

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Escalfador d'aigua per efecte Foucault

Document: Memòria i annexos

Alumne: Sergi Camps Torrell

Tutor: Lino Montoro Moreno

Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció Industrial

Àrea: Màquines i Motors Tèrmics

Convocatòria (mes/any) (01/2020)

ÍNDIX

MEMÒRIA.....	4
1. INTRODUCCIÓ.....	4
1.1. Antecedents	4
1.1.1. Peticionari	4
1.1.2. Entorn i croquis.....	4
1.1.3. Exposició del problema	5
1.1.4. Efecte Foucault	5
1.2. Objecte del projecte	6
1.3. Requeriments i abast.....	7
1.3.1. Requeriments	7
1.3.2. Abast	7
2. ANÀLISIS PRELIMINAR	8
2.1. Primer prototip.....	8
2.2. Descripció del producte	11
2.2.1. Escalfador de gas	11
2.2.2. Escalfador solar.....	12
2.1.3. Escalfador elèctric.....	13
2.3. Entorn de treball de la màquina.....	14
2.4. Descripció general de la màquina	14
2.5. Rotor	15
2.5.1. Cos del rotor	15
2.6. Part estàtica de la màquina.....	16
2.6.1. Tapa inferior	16
2.6.2. Tapa superior.....	17
2.6.3. Tapa frontal	18
2.7. Estructura de suport	19
3. DESCRIPCIÓ D'ELEMENTS	20
3.1. Imants	20
3.1.1. Imants per el primer prototip.....	20

3.1.2.	Imants per el segon prototip.....	20
3.2.	Motor	21
3.3.	Ràcords	21
3.4.	Tornilleria	22
4.	SUBCONTRACTACIÓ	23
4.1.	Subcontractació de la part de doblegat de xapa.....	23
5.	RESUM DEL PRESSUPOST	23
6.	CONCLUSIONS.....	24
7.	RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	27
	ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES D'ELEMENTS	29
	DESCRIPCIONS TÈCNIQUES D'ELEMENTS	29
A.1.	Imants de neodimi	29
A.1.1.	Imants del prototip	30
A.1.2.	Imants de l'escalfador	30
A.2.	Ràcords.....	31
A.3.	MOTOR.....	33
A.4.	TORNILLERIA.....	35
	ANNEX B: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT	37
B.1.	MANUAL D'USUARI	37
B.2.	ADVERTIMENTS DE SEGURETAT	38
B.3.	MANTENIMENT.....	39
	ANNEX C: MATERIALS I TRACTAMENTS	41
C.1.	MATERIALS.....	41
C.2.	TRACTAMENTS	44
	ANNEX D: PROCÉS DE FABRICACIÓ D'ELEMENTS DE LA MÀQUINA I MUNTATGE.....	46
D.1.	PROCÉS DE FABRICACIÓ D'ELEMENTS DE LA MÀQUINA I MUNTATGE	46
D.1.1.	XAPA DE SUPORT	46
D.1.2.	ROTOR	47
D.1.3.	TAPA SUPERIOR	48
D.1.4.	TAPA INFERIOR	49
D.1.5.	TAPA FRONTAL.....	50
D.2.	ENSAMBLATGE	51
	ANNEX E: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT	53

E.1. ADVERTIMENTS DE SEGURETAT	53
E.2. PERILLS AL MANUPULAR IMANTS DE NEODIMI	54
ANNEX F: SUBCONTRACTACIÓ	57
F.1. ANTECEDENTS	57
F.1.1. Peticionari	57
F.1.2. Descripció de l'estat actual	57
F.1.3. Exposició del problema	57
F.1.4. Objecte del projecte	57
F.2. REQUERIMENTS	58
F.2.1. Requeriments de la petició de fabricació	58
F.3. LÍMITS DEL PROJECTE	58
ANNEX G: CÀLCULS	60
G.1. INTRODUCCIÓ	60
G.2. DADES I CALCULS PREVIS	61
G.3. PÈRDUES DE POTÈNCIA	62
G.4. PIC DE CAMP	63
G.5. MOTOR	63
G.6. CAUDAL D'AIGUA	64
G.7. VELOCITAT DE L'AIGUA	64
G.7. CÀLCUL FORÇA MOTOR	65
H.1. EXPERIMENT	67
H.2. PROVES	68
H.2.1 Prova a 2mm	69
H.2.1 Prova a 1.5mm	70
H.2.1 Prova a 1mm	71
H.2.1 Prova a 0.5mm	72
H.3. RESULTATS	73

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

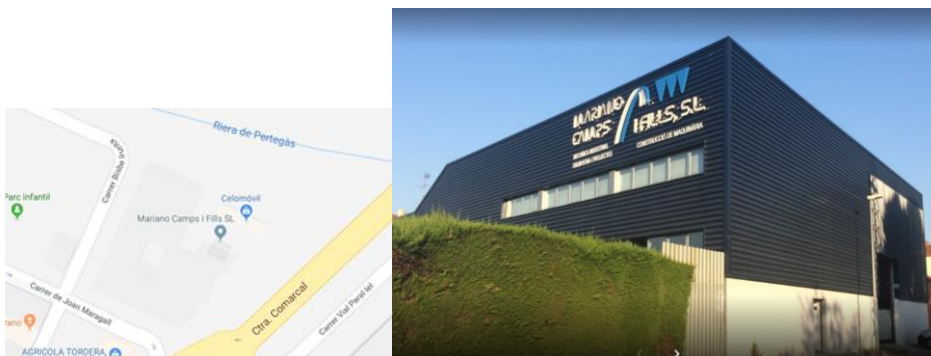
1.1.1. Peticionari

El nom de l'empresa peticionaria és Mariano Camps i fills S.L.

1.1.2. Entorn i croquis

L'empresa Mariano Camps i fills S.L. esta ubicada a la província de Barcelona, Sant Celoni al carrer Joan Maragall nº2 08470.

Es tracta d'una empresa dedicada al sector dels projectes tècnics, mecanitzats, manteniments i muntatges industrials. Estan molt especialitzats en el sector farmacèutic i químic tot i que treballen per un gran ventall de empreses de tot tipus.



Il·lustració 1 ubicació de l'empresa

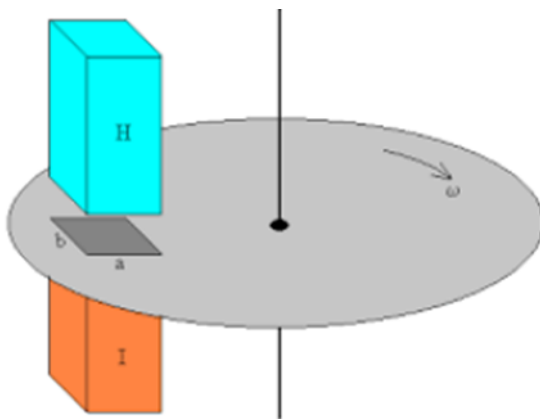
1.1.3. Exposició del problema

El que es planteja no és un problema sinó buscar una nova manera de fer un procés ja molt estandarditzat com és el d'un escalfador d'aigua. Aquest projecte està basat en buscar noves formes per aprofitar la energia de rotació per produir calor mitjançant l'efecte Foucault.

1.1.4. Efecte Foucault

Les corrents de Foucault o eddy són unes corrents parasitàries que es generen a causa d'un canvi de flux magnètic en el temps en metalls no fèrrics; aquest fenomen físic va ser descobert per el físic francès Léon Foucault al 1851.

Aquest fenomen es regeix tant per la Llei d'inducció de Faraday com per la Llei de Lenz. La Llei d'inducció de Faraday estableix que qualsevol canvi en l'entorn magnètic d'una bobina de fil conductor conduirà a induir una tensió (força electromagnètica o ϵ_{mf}) a la bobina. La Llei de Lenz estableix que quan un ϵ_{mf} és generat per un canvi en el flux magnètic, segons la Llei de Faraday, la polaritat del ϵ_{mf} induït és tal que produeix un corrent el camp magnètic que s'oposa al canvi que el va produir.



Il·lustració 2 esquema de l'experiment de Foucault

Aquest físic va descobrir que fent girar un disc de coure entre dos pols d'imants la força necessària per a fer girar aquest augmentava va poder deduir que es produïa un fenomen advers que no era normal en el magnetisme com el coneixia entre un camp magnètic i un metall ferromagnètic; dons en principi el coure no es tindria que veure afectat per aquest camp magnètic.

També va notar que aquest disc de coure s'escalfava per efecte Joule; va poder deduir per aquest escalfament que algun tipus de corrent estava circulant per aquell disc de coure.

Aquesta circulació elèctrica en la majoria de casos sol ser indesitjable ja que provoca pèrdues calorífiques per l'efecte Joule. La indústria s'ha esforçat durant molts anys per tal de minimitzar aquest efecte dissenyant les peces a partir de làmines aïllades entre sí per tal de minimitzar aquesta autoinducció.

Però aquest fenomen no sempre és indesitjable ja que s'ha pogut aprofitar per altres àmbits de la indústria i en l'ús domèstic com per exemple la metal·lúrgia on aquest efecte s'utilitza per tal de fondre metall sense menester combustibles fòssils; parlem dels forns d'inducció on mitjançant una corrent alterna que passa per unes bobines genera un camp magnètic de freqüència variable i les corrents de Foucault son capaces de generar un flux de calor suficient per fondre aquest metall.

En el cas que concerneix aquest projecte s'utilitzaran aquestes corrents de Foucault amb imants permanents de neodimi que giraran unides al radi exterior de un rotor passant molt a prop d'un estator d'alumini per on hi circularà aigua; aquest canvi de camp magnètic tant ràpid farà que la superfície d'alumini s'escalfi i aquesta que s'escalfi l'aigua que hi circula.

1.2. Objecte del projecte

Projectar un prototip per tal de demostrar i fer proves amb efecte Foucault per escalfar superfícies com alumini o coure i acabar projectant un escalfador d'aigua per efecte Foucault.

1.3. Requeriments i abast

1.3.1. Requeriments

Se'ns adjunta per part del peticionari un plec de requeriments que cal complir al projecte.

Tema	Obligació/Desig	Descripció
Ubicació	Obligació	S'ha de poder col·locar tant sobre una lleixa o penjat a la paret.
Funció	Obligació	Escalfar l'aigua que entri per el circuit.
Dimensions	Obligació	El més compacte possible.
Material	Obligació	Alumini i inoxidable
Ancoratge	Obligació	Tindrà una zona per subjectar-lo amb 4 cargols.
Control	Obligació	Tindrà un interruptor de encesa i apagada
Connexió	Obligació	Funcionament amb corrent 220V AC
Costos	Obligació	8.000 € (aproximat)

Taula 1: requeriments

1.3.2. Abast

Es dissenyarà l'escalfador i s'entregarà juntament amb tots els plànols i informació de les proves realitzades a petita escala amb el prototip.

2. ANÀLISIS PRELIMINAR

2.1. Primer prototip.

Ja que al mercat no hi ha cap escalfador d'aquest tipus es va decidir començar fent un prototip a petita escala per visualitzar si el concepte d'aquest escalfador seria viable.

Per aquest prototip es va dissenyar un disc d'alumini que aniria agafat amb una pinça al capçal de la fresadora ja que amb aquesta podríem tindre precisió de revolucions i distància enfront la placa de control.



Il·lustració 3 torneig



Il·lustració 4 fresat

Partint d'un rodó d'alumini de diàmetre 60mm, es va mecanitzar al torn un coll de 20mm de diàmetre per agafar-lo amb la pinça.

Un cop acabada la feina de torn es va procedir a posar el prototip a la fresadora per tal de fer els forats que allotjaran els imants tal i com mostren els plànols.

Els imants es van entrar a pressió a la premsa amb una gota de Loctite 406 per tal d'assegurar que a altes voltes no poguessin saltar, ja que tampoc poden muntar-se a molta pressió sinó podrien esquerdar-se degut a la seva alta fragilitat.

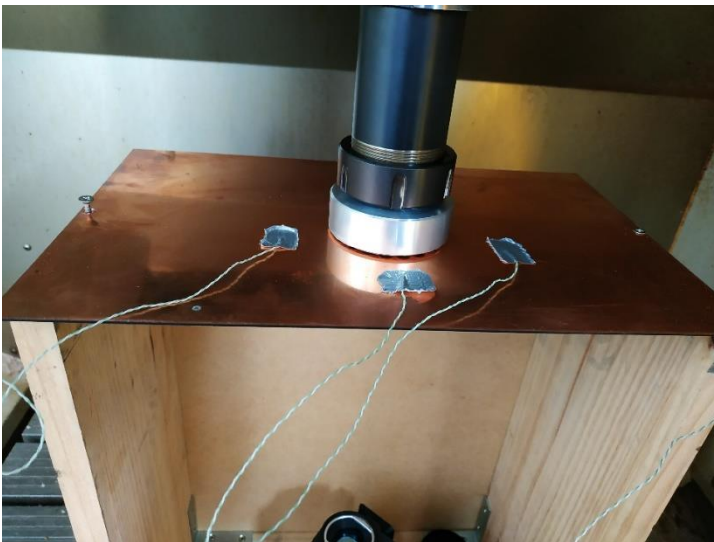
Un cop el prototip acabat es va procedir a fer les proves ja a la universitat amb la càmera termogràfica i sensors de temperatura.



Il·lustració 5 prototip acabat

Aquesta prova es va realitzar al taller de mecanitzats de la UdG a l'edifici PII.

En la maqueta es pretenia demostrar el principi del efecte Foucault i per això es va utilitzar la peça anteriorment descrita amb una xapa de coure a la qual hi ha posats sensors de temperatura i a sota una càmera termogràfica.



Il·lustració 6 montatge al taller de la UdG

Aquestes proves es van realitzar fent girar el capçal de la màquina a diferents velocitats i a diferents distàncies de la placa de coure. D'aquesta manera es va poder comparar mitjançant els resultats dels sensors de temperatura i la càmera, com varia la temperatura respecte la velocitat de rotació i la distància.

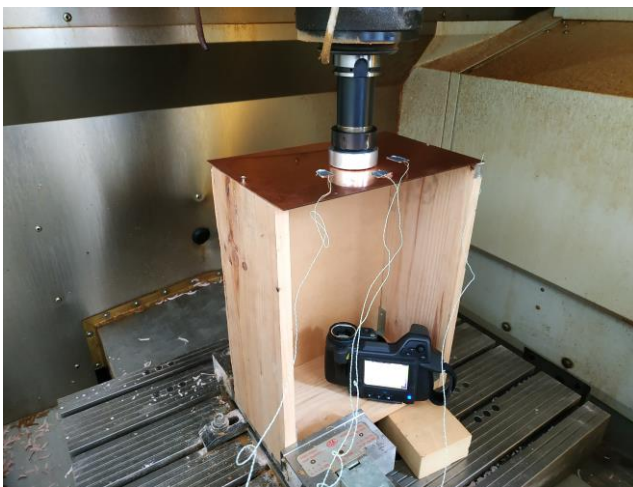
Els resultats van ser satisfactoris ja que la placa s'escalfava notòriament però degut a la pròpia rotació del disc aquest feia de ventilador fent així que els resultats no fossin completament els que haurien de ser.

