camp és paral·lel.

S'ha desestimat perquè no fan falta un camp tan grans, a més que en electroimants que generin camps magnètics grans és necessari l'ús de sistemes de refrigeració per tal que els electroimants no es sobreescalfin.

En el cas que el camp no sigui suficientment gran aquesta opció seria l'escollida.



Figura C7: Electroimant comercial

C.5 ESTUDI SENSOR ELONGACIÓ

C.5.1 Sensor de distància làser

S'ha estudiat l'opció d'utilitzar un sensor de distància làser per mesurar la distància entre les mordasses, la qual és l'elongació de la mostra.

S'ha estudiat pel fet que és un sensor no invasiu amb la mostra, és a dir que no hi ha contacte amb la mostra per mesurar la seva elongació. I això és important pel fet que la mostra és molt petita i qualsevol interferència podria interferir en els resultats.

S'ha desestimat pel fet que la precisió d'aquests sensors no és suficient per mesurar les elongacions tan petites que té la mostra.

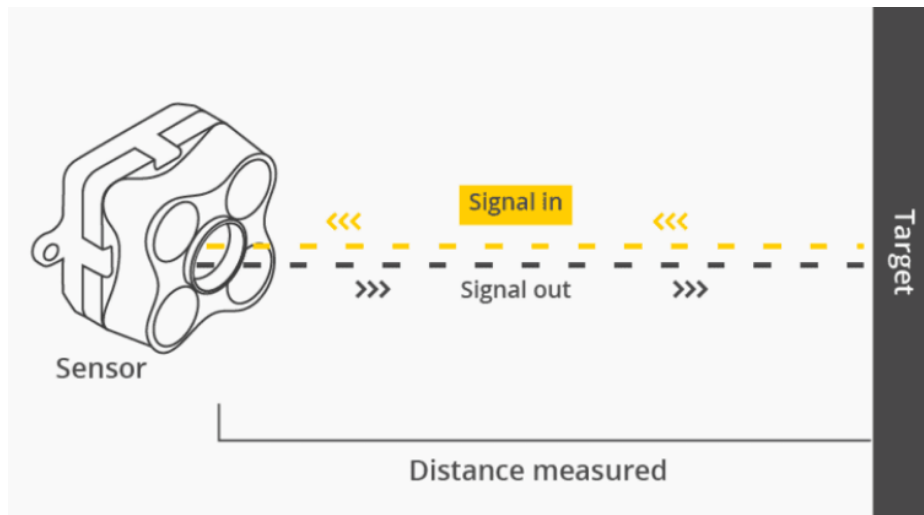


Figura C8: Esquema del funcionament d'un sensor de distància làser

C.5.2 Extensòmetre

S'ha estudiat l'ús d'un extensòmetre en miniatura per mesurar l'elongació de la proveta pel fet que és el sensor utilitzat en les màquines d'assaig universals.

S'ha desestimat pel fet que l'extensòmetre va subjectat a la mostra mitjançant 2 pinces, i aquesta al ser tan prima, faria que les pinces de l'extensòmetre patinessin i no mesuressin correctament.

Tampoc s'ha escollit pel fet que l'extensòmetre és invasiu, hi ha contacte amb la mostra, la qual és molt petita i qualsevol interferència podria interferir en els resultats.

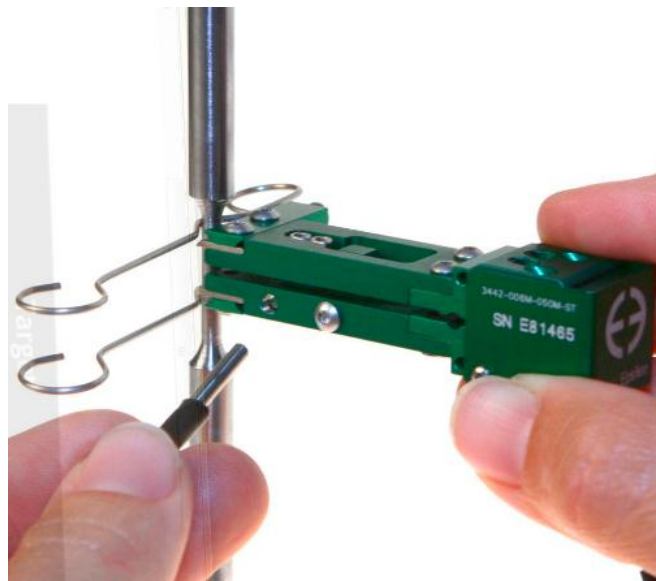


Figura C9: Extensòmetre en miniatura

C.6 ESTUDI MORDASSA

C.6.1 Mordassa per a fils (amb corba de reducció de força)

S'ha estudiat l'ús d'una mordassa utilitzada en la indústria tèxtil per fer assaigs a fils, pel fet que els fils tenen uns gruixos similars als de les mostres.

Aquestes mordasses utilitzen un sistema anomenat: corba de reducció de força, la qual consta de fer passar el fil per una zona corba de 90° o 180° i subjectant-lo finalment amb la part de mordassa que faria de pinça. Aquest sistema fa que l'esforç estigui correctament repartit al llarg de tota la mostra i no hi hagi una concentració de tensions en el punt de subjecció amb la mordassa com passaria amb les mordasses normals.

Hi ha gammes d'aquest tipus de mordasses per a cintes primes, que serien les que s'haguessin utilitzat en aquest projecte.

S'ha desestimat pel fet que les mostres són massa curtes, i al fer el recorregut per la zona corba no ens queda una llargada suficient en posició vertical per poder dur a terme l'assaig.



Figura C10: Pincas amb el sistema de corba de reducció de força amb una zona corba de 180°.

