



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Enginyeria Mecànica

MILLORA D'UN MOTOR D'INÈRCIA ELECTRODINÀMICA

SERGIO PÉREZ SAL

PONENT: CARLES PAUL RECARENS

PRIMAVERA 2019



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Sumari de documents

- Memòria
- Plànols
- Estudi econòmic
- Annexos

Grau en Enginyeria Mecànica

MILLORA D'UN MOTOR D'INÈRCIA ELECTRODINÀMICA

Memòria

SERGIO PÉREZ SAL

PONENT: CARLES PAUL RECARENS

PRIMAVERA 2019

Dedicatòria

A tots aquells que em van donar el seu suport per seguir endavant, les seves paraules són el meu impuls per seguir millorant.

Agraïments

Agrair a la meva família i amics per tot el suport que m'han donat durant tots aquests anys de carrera. I gràcies a tots els professors pels coneixements que he anat adquirint, i que han fet possible l'elaboració d'aquest projecte.

Resum

Aquest document té com a objectiu mostrar la solució proposada per a la millora del projecte de final de grau *Disseny i construcció d'un motor bobina G*. En ell es podrà trobar les diferents alternatives de solució als problemes que aquest mostrava.

Una vegada identificats aquests problemes es condueix al disseny i creació d'un nou prototip segons uns nous objectius plantejats, i s'adjuntaran les seves respectives especificacions tècniques que permetin crear un nou exemplar de màquina que compleixi amb aquestes expectatives. A més, es realitzaran simulacions en 3D per a entendre millor que succeeix en les diverses experimentacions.

Resumen

Este documento tiene como objetivo mostrar la solución propuesta para la mejora del proyecto de final de grado *Diseño i construcció de un motor bobina G*. En él se podrá encontrar las diferentes alternativas de solución a los problemas que este mostraba.

Una vez identificados estos problemas se conduce al diseño y creación de un nuevo prototipo según unos nuevos objetivos planteados, y se adjuntaran sus respectivas especificaciones técnicas que permitan crear un nuevo ejemplar de máquina que cumpla con estas expectativas. Además, se realizarán simulaciones en 3D para entender mejor que sucede en las diversas experimentaciones.

Abstract

This document aims to show the proposed solution for the improvement of the final degree project *Design and construction of a G coil motor*. In it you will be able to find the different alternatives of solution to the problems that this showed.

Once these problems have been identified, the design and creation of a new prototype will be carried out according to new objectives, and their respective technical specifications will be attached in order to create a new copy of the machine that accomplish these expectations. Besides, will realize 3D simulations o understand better what happens in the various experiments.

Índex.

1.	Objectius.....	1
1.1.	Propòsit.....	1
1.2.	Finalitat.....	1
1.3.	Objecte.....	1
1.4.	Abast.....	1
1.5.	Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del TecnoCampus.....	2
2.	Introducció.....	3
2.1.	Introducció al camp magnètic i el electromagnetisme.....	3
3.	Revisió d'antecedents i necessitats d'informació.....	5
3.1.	Història del magnetisme i el camp magnètic.....	5
3.2.	Màquines que funcionen amb camp magnètic.....	6
3.3.	Història i primers usos del mercuri.....	9
3.4.	Estudi de productes o prototips actuals.....	10
4.	Objectius i especificacions tècniques.....	13
4.1.	Objectius.....	13
4.2.	Especificacions tècniques.....	13
5.	Anàlisi de la viabilitat.....	15
5.1.	Viabilitat tècnica.....	15
5.1.1.	Viabilitat tècnica mecànica.....	15
5.1.2.	Viabilitat tècnica electrònica.....	22
5.2.	Viabilitat econòmica.....	22
5.3.	Viabilitat mediambiental.....	22

6.	Plantejament i selecció d'alternatives.	25
7.	Desenvolupament de la solució.	29
8.	Hipòtesis inicials.	37
9.	Càlculs i resolució experimental.	39
9.1.	Experimentació amb el programa de simulació EMS.	39
9.1.1.	Simulació amb la bobina gran de 3 espirs.	39
9.1.2.	Simulació amb la bobina petita d'una espira	42
9.2.	Càlculs i resultats teòrics.	44
9.2.1.	Disc de Faraday com a generador.	44
9.2.2.	Disc de faraday com motor	46
9.2.3.	Circuit G	48
9.3.	Resultats experimentals.	50
9.3.1.	Experiment 1	50
9.3.2.	Experiment 2	51
9.4.	Comparació de resultats.	54
9.4.1.	Càlcul i comparació	54
9.4.2.	Resolució de les hipòtesis inicials.	57
10.	Procés de fabricació.	59
11.	Planificació.	63
12.	Conclusions.	69
13.	Referències.	71

Índex de figures.

Figura 3.1 Disc de Faraday [10]	11
Figura 6.1 Alternativa 1 de prototip [Elaboració pròpia]	25
Figura 6.2 Portabroques de l'Alternativa 1 [Elaboració pròpia]	26
Figura 6.3 Conjunt cassoleta i rodament de l'Alternativa 2 [Elaboració pròpia]	27
Figura 6.4 Vista general de l'Alternativa 2 [Elaboració pròpia]	27
Figura 6.5 Solucions plantejades en l'Alternativa 3 [Elaboració pròpia].....	28
Figura 7.1 Estructura en forma de microscopi [Elaboració pròpia].....	29
Figura 7.2 Cassoleta de metacrilat [Elaboració pròpia].....	30
Figura 7.3 Proвета de metacrilat [Elaboració pròpia].....	31
Figura 7.4 Base de les provetes [Elaboració pròpia]	32
Figura 7.5 Suport de la cassoleta [Elaboració pròpia]	32
Figura 7.6 Conjunt suport, cassoleta porta mercuri i rodament [Elaboració pròpia]	33
Figura 7.7 Reguardes de vitón [29]	34
Figura 7.8 Connexió de la part inferior [Elaboració pròpia]	35
Figura 7.9 Bobina de 99 mm de diàmetre [Elaboració pròpia].....	36
Figura 7.10 Bobina de 50 mm de diàmetre [Elaboració pròpia].....	36
Figura 9.1 Introducció de paràmetres per la simulació en la bobina de 3 voltes[Elaboració pròpia]	40
Figura 9.2 Densitat de flux magnètic en la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]	40
Figura 9.3 Intensitat de camp magnètic en la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]	41
Figura 9.4 Densitat del corrent en la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia].....	41
Figura 9.5 Introducció de paràmetres de la simulació amb el solenoide d'una espira [Elaboració pròpia]	42
Figura 9.6 Densitat de flux magnètic en el solenoide d'una espira [Elaboració pròpia]	43