A través d'aquesta prova s'ha pogut veure aquest i altres errors en aquest disseny en el qual gira sobre una superfície cilíndrica el grup d'imants.

Per aquest motiu en el disseny del escalfador els imants s'han posat a la part exterior del rotor i s'ha encapsulat per tal que el rotor faci de ventilador i l'auto refredi.

Un altre aspecte que hem pogut apreciar amb la càmera termogràfica és que al centre, al ser la velocitat gairebé 0, no s'hi produeix quasi bé calor.

Al tractar-se del prototip, els imants tot i ser de neodimi de molt bona qualitat (N45), no tenen molta potència de camp magnètic al ser petits; per aquest motiu tampoc vàrem aconseguir grans temperatures com s'espera d'aquesta prova.



Il·lustració 7 montatge amb la camara termogràfica

2.2. Descripció del producte

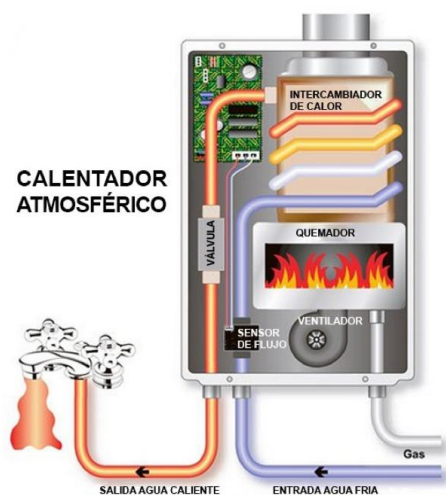
Es pretén construir un escalfador per efecte Foucault; aquest escalfador vol aprofitar el camp que generen els imants quan passen a prop de materials com l'alumini o el coure. Aquest camp generat provoca un fre sobre les superfícies que és dissipada en forma de calor.

El projecte es basarà en fer girar imants de neodimi a prop de una superfície d'alumini i fer circular aigua per dins per tal de augmentar-ne la temperatura.

El producte que es vol construir pretén estar a l'altura d'altres ja existents al mercat com els que s'exposaran a continuació.

2.2.1. Escalfador de gas

Un dels tipus d'escalfadors que existeixen són els escalfadors d'aigua a gas. És un dels més utilitzats, gràcies al seu consum controlat i efectiu. El funcionament de l'escalfador de gas és molt senzill. Es tracta d'una sèrie de fogons que es col·loquen de manera estratègica a l'interior de l'escalfador. Aquests fogons escalfen unes canonades per la qual circula l'aigua. D'aquesta manera l'aigua es va escalfant gradualment, fins a aconseguir una temperatura que pots controlar gràcies a uns comandaments.

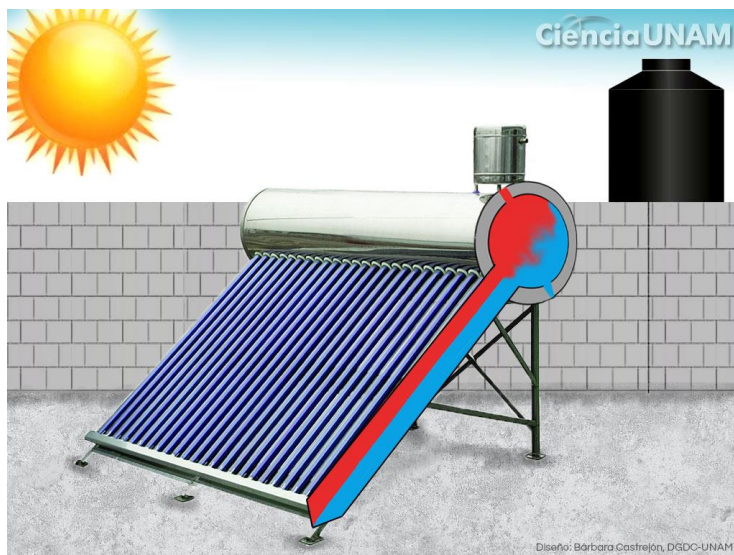


Il·lustració 8 escalfador de gas

Aquest tipus d'escalfador no escalfa des del primer segon. L'aigua, quan surt de l'aixeta està freda però, en deixar-la córrer una estona, comença a escalfar-se. En aquest moment ja disposes d'aigua calenta. A més, es segueix escalfant amb la calor residual de les canonades.

2.2.2. Escalfador solar

L'escalfador solar o termosifó es tracta d'un escalfador molt més eficient a nivell energètic. Es tracta d'una forma d'estalviar entre un 60-75% de l'energia elèctrica. Fins i tot, es pot arribar al 100%. L'escalfador d'aigua solar escalfa l'aigua amb l'energia solar, que no es gasta i no és perjudicial per al medi ambient. Perquè això passi, l'escalfador compta amb una placa que recull de manera eficient les radiacions solars.



Il·lustració 9 escalfador solar

Aquestes radiacions escalfen un tanc, aïllat a l'interior, en el qual s'emmagatzema l'aigua. Després, a través d'un circuit de canonades, connecta amb la resta de la casa i la proveeix d'aigua calenta per al que es necessiti. En el cas que l'aigua estigui molt freda, es compta amb un sistema d'efecte termosifònic que permet a l'aigua pujar i escalfar-se. La instal·lació és una cosa cara, ja que es tracta de la instal·lació de panells solars. Però has de tenir en compte que és un gran estalvi a llarg termini i, a més, no té impacte en el medi ambient.

2.1.3 Escalfador elèctric

El funcionament de l'escalfador elèctric és força senzill. Compta amb un dipòsit o tanc en on l'aigua està emmagatzemada per al seu posterior ús. Aquest tanc, a través d'un encès elèctric, comença a escalfar-se i, quan està calenta, l'aigua comença a circular per les canonades a la qual està connectat. Quan el tanc és bastant gran pot, fins i tot, alimentar els radiadors i escalfar tota la casa en general.



Il·lustració 10 escalfador electric

Aquest tipus d'escalfador té l'avantatge que, des del primer segon, l'aigua surt calenta. A més, amb el termo elèctric pots disposar d'una bona quantitat d'aigua per a diferents tasques. Però quan es buida i es precisa d'aigua calenta de nou, cal esperar que el tanc torni a omplir-se i al fet que, un cop ple, l'aigua s'escalfi una altra vegada. Hem de destacar que hi ha termos elèctrics que disposen d'un dispositiu d'ompliment automàtic i escalfament, que entren en funcionament quan l'aigua baixa la seva temperatura. Fins i tot, per estalviar en el consum del termo elèctric i no tenir sempre l'aigua escalfant-se, es pot controlar l'escalfament de la mateixa programant-lo.

2.3. Entorn de treball de la màquina

Al ser un prototip esta més focalitzat a un laboratori que a la comercialització; per tant el seu entorn de treball seria un laboratori o per petits usos.

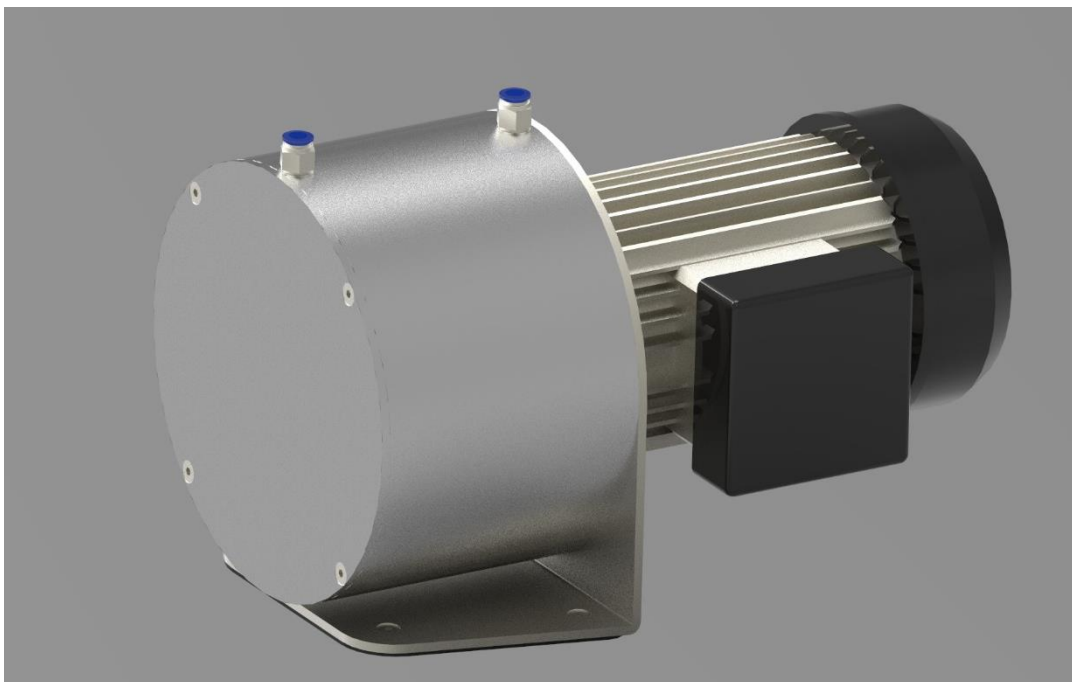
Tot i amb això està destinat a un entorn de treball agressiu ja que els escalfadors solen estar en zones exteriors on pateixen humitats i temperatures altes al estiu i molt baixes al hivern.

Aquest escalfador compleix perfectament amb aquest tipus de condicions de treball ja que el motor d'aquest escalfador és 80B-400V-B14-1,1Kw.

2.4. Descripció general de la màquina

Aquest escalfador està format bàsicament per una part mòbil, el rotor, on hi ha els imants i la part fixa que és per on hi corre l'aigua a través del serpentí.

També trobarem el suport d'inoxidable fabricat amb xapa doblegada on va collada las parts estàtiques i el motor.



Il·lustració 11 vista general del calentador

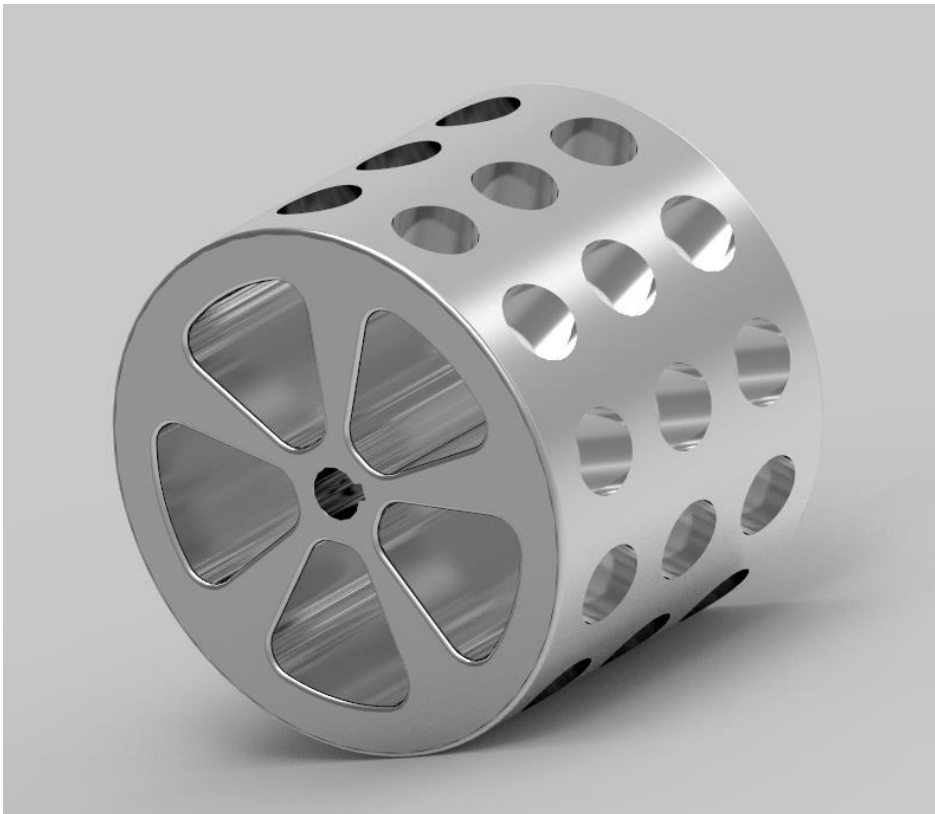
2.5. Rotor

2.5.1. Cos del rotor

El rotor és la part giratòria de la màquina que va unida al motor mitjançant un xaveta i un cargol, aquest és l'encarregat de transmetre el gir del eix del motor al rotor.

A la part exterior hi ha mecanitzats uns orificis de 30mm de diàmetre i 10mm de fons on van clavats els imants.

Aquest rotor està fabricat en alumini i per tal de reduir inèrcies hi ha mecanitzats uns buidats cada 72° .

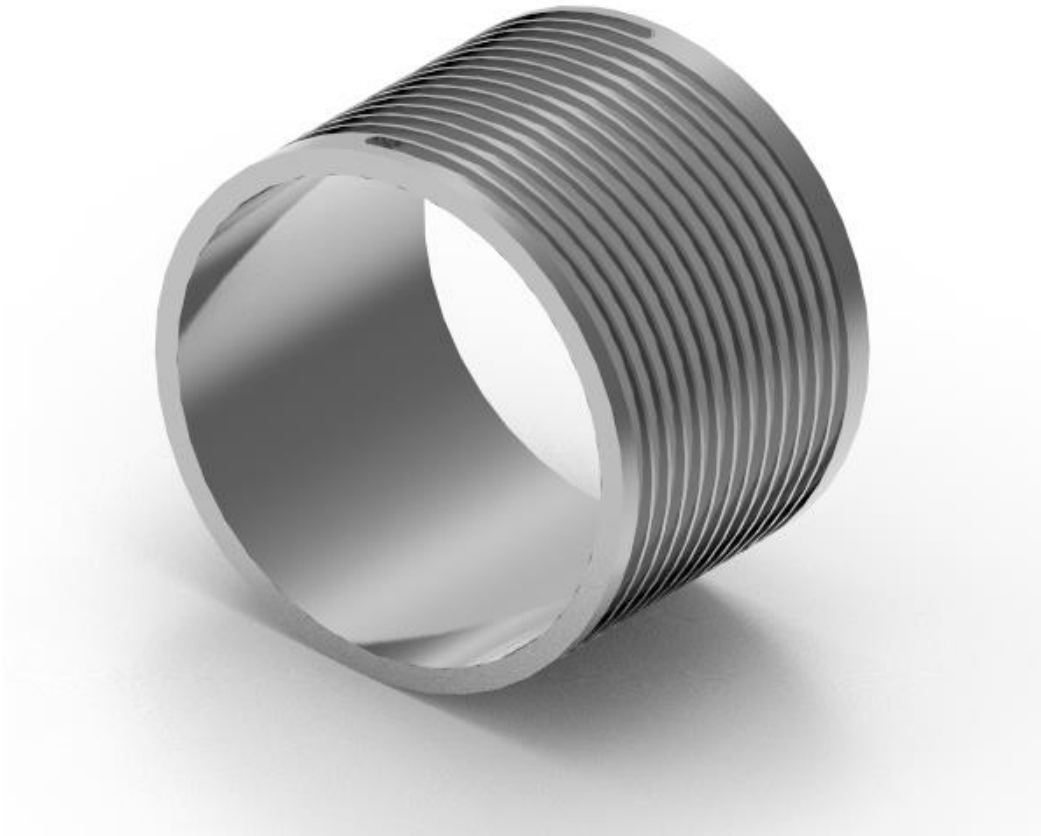


Il·lustració 12 rotor

2.6. Part estàtica de la màquina

2.6.1. Tapa inferior

La tapa inferior esta fabricada en alumini i hi ha fresada una regata en forma de rosca de 8mm d'ample i pas 10mm; aquesta rosca és per on circularà l'aigua que entra per el orifici de la tapa superior donant així 13 voltes abans de sortir per l'altre ràcord on haurà augmentat la seva temperatura. Aquesta és l'única peça que ha de ser obligatòriament d'un material paramagnètic per tal que es produeixi l'efecte Foucault desitjat.