C.7 ESTUDI MESURA TEMPERATURA

C.7.1 Sensor infraroig de temperatura

S'ha estudiat l'ús d'un sensor d'infraroigs de temperatura pel fet de fer la màquina 100% automàtica, i així no necessitar que l'investigador no ho hagi de fer de forma manual.

S'ha desestimat pel fet que apuntar la mostra, d'unes mides tan reduïdes, amb el sensor resulta de molta precisió, i els muntatges que t'ofereixen els fabricants no estan pensats per un espai tan reduït com és el que hi ha en la màquina d'assaigs.

També pel fet que els rangs d'apuntat que es donen segons la mida de la mostra, fan que aquests siguin molt i molt propers a la mostra en qüestió, i degut al poc espai disponible, seria un muntatge molt complicat.

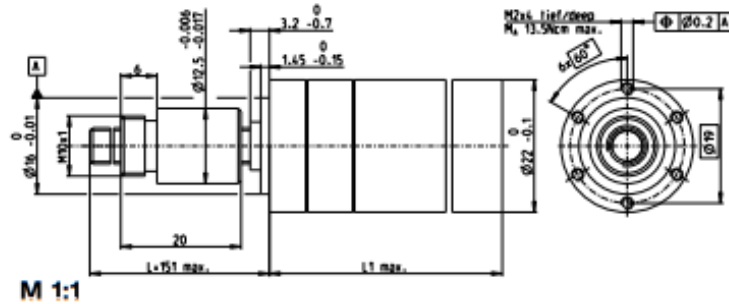


Figura C11: Imatge d'un sensor infraroig de temperatura

ANNEX D: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

D.1 CARACTERÍSTIQUES REDUCTOR (363855)

Screw Drive GP 22 S Ø22 mm, Metric Lead Screw



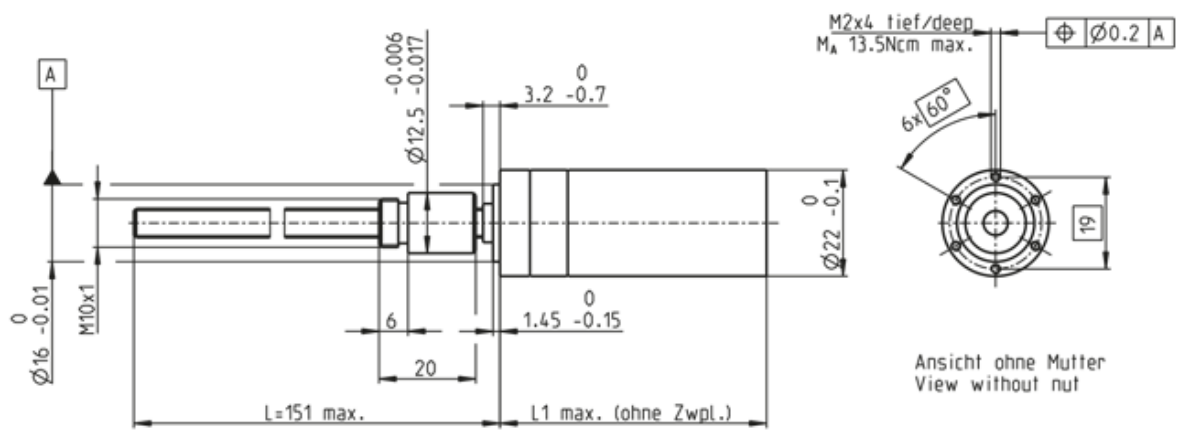
Technical Data	
Screw	M6 x 1, stainless steel
Standard length	151 mm
Special length (5 mm step)	max. 300 mm
Nut (standard)	thread nut
Material	bronze
Axial play	< 0.008 mm
Planetary gearhead	straight teeth
Bearing	ball bearing/thrust roller bearing
Radial play, 5 mm from flange	< 0.05 mm
Axial play	preloaded
Max. continuous input speed ²	8000 rpm
Recommended temperature range	-15...+80°C
Max. axial load (static) ¹	550 N
Number of stages	0 1 2 3 4
Max. radial load, 15 mm from flange	80 N 80 N 130 N 180 N 180 N

maxon screw drive

	Part Numbers									
	363826	363827	363830	363834	363835	363840	363845	363850	363855	363855
Screw Drive Data										
1 Reduction	1:1	3.8:1	14:1	29:1	53:1	89:1	198:1	333:1	479:1	
2 Absolute reduction	1/1	1/4	1/14	1/29	1/53	1/89	1/198	1/333	1/479	
20 Max. feed velocity ¹	mm/s	101	35	9.5	4.6	2.5	1.5	0.7	0.4	0.3
21 Max. feed force (continuous) ¹	N	42	60	92	118	144	171	223	266	300
22 Max. feed force (intermittent) ¹	N	118	167	259	330	350	350	350	350	350
Part Numbers	363828	364040			363836	363841	363846	363851	363856	
1 Reduction	4.4:1	16:1			62:1	104:1	231:1	370:1	501:1	
2 Absolute reduction	1/4	1/16			1/62	1/104	1/231	1/370	1/501	
20 Max. feed velocity ¹	mm/s	30	8.3		2.2	1.3	0.6	0.4	0.2	
21 Max. feed force (continuous) ¹	N	63	97		152	180	235	275	316	
22 Max. feed force (intermittent) ¹	N	176	270		350	350	350	350	350	
Part Numbers	363829	363831			363837	363842	363847	363852	363857	
1 Reduction	5.4:1	19:1			72:1	109:1	270:1	389:1	590:1	
2 Absolute reduction	1/5	1/19			1/72	1/109	1/270	1/389	1/590	
20 Max. feed velocity ¹	mm/s	25	7.0		1.9	1.2	0.5	0.3	0.2	
21 Max. feed force (continuous) ¹	N	67	102		159	183	248	280	321	
22 Max. feed force (intermittent) ¹	N	188	286		350	350	350	350	350	
Part Numbers		363832			363838	363843	363848	363853	363858	
1 Reduction		20:1			76:1	128:1	285:1	410:1	690:1	
2 Absolute reduction		1/20			1/76	1/128	1/285	1/410	1/690	
20 Max. feed velocity ¹	mm/s		6.7		1.8	1.0	0.5	0.3	0.2	
21 Max. feed force (continuous) ¹	N		104		162	193	252	285	339	
22 Max. feed force (intermittent) ¹	N		291		350	350	350	350	350	
Part Numbers			363833		363839	363844	363849	363854	363859	
1 Reduction			24:1		84:1	157:1	316:1	455:1	850:1	
2 Absolute reduction			1/24		1/84	1/157	1/316	1/455	1/850	
20 Max. feed velocity ¹	mm/s		5.6		1.6	0.8	0.4	0.3	0.2	
21 Max. feed force (continuous) ¹	N		111		168	207	261	295	350	
22 Max. feed force (intermittent) ¹	N		310		350	350	350	350	350	
4 Number of stages		0	1	2	3	3	4	4	4	
7 Max. efficiency gearhead incl. screw	%	42	3.5	29	29	25	20	20	20	
8 Weight ¹	g	103	103	116	116	128	141	141	141	
9 Average backlash no load	"	1.0	1.0	1.2	1.2	1.6	2.0	2.0	2.0	
23 Mechanical positioning accuracy ¹	mm	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.037	0.037	0.037	
10 Mass inertia gearhead incl. screw ¹	gcm ²	10	1.0	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	
11 Gearhead length L1	mm	38.0	38.0	44.8	44.8	51.6	51.6	58.4	58.4	