Figura 9.7 Intensitat de camp magnètic produït per el solenoide d'una espira [Elaboració pròpia]	43
Figura 9.8 Densitat de corrent en el solenoide d'una espira [Elaboració pròpia]	44
Figura 9.9 Disc de Faraday com a generador	44
Figura 9.10 Disc de Faraday com a generador	46
Figura 9.11 Espira G	48
Figura 9.12 Circuit G	48
Figura 9.13 Comprovació inicial del prototip [Elaboració pròpia]	50
Figura 9.14 Experimentació amb la bobina d'una volta [Elaboració pròpia]	51
Figura 9.15 Experimentació amb la bobina de mitja volta [Elaboració pròpia].....	51
Figura 9.16 Experimentació amb la bobina gran de 3 voltes [Elaboració pròpia]	52
Figura 9.17 Segona experimentació amb la bobina d'una volta [Elaboració pròpia]	53
Figura 9.18 Segona experimentació amb la bobina de mitja volta [Elaboració pròpia].....	53
Figura 9.19 Comparació de la densitat de flux en la bobina gran de 3 voltes [Elaboració pròpia]	55
Figura 9.20 Comparació de la intensitat de camp en la bobina gran de 3 voltes [Elaboració pròpia].....	55
Figura 9.21 Comparació de la densitat de flux magnètic en la bobina d'una espira [Elaboració pròpia]	56
Figura 9.22 Comparació de la intensitat de camp en la bobina d'una espira [Elaboració pròpia]	56
Figura 10.1 Estructura base [Elaboració pròpia].....	59
Figura 10.2 Estructura vertical [Elaboració pròpia].....	60
Figura 10.3 Estructura principal d'acer [Elaboració pròpia]	60

Índex de taules.

Taula 5.1 Viabilitat tècnica. Rúbrica qualitativa [Elaboració pròpia]	19
Taula 5.2 Costos de maquinària [Elaboració pròpia]	20
Taula 5.3 Costos de software [Elaboració pròpia]	20
Taula 5.4 Material i cost [Elaboració pròpia]	21
Taula 5.5 Accions impactants en el medi ambient	24
Taula 11.1 Tasques de la planificació [Elaboració pròpia]	66

Glossari de termes.

A	Ampere
B	Inducció magnètica o densitat de flux magnètic
CA	Corrent alterna
CC	Corrent continu
e	Càrrega elèctrica elemental
EPI	Equip de protecció individual
f	Frequència
F	Força
H	Intensitat de camp magnètic
I	Intensitat
l	Longitud
L	Longitud de la bobina
m	Massa
n	Densitat d'espines
N	Nombre de revolucions o espines
N	Moment de gir o parell
q	Valor de la càrrega
R	Radi
S	Superfície
v	Velocitat

VIII

ω Velocitat angular

ϕ Flux magnètic

μ_0 Permeabilitat magnètica

1. Objectius.

1.1. Propòsit.

El propòsit d'aquest projecte és la millora de les mancances que presentaven els prototips creats en el treball "*Disseny i construcció d'un motor bobina G*", després d'observar aquests problemes es construirà un nou arquetip amb les solucions i noves prestacions.

1.2. Finalitat.

Observar i comparar els resultats extrets tant de manera teòrica com de manera experimental, per tal de trobar resposta a hipòtesis o creences inicials.

1.3. Objecte.

El projecte té com a mentalitat plasmar un seguit d'investigacions experimentals. Es farà un repàs de la història del camp magnètic i l'electromagnetisme. Mitjançant els coneixements que s'aniran adquirint durant el transcurs de l'elaboració d'aquest treball, s'intentarà produir un prototip que proporcioni una millor funcionalitat. Per tal d'aconseguir aquesta millor funcionalitat parts com la cassoleta i les provetes on va el mercuri seran desmuntables.

1.4. Abast.

Aquest projecte pretén solucionar i perfeccionar els principals problemes o mancances del projecte *Disseny i construcció d'un motor bobina G*. La solució d'aquest problema vindrà donada per un redisseny del prototip inicial creat en l'anterior projecte esmentat, mitjançant la inclusió i disseny de millores mecàniques en el nou model.

Amb la identificació de les mancances citades amb anterioritat, s'establiran diferents objectius els quals donarà una nova solució. Durant el transcurs d'aquest document es mostraran les diferents alternatives i funcions pel nou model per tal que compleixi els objectius.

Alguna de les previsions inicials pel nou exemplar de la màquina, és que pugui utilitzar diverses bobines i provetes per tal de l'estudi del gir que es dona segons aquestes, disposant d'un mecanisme o solució per l'intercanvi d'aquestes.

El nou model de màquina diferirà bastant del model inicial, però seguirà mantenint l'essència del seu antecessor. El nou sistema d'intercanvi de provetes i bobines haurà de ser simple i funcional per tal que l'usuari que realitza l'estudi pugui intercanviar les diferents parts amb comoditat i seguretat, evitant així accidents que es puguin ocasionar a causa del mercuri que fa servir la màquina.

Cal esmentar que el prototip permetrà la inducció d'un corrent a la bobina. Aquest es resoldrà fent ús d'unes connexions unides a uns trossos de filament de coure que faran contacte amb el mercuri que està en contacte amb la bobina, tant a la part superior com a la part inferior, això permetrà observar el moviment de la bobina segons la intensitat que hi circula, i l'alteració o no del gir a induir-la amb una font de corrent altern.

Des del punt de vista mediambiental, l'extracció amb facilitat de les parts on hi ha el mercuri permetrà que no es llenci cap gota a la natura o puguin ocasionar problemes de salut als que manipulen la maquinària.

El document consistirà en el desenvolupament i redisseny del nou model, incloent-hi disseny final que complirà els objectius proposats. El projecte continuarà un prototipatge totalment operatiu amb el seu degut procés de fabricació desenvolupat en l'apartat de viabilitat tècnica.

1.5. Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del TecnoCampus.

Aquest projecte està dintre de les línies de recerca i coneixement del TecnoCampus, en el marc de la investigació dels fonaments de l'electromagnetisme.

2. Introducció.

2.1. Introducció al camp magnètic i el electromagnetisme.

L'electromagnetisme és la branca de la física que tracta de donar explicació i agrupar tot el coneixement sobre fenòmens elèctrics i magnètics.

Es té com a concepte de camp magnètic, el camp vectorial format que defineix o dona resposta a les interaccions entre les partícules magnètiques que es troben a distància. El camp magnètic sòl ser representat per línies anomenades línies de força. Aquest fenomen es pot observar quan s'espolsa pols o llimadures de ferro sobre una làmina de plàstic, i sota aquest plàstic, al centre situem un imant, veurem com la pols de ferro es mou i dibuixa unes línies des d'un pol de l'imat fins a l'altre. També es pot observar que com més allunyades de l'imat les línies adopten una major longitud i una major separació entre elles. El conjunt d'aquestes línies de força que travessen una unitat de superfície es anomenat densitat de flux magnètic o inducció magnètica, i el recorregut que segueixen rep el nom de circuit magnètic.