Il·lustració 13 tapa inferior

2.6.2. Tapa superior

La tapa superior és la part que va unida a l'estructura de xapa de suport de la màquina mitjançant 4 cargols Allen avellanats de M6x15 per la part posterior d'aquesta. Alhora també collarà la tapa de protecció per la part frontal, amb el mateix tipus de cargols, per evitar possibles enganxades i aïllant de la calor.

A la part superior d'aquesta tapa hi ha roscats dos orificis on hi haurà la entrada i la sortida de l'aigua mitjançant uns ràcords.

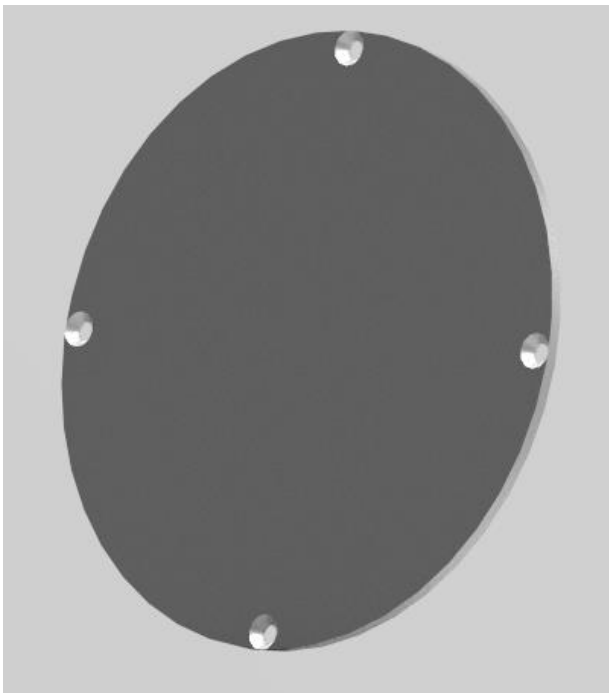
Aquests a l'hora de soldar la tapa superior amb la tapa inferior quedaran alineats amb el inici i el final de la rosca de la tapa inferior.



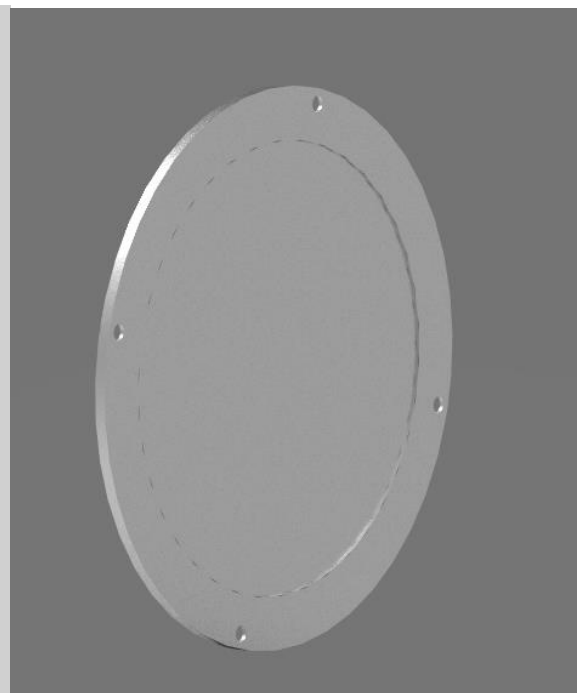
Il·lustració 14 tapa superior

2.6.3. Tapa frontal

La tapa frontal té a la vegada una funció estètica, de protecció i aïllant ja que aquesta fa que al estar tapada la part rotativa evitarà enganxades o possibles lesions derivades del gir del rotor; la part estètica ja que es veurà només un cilindre amb dos ràcords on entra i on surt l'aigua i la part aïllant ja que aquesta tapa evitarà que la calor es dissipï amb facilitat ja que amb les proves fetes s'ha comprovat que la pròpia rotació feia de ventilador refredant la zona on s'estava escalfant.



Il·lustració 15 tapa frontal vista 1



Il·lustració 16 tapa frontal vista 2

2.7. Estructura de suport

Es tracta de una xapa de inoxidable de 3mm de gruix satinada; aquesta es l'encarregada de suportar mitjançant 4 cargols Allen les tapes superiors i inferiors per la part exterior i el motor per la part més cèntrica de la cara frontal.

Aquesta va collada per la seva base amb 4 cargols fent un sandwich amb una silicona que fa de silentblock per tal de reduir vibracions



Il·lustració 17 xapa de suport

3. DESCRIPCIÓ D'ELEMENTS

3.1. Imants

Els imants que s'utilitzaran per aquest projecte seran imants permanents de neodimi de qualitat N45 ja que són de molt bona qualitat i posseeixen una gran potència magnètica.

3.1.1. Imants per el primer prototip

Es tracta de 44 imants de diàmetre 8mm i 3mm de gruix; cada imant té una força aproximada de 1.5Kg ja que està magnetitzat en N45 axial amb un revestiment de níquel. La seva temperatura màxima de servei son 80°C i té un pes de 1.1g cadascun.



Il·lustració 18 imant del prototip

3.1.2. Imants per el segon prototip

Es tracta de 36 imants de diàmetre 30mm i 10mm de gruix; cada imant té una força aproximada de 20Kg ja que està magnetitzat en N45 axial amb un revestiment de níquel. La seva temperatura màxima de servei son 80°C i un pes de 54g.



Il·lustració 19 imant del escalfador

3.2. Motor

Es tracta d'un motor 80B-230V-B14-1,1KW de corrent alterna 230V i 1,5CV de potència. Al estar connectat a dos pols tindrà una velocitat angular de 2810rpm i tindrà un condensador d'arrencada el qual quasi bé serà innecessari ja que per arrencar no tindrà cap tipus d'esforç que el freni.

Características:

- Tipo de motor: asincrono jaula de ardilla.
- Tensión: 230 V. 50 Hz.
- Intensidad (In): 7,04 A.
- Par de arranque alto.
- Potencia: 1,1 Kw (1,5CV).
- Par: 3,74 Nm.
- Revoluciones: 2810 rpm.
- Rendimiento: 73%.
- Grado de protección: IP55.
- Tipo sujeción: Brida B14.
- Diametro del eje: Ø19mm
- Carcasa tamaño 80 (802).
- Color: Azul.
- Material de la carcasa: Aluminio.
- Disyuntor de protección térmica incluido.
- Marcado CE.
- Peso: 10Kg



Il·lustració 20 característiques del motor

Il·lustració 21 motor

3.3. Ràcords

Es tracta de connexions a pressió Festo QS, amb acoblament roscat i hexagonal exterior. És un ràcord recte de rosca cap a tub de la marca Festo, Sèrie QS, amb connexió mascle R 3/8 tub a pressió 10 mm.

La gamma Quick Star QS ofereix un sistema pràctic de connexions per a la pressió per a l'aire comprimit i aigua amb més de 1.000 tipus de racons estàndards i funcionals. Aquests adaptadors de rosca mecanitzen un tub d'alta qualitat oferint una gran varietat de rosques mecàniques, paral·leles tipus G o còniques tipus R i diàmetres per adaptar-se a cada tipus de connexió.

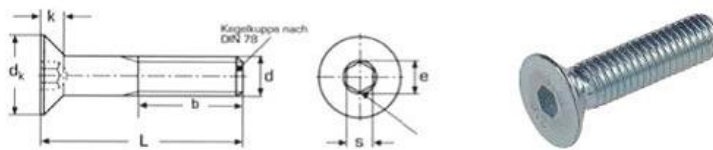


Il·lustració 22 ràcords

3.4. Tornilleria

Per al muntatge de la màquina s'utilitzaran cargols avellanats cònics de M6x15mm tant per el suport de la base com la tapa frontal i la subjecció del estator amb el suport base i M6x35mm per collar el motor al rotor.

DIN7991



Hexagon socket countersunk head screws

d	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20
p	0.5	0.7	0.8	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5
b	12	14	16	18	22	26	30	38	46
dk max	6.0	8.0	10	12	16	20	24	30	36
e min	2.3	2.9	3.4	4.6	5.7	6.9	9.2	11.4	13.7
K max	1.7	2.3	2.8	3.3	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5
s	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12
t max	1.2	1.8	2.3	2.5	3.5	4.4	4.6	5.3	5.9

Taula 2: tornilleria mètrica

4. SUBCONTRACTACIÓ

4.1. Subcontractació de la part de doblegat de xapa

El doblegat de xapa es subcontractarà a la empresa Metallogic de Caça de la Selva ja que a la empresa no es disposa de plegadora de xapa i ja s'aprofitarà perquè tallin el contorn de la xapa amb tall làser.

La part elèctrica, és a dir la instal·lació del connexionat del motor amb l'interruptor d'encesa, serà subcontractat per l'empresa elèctrica Quintana S.L. de Sant Celoni.

5. RESUM DEL PRESSUPOST

Aplicant els amidaments resultants als preus unitaris corresponents, s'obté un Pressupost d'Execució Material de **2565,53 €**.

6. CONCLUSIONS

El disseny obtingut és un disseny senzill i millorable a nivell comercial. Tot i així, amb els principis clars, és un disseny útil i realitzable en múltiples entorns industrials, recerca en laboratori per a la seva millora o en la llar ja que només necessita connexió elèctrica 220V i aigua corrent.

Per tant passarem a comparar aquest escalfador amb els més comuns disponibles al mercat per tal de fer una valoració més detallada d'aquest.

Escalfador	Pòtencia consumida (kW)	Potència útil (kW)	Rendiment (%)	Preu (€)
Gas natural	20,5	17,4	84,88	369,73
Elèctric	2,5	1,85	74,00	1347,75
Solar	0,01	12	78,00	1124,13
Dièsel	27,8	25,02	90,00	646,72
Gas butà/propà	19,2	16,91	88,07	335,17
Foucault	1,1	0,936	85,09	7248,97
Biomassa	17	14,8	87,06	4191

Taula 3 comparativa entre escalfadors

Com es pot veure a la taula 3 tots els rendiments oscil·len entre un 74% i un 90%, el escalfador que es presenta en aquest projecte teòricament tindrà un rendiment del 85% és a dir està dins el rang acceptable de rendiment, però el preu amb diferència és el més alt de tots amb un preu de 7248.97€. Tot i amb això aquest preu és tant elevat per la despesa del projecte, només contant el preu de fabricació el qual podria baixar al produir-lo en sèrie és de 2565.53€.

Les potències comparades són clarament més altes que les d'aquest escalfador ja que es tracta d'un model a escala.

Escalfador	temps de calentament	soroll	espai ocupat (m3)	acomulador
Gas natural	Instantani	Mig	0,3	no
Elèctric	Lent	Baix	0,4	si
Solar	Molt lent	Baix	2,4	si
Dièsel	Instantani	Mig	0,5	no
Gas butà/propà	Instantani	Baix	0,3	no
Foucault	Lent	Alt	0,012	si
Biomassa	Instantani	Mig	0,55	no

Taula 4 comparativa entre escalfadors

En la taula 4 es veuen primer els temps d'escalfament de l'aigua que va molt lligat a la necessitat d'un acumulador d'aigua, ja que els lents necessiten d'un acumulador per poder arribar a la temperatura desitjada, el escalfador de Foucault al tenir una velocitat d'escalfament lenta necessita d'un acumulador, el qual, és molt important que estigui calorifugat tant el escalfador com el acumulador.

Pel que fa l'espai és el més compacte de tots per aquesta potència, ara bé, al intentar igualar les potències calorífiques dels seus competidors aquest espai es veuria clarament augmentat ja que necessitaríem més imants, més diàmetre i un motor més potent; això portaria més soroll, que és ja un dels punts més dolents d'aquest escalfador ja que és el més sorollós d'aquesta comparativa.

Hi ha poques per no dir cap solució a aquest problema però cap està desenvolupada com la que es presenta a aquest projecte ja que la majoria treballen en el pla i com s'ha vist en les proves a petita escala la pròpia rotació refreda fent de ventilador i la zona del centre al tindre una velocitat lineal molt menor contribuïa poc en escalfar.