maxon Modular System										
+ Motor	Page	+ Sensor/Brake	Page	Overall length [mm] = Motor length + gearhead length + (sensor/brake) + assembly parts						
A-max 19	143-146			64.2	71.0	71.0	77.8	77.8	84.6	84.6
A-max 19, 1.5 W	144	MR	416/417	69.3	76.1	76.1	82.9	82.9	89.7	89.7
A-max 19, 1.5 W	144	Enc 22	426	78.6	85.4	85.4	92.2	92.2	99.0	99.0
A-max 19, 1.5 W	144	MEnc 13	407	71.7	78.5	78.5	85.3	85.3	92.1	92.1
A-max 19, 2.5 W	145/146			66.8	73.6	73.6	80.4	80.4	87.2	87.2
A-max 19, 2.5 W	146	MR	416/417	71.1	77.9	77.9	84.7	84.7	91.5	91.5
A-max 19, 2.5 W	146	Enc 22	426	81.2	88.0	88.0	94.8	94.8	101.6	101.6
A-max 19, 2.5 W	146	MEnc 13	407	74.3	81.1	81.1	87.9	87.9	94.7	94.7
A-max 22	147-150			67.2	74.0	74.0	80.8	80.8	87.6	87.6
A-max 22	148/150	MR	416/417	72.2	79.0	79.0	85.8	85.8	92.6	92.6
A-max 22	148/150	Enc 22	426	81.6	88.4	88.4	95.2	95.2	102.0	102.0
A-max 22	148/150	MEnc 13	407	74.3	81.1	81.1	87.9	87.9	94.7	94.7
EC-max 16, 8 W	221			71.4	78.2	78.2	85.0	85.0	91.8	91.8
EC-max 16, 8 W	221	MR	403	78.7	85.5	85.5	92.3	92.3	99.1	99.1
EC-max 22, 12 W	222			70.1	76.9	76.9	83.7	83.7	90.5	90.5
EC-max 22, 12 W	222	MR	403	79.8	86.6	86.6	93.4	93.4	100.2	100.2
EC-max 22, 12 W	222	AB 20	478	105.7	112.5	112.5	119.3	119.3	126.1	126.1



DATOS GENERALES

Tipo de reductor	GP
Diámetro exterior	22 mm
Versión	Transmisión de husillo con rosca métrica

DATOS DE LA TRANSMISIÓN DE HUSILLO

Número de etapas	4
Relación de reducción	479 : 1
Relación de reducción absoluta	124659/260
Máx. diámetro del eje del motor	3.2 mm
Máx. velocidad de avance	0.3 mm/s
Máx. fuerza de avance en continuo	300 N
Máx. fuerza de avance brevemente	351 N
Sentido de giro, de motor a eje de salida	=
Máx. rendimiento	20 %
Holgura media del reductor sin carga	2 °
Precisión mecánica de posicionamiento	0.037 mm
Momento de inercia	0.3 gcm ²
Longitud del reductor (L1)	58.4 mm
Máx. potencia transmisible en continuo	0.87 W
Máx. potencia transmisible brevemente	1.4 W