Hi ha diverses formes de crear un camp magnètic:

- De manera natural: mitjançant imants naturals, com les hematites, la magnetita o altres minerals ferromagnètics.
- De manera artificial: mitjançant corrents elèctrics.

Bobines, transformadors i altres màquines rotatives funcionen amb l'electromagnetisme.

En els camps magnètics creats artificialment, com és el cas d'aquest projecte, depenent de la forma o geometria del conductor per on es fa passar el corrent elèctrics, el camp adopta una forma o una altra.

Un conductor en forma de solenoide (bobina), forma un camp magnètic homogeni al centre. Aquesta peculiar estructura que formen els anells, un darrere de l'altre, fa que el camp magnètic generat a una espira se sumi a de la següent i així fins al final de la bobina, creant un camp uniforme i de gran intensitat a l'eix central de la bobina. Les línies de força que es

formen als solenoides o bobines adopten una forma igual a l'anteriorment descrita pels imants.

Conductor rectilini formarà un camp magnètic cilíndric al voltat del conductor, deixant aquests conductor en el centre. Per exemple fent passar un filament conductor a través d'una làmina on hi ha pols de ferro, aquesta pols formarà un conjunt de circumferències concèntriques al voltat del filament. [1] [2]

El camp magnètic creat per una espira depèn del sentit del corrent, aquest determinarà la direcció i el sentit. En una espira les línies de força entren per una cara i surten per l'altre. [3]

3. Revisió d'antecedents i necessitats d'informació.

En aquest capítol es realitzarà un estudi sobre la millora d'una màquina que funciona fent girar una bobina mitjançant el seu propi camp magnètic i evitat el fregament gràcies a mercuri utilitzat en algunes zones de la màquina, per tal de reduir el fregament entre peces, i segons el tipus de bobinat i les seves dimensions.

Per tal de dur a terme aquesta tasca es revisaran els antecedents d'altres màquines i aparells que funcionen mitjançant el camp magnètic per tal de trobar aspectes positius o millorar aquells punts que tenen o presenten mancances.

3.1. Història del magnetisme i el camp magnètic.

Els materials magnètics ja eren coneguts a la Grècia antiga, tals com la magnetita, anomenada així per la regió grega amb el nom de Magnèsia on es va descobrir. Aquests avantpassats van observar com aquests minerals eren capaços d'atraure porcions petites de ferro. També es creu que durant el segle XII a la Xina ja utilitzaven imants per elaborar brúixoles.

No va ser fins a l'any 1820, el professor de ciències de la Universitat de Copenhage, Hans Christian Oersted, va realitzar un experiment per amics i estudiants seus, on va demostrar que un fil conductor s'escalfa quan per ell passa un corrent elèctric, també va observar que una agulla de brúixola es movia depenent de si se li feia passar un corrent. Aquest últim fet el va interessar tant que va seguir realitzant estudis sobre el fenomen, però amb no gaire èxit. Avui dia i amb les equacions de Maxwell, sabem que allò que intentava provar el professor Hans Christian Oersted era la relació intrínseca que hi ha entre el camp magnètic i el camp elèctric. [4]

Al 1831 el físic i matemàtic francès Adré-Marie Ampère, va crear la llei segon la qual la intensitat del camp magnètic en un contorn tancat és proporcional a la intensitat de corrent que hi circula per aquest contorn. També va incloure que la forma que adoptava el camp magnètic era una forma circular, i que anava disminuint inversament a la distància del conductor. Ampère va relacionar l'electromagnetisme amb la teoria del corrent molecular, segons la qual innumerables partícules amb càrrega elèctrica, es movien a dins del conductor,

aquesta teoria va ser descartada fins al descobriment de l'electró seixanta anys després. [5]
[6]

3.2. Màquines que funcionen amb camp magnètic.

En l'actualitat es poden trobar aplicacions que se li han donat al camp magnètic algunes d'aquestes poden ser:

- **Galvanòmetre de quadre mòbil:** El galvanòmetre és un aparell de mesura molt sensible que s'utilitza per detectar i mesurar corrent. El seu funcionament es basa en una agulla que marca en una escala graduada i es mou conjuntament amb una bobina, i una molla que impedeix el seu moviment en qualsevol sentit de gir, mantenint l'agulla quan no hi ha corrent en el zero. Quan pel solenoide es fa passar un corrent elèctric, el parell de forces que apareix deformen la molla que s'oposa a aquest parell. Quan els moments s'igualen, l'agulla marcarà la magnitud mesurada, que serà més gran com major sigui la intensitat del corrent que es faci passar per la bobina. Actualment els galvanòmetres s'estan substituint per altres aparells de mesura electrònics, amb lectura digital, molt més precisos.
- **Motors elèctrics:** Com s'ha introduït amb anterioritat, aquests basen el seu funcionament a fer girar una espira, mitjançant el camp magnètic produït quan se li fa passar un corrent elèctric. Per tal que l'espira no es quedi en posició vertical, s'inverteix la direcció del corrent i encara que quan la posició de la bobina està en sentit perpendicular a les línies de força del camp magnètic, en el qual el seu moment és nul, l'espira canvia de posició gràcies a la inèrcia que aquesta porta, fent que arribi fins a una nova posició on rebí un nou parell de forces.

Com a motors elèctrics o màquines elèctriques, en podem destacar:

- Motors de corrent continua: Tenen una gran importància gràcies a l'ampli ús que se'ls hi dóna a la vida quotidiana. Algunes d'aquestes aplicacions poden ser, motors d'arrencada, dels eixugavidres o de l'aire, de vehicles, tramvies, metros i vehicles elèctrics. La seva estructura està basada en un estator o inductor, el qual presenta una forma de cilindre que condueix el flux magnètic que es genera a l'interior de la màquina, que rep el nom de carcassa,

els pols que es troben a l'interior de la carcassa i poden ser d'una peça o laminats, al voltant d'aquest hi ha unes bobines enrotllades anomenades bobines inductores o enrotllament inductor. En motors més grans l'estator porta altres pols anomenats pols auxiliars o pols de commutació.

Un rotor format per un nucli en forma de cilindre i amb uns discos molt prims fets de xapa magnètica i aïllats entre ells, això permet disminuir les pèrdues dels camps magnètics que hi circulen. En els discos del nucli s'hi tallen unes ranures que permeten la col·locació de les bobines induïdes.

Aquest cilindre és fixat en l'eix i recolzat amb uns coixinets a la màquina de CC. El col·lector del rotor té com a funció connectar l'induït de la màquina de CC amb l'exterior. Aquest està conformat d'unes làmines de coure trapezoidals muntades sobre l'eix de la màquina i separades per mica, per tal de mantenir-les aïllades. Per tal de mantenir unit tot el subconjunt es fan servir unes anelles.