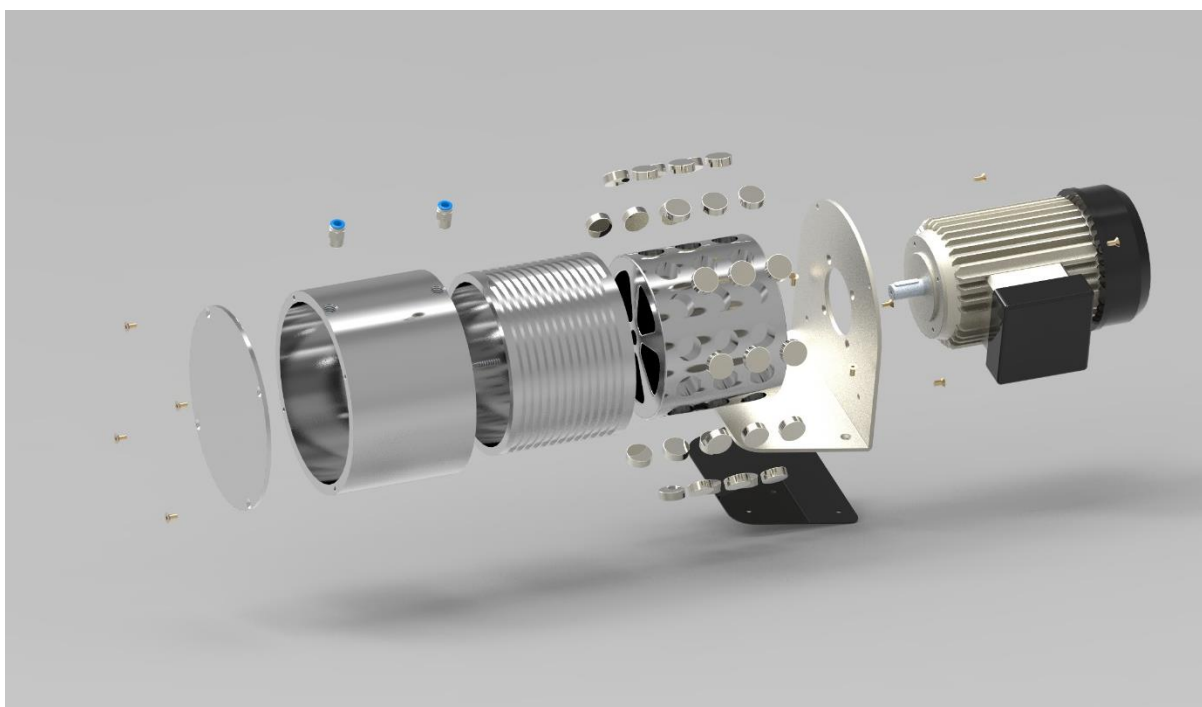
Il·lustració 23 altres escalfadors

Per aquest motiu es va optar per una configuració radial dels imants ja que aquets adquireixen una velocitat lineal més alta al estar a l'exterior del disc.

S'ha intentat que la màquina fos el més simple i robusta possible, gairebé no necessita manteniment ni energia d'aportació als imants ja que són imants permanents. Està sobre una estructura amb un silentblock per aïllar-la de vibracions externes o per si aquesta en produeix alguna poder-les esmorteir. Per altre banda, el motor es pot substituir per qualsevol altre de característiques similars.

Tenint en compte que es tracta d'una màquina per aprofitar una calor generada per transmetre-la a l'aigua, el més adient i una bona millora per aquesta màquina seria un calorifugat a tot el voltant de la màquina, exceptuant el motor, per tal d'aprofitar al màxim aquesta calor generada.

Concloent, considero que s'ha arribat a l'objectiu que es pretenia en aquest Treball de Final de Grau, amb el que pretenia investigar i donar a conèixer els principis físics bàsics i el potencial de les corrents de Foucault aplicats a escalfar aigua.



Il·lustració 24 explosionat

7. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Document 1: Memòria i Annexos

- A_DESCRIPCIONS TÈCNIQUES D'ELEMENTS
- B_MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT
- C_MATERIALS I TRACTAMENTS
- D_PROCÈS DE FABRICACIÓ I MUNTATGE D'ELEMENTS
- E_SEGURETAT I SALUD
- F_SUBCONTRACTACIÓ
- G_CÀLCULS
- H_EXPERIMENT

Document 2: Plànols

Document 3: Plec de condicions

Document 4: Estat d'amidaments

Document 5: Pressupost

ANNEX A

DESCRIPCIONS TÈCNIQUES D'ELEMENTS

ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES D'ELEMENTS

DESCRIPCIONS TÈCNIQUES D'ELEMENTS

A.1. Imants de neodimi

Per a la solució que es proposa en aquest projecte s'utilitzaran imants permanents de neodimi de la qualitat N45, ja que els imants d'aquest grau són els que més s'aproximen al producte energètic màxim possible d'un imant permanent i la seva facilitat per trobar-ne de totes mides i a un preu relativament contingut.

Els imants són un cos o dispositiu amb un cert grau de magnetisme, és a dir que tingui una força d'atracció sobre superfícies ferromagnètiques o sobre altres imants.

Els imants que concerneixen aquest projecte son imants artificials és a dir creats per l'home per tal de cobrir necessitats ja que amb els imants naturals no hi hauria moltes de les aplicacions que avui en dia els hi donem.

Propiedad	Neodimio
Remanencia (T)	1–1,3
Coercividad (MA/m)	0,875–1,99
Permeabilidad magnética	1,05
Coefficiente de remanencia/temperatura (%/K)	–0,12
Coefficiente de coercividad/temperatura (%/K)	–0,55..–0,65
Temperatura de Curie (°C)	320
Densidad (g/cm ³)	7,3–7,5
CET, sobre la direcció de magnetizació (1/K)	5.2×10^{-6}
CET, normal a la direcció de magnetizació (1/K)	-0.8×10^{-6}
Resistencia a la flexió (N/mm ²)	250
Resistencia a la compresió (N/mm ²)	1100
Resistencia a la tracció (N/mm ²)	75
Dureza Vickers (HV)	550–650
Resistividad (Ω·cm)	$(110–170) \times 10^{-6}$

A Taula 1 propietats dels imants de neodimi

Els imants permanents són aquells que posseeixen un magnetisme que perdura en el temps. Cal destacar, en el cas, que aquests imants rebin un cop o bé entrin en contacte amb un altre imants es pot patir una desimantació, o degut a un impacte una ruptura ja que son molt fràgils.

Les lletres N, M, H, SH, UH o EH contenen informació sobre la temperatura màxima d'ús. La majoria dels nostres imants comença amb una «N» i poden ser exposats a temperatures de fins a 80 ° C.

La xifra (p. Ex., 40, 42, 45) es correspon aproximadament amb el producte energètic màxim de l'imant (en MGOe). Es tracta d'un indicador de la força de l'imant. Segons els coneixements tecnològics actuals, el grau 45 s'aproxima al producte energètic màxim possible d'un imant permanent

A.1.1. Imants del prototip

Es tracta de 44 imants de diàmetre 8mm i 3mm de gruix; cada imant te una força aproximada de 1.5kg ja que esta magnetitzat en N45 axial amb un revestiment de níquel. La seva temperatura màxima de servei són 80°C i un pes de 1.1g.



A Il·lustració 1 imant del prototip

A.1.2. Imants de l'escalfador

Es tracta de 36 imants de diàmetre 30mm i 10mm de gruix; cada imant te una força aproximada de 20kg ja que esta magnetitzat en N45 axial amb un revestiment de níquel. La seva temperatura màxima de servei son 80°C i un pes de 54g.



A Il·lustració 2 imant del escalfador

A.2. Ràcords

Es tracta de connexions a pressió Festo QS, amb acoblament roscat i hexagonal exterior. És un ràcord recte de rosca cap a tub de la marca Festo, Sèrie QS, amb connexió mascle R 3/8 tub a pressió 10 mm.

La gamma Quick Star QS ofereix un sistema pràctic de connexions per a la pressió per a l'aire comprimit i aigua amb més de 1.000 tipus de racons estàndards i funcionals. Aquests adaptadors de rosca mecanitzen un tub d'alta qualitat oferint una gran varietat de rosques mecàniques, paral·leles tipus G o còniques tipus R i diàmetres per adaptar-se a cada tipus de connexió.



A Il·lustració 3 Ràcord

Atributo	Valor
Tipo de conexión	Tubo roscado
Conector A	R 3/8
Conector B	Encaje a presión de 10 mm
Conector A - Género	Macho
Serie del Fabricante	QS
Tipo de montaje	En Línea
Material del Cuerpo	Latón
Máxima Presión de Funcionamiento	14 bar
Máxima Temperatura de Funcionamiento	+80°C
Mínima Temperatura de Funcionamiento	-10°C
Resistente Químico	No
Grado Alimentario	No

A Taula 2 descripció del ràcord

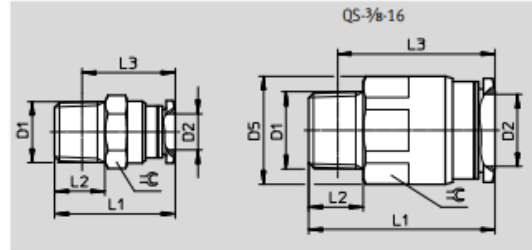
Racores ràpids roscados Quick Star QS



Hoja de datos

Racor ràpid roscado QS

Rosca exterior con hexágono exterior



Dimensiones y datos para efectuar los pedidos											
Conexión	Díámetro nominal [mm]	Para tubo de diámetro exterior D2	D5	L1	L2	L3	∅C	Peso/ unidad [g]	Nº de art.	Tipo	PE*
Rosca R											
R1/8	3	4	-	21	8	17	10	7,4	153001	QS-1/8-4	10
									130674	QS-1/8-4-100	100
	5	6	-	22,3	8	18,3	12	8,2	153002	QS-1/8-6	10
									130675	QS-1/8-6-100	100
R1/8	6	8	-	27,9	8	23,9	14	14	153004	QS-1/8-8	10
									130676	QS-1/8-8-50	50
R1/8	6	10	-	30,3	8	26,3	17	21	190643	QS-1/8-10	10
R1/4	3	4	-	22,5	11	16,5	14	16	190644	QS-1/4-4	10
	5	6	-	23,7	11	17,6	14	15	153003	QS-1/4-6	10
									130677	QS-1/4-6-100	100
	7	8	-	26,6	11	20,6	14	14	153005	QS-1/4-8	10
									130678	QS-1/4-8-50	50
	8,5	10	-	29,8	11	23,8	17	19	153007	QS-1/4-10	10
R3/8	8,5	12	-	35,9	11	29,9	21	37	130679	QS-1/4-10-50	50
									164980	QS-1/4-12	10
									130680	QS-1/4-12-20	20
	5	6	-	24,5	12	18,1	17	28	190645	QS-3/8-6	10
	7	8	-	25,5	12	19,2	17	25	153006	QS-3/8-8	10
									130681	QS-3/8-8-50	50
R3/8	9	10	-	29,3	12	23	17	24	153008	QS-3/8-10	10
									130682	QS-3/8-10-50	50
	11	12	-	31,9	12	25,6	21	30	153009	QS-3/8-12	10
									130683	QS-3/8-12-20	20
R1/2	11	16	23,8	41,1	12	34,8	22	50	164957	QS-3/8-16	1
	9	10	-	30,4	15	22,2	21	46	190646	QS-1/2-10	1
	11	12	-	33,9	15	25,7	21	44	153010	QS-1/2-12	1
									130684	QS-1/2-12-20	20
R1/2	13	16	-	41,3	15	33,1	24	63	153011	QS-1/2-16	1
									130685	QS-1/2-16-20	20

* Cantidad por unidad de embalaje

A Taula 3 Tipus de ràcords

A.3. MOTOR

Es tracta d'un motor 80B-230V-B14-1,1KW de corrent alterna 230V i 1,5CV de potència. Aquest al estar connectat a dos pols, tindrà una velocitat angular de 2810rpm i constarà d'un condensador d'arrencada el qual quasi bé serà innecessari ja que per arrencar no tindrà cap tipus d'esforç.

Características:

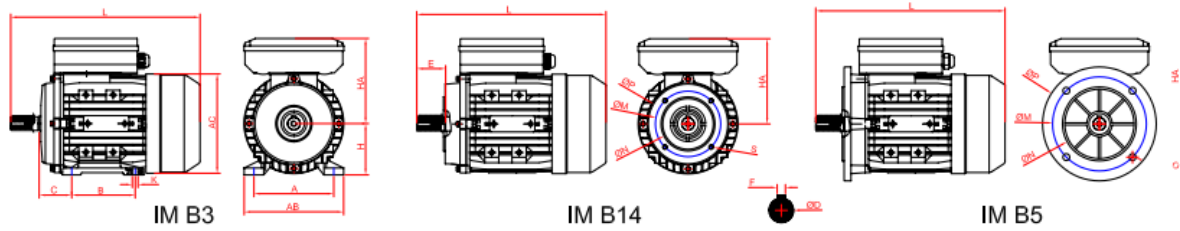
- Tipo de motor: asincrono jaula de ardilla.
- Tensión: 230 V. 50 Hz.
- Intensidad (In): 7,04 A.
- Par de arranque alto.
- Potencia: 1,1 Kw (1,5CV).
- Par: 3,74 Nm.
- Revoluciones: 2810 rpm.
- Rendimiento: 73%.
- Grado de protección: IP55.
- Tipo sujeción: Brida B14.
- Diametro del eje: Ø19mm
- Carcasa tamaño 80 (802).
- Color: Azul.
- Material de la carcasa: Aluminio.
- Disyuntor de protección térmica incluido.
- Marcado CE.
- Peso: 10Kg

B3					
B3	B6	B7	B8	V5	V6
80-355	80-160				
B5			B35		
B5	V1	V3	B35	V15	V36
80-280	80-355	80-160	80-355	80-160	
B14					
B14	B34	V18	V58	V19	V69
80-132					

A Il·lustració 4 descripció del motor



A Il·lustració 5 motor



Maßblatt Einphasenmotor -Serie ML- IM B3, B14, B5 [mm]

Typ SEV-	A	AB	AC	B	C	ØD	E	F	H	HA	K	L	Flansch IM B5					Flansch IM B14				
													ØM	ØN	ØP	ØS	T	ØM	ØN	ØP	S	T
ML63	100	120	130	80	40	11	23	4	63	116	7x10	212	115	95	140	10	3,5	75	60	90	M5	2,5
ML71	112	132	145	90	45	14	30	5	71	123	7x10	255	130	110	160	10	3,5	85	70	105	M6	2,5
ML80	125	157	165	100	50	19	40	6	80	143	10x13	290	165	130	200	12	3,5	100	80	120	M6	3,0
ML90S	140	172	185	100	56	24	50	8	90	150	10x13	335	165	130	200	12	3,5	115	95	140	M8	3,0
ML90L	140	172	185	125	56	24	50	8	90	150	10x13	365	165	130	200	12	3,5	115	95	140	M8	3,0
ML100L	160	196	205	140	63	28	60	8	100	160	10x13	445	215	180	250	15	4,0	130	110	160	M8	3,5
ML112M	190	222	230	140	70	28	60	8	112	183	10x13	453	215	180	250	15	4,0	130	110	160	M8	3,5

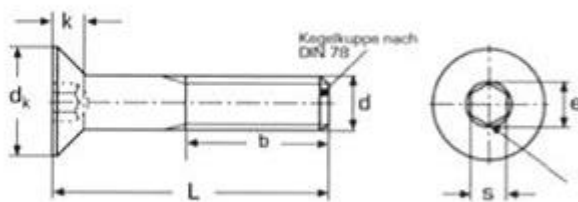
Typ	Leistung	Drehzahl	Nennstrom	Wirkungs-grad	Leistungs-faktor	Nenn-dreh-moment	Anzugs- zu Nennmoment	Kipp- zu Nennmoment	Anzugsstrom	Betriebs-kondensator	Anlauf-kondensator	Lautstärke	Gewicht
type	power	speed	rated current	efficiency	power factor	torque	starting torque	pull-out torque	starting current	run capacitor	starting capacitor	noise	weight
2 polig / 3000 Upm													
SEV-	[KW]	[Upm]	[A]	[%]	Cos phi	[Nm]	Ma/Mn	Mk/Mn	[A]	[µf/V]	[µf/V]	dB	[kg]
ML631-2	0,18	2820	1,36	62	0,93	0,64	1,9	1,8	7	8µf/450V	30µf/250V	70	3,9
ML632-2	0,25	2800	1,71	67,5	0,94	0,89	2,3	1,8	8	10µf/450V	30µf/250V	70	4,4
ML711-2	0,37	2780	2,40	70,5	0,95	1,32	2,5	1,6	12	12µf/450V	40µf/250V	75	6,1
ML712-2	0,55	2790	3,31	74,5	0,97	1,96	2,5	1,8	20	16µf/450V	50µf/250V	75	7
ML801-2	0,75	2840	4,25	77,5	0,99	2,63	2,5	1,8	30	20µf/450V	75µf/250V	75	9
ML802-2	1,1	2850	6,08	79,5	0,99	3,84	2,3	1,8	40	30µf/450V	120µf/250V	78	10,3
ML90S-2	1,5	2860	8,23	80	0,99	5,22	2,5	1,8	56	40µf/450V	200µf/300V	80	13,8
ML90M-2	1,8	2850	9,76	81	0,99	6,28	2,5	1,8	65	40µf/450V	200µf/300V	80	15,1
ML90L-2	2,2	2850	11,93	81	0,99	7,68	2,5	1,75	75	50µf/450V	250µf/300V	80	16,8
ML100L-2	3	2830	17,75	75	0,98	10,55	2,5	1,63	110	60µf/450V	300µf/300V	83	25
ML112M1-2	3,7	2900	19,90	82,5	0,98	12,69	2,5	1,8	155	60µf/450V	400µf/300V	84	33
ML112M2-2	4	2900	21,25	83,5	0,98	13,72	2,5	1,8	165	60µf/450V	400µf/300V	84	33,8

A Taula 4 tipus de motors

A.4. TORNILLERIA

Per al muntatge de la màquina s'utilitzaran cargols avellanats cònics de M6x15mm tant per el suport de la base com la tapa frontal i la subjecció del estator amb el suport base i M6x35mm per collar el motor al rotor.