DATOS TÉCNICOS

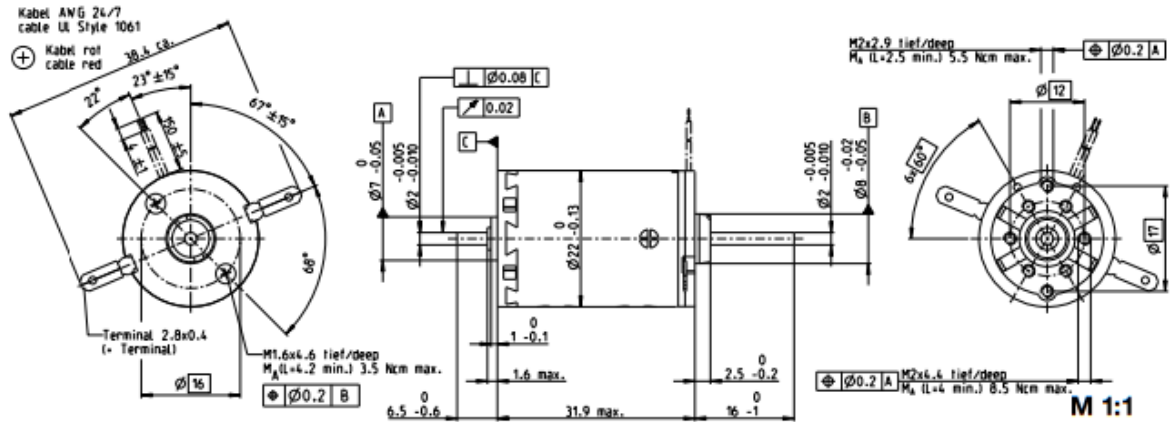
Longitud del husillo	150 mm
Juego radial	máx. 0.05 mm, 5 mm desde la brida
Mín. juego axial	máx. 0.008 mm
Máx. carga radial	180 N, 15 mm desde la brida
Máx. fuerza axial de montaje a presión	390 N
Máx. velocidad de entrada en continuo	8000 rpm
Máx. velocidad de entrada brevemente	8000 rpm
Rango de temperatura recomendado	-15...+80 °C
Número de ciclos de esterilización	0

PRODUCTO

Peso	140 g
------	-------

D.2 CARACTERÍSTIQUES MOTOR (110132)

A-max 22 Ø22 mm, Precious Metal Brushes CLL, 3.5 Watt



■ Stock program
 Standard program
 Special program (on request)

Part Numbers

	with terminals	110130	110132	110133	110134	110135	110136	110137	110138	110139	110140	110141	110142
	with cables	13984	35296	35297	35298	35299	35299	35299	35299	35299	35299	35299	35299

Motor Data

		4.5	6	7.2	7.2	7.2	9	12	15	18	24	36	42	
Values at nominal voltage														
1	Nominal voltage	V	4.5	6	7.2	7.2	7.2	9	12	15	18	24	36	42
2	No load speed	rpm	7210	6630	7000	6240	5620	6140	6630	6680	6480	6520	6950	7320
3	No load current	mA	26.7	17.8	16	13.6	11.8	10.6	8.88	7.17	5.73	4.33	3.16	2.92
4	Nominal speed	rpm	5010	3940	4330	3550	2890	3400	3890	3930	3710	3720	4100	4490
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	4.82	6.27	6.31	6.31	6.24	6.21	6.16	6.15	6.11	6.05	5.91	5.95
6	Nominal current (max. continuous current)	A	0.84	0.749	0.662	0.589	0.525	0.457	0.368	0.296	0.237	0.177	0.123	0.112
7	Stall torque	mNm	15.4	15.3	16.4	14.6	12.8	14	14.9	15	14.4	14.2	14.5	15.5
8	Stall current	A	2.61	1.79	1.69	1.34	1.06	1.01	0.872	0.706	0.547	0.407	0.296	0.286
9	Max. efficiency	%	81	81	82	81	80	81	81	81	81	81	81	81
Characteristics														
10	Terminal resistance	Ω	1.72	3.36	4.27	5.39	6.78	8.9	13.8	21.2	32.9	59	122	147
11	Terminal inductance	mH	0.106	0.222	0.288	0.362	0.445	0.585	0.89	1.37	2.1	3.69	7.29	8.95
12	Torque constant	mNm/A	5.9	8.55	9.73	10.9	12.1	13.9	17.1	21.2	26.2	34.8	48.9	54.3
13	Speed constant	rpm/V	1620	1120	981	875	790	689	558	450	364	274	195	176
14	Speed / torque gradient	rpm/mNm	474	438	430	432	443	443	449	450	456	465	485	477
15	Mechanical time constant	ms	20.2	19.8	19.7	19.7	19.8	19.8	19.8	19.8	19.9	19.9	20.2	20
16	Rotor inertia	gcm ²	4.07	4.32	4.38	4.36	4.26	4.27	4.2	4.21	4.16	4.1	3.97	4.01

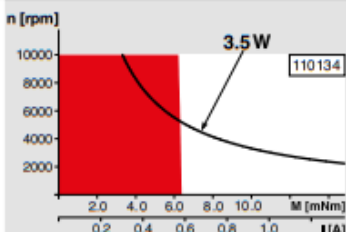
Specifications

Thermal data		
17	Thermal resistance housing-ambient	20 K/W
18	Thermal resistance winding-housing	6.0 K/W
19	Thermal time constant winding	10.2 s
20	Thermal time constant motor	313 s
21	Ambient temperature	-30...+65°C
22	Max. winding temperature	+85°C
Mechanical data (sleeve bearings)		
23	Max. speed	10 000 rpm
24	Axial play	0.05 - 0.15 mm
25	Radial play	0.012 mm
26	Max. axial load (dynamic)	1 N
27	Max. force for press fits (static) (static, shaft supported)	80 N
28	Max. radial load, 5 mm from flange	440 N
28	Max. radial load, 5 mm from flange	2.8 N
Mechanical data (ball bearings)		
23	Max. speed	10 000 rpm
24	Axial play	0.05 - 0.15 mm
25	Radial play	0.025 mm
26	Max. axial load (dynamic)	3.3 N
27	Max. force for press fits (static) (static, shaft supported)	45 N
28	Max. radial load, 5 mm from flange	440 N
28	Max. radial load, 5 mm from flange	12.3 N
Other specifications		
29	Number of pole pairs	1
30	Number of commutator segments	9
31	Weight of motor	54 g
CLL = Capacitor Long Life		

Values listed in the table are nominal. Explanation of the figures on page 68.

Option
Ball bearings in place of sleeve bearings Without CLL

Operating range



Comments

■ **Continuous operation**
 In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.
 = Thermal limit.