Per finalitzar i com a últim component d'un motor de CC tenim les escobretes, formades de carbó o grafit, per aquestes circula el corrent elèctric que ve des de la font de corrent fins al col·lector.

El principi de funcionament dels motors de CC es basa en la interacció de dos camps magnètics, produïts mitjançant un corrent d'alimentació i un corrent d'excitació. El corrent d'excitació crea un camp magnètic que conjuntament amb el corrent d'alimentació genera una força mecànica que tendeix a moure el conductor en direcció perpendicular al corrent i al camp magnètic.

Aquests tipus de motors es poden classificar segons el seu tipus de corrent d'excitació.

- Motors de CC amb excitació en sèrie.
- Motors de CC amb excitació en derivació.
- Motors de CC amb excitació composta.

- Motors de corrent altern: Aquests estan dividits en dos grups els motors de CA síncrons i els motors de CA asíncrons.
 - Motors de CA síncrons: Basen el seu funcionament en què pels bobinatges de l'estator passi un corrent continu que crea un camp magnètic amb unes característiques diferents, la qual provoca el gir del rotor mitjançant la interacció d'aquests camps magnètics. Com que aquest camp ha estat creat per un CC, aquest presenta un valor constant i la seva direcció i sentit és expressada amb la regla del tirabuixó. En l'estator un bobinatge bifàsic o trifàsic crea un camp magnètic giratori. Si aquest dos camps es troben a prop tracten d'alinear-se, com si fossin dos imants, però com que el camp de l'estator està contínuament girant, el camp magnètic del rotor i el mateix rotor giren intentant atrapar-lo.
 - Motors de CA asíncrons: Quan una màquina només presenta bobinatges esmorteïdors rep el nom de màquina asíncrona o màquina d'inducció. Aquest nom és a causa de la tensió de rotor, que produeix el corrent elèctric com el camp magnètic que genera el rotor, aquesta tensió és induïda a les bobines rotatòries en lloc de connectar-se físicament mitjançant conductors. Aquests motors no necessiten corrent d'excitació al rotor per posar-se en funcionament.

Els motors d'inducció poder ser monofàsics o polifàsics. La seva estructura està basada en un estator que és idèntic al dels motors de CC i un rotor que presenta una forma diferent, i del qual n'hi ha de dos tipus, de gàbia d'esquirol i de rotor bobinat.

Els de gàbia d'esquirol estan formats per unes barres d'un material conductor, que són introduïdes en unes ranures a la cara externa del rotor, aquestes estan en contacte mitjançant els anomenats anells de circuit.

En canvi el rotor bobinat es basa en un conjunt bobines trifàsiques, en què en els extrems de cada bobina estan connectats els anells de fregament que hi ha a l'eix i són col·locades en el circuit mitjançant escombretes que fan contacte amb els anells. [7]

- Màquines de ressonància magnètica: Quan un nucli atòmic és col·locat en un fort camp magnètic el seu moment magnètic adopta la direcció del camp. En el cas de la imatge per ressonància magnètica s'alineen els àtoms d'hidrogen, que hi ha a l'aigua del cos. Mitjançant uns camps de radiofreqüència s'altera sistemàticament aquesta alineació, causant que els nuclis d'hidrogen produeixin un camp magnètic de rotació, el qual és detectat per l'escàner. Amb la manipulació dels senyals mitjançant altres camps magnètics es pot agrupar la informació necessària per a construir una imatge del cos.

Aquesta tecnologia es una evolució de la ressonància magnètica nuclear descoberta el 1946 per Felix Bloch i Edward Mills Purcell, amb aquest descobriment van guanyar el Prem Nobel de Física l'any 1952. [8]

3.3. Història i primers usos del mercuri.

El mercuri ha fascinat els éssers humans des de l'antiguitat, ja que és l'únic metall que es coneixia que mostrava un estat líquid a una temperatura ambient. Posteriorment també es van descobrir el gal·li i el franci, que es troba en estat líquid en un ambient calorós.

Els grecs anomenaven el mercuri com *hydragyros*, una paraula composta per *hydros* que vol dir aigua i *argyros* que vol dir plata. Els romans van adoptar la paraula com *hydragyrum* del qual prové el sobrenom de Hg del mercuri en la taula periòdica.

Aquest element va ser causant de moltíssimes morts, ja que algunes civilitzacions tenien la creença que concedia poders curatius o era utilitzat per a l'elaboració d'ungüents o cosmètics.

El mercuri s'ha utilitzat de diverses formes a dins de la indústria, com per la fabricació de termòmetres resistents a altes temperatures, mesuradors de pressió arterial, baròmetres, telescopis, en forma de gas per la fabricació de làmpades, com a refrigerant per a centrals nuclears o com propulsor en motors iònics fins que va ser substituït pel xenó. [9]

3.4. Estudi de productes o prototips actuals.

Generador homopolar: S'anomena un generador homopolar a un generador elèctric de corrent continu. També és conegut per altres noms com generador unipolar, generador acíclic, o disc de Faraday. Està constituït per un disc compost d'algun material conductor del corrent elèctric, el qual es fa girar perpendicularment dins un camp magnètic estàtic i uniforme. Depenent de la direcció de rotació i l'orientació del camp magnètic, es crea una diferència de potencial entre el centre del disc i la perifèria, degut a l'acció de la força de Lorentz sobre les càrregues lliures en rotació.

Aquest inusual invent va ser descobert per Michael Faraday durant el 1831. El disc de Faraday representa l'avantpassat de les dinamos modernes. Faraday va dissenyar el seu disc, després d'estudiar el fenomen descobert per Arago, precisament sobre el disc d'Aragó, el qual mostrava que una agulla imantada disposada sobre un disc de coure però sense estar en contacte, era arrossegada quan el disc girava. Els investigadors i físics de l'època no trobaven una resposta que expliqués que un imant interaccionés amb un material no magnètic com el coure. Arago, seguint aquests experiments sobre electromagnetisme conjuntament amb Ampere, va ser el primer que va enrotllar un cable conductor en una barra d'acer, de tal manera que quedés com les bobines que es coneixen avui dia, d'aquesta manera magnetitzava la barra, com a resultat Arago va ser el primer que va descobrir i crear el primer electroimant.

A causa de les deficiències que el disc de Faraday mostrava a causa del corrent que circulava cap enrere en àrees fora de la influència del camp magnètic, l'invent no va ser molt utilitzat. Aquesta sèrie de problemes van ser resolts posteriorment, mitjançant l'ús d'imants en el perímetre del disc per tal de mantenir un camp magnètic constant.