DIN7991



Hexagon socket countersunk head screws

d	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20
p	0.5	0.7	0.8	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5
b	12	14	16	18	22	26	30	38	46
dk max	6.0	8.0	10	12	16	20	24	30	36
e min	2.3	2.9	3.4	4.6	5.7	6.9	9.2	11.4	13.7
K max	1.7	2.3	2.8	3.3	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5
s	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10	12
t max	1.2	1.8	2.3	2.5	3.5	4.4	4.6	5.3	5.9

A Taula 5 tornilleria mètrica

Es tracta de cargols amb tractament superficial de zinc o crom que aportaran acabat anticorrosiu i més resistent.

S'escull el cargol mètric Allen avellanat DIN7991 per a tota la tornilleria de la màquina.

ANNEX B

MANUAL D'USUARI I

MANTENIMENT

ANNEX B: MANUAL D'USUARI I MANTENIMENT

B.1. MANUAL D'USUARI

Aquest manual va dirigit al qualsevol usuari que manipuli aquesta màquina. Es recomana que sigui utilitzada per majors de 14 anys, ja que hi ha superfícies que poden estar calentes, sempre seguint les normes de manteniment i seguretat que es donaran.

El funcionament per part del usuari es molt fàcil ja que només consta d'un botó d'encesa i parada, per escalfar manualment.

El més important és la primera engegada, ja que la màquina s'haurà comprovat abans però amb el transport pot haver patit algun cop.

Per tal de verificar que tot funcionarà bé en aquesta primera posada en marxa primer s'assegurarà bé a una superfície posant el silentblock entre la xapa i la superfície de contacte.

Posteriorment s'obrirà la tapa frontal i es farà girar a mà el rotor assegurant-se que no hi ha cap fregament amb la part estàtica de l'escalfador; sempre tenint molta cura de tenir desconnectada la màquina de la xarxa elèctrica.

Fet això es podrà procedir a fer la connexió d'aigua mitjançant tubs de 10mm de diàmetre en els endolls ràpids dels ràcords entrant-los fins al fons i després estirant per assegurar-se que estan ben subjectats.

Un cop connectada l'aigua i tenint la màquina ben assegurada es donarà pas d'aigua i es podrà connectar l'escalfador a la xarxa 230VCA i fer rotar el motor.

En el cas que s'escoltés algun soroll estrany o vibracions excessives desconnectar ràpidament de la xarxa elèctrica, tancar el pas d'aigua d'immediat i no manipular res ja que sempre que hi hagi una anomalia haurà de ser revisada per un tècnic.

B.2. ADVERTIMENTS DE SEGURETAT

- El escalfador ha de estar sempre subjectat a amb els 4 cargols i el silentblock per posar-lo en marxa.
- No es pot manipular els ràcords mentre la màquina esta calenta o en marxa.
- S'ha de tenir cura que els manteniments es facin quan toca .
- No es pot fer funcionar la màquina ni amb la tapa frontal ni amb l'exterior enretirades.
- No es pot reparar l'escalfador per part del usuari.
- No es pot manipular cap de les peces de la màquina.
- Al procedir al manteniment assegurar-se que l'escalfador està desconnectat de la xarxa elèctrica.
- Tancar totes les tapes després del manteniment.
- No netejar l'escalfador amb productes químics.
- Evitar cops o caigudes de la màquina (en tot cas portar-la a revisar).
- No exposar a vibracions excessives la màquina.
- Tenir cura que els tubs d'aigua que van connectats als ràcords no estiguin pinçats.
- En cas de soroll, vibració o fuga d'aigua desendollar l'escalfador i tancar el pas d'aigua immediatament i no manipular-lo

B.3. MANTENIMENT

- Els coixinets del motor han de ser lubricats cada 3 mesos o cada 1000h de ús ja que es un motor que gira a 3000 rpm.
- Els imants s'han de inspeccionar visualment que no hi hagi cap de sortit o deteriorat.
- La carcassa exterior s'ha de inspeccionar visualment que no hi hagi fugues, esquerdes o rascades.
- Després de realitzar el manteniment sempre s'ha de seguir el mateix procediment que en el muntatge respectant parells d'apretada sempre.

ANNEX C

MATERIALS I TRACTAMENTS

ANNEX C: MATERIALS I TRACTAMENTS

C.1. MATERIALS

És molt important fer una bona elecció del material per a fabricar la màquina, ja que s'han de tenir en compte molts aspectes que tenen repercussió tant en el producte final com en l'acabat, resistència i fins i tot en el reciclatge d'aquest mateix.

Aquesta taula resum és una ajuda per poder comparar i escollir el material que mes s'ajusta a les necessitats constructives.

		Materiales metálicos			Materiales basados en polímeros	
		Acero	Aluminio	Latón	Termoplástico	Elastómero
		C45E	AlMg0,7Si T6	CuZn30 R480	PE-HD	NR

Composición química	Unidades					
Aluminio	%	-	Resto	≤0,02	-	-
Carbono	C %	0,42÷0,50	-	-	-	-
Cobre	Cu %	-	≤0,10	Resto	-	-
Hierro	Fe %	Resto	≤0,35	-	-	-
Magnesio	Mg %	-	0,45÷0,90	-	-	-
Silicio	Si %	-	0,20÷0,60	-	-	-
Cinc	Zn %	-	≤0,10	29,0÷31,0	-	-
Propiedades físicas	Unidades					
Densidad	Mg/m ³	7,85	2,70	8,53	0,94÷0,96	0,93
Coefficiente dilatación	µm/m·K	12,0	23,5	19,9	200	216
Calor específico	J/kg·K	440	898	375	2100÷2700	2500
Conductividad térmica	W/m·K	50	201	120	0,38÷0,51	0,165
Resistividad eléctrica	Ω·m	150·10 ⁻⁹	33,2·10 ⁻⁹	62·10 ⁻⁹	>10 ¹⁵	10 ¹³ ÷10 ¹⁵
Propiedades mecánicas	Unidades					
Resistencia tracción	MPa	≥620/560	≥245	≥480	18÷35	20÷28
Límite elástico	MPa	≥340/275	≥170	≥430	-	-
Alargamiento rotura	%	≥14/16	≥10	≥2	100÷1000	300÷900
Módulo de elasticidad	GPa	210	69,5	110	0,7÷1,4	0,001÷0,010
Dureza	HIB	207	75	150	40÷65 ⁽¹⁾	30÷95 ⁽²⁾
Propiedad. tecnológicas	Unidades					
Coste	€/kg	2,51	8,40	7,60	1,15	1,60
Temperatura de fusión	°C	1520	615÷655	915÷955	160÷200	-
Temp. máxima de uso	°C	450	100÷150	300	70÷80	70÷90

(1) Dureza a la bola (MPa)

(2) Dureza IRHD (= Shore A)

C Taula 1 propietats de materials

El cas que concerneix aquest projecte és molt important l'elecció del material, sobretot en la part estàtica de la màquina, ja que necessàriament s'ha de tractar d'un material paramagnètic o diamagnètic perquè es produeixi l'efecte desitjat.

DIAMAGNETICOS	Cobre	- 0,085
	Plata	- 0,20
	Estaño	- 0,25
	Cinc	- 0,157
PARAMAGNETICOS	Aluminio	+ 0,651
	Platino	+ 1,10
	Titanio	+ 1,25

C Taula 2 materials diamagnètics i paramagnètics

Per tant de la llista ja quedarà reduïda a aquests materials; l'elecció no és difícil, el més econòmic i fàcil de mecanitzar sens dubte es l'alumini.

L'alumini escollit es el 7075 a la següent taula s'especifiquen les seves propietats tant físiques com mecàniques.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos		Al
Mínimo			1,20		2,10	0,18	5,10		Zr + Ti	Total	
Máximo	0,40	0,50	2,00	0,30	2,90	0,28	6,10	0,20	0,25	0,15	El resto

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Estado	Espesor	Características a la tracción			Limite a la fatiga N/mm ²	Resistencia a la cizalladura T N/mm ²	Dureza Brinell (HB)
		Carga de rotura Rm N/mm ²	Limite elástico Rp 0,2 N/mm ²	Alargamiento A 5,65%			
0		225	105		230	150	60
T6	6 – 12	530	450	8	300	350	140
T6	12 – 25	530	450	5	300	350	140
T6	26 – 50	530	450	3	300	350	140
T6	51 – 63	500	430	2	300	350	130
T6	63 – 75	480	410	2	300	350	130
T6	75 – 100	480	390	2	300	350	130
T7351		505	435	13	300	305	140

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Módulo elástico N/mm ²	Peso específico g/cm ³	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 ⁵ K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - μΩ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
72.000	2,81	475-635	23,5	0-175	0-3,8	0-45,5	-0,81
				T6-134	T6-5,2	T6-33,0	

APTITUDES TECNOLÓGICAS

SOLDADURA

- A la llama ■
- Al arco bajo gas argón ■
- Por resistencia eléctrica ■
- Braseado ■

MECANIZACIÓN

- Fracmentación de la viruta Estado: 0 ■ Estado: T6 ■
- Brillo de superficie ■

COMPORTAMIENTO NATURAL

- En ambiente rural ■
- En ambiente industrial ■
- En ambiente marino ■
- En agua de mar ■

RECUBRIMIENTO

- Lacado ■
- Galvanizado ■
- Niquel químico ■

ANODIZADO

- De protección ■
- Decorativo ■
- Anodizado duro ■

	Muy buena.
	Buena.
	Regular.
	Mala, evitar.

C Taula 3 propietats del alumini

Pel que respecta al rotor es fabricarà també d'alumini ja que és un material lleuger amb una bona resistència mecànica, bona rigidesa i fàcil de mecanitzar.

En canvi el que és la peça que suportarà la maquina serà fabricada en inoxidable AISI 304, ja que aquest, apart de tenir propietats mecàniques molt bones, visualment és molt atractiu.

El silentblock serà de silicona negra, ja que aquesta té una bona constant elàstica, fent així que aïlli les possibles vibracions generades per l'escalfador o les que es poguessin generar en el seu emplaçament.

AA	Composicion	σ_y (MPa)	σ_U (MPa)	ϵ_F (%)	Resumen de aplicaciones
1000	"pure" Al.	30 - 100	100 - 135	up to 50	Films, conductores electricos
2000	~4.5%Cu (+Mn,Si,Mg) endurecida precipitacion	up to 480	up to 520	5 - 20	Forjados de uso general Estructuras aeronauticas.
3000	~1%Mn, Mg. conformada en frio	up to 215	up to 290	5	Paneles en automocion Latas de comida y refrescos.
4000	12%Si, (+ Mg,Ni,Cu) Se puede endurer	~295	~325	0.5	Pistones
5000	~5%Mg (+Cr, Mn). Conformada en frio	up to 350	up to 415	15	Buena soldabilidad y conformacion Excelente resistencia a la corrosion. Structural applications, esp. marine.
6000	up to 1%Mg-Si. endurecida precipitacion	~275	~310	12	Extrusion, perfiles.
7000	up to 8%Zn (+Mg,Cu,Cr). endurecida precipitacion	500	575	11	Aleaciones mas resistentes. Estructuras aeroespaciales.
8000	"Other", e.g. up to 2.5%Li				Nuevas aleaciones en desarrollo.
Fundi.	cerca Al-13%Si eutectic + 0.01%Na	up to 200	up to 300	2 - 5	Piezas para fundicion. Se endurecen si alea con Cu y Mg.

C Taula 4 composicions dels aluminis

C.2. TRACTAMENTS

Aquesta màquina estarà exposada a agents que són propensos a la creació de corrosió, ja que estarà corren aigua i hi haurà calor. Per tal d'evitar aquesta corrosió tant al interior com l'exterior de la màquina aquesta se li haurà d'aplicar un tractament anticorrosiu.

Al tractar-se d'alumini se li poden aplicar dos tractaments anticorrosius: anoditzat o lacat. Aquests procediments donen protecció i color a les peces. Existeixen altres tractaments per donar més resistència i fàcil conformació d'aquest metall en aquest cas només necessitarem aplicar-li un anoditzat.



C II-lustració 1 peces anoditzades

L'anoditzat es un procés electroquímic que se li aplica a peces d'alumini i altres metalls o aliatges que li confereix una capa d'òxid més gran de la que es crea naturalment. Aquesta li proporciona una capa anticorrosiva d'entre 10 i 25 micres i una major duresa a tota la superfície de la peça que se li aplica el tractament.

Aquest tractament consisteix en submergir en un medi sulfúric la peça que es desitja anoditzar en el pol positiu d'una font de corrent continua comportant-se com a ànode en aquest medi àcid i es sol utilitzar un càtode de plom.

Al tractar-se de un tractament bastant econòmic és dels tractaments més utilitzats per aquest metall i té l'avantatge que se li pot conferir gran varietat de colors amb aquest tractament.