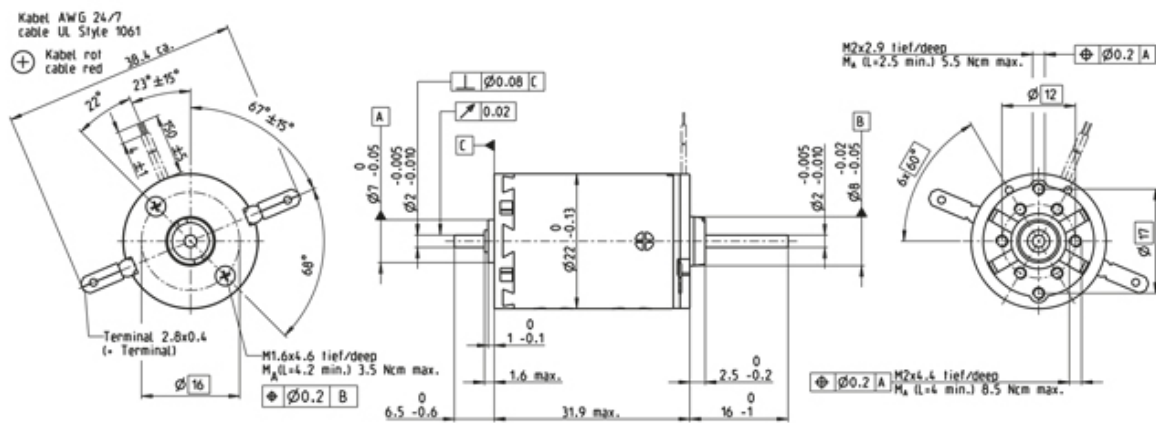
Short term operation
 The motor may be briefly overloaded (recurring).

— **Assigned power rating**

maxon Modular System

<p>Planetary Gearhead Ø22 mm 0.1 - 0.6 Nm Page 337/338</p> <p>Planetary Gearhead Ø22 mm 0.5 - 2.0 Nm Page 339/341</p> <p>Spur Gearhead Ø24 mm 0.1 Nm Page 345</p> <p>Screw Drive Ø22 mm Page 380/381</p>		<p>Encoder MEnc Ø13 mm 16 CPT, 2 channels Page 417</p> <p>Encoder MR 32 CPT, 2/3 channels Page 429</p> <p>Encoder MR 128 / 256 / 512 CPT, 2/3 channels Page 430</p> <p>Encoder Enc 22 mm 100 CPT, 2 channels Page 437</p>
--	--	---

Recommended Electronics: Page 32
 ESCON Module 24/2 454
 ESCON 36/2 DC 454
 ESCON Module 50/5 455
 ESCON 50/5 457
 EPOS4 Mod./Comp. 24/1.5 462
 EPOS4 Mod./Comp. 50/5 463
 MAXPOS 50/5 473



VALORES A TENSION NOMINAL

Tensión nominal	6 V
Velocidad en vacío	6630 rpm
Corriente en vacío	17.8 mA
Velocidad nominal	3940 rpm
Par nominal (máx. par en continuo)	6.27 mNm
Corriente nominal (máx. corriente en continuo)	0.749 A
Par de arranque	15.3 mNm
Corriente de arranque	1.79 A
Máx. rendimiento	81 %

DATOS CARACTERÍSTICOS

Resistencia entre terminales	3.36 Ω
Inductancia en terminales	0.222 mH
Constante de par	8.55 mNm/A
Constante de velocidad	1120 rpm/V
Relación velocidad/par	438 rpm/mNm
Constante mecánica de tiempo de arranque	19.8 ms
Momento de inercia del rotor	4.32 gm ²

DATOS TÉRMICOS

Resistencia térmica carcasa-ambiente	20 K/W
Resistencia térmica bobinado-carcasa	6 K/W
Constante de tiempo térmica del bobinado	10.1 s
Constante de tiempo térmica del motor	313 s
Temperatura ambiente	-30...+65 °C
Máx. temperatura de bobinado	+85 °C

DATOS MECÁNICOS

Tipo de rodamiento/cojinete	Cojinete sinterizado
Velocidad límite	10000 rpm
Juego axial	0.05 - 0.15 mm
Juego radial	0.012 mm
Máx. carga axial (dinámica)	1 N
Máx. fuerza axial de montaje a presión (estática)	80 N
(estático, eje apoyado)	440 N
Máx. carga radial	2.8 N, 5 mm desde la brida

MÁS ESPECIFICACIONES

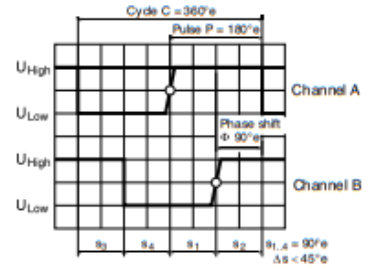
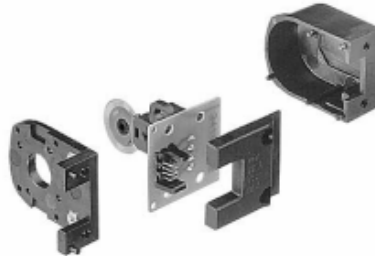
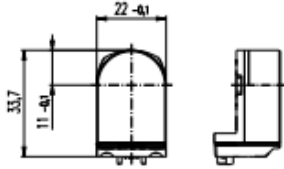
Número de pares de polos	1
Número de segmentos de colector	9
Número de ciclos de esterilización	0

PRODUCTO

Peso	54 g
------	------

D.3 CARACTERÍSTIQUES ENCODER (110520)

Encoder Enc 22 100 CPT, 2 Channels



Direction of rotation cw (definition cw p. 60)

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Part Numbers

103935	110520	110521
--------	--------	--------

Type	103935	110520	110521
Counts per turn	100	100	100
Number of channels	2	2	2
Max. operating frequency (kHz)	20	20	20
Max. speed (rpm)	12000	12000	12000
Shaft diameter (mm)	3	2	3