El primer prototip que Faraday va dissenyar estava constituït per un disc de coure, el qual era inserit en un imant en forma de ferradura com es pot veure en la Fig. 3.1 i subjectat en el seu eix per dues barres de ferro, després va connectar tot el conjunt a un galvanòmetre de dues agulles imantades que indicaven direccions oposades, una entre el solenoide o bobina i l'altre fora. Faraday va realitzar un seguit d'experiments variant la posició dels contactes i la rotació del disc.

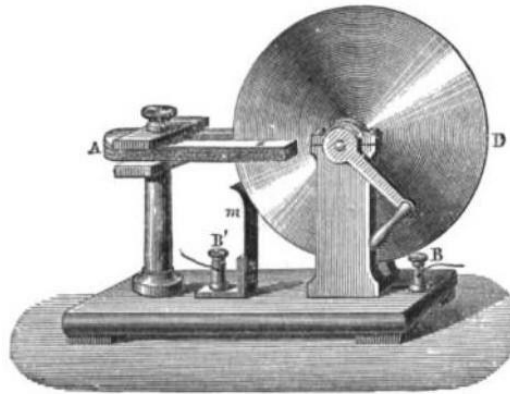


Figura 3.1 Disc de Faraday [10]

En el primer experiment Faraday va observar que quan feia girar el disc el pol sud de l'agulla que estava situada a la part superior del galvanòmetre girava en sentit horari, i quan feia girar el disc en l'altre sentit l'agulla passava a moure's en sentit antihorari. Per tant es va donar compte que la direcció que prenia l'agulla venia descrita pel sentit de gir del disc, demostrant així l'aparició d'un corrent elèctric constant.

També va decidir canviar la posició del disc, fet que el centre d'aquest estigui a una posició més propera dels pols magnètics, amb la qual cosa va observar una disminució de la intensitat, que va descriure que com major sigui la interacció de l'electromagnetisme major serà la intensitat que s'obtindrà.

Modifica la manera en què estava posicionat el disc, col·locant-lo de manera horitzontal, per tal que el camp magnètic terrestre no desbarati tot l'experiment.

Quan Faraday s'adona que el moviment que relaciona el disc de coure amb els pols de l'imant és causat per l'efecte de la inducció, substitueix el disc de coure per làmines de coure. Amb aquesta substitució comprova que els resultats obtinguts amb les làmines i el disc són els mateixos, ja que les agulles del galvanòmetre segueixen interaccionant de manera oposada amb les làmines de la mateixa manera que ho feien amb el disc.

Un altre fet que observa, és l'aparició d'un fort efecte sobre el galvanòmetre, en situar els contactes en els extrems de la làmina, i moure aquesta de manera transversal al seu eix entre els pols. [10]

Finalment després de molts assajos se n'adona compte que la màxima generació de corrent induït s'aconsegueix quan el disc de coure té el mateix diàmetre que l'imant. Posteriorment aquesta configuració com a generador també es va utilitzar com a motor. Demostrant la simetria de les màquines elèctriques.

4. Objectius i especificacions tècniques.

4.1. Objectius.

Els objectius que ens hem establert, tenint en compte les necessitats que podria requerir l'usuari que manipuli el prototip:

- Facilitar el canvi de bobines i provetes per a l'estudi experimental d'aquestes segons la seva forma i dimensions, sense que es produeixin fuites de mercuri.
- Facilitar l'extracció del mercuri del prototip.
- Disseny d'un model 3D per a la simulació teòrica de l'experiment.
- Observació del gir de les bobines (càlcul de la velocitat segons la forma de la bobina, l'amplada d'aquesta i la intensitat del corrent que hi circula).

4.2. Especificacions tècniques.

- Facilitar en el canvi de bobines i provetes per a l'estudi experimental d'aquestes segons la seva forma i dimensions, sense produir fuites de mercuri.
 - Reguarda de vitón.
 - Suport de mercuri desmuntable per la part superior.
- Facilitar l'extracció del mercuri del prototip.
 - Suport de mercuri desmuntable per la part superior.
 - Cassoleta de mercuri desmuntable.
 - Provetes de metacrilat movibles.
- Disseny d'un model 3D per a la simulació teòrica de l'experiment.
 - SolidWorks.

- Programa de simulació EMS.
- Observació del gir de les bobines (càlcul de la velocitat segons la forma de la bobina, l'amplada d'aquesta, i la intensitat i el tipus del corrent que hi circula).
 - Investigador.
 - Amperímetre.
 - Font de corrent continu i alterna.

5. Anàlisi de la viabilitat.

5.1. Viabilitat tècnica.

5.1.1. Viabilitat tècnica mecànica.

Actualment hi ha pocs prototips semblants al model desenvolupat en aquest treball. Aquest proposa facilitar l'experiència a l'hora d'experimentar els usos o utilitats del camp magnètic a estudiants o altres investigadors que puguin fer-ne ús.

Per tant, la finalitat d'aquest projecte serà la implementació de millores o el redisseny de parts del prototip inicial per tal d'augmentar la funcionalitat i la comoditat, tant a l'hora d'intercanviar la bobina, les provetes o buidar el mercuri, quan s'hagi acabat amb l'experimentació.

Per tal de millorar l'experiència de l'usuari es van plantejar un seguit de propostes.

- Inclusió del suport de la cassoleta de mercuri dins l'estructura.
- Extracció del suport de la cassoleta de mercuri subjectada amb cargols de forma vertical.
- Extracció del suport de la cassoleta de mercuri subjectada amb cargols de forma horitzontal.
- Extracció i acoblament de les provetes mitjançant cilindres de metacrilat, de la base que n'entren en els orificis corresponents de les provetes.
- Alineació de les bobines mitjançant un porta-broques d'un trepant.
- Alineació y extracció de les bobines mitjançant una reguarda.
- Inclusió de les diferents bobines de manera fixa en diferents cassoletes de mercuri.
- Mecanisme de gir mitjançant un rodament de boles.
- Sistema antifuites de mercuri mitjançant una reguarda de vitón.

- Estructura rígida d'acer en forma de microscopi.
- Estructura íntegrament realitzada amb metacrilat.

D'aquestes propostes s'analitzaran diferents criteris de viabilitat tècnica (cost, benefici, rendibilitat, durabilitat, ...). Criteris d'avaluació de la viabilitat:

Criteris d'avaluació de la viabilitat:

Cost

- Molt econòmic: Menys de 5 €.
- Econòmic: Entre 10 i 20 €.
- Normal: Entre 20 i 30 €.
- Car: Entre 30 i 40 €.
- Molt car: Més de 50 €.

Comoditat

- Còmode: Permet fer una funció a l'usuari sense que li generi cap esforç.
- Normal: No genera una comoditat molt gran a l'usuari ni li genera cap esforç.
- Incòmode: Genera un gran esforç a l'usuari, fet que aquest no tingui intenció de tornar a fer servir el prototip.