ANNEX D

PROCÉS DE FABRICACIÓ I MUNTATGE D'ELEMENTS

ANNEX D: PROCÉS DE FABRICACIÓ D'ELEMENTS DE LA MÀQUINA I MUNTATGE

D.1. PROCÉS DE FABRICACIÓ D'ELEMENTS DE LA MÀQUINA I MUNTATGE

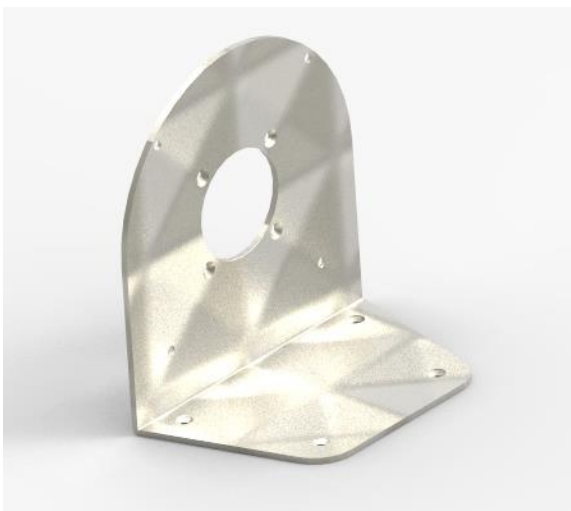
En el procés de fabricació de l'escalfador s'empraran diversos processos de fabricació, la gran part de la màquina serà mecanitzada en alumini en centres de control numèric tant torns com freses. El suport de l'escalfador en canvi serà fabricat en xapa d'inoxidable. Aquesta rebrà diferents processos.

D.1.1. XAPA DE SUPORT

L'ordre de fabricació d'aquesta peça serà:

- Tall làser
- Mecanitzat dels forats
- Doblegat
- Satinat

Per començar es farà el tall làser a la xapa d'inoxidable de 5mm ja que no té gran importància les mides d'aquest contorn. Seguidament en una fresadora CNC es mecanitzaran els forats amb els seus avellanats, com el forat central per on passarà el eix del motor.



D Il·lustració 1 xapa de suport

Un cop tots els mecanitzats fets es portarà a doblegar i posteriorment s'aplicarà un satinat a xapa per tal estèticament sigui atractiu.

D.1.2. ROTOR

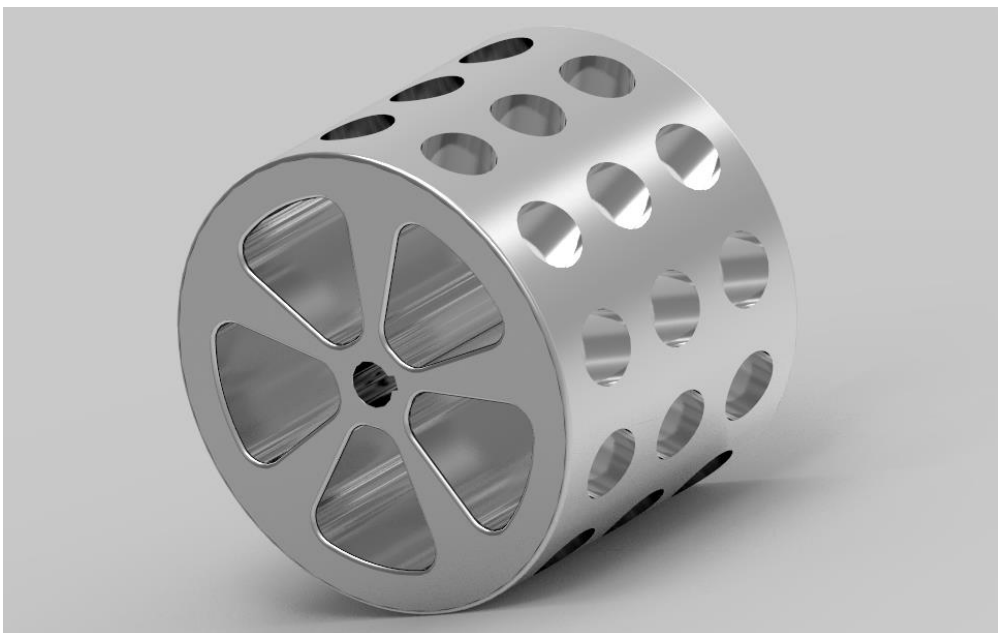
L'ordre de fabricació d'aquesta peça serà:

- Tall de la peça
- Refrentat a mida
- Forat central
- Cilindrat exterior
- Fresat dels allotjaments

Es comença tallant el rodó de diàmetre 100mm d'alumini 5mm més llarg del compte. Posteriorment, ja al torn, es farà el refrentat d'una cara i amb la mateixa estacada el forat central, primer amb una broca, i després amb un escurriador; aquest servirà per posar entre punts i així poder refrentar l'altre cara i fer el cilindrat exterior.

Un cop acabada la part de torn es passarà a la fresadora CNC de 4 eixos per tal de poder mecanitzar els allotjaments on aniran els imants posteriorment es faran els buidats. El xaveter, que es farà a la entalladora.

Un cop tot mecanitzat, per tal de evitar corrosions del material, se li aplicarà un tractament d'anoditzat.



D Il·lustració 2 rotor

D.1.3. TAPA SUPERIOR

L'ordre de fabricació d'aquesta peça serà:

- Tall de la peça
- Refrentat i cilindrat exterior
- Refrentat i cilindrat interior
- Fresat dels roscats per els ràcords

S'haurà de començar tallant el tub d'alumini de diàmetre 240mm exterior, 200mm interior i 5mm més llarg. Posteriorment ja al torn es procedirà a fer un refrentat i un cilindrat exterior deixant 1mm d'excedent agafant-lo per l'interior.

Seguidament s'agafarà per l'exterior i es farà el refrentat de l'altre cara i l'interior (comprovant sempre amb el comparador que vagi rodó)

Per finalitzar es foradaran i roscaran els dos orificis on aniran allotjats els dos ràcords.

Un cop tot mecanitzat, per tal de evitar corrosions del material, se li aplicarà un tractament d'anoditzat.



D Il·lustració 3 tapa superior

D.1.4. TAPA INFERIOR

L'ordre de fabricació d'aquesta peça serà:

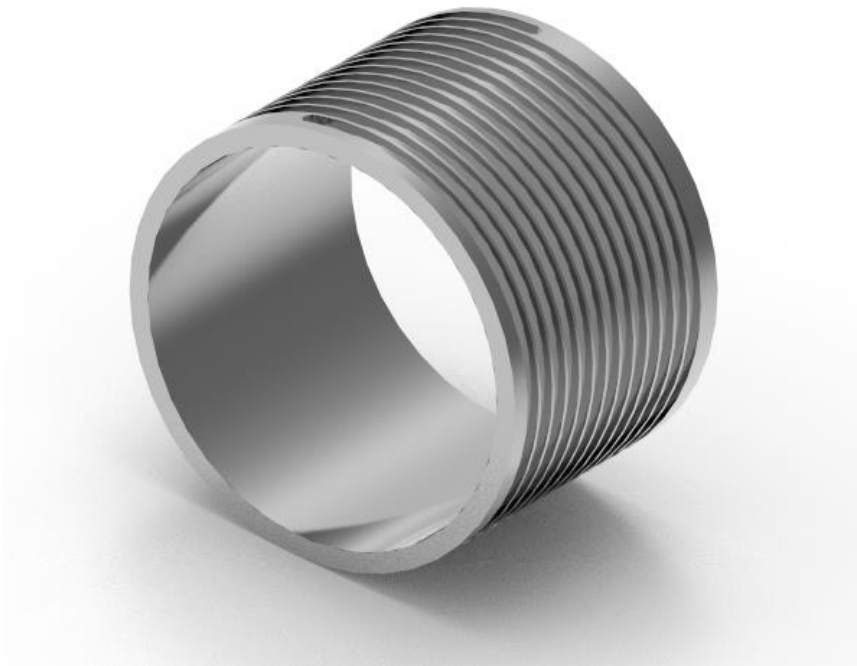
- Tall de la peça
- Refrentat i cilindrat exterior
- Refrentat i cilindrat interior
- Fresat de la rosca

S'haurà de començar tallant el tub d'alumini de diàmetre 220mm exterior, 180mm interior i 5mm més llarg. Posteriorment, ja al torn, es procedirà a fer un refrentat i un cilindrat interior deixant 1mm d'excedent agafant-lo per l'exterior.

Seguidament s'agafarà per l'interior i es farà el refrentat de l'altre cara i l'exterior (comprovant sempre amb el comparador que vagi rodó)

Per finalitzar es portarà a la fresadora de 4 eixos i es muntarà al divisor electrònic on es mecanitzarà la rosca exterior per on passarà l'aigua.

Un cop tot mecanitzat, per tal de evitar corrosions del material, se li aplicarà un tractament d'anoditzat.



D Il·lustració 4 tapa inferior

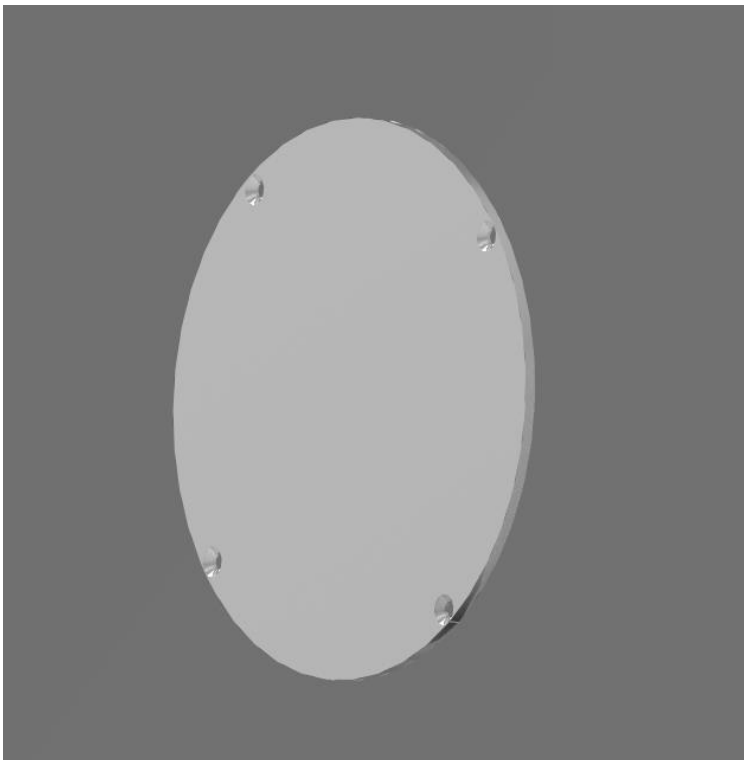
D.1.5. TAPA FRONTAL

L'ordre de fabricació d'aquesta peça serà:

- Cilindrat exterior
- Refrentat
- Tall de la peça
- Refrentat
- Fresat dels forats

D'un tros d'alumini de diàmetre 240mm se li farà un refrentat i un cilindrat, 5mm mes llarg del compte. Un cop fet això es tallarà la peça a la serra i se li farà el refrentat a mida; posteriorment es fresaran els forats i avellanats.

Un cop tot mecanitzat, per tal de evitar corrosions del material, se li aplicarà un tractament d'anoditzat.

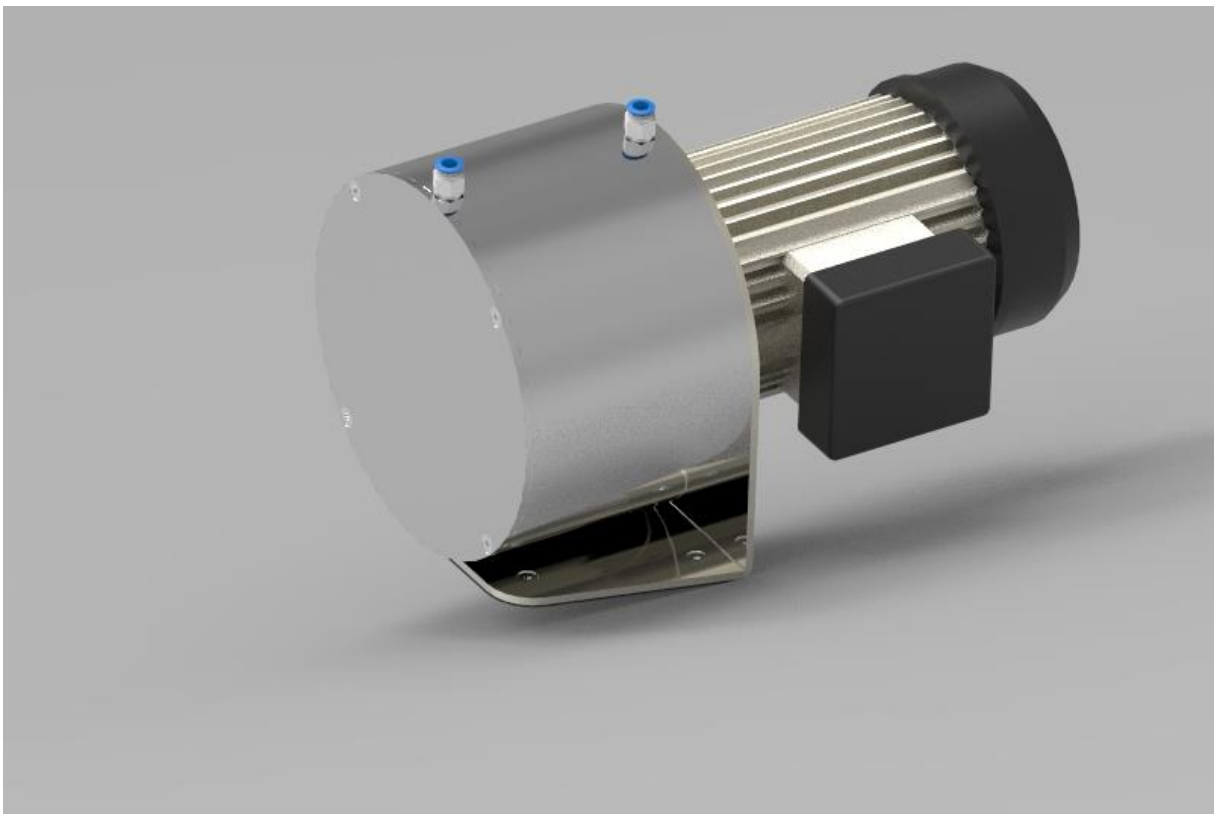


D Il·lustració 5 tapa frontal

D.2. ENSAMBLATGE

Un cop totes les peces mecanitzades es procedirà al assemblatge.