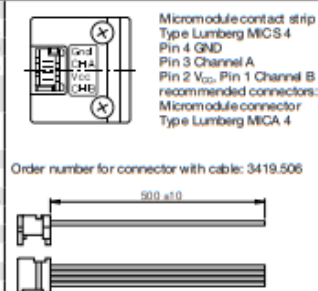
maxon Modular System

+ Motor	Page	+ Gearhead	Page	Overall length [mm] / see Gearhead
RE 25	125/127			68.6
RE 25	125/127	GP 26, 0.75 - 4.5 Nm	340	•
RE 25	125/127	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	342	•
RE 25	125/127	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	343	•
RE 25	125/127	GP 32, 1.0 - 6.0 Nm	346	•
RE 25	125/127	GP 32 S	374-379	•
A-max 19, 1.5 W	144			43.3
A-max 19, 1.5 W	144	GP 19, 0.1 - 0.3 Nm	330	•
A-max 19, 1.5 W	144	GP 22, 0.1 - 2.0 Nm	333/335	•
A-max 19, 1.5 W	144	GS 24, 0.1 Nm	339	•
A-max 19, 1.5 W	146	GP 22 S	372/373	•
A-max 19, 2.5 W	146			45.9
A-max 19, 2.5 W	146	GP 19, 0.1 - 0.3 Nm	330	•
A-max 19, 2.5 W	146	GP 22, 0.1 - 2.0 Nm	333/335	•
A-max 19, 2.5 W	146	GS 24, 0.1 Nm	339	•
A-max 19, 2.5 W	146	GP 22 S	372/373	•
A-max 22	148/150			46.3
A-max 22	148/150	GP 22, 0.1 - 0.3 Nm	331	•
A-max 22	148/150	GP 22, 0.2 - 0.6 Nm	332	•
A-max 22	148/150	GP 22, 0.1 - 2.0 Nm	331-335	•
A-max 22	148/150	GS 24, 0.1 Nm	339	•
A-max 22	148/150	GP 22 S	372/373	•
A-max 26	152-158			59.1
A-max 26	152-158	GP 26, 0.75 - 4.5 Nm	340	•
A-max 26	152-158	GS 30, 0.07 - 0.2 Nm	341	•
A-max 26	152-158	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	342	•
A-max 26	152-158	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	343	•
A-max 26	152-158	GP 32, 1.0 - 6.0 Nm	347	•
A-max 26	152-158	GS 38, 0.1 - 0.6 Nm	353	•
A-max 26	152-158	GP 32 S	374-379	•

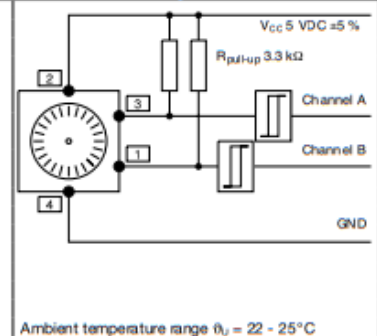
Technical Data

Supply voltage V_{CC}	5 V \pm 10%
Typical current draw	18 mA
Output signal	TTL compatible
Phase shift Φ	90° \pm 45°
Signal rise time (typically, at $C_L = 25$ pF, $R_L = 11$ k Ω , 25 °C)	200 ns
Signal fall time (typically, at $C_L = 25$ pF, $R_L = 11$ k Ω , 25 °C)	50 ns
Operating temperature range	-20...+85 °C
Moment of inertia of code wheel	≤ 0.05 gm 2
Output current per channel	min. -1 mA, max. 5 mA

Pin Allocation



Connection example



D.4 CARACTERÍSTIQUES CÈL·LULA DE CARGA

Specifications

Type			PW4M...OP					
Accuracy class ¹⁾			C3					
Number of load cell verification intervals	n_{LC}		3000					
Maximum capacity ²⁾	E_{max}	kg	0.300	0.500	1	2	3	5
Minimum load cell verification interval	V_{min}	g	0.05	0.1	0.2	0.2	0.5	1
Ratio of minimum verification interval Y	Y		6,000	5,000	10,000	6,000	5,000	
Temperature coefficient of zero signal	TC_0	% of $C_N/10K$	± 0.0233	± 0.0280	± 0.0140	± 0.0233	± 0.0280	
Maximum platform size	mm		200 x 200					
Rated output (nominal)	C_N	mV/V	1.0 ± 0.1	2.0 ± 0.2				
Zero signal (without initial load)	mV/V		0 ± 0.03	0 ± 0.06				
Temperature coefficient of sensitivity ³⁾ +20°C ... +40°C -10°C ... +20°C	TC_S	% of $C_N/10K$	± 0.0175 ± 0.0117					
Relative reversibility error ³⁾	d_{hy}	% of C_N	± 0.015					
Non-linearity ³⁾	d_{lin}		± 0.015					
Dead load output return	MDLOR		± 0.0166					
Off-center load error ⁴⁾			± 0.0233					
Input resistance	R_{LC}	Ω	300 ... 500					
Output resistance	R_O		300 ... 500					
Reference excitation voltage	U_{ref}	V	5					
Nominal (rated) range of the excitation voltage	B_U		1 ... 8					
Maximum excitation voltage			10					
Insulation resistance at 100 V _{DC}	R_{is}	G Ω	2					
Nominal (rated) range of the ambient temperature	B_T	°C	-10 ... +40					
Operating temperature range	B_{su}		-10 ... +50					
Storage temperature range	B_s		-25 ... +70					
Limit load at max. 50 mm eccentricity	E_L		150					
Limit lateral loading, static	E_{lq}		300					
Breaking load	E_d	% of max. capacity (E_{max})	1,000					500
Rated displacement at E_{max} , approx.	S_{nom}	mm	< 0.5					
Weight, approx.	m	kg	0.05					
Equipment protection level ⁵⁾			IP65					
Material			Aluminum					
Measuring body			Silicone rubber					
Cover			PVC					
Cable sheath			PVC					