Durabilitat

- Resistent: Triga més de 2 anys en fer-se malbé, inclús amb un ús intensiu.
- Durador: Triga més d'un any en trencar-se, fent un ús intensiu.
- Normal: Es trenca passat un període de sis mesos, fent un ús normal.
- Fràgil: Es trenca amb facilitat, triga menys de sis mesos en trencar-se fent un ús normal.

Sostenibilitat

- Molt sostenible: No té ni el més mínim impacte mediambiental.
- Sostenible: Té poquíssim impacte mediambiental.
- Contaminant: Té repercussió mediambiental.
- Molt contaminant: Té moltíssima repercussió mediambiental.

Aspecte visual

- Molt atractiu: Crea ganes i curiositat per la seva utilització.
- Atractiu: És útil per la seva utilització.
- Normal: No crea cap sensació a l'usuari.
- Poc atractiu: És lleig i no crea curiositat als usuaris per a la seva utilització.

Seguidament s'uniran els criteris d'avaluació de la viabilitat amb les propostes, i s'elaborarà una taula, per escollir la millor solució:

Proposta	Cost	Comoditat	Durabilitat	Sostenibilitat	Aspecte visual
Inclusió del suport de la cassoleta de mercuri dins l'estructura.	Molt econòmic	Incòmode	Resistent	Sostenible	Atractiu
Extracció del suport de la cassoleta de mercuri subjectada amb cargols de forma vertical.	Econòmic	Còmode	Durador	Sostenible	Molt atractiu

Extracció del suport de la cassoleta de mercuri subjectada amb cargols de forma horitzontal.	Econòmic	Còmode (però menys còmode que amb els cargols en sentit vertical)	Durador	Sostenible	Molt atractiu
Extracció i acoblament de les provetes mitjançant cilindres de metacrilat de la base que entren en els orificis corresponents de les provetes.	Normal	Còmode	Normal	Sostenible	Molt atractiu
Alineació de les bobines mitjançant un porta-broques d'un trepant.	Car	Incòmode	Durador	Sostenible	Poc atractiu
Alineació i extracció de les bobines mitjançant una reguarda.	Econòmic	Còmode	Normal	Sostenible	Atractiu
Inclusió de les diferents bobines de manera fixa en diferents cassoletes de mercuri.	Molt car	Incòmode	Durador	Contaminant	Atractiu
Mecanisme de gir mitjançant un rodament de boles.	Normal	Còmode	Durador	Sostenible	Molt atractiu

Sistema antifuites de mercuri mitjançant una reguarda de vitón.	Econòmic	Incòmode	Normal	Sostenible	Molt atractiu
Estructura rígida d'acer en forma de microscopi.	Econòmic	Còmode	Durador	Contaminant	Normal
Estructura íntegrament realitzada amb metacrilat.	Molt car	Còmode	Fràgil	Contaminant	Molt atractiu

Taula 5.1 Viabilitat tècnica. Rúbrica qualitativa [Elaboració pròpia]

El prototip que es construirà com a resultat de la Taula 5.1, comptarà amb extracció del suport de la cassoleta de mercuri subjectada amb cargols de forma horitzontal, extracció i acoblament de les provetes mitjançant cilindres de metacrilat de la base que n'entren en els orificis corresponents de les provetes, alineació i extracció de les bobines mitjançant una reguarda, mecanisme de gir mitjançant un rodament de boles, sistema antifuites de mercuri mitjançant una reguarda de vitón i estructura rígida d'acer en forma de microscopi.

Ja que ha estat la millor combinació en els diferents criteris d'avaluació, sense descuidar la seva viabilitat en la fabricació.

Per dur a terme aquesta solució, s'empraran eines de disseny com SolidWorks o CATIA, i diferents màquines per a la confecció de les peces que formaran l'assemblatge de l'arquetip.

Aquestes màquines són:

Màquina	Cost
Torn [11]	1449,95 €
Talladora de perfils [12]	816,75 €
CNC o màquina de control numèric [13]	3207,03 €

Soldadors [14]	785,00 €
Talladora làser [15]	2000 €

Taula 5.2 Costos de maquinària [Elaboració pròpia]

Software de disseny:

Software	Cost
SolidWorks Premium [16]	6.807 € (7995.00 \$)
CATIA [17]	9000 €
EMS [18]	-

Taula 5.3 Costos de software [Elaboració pròpia]

Tant pel disseny en 3D com per a la simulació el programa escollit ha sigut el SolidWorks Premium, amb el programa EMS per a la simulació en el camp de l'electromagnetisme.

Els components utilitzats seran:

- Perfils d'acer de 30 x 30 que posteriorment seran tallats amb la forma desitjada per construir l'estructura principal del prototip.
- Planxa de metacrilat de 720 x 460 mm, la qual es tallarà amb els patrons per tal de confeccionar les peces com, la base de les provetes, les provetes i el suport de la cassoleta.
- Rodament de boles del tipus SNR 140001.
- Reguarda de vitón de les mides .
- Cilindre de metacrilat de 15 mm de diàmetre, que formaran les guies per a una bona alineació de les provetes.
- Cilindre de metacrilat de 40 mm de diàmetre, per fabricar la cassoleta on anirà el mercuri.

- Filament de coure de 6 mm de diàmetre, per l'elaboració de les diferents bobines.
- Mercuri.
- Connexions.
- Cargols.

A continuació es mostrarà una taula on vindran desglossades les diferents peces, incloent-hi el nombre d'unitats necessàries:

Peces	Unitats	Cost	Cost Total
Perfil d'acer de 30 x 30 [19]	1,5 m	11 €/m	16,5 €
Planxa de metacrilat de 720 x 460 x 10 mm [20]	1 ud	69,90 €/ud	69,90€
Rodament de boles [21]	1 ud	19,05 €/ud	19,05 €
Reguarda de vitón [22]	1 ud	8 €/ud	8 €
Cilindre de metacrilat de 15 mm de diàmetre [23]	2 ud	11.60 €/m	2,32 €
Cilindre de metacrilat de 40 mm de diàmetre [23]	1 ud	166,40 €/m	18,90 €
Filament de coure de 6 mm de diàmetre [24]	2 m	16,23 €/m	32,46 €
Mercuri	50 ml	450 €/l	22,50 €
Connexions [25]	2 ud	0,115 €/ud	0,23 €
Cargols [26]	2 ud	0,5 €/ud	1 €

Taula 5.4 Material i cost [Elaboració pròpia]

5.1.2. Viabilitat tècnica electrònica.

Pel que fa a l'apartat elèctric, el prototip estarà connectat a una font d'alimentació que proporcionarà el corrent i permetrà la seva regulació. S'utilitzaran uns cables que aniran des de les sortides de la font d'alimentació fins a les connexions que van unides al prototip.