- Clavar la tapa superior i la inferior per la marca.
- Soldar amb el soplec tot el contorn d'unió entre la tapa superior i inferior.
- Acabar el interior i l'exterior de la peça ja soldada.
- Mecanitzar els roscats tant de la part de davant com de darrere.
- Muntar el motor amb els 4 cargols de M6x15mm avellanats.
- Muntar els imants de neodimi al rotor.
- Muntar el rotor a l'eix del motor.
- Muntar la carcassa exterior amb els 4 cargols avellanats de M6x15mm avellanats.
- Muntar la tapa frontal amb els 4 cargols avellanats de M6x15mm.
- Muntar els dos ràcords Festo d'entrada i sortida d'aigua.



D Il·lustració 6 escalfador muntat

ANNEX E

SEGURETAT I SALUD

ANNEX E: ESTUDI DE SEGURETAT I SALUT

E.1. ADVERTIMENTS DE SEGURETAT

- L'escalfador ha d'estar sempre subjectat a amb els 4 cargols i el silentblock per posar-lo en marxa.
- No es pot manipular els ràcords mentre la màquina està calenta o en marxa.
- S'ha de tenir cura que els manteniments es facin quan toca .
- No es pot fer funcionar la màquina ni amb la tapa frontal ni amb l'exterior enretirades.
- No es pot reparar l'escalfador per part del usuari.
- No es pot manipular cap de les peces de la màquina.
- Al procedir al manteniment assegurar-se que l'escalfador està desconnectat de la xarxa elèctrica.
- Tancar totes les tapes després del manteniment.
- No netejar l'escalfador amb productes químics.
- Evitar cops o caigudes de la màquina (en tot cas portar-la a revisar).
- No exposar a vibracions excessives la màquina.
- Tenir cura que els tubs d'aigua, que van connectats als ràcords, no estiguin pinçats.
- En cas de soroll, vibració o fuga d'aigua: desendollar l'escalfador i tancar el pas d'aigua immediatament i no manipular-lo.

E.2.PERILLS AL MANUPULAR IMANTS DE NEODIMI

Advertimos que



Atracción

Los imanes grandes tienen una gran fuerza de atracción. En caso de uso imprudente, podría pillarse partes de su cuerpo entre dos imanes, esto puede provocar contusiones y hematomas en las áreas afectadas. A la hora de manipular imanes grandes, no lo haga nunca sólo y debe utilizar guantes gruesos.



⚠ Recomendamos que tome precaución a la hora de manipular estos imanes. El uso de guantes y gafas protectoras son imprescindibles para su manipulación. En el caso del choque descuidado entre dos imanes, tenga en cuenta que podrán saltar fragmentos pequeños a una distancia de hasta dos metros. Asegúrese de que las personas que tenga alrededor usen los mismos accesorios protectores que usted, o guarden una distancia de seguridad de al menos 3 metros.



Separación

Para separar dos imanes no intente hacerlo perpendicularmente, sino deslizándolos uno sobre el otro con un material aislante a modo de cuña (madera).



Prevención

Las personas portadoras de marcapasos o cardioestimulador y desfibriladores automáticos deben mantener una distancia prudente de los imanes de neodimio. En el caso de no guardar distancias, podrá provocar consecuencias tales como la indisposición, el desactivado automático, etc.

⚠ Advierta con señales indicadoras a modo de precaución y peligro en el caso de fábricas o empresas que hagan uso de estos imanes.

Peligro por



0-14

Ingesta:

Los imanes se pueden convertir en materiales especialmente peligrosos para los niños. Manténgalos fuera del alcance de ellos.

Los niños pueden descuidadamente tragarse los imanes de neodimio más pequeños, pudiendo dañar órganos internos e incluso una fatal consecuencia que de no tener asistencia médica instantánea podría llegar a tener resultados mortales.



Corriente eléctrica:

Al tratarse de materiales compuestos de metal son buenos conductores de corriente, es por ello que su proximidad a cualquier toma de corriente puede ocasionar la electrocución. Advertimos que los mantengan fuera del alcance de los niños.

El imán podrá:**Corroerse u oxidarse**

La mayor parte de nuestros imanes tienen un revestimiento de níquel- cobre-níquel para protegerlos de la corrosión. Este revestimiento protege temporalmente al imán, pero no lo exime de la corrosión u oxidación por un uso continuado del mismo.

 Utilice los imanes en interiores protegiéndolo de las condiciones atmosféricas adversas.

**Perder fuerza de sujeción**

El imán de neodimio soporta temperaturas de hasta 200 °C. No obstante, expuestos a más de 80°C perderá parte de su fuerza de sujeción.

Cuidado con:**Inflamabilidad**

El polvo resultante del imán (por el uso de imanes en maquinaria) es extremadamente inflamable. El humo que pueda desprender es tóxico.

**Campo magnético**

Los imanes generan un campo magnético fuerte que puede afectar a dispositivos electrónicos tales como tarjetas de crédito, discos duros, audífonos, ordenadores portátiles, dispositivos USB, relojes eléctricos, etc.

**Alergias**

El revestimiento de nuestros imanes de neodimio contiene níquel, si es usted alérgico a este material no podrá tener contacto directo.

**Transportes (Avión)**

Los imanes deben ser correctamente embalados y protegidos para evitar que los campos magnéticos de los mismos alteren el funcionamiento de navegación de los aviones.

**Transportes (Correo postal)**

Los potentes imanes de neodimio transportados por sistema de correo ordinario pueden alterar los dispositivos de clasificación postal.



Asegúrese del correcto embalaje en una caja con el suficiente espacio y coloque los imanes en centro del paquete con ayuda de material de relleno.

ANNEX F

SUBCONTRACTACIÓ

ANNEX F: SUBCONTRACTACIÓ

F.1. ANTECEDENTS

F.1.1. Peticionari

Mariano Camps i fills S.L.

F.1.2. Descripció de l'estat actual

S'ha dissenyat un escalfador per efecte Foucault on a la pròpia empresa es mecanitzaran i modificaran la majoria de peces però d'altres es subcontractarà la seva fabricació.

F.1.3. Exposició del problema

Amb els components descrits en els altres documents es tindrà suficient informació per tal de fabricar i muntar correctament aquest escalfador.

Però per a algunes d'aquestes peces es necessitarà maquinaria, les quals l'empresa no en té, per aquest motiu es tindrà que portar a fer a una altre empresa, així com els tractaments també es tindran que subcontractar.

F.1.4. Objecte del projecte

Es subcontractarà la xapa d'inoxidable per tal de tallar-la a làser i doblegar-la i s'hauran de tractar les peces d'alumini amb un anoditzat per protegir-les de la corrosió i donar-hi un millor acabat superficial i tota la instal·lació elèctrica.

F.2. REQUERIMENTS

F.2.1. Requeriments de la petició de fabricació

Tema	Obligació/ Desig	Descripció
Costos	Desig	300 €
Precisió	Obligació	Tolerància màxima $\pm 0,1\text{mm}$ en el tall de xapa i el plegat
Peces de fabricació a mida	Obligació	Fabricació de l'estructura de suport d'inoxidable. · Tall làser del contorn · Plegat posterior al mecanitzat
Tractaments	Obligació	Peces a tractar: · Rotor · Tapa frontal · Tapa superior · Tapa inferior

F Taula 1: requeriments fabricació

F.3. LÍMITS DEL PROJECTE

Es lliurarà les peces fabricades, revisades i muntades, de totes les parts de fabricació a mida i modificació de peces de proveïdors externs per tal de tenir el conjunt muntat i només calgui instal·lar la part elèctrica de potència (botoneria i cablejat).

ANNEX G

CÀLCULS

ANNEX G: CÀLCULS

G.1. INTRODUCCIÓ

Aquesta màquina funcionarà amb l'efecte Foucault, corrents parasitàries o corrents de Eddy (Eddy corrent), aquest fenomen elèctric fou descobert al 1855 per el físic francès León Foucault.

Aquest físic va descobrir que fent girar un disc de coure entre dos pols d'ímants la força necessària per a fer girar aquest augmentava. Va poder deduir que es produïa un fenomen advers que no era normal en el magnetisme com el coneixia entre un camp magnètic i un metall ferromagnètic; dons en principi el coure no es tindria que veure afectat per aquest camp magnètic.

També va notar que aquest disc de coure s'escalfava per efecte Joule; va poder deduir per aquest escalfament que algun tipus de corrent estava circulant per aquell disc de coure.

Aquesta circulació elèctrica en la majoria de casos sol ser indesitjable ja que provoca pèrdues calorífiques per l'efecte Joule. La indústria s'ha esforçat durant molts anys per tal de minimitzar aquest efecte dissenyant les peces a partir de lamines aïllades entre sí per tal de minimitzar aquesta autoinducció.

Però aquest fenomen no sempre és indesitjable ja que s'ha pogut aprofitar per altres àmbits de la indústria i en l'ús domèstic, com per exemple la metal·lúrgia on aquest efecte s'utilitza per tal de fondre metall sense menester combustibles fòssils; parlem dels forns d'inducció on mitjançant una corrent alterna que passa per unes bobines genera un camp magnètic de freqüència variable i les corrents de Foucault són capaces de generar un flux de calor suficient per fondre aquest metall.

En el cas que concerneix aquest projecte s'utilitzaran aquestes corrents de Foucault amb ímants permanents de neodimi que giraran unides al radi exterior de un rotor, passant molt a prop d'un estator d'alumini per on hi circularà aigua; aquest canvi de camp magnètic tant ràpid farà que la superfície d'alumini s'escalfi i aquesta escalfa l'aigua que hi circula.

G.2. DADES I CALCULS PREVIS

Motor:

Características:

- Tipo de motor: asincrono jaula de ardilla.
- Tensión: 230 V. 50 Hz.
- Intensidad (In): 7,04 A.
- Par de arranque alto.
- Potencia: 1,1 Kw (1,5CV).
- Par: 3,74 Nm.
- Revoluciones: 2810 rpm.
- Rendimiento: 73%.
- Grado de protección: IP55.
- Tipo sujeción: Brida B14.
- Diámetro del eje: Ø19mm
- Carcasa tamaño 80 (802).
- Color: Azul.
- Material de la carcasa: Aluminio.
- Disyuntor de protección térmica incluido.
- Marcado CE.
- Peso: 10Kg

Rotor:

El rotor consta de 36 imants de neodimi posicionats de 3 en 3 per cobrir més superfície; aquest girarà a la velocitat de treball del motor, és a dir 2810 rpm que en radiants són 294,26 rad/s, i al estar posicionats nord sud entre cada fila fan que aquests al girar a aquesta velocitat angular tinguin una freqüència de 46,85Hz que a la vegada es multiplicarà per 12 que són les files que hi ha al rotor, fent així que la freqüència que canvia el camp magnètic sigui de 562,28Hz, que passat un altre cop a velocitat angular són 3532,9 rad/s.

Part estàtica:

Un cop ja soldada, i com es pot veure als plànols, el gruix de paret de la part estàtica és de 20mm. Aquest gruix es contarà com a un bloc ja que aquestes corrents poden circular-hi sense impediment ja que no està laminat i té una conductivitat tèrmica de 209,3W/mK.

El pes d'aquesta part estàtica és de 5,4kg, tenint una densitat de 2698kg/m³.

Imants:

Aquests imants de neodimi tenen un diàmetre de 30mm, un gruix de 10mm i una qualitat N45 que els hi confereix un camp magnètic de 1,2T.

G.3. PÈRDUES DE POTÈNCIA

La potència perduda a causa dels corrents d'eddy per unitat de massa es podria calcular amb la següent equació:

$$P = \frac{\pi^2 4 B_p^2 a^2 c w^2}{24d}$$

D'on podem dir que:

P és la potència dissipada per unitat de massa (W/kg),

B_p és el pic de camp magnètic (T),

a és el gruix de la part estàtica (m),

w és el canvi de camp magnètic (rad/s),

c és la conductivitat tèrmica (W/m.K)

D és la densitat del material (kg/m³).

G.4. PIC DE CAMP

Passarem a calcular el pic de camp magnètic generat, ja que el camp magnètic decreix exponencialment amb la distància i es pot calcular amb la següent equació:

$$B_p = \frac{B_r}{2} \left(\frac{D + z}{\sqrt{R^2 + (D + z)^2}} - \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}} \right)$$

D'on podem dir que:

B_r és el camp magnètic reminiscent del imant

Z és la distància del imant al serpentí

D és el gruix del cilindre

R és el radi de rotació dels imants

Les unitats poden ser arbitràries sempre que siguin totes iguals

G.5. MOTOR

Amb les equacions vistes anteriorment ja tenim prou per fer els càlculs per tal d'escollir un motor que s'ajusti a les necessitats requerides.

Aconseguint que el pic de camp magnètic amb una separació mitja de 1,5 mm entre el rotor i la part fixa per on circula aigua sigui de $B_p=0,6977$ T.

Amb aquest valor de camp ja es pot calcular la potència que dissiparà l'escalfador degut a les corrents de eddy.

El motor girarà a 2810 rpm és a dir rad/s i amb les dades ja proporcionades el sistema tindrà una dissipació d'energia de 936,51 W.

G.6. CAUDAL D'AIGUA

Ja que el que es vol és tenir aigua calenta sobre uns 40°C, partint d'una temperatura inicial de 15°C, és a dir una ΔT° de 25°C per la qual es calcularà el caudal d'aigua amb la potència obtinguda anteriorment amb la següent fórmula:

$$P = Q C_e \Delta T^\circ$$

D'on podem dir que:

P és la potència útil (W)

C_e és la calor específica (J/Kg °C)

Q és el caudal (Kg/s)

ΔT° és la diferència de temperatura (°C)

Amb aquesta equació trobem un caudal de 32,25 l/h.

G.7. VELOCITAT DE L'AIGUA

Havent calculat el caudal es procedeix a calcular la velocitat de l'aigua que no sigui massa elevada per la secció de l'escalfador.

La secció de l'escalfador és de 8mm d'ample i 5mm d'altura, que fa una superfície de 80mm², però la zona més restrictiva és la part del ràcord de 10mm que la seva superfície és de 78,53mm² per tant aquesta velocitat es calcularà amb aquesta i amb la següent equació.

$$Q = SV$$

D'on podem dir que:

Q és el caudal (Kg/s)

S superfície (dm²)

V és velocitat (dm/s)

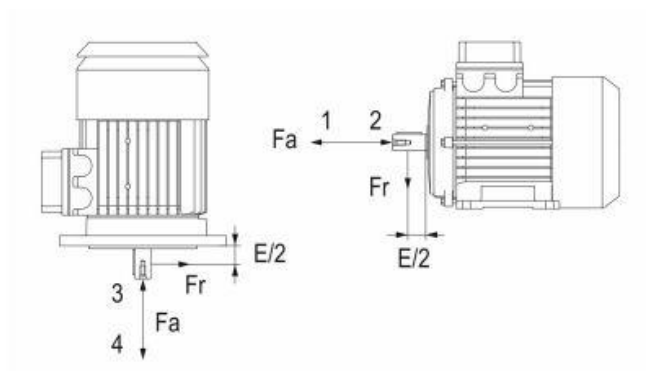
Amb aquesta equació trobem una velocitat de 0,1119 m/s, és baixa però adequada per el muntatge.