¹⁾ As per OIML R60 with $P_{LC}=0.7$

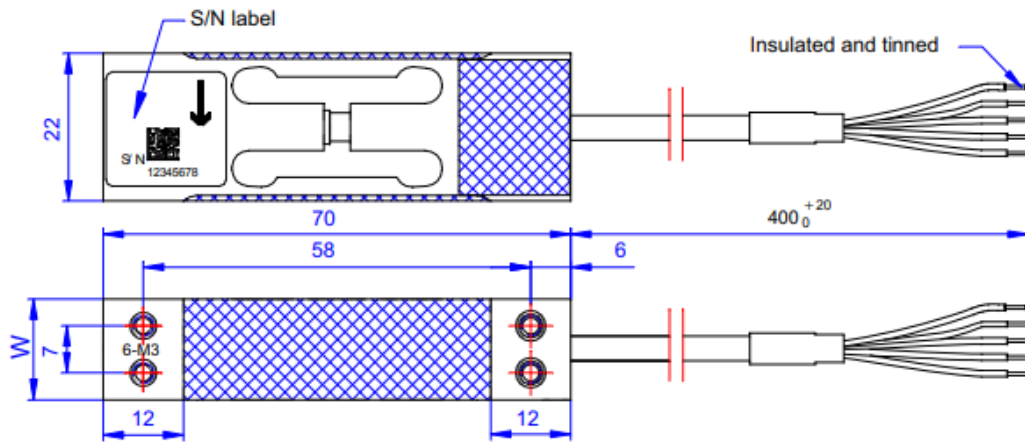
²⁾ Maximum eccentric loading as per OIML R76

³⁾ The values for non-linearity (d_{lin}), relative reversibility error (d_{hy}) and temperature coefficient of sensitivity (TC_S) are recommended values. If these values are added together, the total is within the accumulated error limit laid down by OIML R60.

⁴⁾ As per OIML R76

⁵⁾ As per EN 60529 (IEC 529)

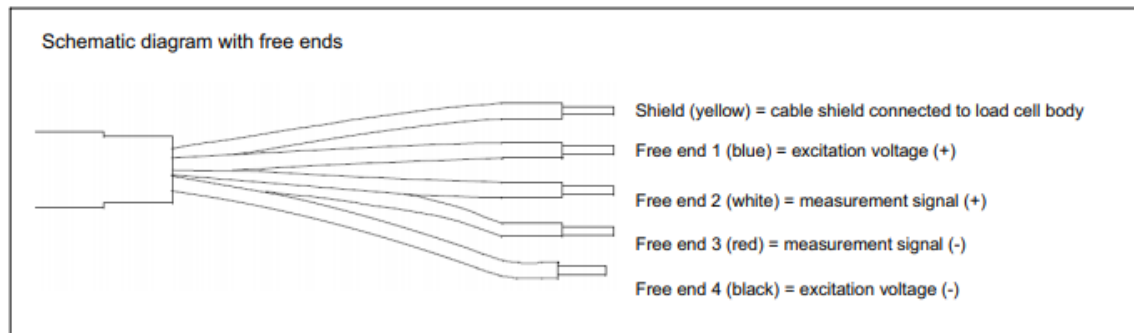
Dimensions in mm (1 mm = 0.03937 inches)



Maximum capacity	0.3 kg ... 1 kg	2 kg ... 5 kg
W	12	15

Cable assignment

Connection with 4-wire cable with PVC cable sheath (cable length: 0.4 m)



Mounting and load application

The load cells are attached at the mounting holes, the load is applied at the other end. The recommended screws and tightening torques can be found in the table below:

Maximum capacities	Thread	Min. property class	Tightening torque ¹⁾
0.3 ... 5 kg	M3	8.8	1.30 N·m

¹⁾ Recommended value for the specified property class. Please comply with the screw manufacturer's instructions with regard to screw dimensions.

Load must not be applied to the side where the cable connection is located, as this would cause a force shunt.

D.5 CARACTERÍSTIQUES SENSOR ELONGACIÓ LVDT (MD5/1000HKRA)

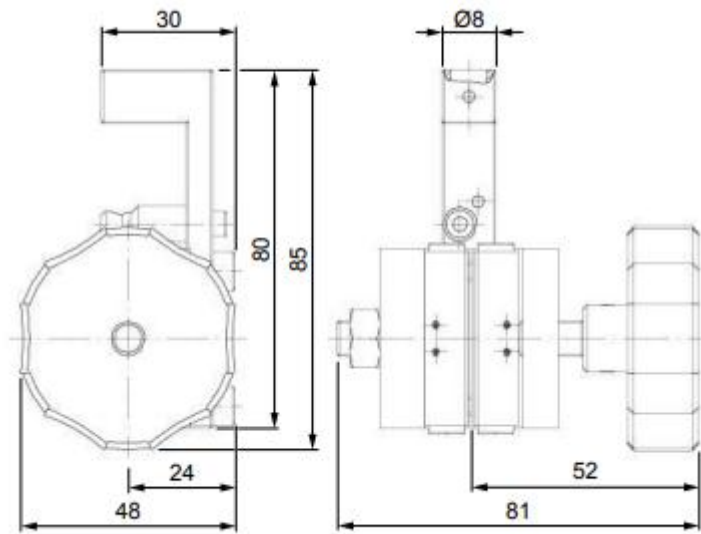
Type	Range	Linearity error (% F.S.)	L	X (nom)	ID	Total weight	Armature weight	TF	Inward over-travel	Sensitivity (nom)
D6/02500URA	±2.5mm (±0.1")	±0.5/±0.25/±0.1	1.77"	0.8"	0.115"	0.6oz	0.06oz	0.60"	0.06"	375mV/V
D6/05000URA	±5mm (±0.2")	±0.5/±0.25/±0.1	2.34"	1.0"	0.115"	0.7oz	0.06oz	0.73"	0.08"	700mV/V
D5/300HKRA	±7.5mm (±0.3")	±0.5/±0.25/±0.1	2.37"	1.2"	0.100"	0.7oz	0.06oz	0.73"	0.15"	502mV/V
D5/400HKRA	±10mm (±0.4")	±0.5/±0.25	2.57"	1.3"	0.100"	0.9oz	0.07oz	0.73"	0.17"	576mV/V
MD5/500HKRA	±12.5mm (±0.5")	±0.5/±0.25	3.20"	1.4"	0.100"	1.2oz	0.08oz	0.73"	0.17"	775mV/V
MD5/1000HKRA	±25mm (±1")	±0.5/±0.25	4.59"	1.9"	0.100"	1.2oz	0.11oz	0.73"	0.16"	475mV/V
MD5/2000HKRA	±50mm (±2")	±0.5/±0.25	8.34"	2.9"	0.100"	2.2oz	0.19oz	0.73"	0.20"	535mV/V
MD5/3000HKRA	±75mm (±3")	±0.5/±0.25	11.84"	3.9"	0.100"	3.1oz	0.26oz	0.73"	0.20"	525mV/V