Degut a que aquest instrumental no forma part del cos del prototip, no es tindrà en compte el seu cost en la viabilitat econòmica ni l'impacte mediambiental que representi en la viabilitat mediambiental.

5.2. Viabilitat econòmica.

En aquest projecte, tot hi ha de ser un projecte de caràcter experimental i que segurament no es dugui a terme la seva explotació, es realitzarà un estudi econòmic complet suposant que el prototip resultant del projecte es comercialitzarà, destinant aquest producte a laboratoris, universitats o altres centres d'investigació tant d'àmbit públic com privat.

En l'estudi econòmic adjuntat es podrà trobar desglossats els costos per a dur a terme la fabricació de prototips, el cost del projecte d'enginyeria, la rendibilitat a l'hora de fer l'explotació, un petit anàlisi de mercat i per últim el pressupost.

5.3. Viabilitat mediambiental.

El projecte tracta sobre la fabricació d'un prototip que està construït amb metacrilat i funciona fet ús de mercuri, com a sistema de transmissió elèctrica sense fregament.

En l'Estudi d'Impacte Ambiental es consideraran els diferents aspectes que tenen una repercussió clara sobre el medi ambient o que en el seu procés de fabricació puguin alterar o suposar algun impacte en el medi. En el cas d'aquest treball els dos elements que representen un major perill pel medi ambient o per les persones que puguin manipular-los tant en el procés de fabricació del prototip com en el procés de fabricació d'aquests, són el mercuri i el metacrilat.

El mercuri és un element altament tòxic per la natura i les persones, ja que un alt contacte o aparició d'aquest en el cos humà pot produir grans problemes de salut i fins i tot pot provocar la mort. Per tal d'evitar que el mercuri entri a dins del cos d'algun usuari del prototip,

s'imposarà l'obligat ús d'un EPI, el qual estarà basat en uns guants de làtex, unes ulleres i una mascareta per protegir-se de possibles gasos que es puguin desprendre. Pel que fa al metacrilat, es tindran en compte la contaminació provocada per aquest, en el seu procés de fabricació i un cop és reciclat quan a acabat la seva vida útil. Tota mena de realització d'assajos es realitzaran en instal·lacions amb extractors d'aire o sistemes antiincendis.

A més en aquest projecte s'aportaran un seguit de taules que tenen en compte la repercussió mediambiental del projecte en diferents àmbits de la vida, la cultura i el medi (veure Annex VI).

A la següent taula es recullen les principals accions i factors que es tindran en compte en l'estudi de detall.

Accions impactants		Observacions
Fase de construcció o execució	Procés d'injecció del metacrilat	Reciclatge dels components
Fase de Funcionament o explotació	Producció de gasos del mercuri	Reutilització del mercuri per a propers experiments
Fase d'ús	Intoxicació amb mercuri	Obligat ús d'un EPI
Factor ambiental		Impacte sobre...
Medi natural	Atmosfera	No s'ha contemplat cap impacte rellevant.
	Sòl	Contaminació del sòl per contacte amb el mercuri.
	Aigua	Contaminació del aigua si s'aboca el mercuri.
	Flora	Mort per intoxicació amb mercuri.
	Fauna	Mort per intoxicació amb mercuri.
	Medi perceptual	No s'ha contemplat cap impacte rellevant.
	Usos del territori	No s'ha contemplat cap impacte rellevant.

	Culturals	No s'ha contemplat cap impacte rellevant.
	Infraestructura	No s'ha contemplat cap impacte rellevant.

Taula 5.5 Accions impactants en el medi ambient

6. Plantejament i selecció d'alternatives.

En aquest apartat del projecte s'aprofundirà més en les diferents alternatives de solució que han sigut esmentades amb anterioritat, per tal de subministrar una explicació més detallada sobre el perquè de la no elecció d'aquestes propostes.

Partint des d'una idea inicial, i amb les diferents dades i característiques de projectes o màquines observades en la recerca d'informació. Es van dur a terme un seguit de dissenys en 3D de possibles models que complissin els objectius proposats a l'inici del projecte.

Alternativa 1

Un dels apartats que necessitaven millorar respecte projectes anteriors, va ser la millor alineació vertical de la bobina, per tal d'obtenir un gir perfectament concèntric a l'hora que aquesta fa contacte amb el mercuri localitzat en la proveta. Com a solució es va plantejar la inclusió d'un portabroques d'un trepant, per tal de subjectar amb força la bobina de posició vertical i permetent el seu gir, com es pot veure en la Fig. 6.1 i Fig. 6.2.

Però aquesta alternativa presentava un clar inconvenient, ja que a l'hora de l'intercanvi de les bobines resultava molt difícil, per no dir quasi impossible, la instal·lació de les bobines a causa de la forma que tenen aquestes.

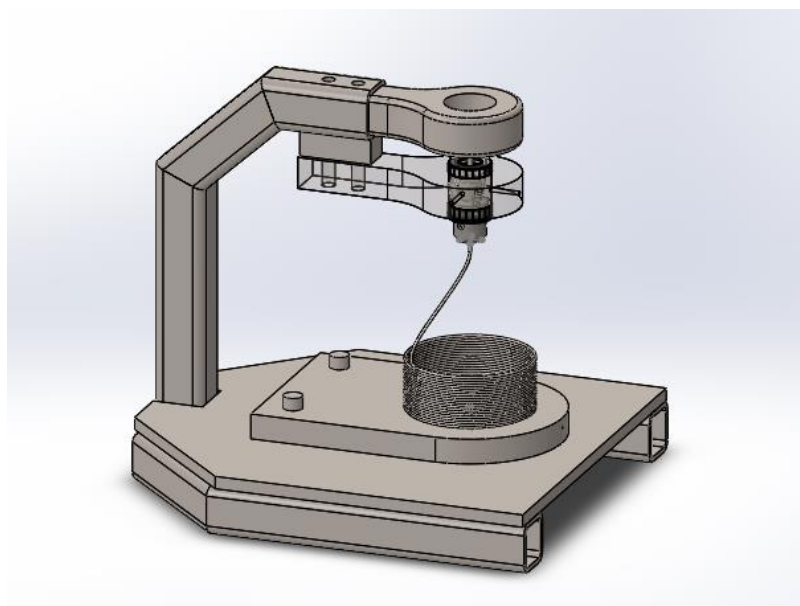


Figura 6.1 Alternativa 1 de prototip [Elaboració pròpia]