G.7. CÀLCUL FORÇA MOTOR

Per tal de dimensionar el motor és necessari conèixer la força radial que tindrà que suportar aquest motor 80B-400V-B14-1,1Kw.

El rotor pesa 6,074kg i els 36 imants 1,944kg aquest pes genera una força al centre del rotor de 78,65N, aquest valor està molt per sota dels 560N que aquest motor pot suportar.

1.4.7 Carga radial



Carga radial máxima F_r [N] a 50Hz con $F_a/F_r < 0,2$

	2 (p)	4 (p)	6 (p)	8 (p)
63	80	360	410	450
71	270	350	400	440
80	440	560	650	720
90S	480	610	700	770
90L	490	620	710	790
100	680	870	1000	1100
112	990	1260	1450	1600
132S	1350	1720	1980	2190
132M	1430	1830	2100	2320
160S	1500	2650	3000	3100

G Il·lustració 1 Carrega radial del motor

ANNEX H

EXPERIMENT

H.1. EXPERIMENT

Ja que al mercat no hi ha cap escalfador d'aquest tipus es va decidir començar fent un prototip a petita escala per visualitzar si el concepte d'aquest escalfador seria viable.

Per aquest prototip es va dissenyar un disc d'alumini que aniria agafat amb una pinça al capçal de la fresadora ja que amb aquesta podríem tindre precisió de revolucions i de distància enfront la placa de control.



Il·lustració 1 torneig



Il·lustració 2 fresat

Partint d'un rodó d'alumini de diàmetre 60mm al torn, es va mecanitzar un coll de 20mm de diàmetre per agafar amb la pinça.

Un cop acabada la feina de torn es va procedir a posar el prototip a la fresadora per tal de fer els forats que allotjaran els imants tal i com mostren els plànols.

Els imants es van entrar a pressió a la premsa amb una gota de Loctite 406 per tal d'assegurar que a altes voltes no poguessin escapar-se, ja que tampoc poden entrar-se a molta pressió sinó podrien trencar-se.

Un cop amb el prototip acabat es va procedir a fer les proves ja a la universitat amb la càmera termogràfica i sensors de temperatura.



Il·lustració 3 rotor

H.2 PROVES

Aquesta prova es va realitzar al taller de mecanitzats de la UdG al edifici PII.

En la maqueta es pretenia demostrar el principi de l'efecte Foucault i per això es va utilitzar la peça anteriorment descrita amb una xapa de coure a la qual hi ha posats sensors de temperatura i a sota una càmera termogràfica.



Il·lustració 4 montatge al taller de la UdG

Aquestes proves es van fer fer girar el capçal de la màquina a diferents velocitats i a diferents distàncies de la placa de coure i així poder comparar mitjançant els resultats dels sensors de temperatura i la càmera com variaven respecte la velocitat de rotació i la distància.

Es van escollir dos velocitats de gir, 2500rpm i 5000rpm i les distàncies de 2mm a 0.5mm amb salts de 0.5mm.

Les dades de les gràfiques que s'adjunten més avall són la mitjana entre els 3 sensors per tal de tenir dades de temperatura més fiables.

En l'eix X hi trobem el temps que tenen una relació de 1 unitat equival a 0.5s i en l'eix Y trobem la temperatura en °C.

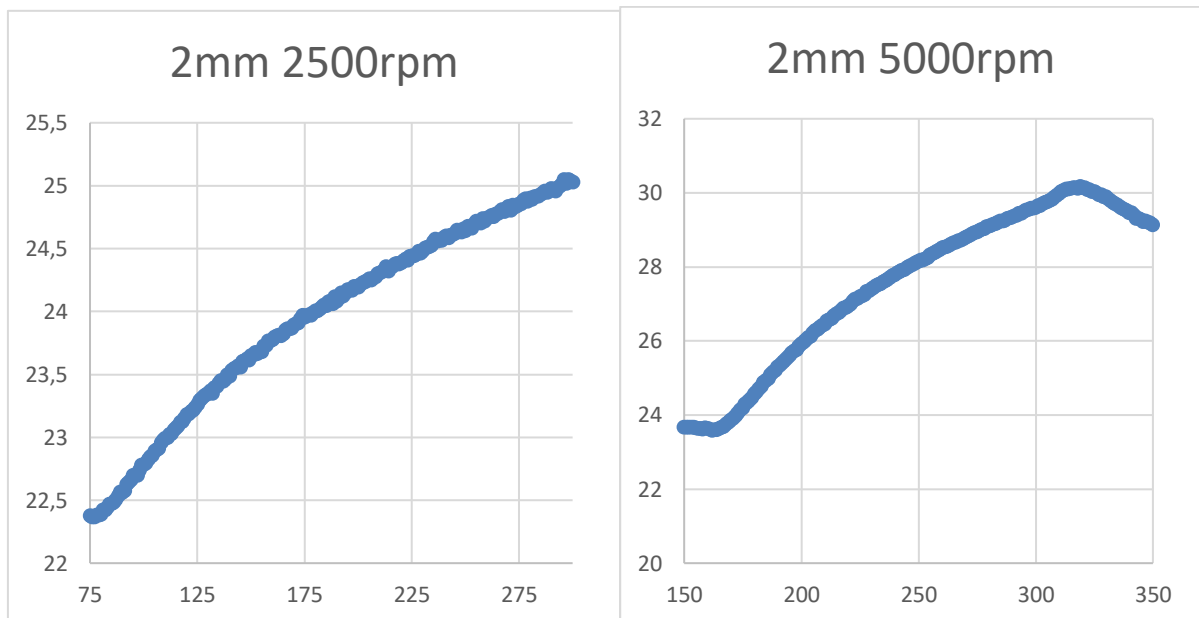
Aquest experiment el temps de gir era de 60s, és a dir, 120 unitats de l'eix X.

H.2.1 Prova a 2mm.

Aquesta prova es va realitzar a 2mm de distància, on ja es pot començar a veure una diferència de temperatura notable entre la prova a 2500rpm i la de 5000rpm.

El que també s'aprecia és que hi ha una petita remuntada de temperatura un cop passats els 60s la prova de 5000rpm.

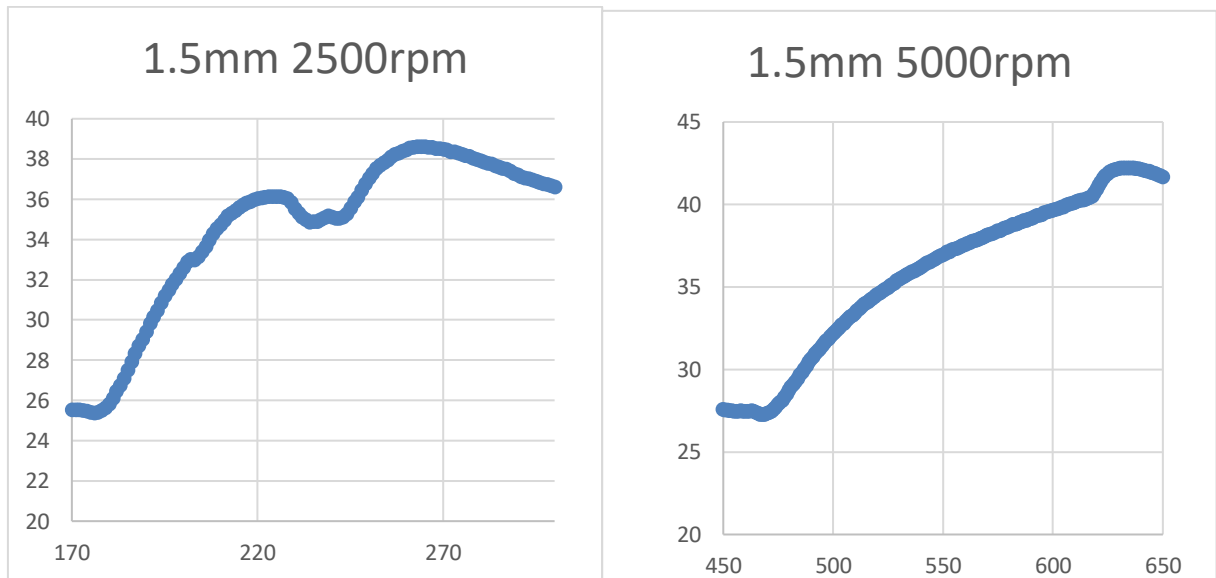
La ΔT en el cas de 5000rpm que és el més favorable és de uns 7°C comptant la petita pujada que fa al parar-se.



H.2.1 Prova a 1.5mm.

Aquesta prova es va realitzar a 1.5mm de distància, es pot apreciar ja clarament que la temperatura augmenta bastant en aquests 60s, i que passats aquest, la remuntada de temperatura és més elevada que a 2mm.

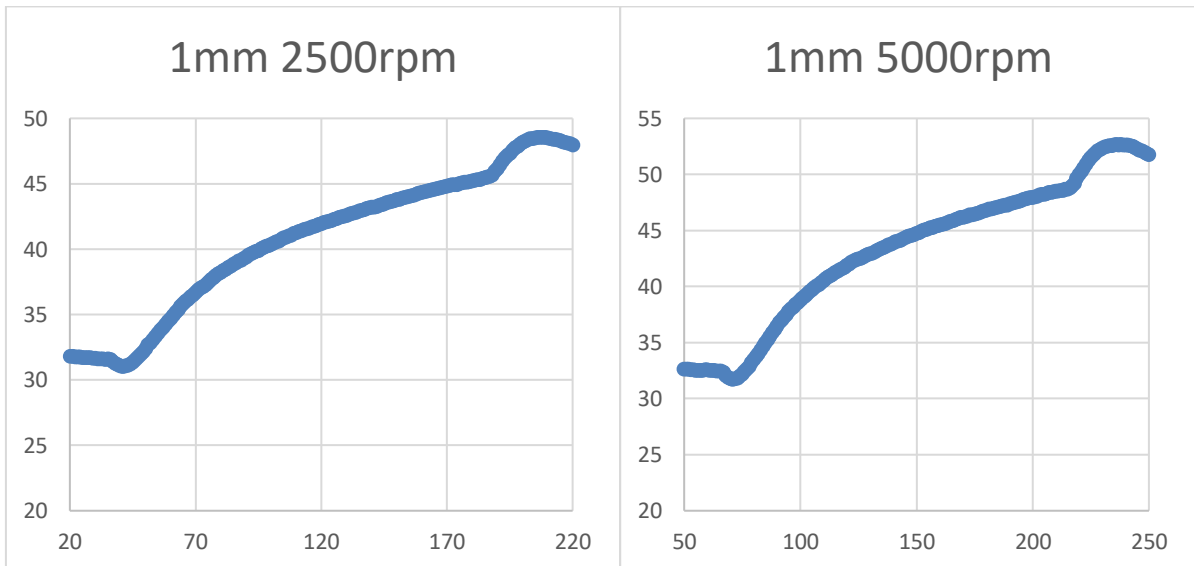
La ΔT en el cas de 5000rpm que és el més favorable és de uns 12.5°C comptant la petita pujada que fa al parar-se.



H.2.1 Prova a 1mm.

Aquesta prova es va realitzar a 1mm de distància, ja es veu clarament que contra menys distància molta més calor generada a la placa de coure però també que la pujada de temperatura al parar la rotació és més abrupte i ara ja es comença a veure al inici de la rotació també.

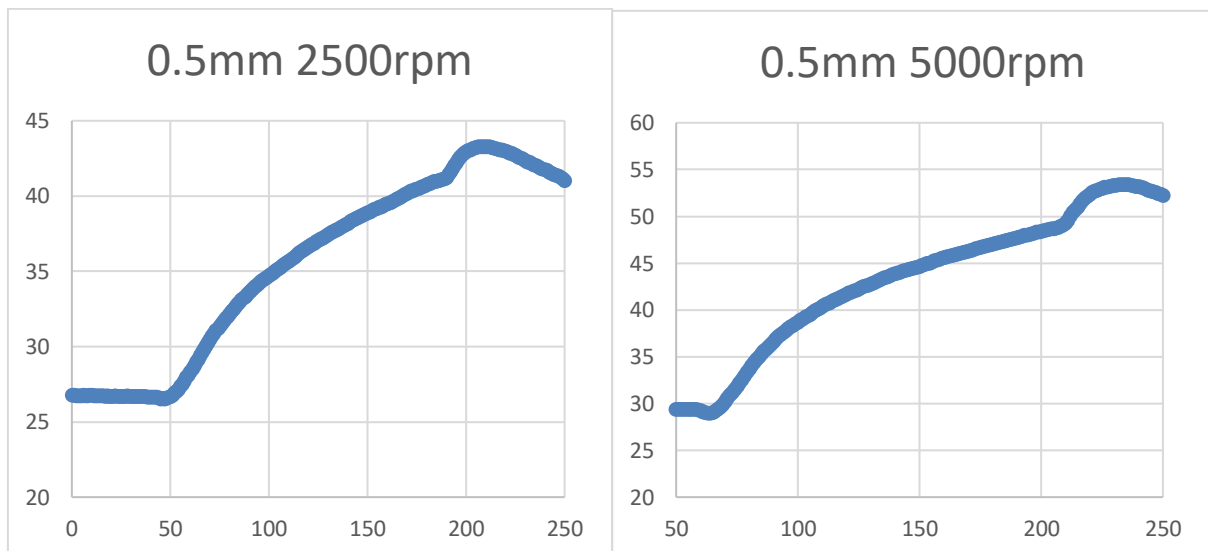
La ΔT en el cas de 5000rpm que és el més favorable és de uns 20°C comptant la petita pujada que fa al parar-se.



H.2.1 Prova a 0.5mm.

Aquesta prova es va realitzar a 0.5mm de distància, la diferència de temperatura definitivament va a l'alça amb la distància entre el rotor i la placa, però aquesta també cada cop li provoca més refredament al inici i més escalfament al parar-se.

La ΔT en el cas de 5000rpm que és el més favorable és de uns 25°C comptant la petita pujada que fa al parar-se.



H.3. RESULTATS

Els resultats van ser satisfactoris ja que la placa s'escalfava notòriament però degut a la pròpia rotació del disc aquest feia de ventilador fent així que els resultats no fossin completament els que haurien de ser.

A través d'aquesta prova s'ha pogut veure aquest i altres errors en aquest disseny en el qual gira sobre una superfície cilíndrica el grup d'imants.

Per aquest motiu en el disseny de l'escalfador els imants s'han posat a la part exterior del rotor i s'ha encapsulat per tal que no l'auto refredi.

Un altre aspecte que hem pogut apreciar amb la càmera termogràfica és que al centre, al ser la velocitat quasi bé 0, no s'hi produeix quasi bé calor.

Al tractar-se del prototip els imants tot i ser de neodimi de molt bona qualitat (N45) al ser petits no tenien molta potència de camp magnètic; per aquest motiu tampoc vàrem aconseguir grans temperatures.