D.6 CARACTERÍSTIQUES FIL BOBINA**Corriente máxima en hilos de cobre esmaltado
aplicado en bobinas electromagnéticas**

Diametro [mm]	Sección [mm²]	A max.
0,032	0,0008	0,006
0,036	0,00102	0,008
0,040	0,00126	0,010
0,045	0,00159	0,013
0,050	0,00196	0,016
0,056	0,00246	0,020
0,063	0,00312	0,025
0,071	0,00396	0,032
0,080	0,00503	0,040
0,090	0,00636	0,051
0,100	0,00785	0,063
0,112	0,00985	0,079
0,125	0,01227	0,098
0,140	0,01539	0,123
0,160	0,02011	0,161
0,180	0,02545	0,204
0,200	0,03142	0,251
0,224	0,03941	0,315
0,250	0,04909	0,393
0,280	0,06158	0,493
0,315	0,07793	0,623
0,355	0,09898	0,792
0,400	0,12566	1,005
0,450	0,15904	1,272
0,500	0,1963	1,570
0,560	0,2463	1,970
0,630	0,3117	2,494
0,710	0,3959	3,167

D.7 CARACTERÍSTIQUES MORDASSES



Product Information

Screw grips, Type 8131, F_{max} 200 N

Technical data

Item No.	313308	
Type	8131	
Test load F_{max}	0.2	kN
Dimensions		
Height	80	mm
Height with hand wheel	85	mm
Width	81	mm
Depth	30	mm
Depth with hand wheel	48	mm
Opening width, max.	2	mm
Weight per specimen grip, approx.	400	g
Connection, pin	Ø 8	mm
Ambient temperature	-70 to +250 ¹⁾	°C
Scope of delivery	2	pieces

¹⁾ The temperature range may be limited by a smaller jaw temperature range.

**ANNEX E:
SEGURETAT DE LA MÀQUINA
D'ASSAIGS/
MANUAL D'USUARI I
MANTENIMENT**

E.1 NORMES DE SEGURETAT I SALUT

Per al correcte funcionament de la màquina d'assaigs, i per evitar possibles accidents durant la utilització d'aquesta. S'han de seguir les següents normes de seguretat:

- S'ha de llegir el manual d'usuari abans de fer ús de la màquina.
- S'ha de dur a terme el manteniment tal com s'estipula en el manual d'usuari.
- S'ha d'anivellar la màquina abans de començar els assaigs.
- L'actuador i bobines de la màquina han d'estar apagades mentre hi hagi contacte de l'operari amb la mostra. Ja sigui per posar-la, treure-la o inspeccionar-la.
- No es podrà posar la mà ni cap objecte dins la zona d'assaig mentre la màquina estigui assajant.
- L'ús de la màquina és exclusiva ment per espais interiors amb temperatures d'entre -10°C i 35°C .
- No es podran tocar les bobines mentre aquestes estiguin enceses.
- En el cas que l'usuari vegi que les bobines s'escalfen en excés, l'assaig s'haurà d'interrompre de seguida.

E.2 MANUAL D'USUARI

Per al correcte ús i manteniment de la màquina d'assaigs, s'han de seguir les següents instruccions:

- S'ha d'anivellar la màquina abans de començar l'assaig.
- La manipulació de les mostres, tant a l'hora de posar-les com de treure o inspeccionar-les s'ha de dur a terme amb l'actuador i les bobines apagades.
- No es superarà mai el límit màxim de la cèl·lula de càrrega durant l'assaig, el qual és de 5Kg.
- No es podrà assajar cap altre material que o siguin les mostres descrites en el projecte.
- Es recomana l'ús de material de protecció durant els assaigs, com serien guants i ulleres de protecció
- Queda completament prohibida la modificació de qualsevol peça de la màquina d'assaigs.
- Vigilar en no donar cops forts en cap dels elements sensible de la màquina, com són sensors o actuadors.

E.3 MANTENIMENT

Si la màquina d'assaigs s'espatlla, o se li tenca qualsevol de les peces que la conformen, la reparació serà duta a terme per a personal tècnic especialitzat. I aquestes reparacions es faran d'acord amb el present projecte.

- Si s'ha de canviar alguna peça, és obligatori que sigui de les mateixes dimensions i característiques que l'original.
- Les reparacions i/o canvis de peces es duran a terme amb la màquina totalment apagada.
- Un cop cada any es revisarà la linealitat i precisió dels sensors, dut a terme per personal autoritzat. Per assegurar la veracitat dels resultats.