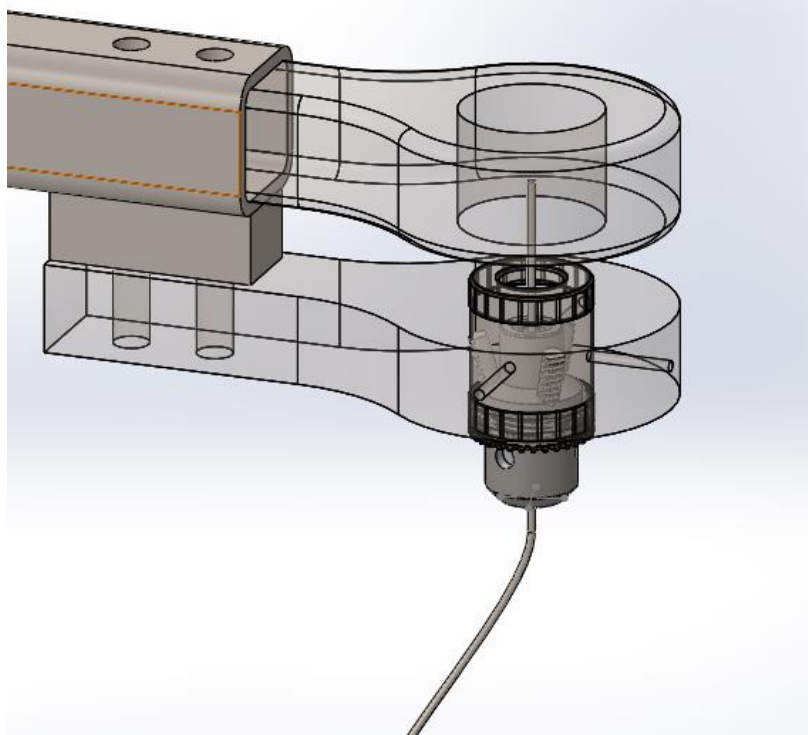


Figura 6.2 Portabroques de l'Alternativa 1 [Elaboració pròpia]

Per tant es va prendre la decisió de l'eliminació d'aquesta part en la següent etapa del prototip, ja que amb la inclusió d'una reguarda de vitón i un rodament en la part superior del porta mercuri, permetria l'intercanvi de bobines, evitaria les fuites de mercuri i permetria el gir.

Alternativa 2

L'alternativa 2 presenta la solució de l'alternativa 1, però a més també s'hi van incloure altres modificacions com el conjunt de cassoleta de mercuri i el suport de la cassoleta mitjançant la unió amb el rodament que permetria el gir de la bobina juntament amb la cassoleta del mercuri al estar aquestes unides, com és pot observar en la Fig. 6.3. Amb aquesta alternativa obtindríem un model més senzill i més net, sense perdre funcionalitat.

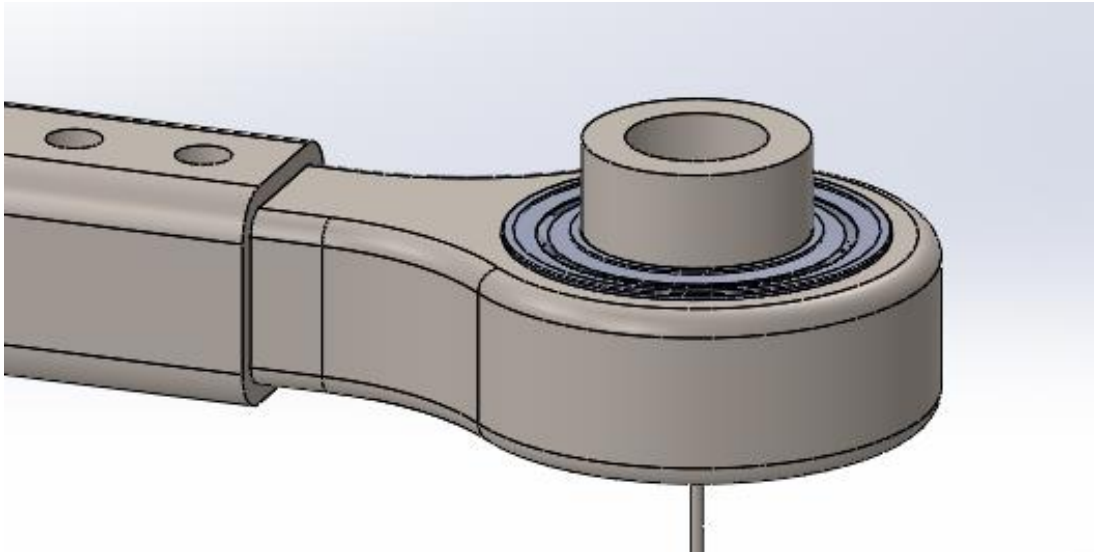


Figura 6.3 Conjunt cassoleta i rodament de l'Alternativa 2 [Elaboració pròpia]

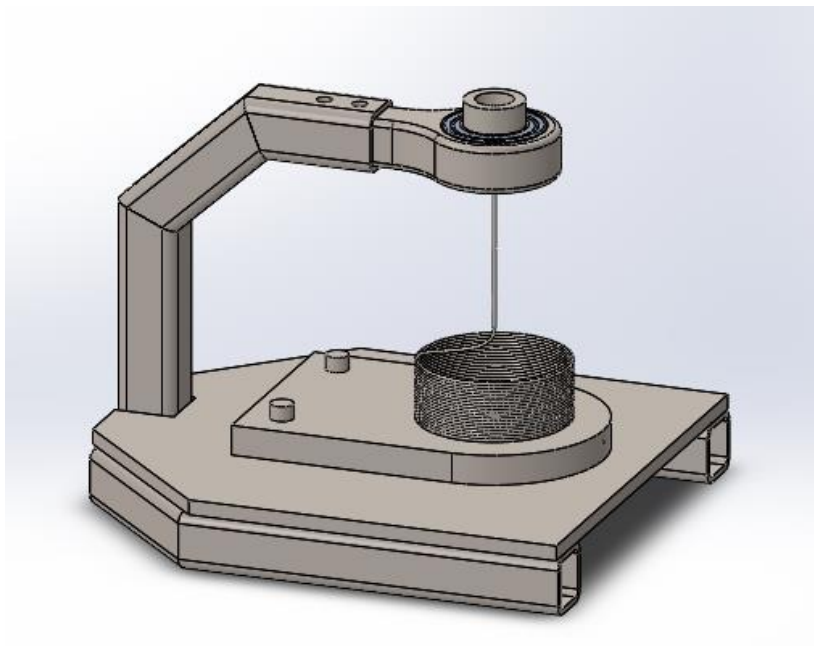


Figura 6.4 Vista general de l'Alternativa 2 [Elaboració pròpia]

Els problemes de l'alternativa 2, passaven també en el moment d'intercanvi de la bobina, ja que per extreure la bobina primer s'ha d'extreure el rodament que va ajustat en el suport superior. Per tal d'extreure aquest mateix rodament caldria l'ús d'un impacte per desfer aquest ajustatge, permetent el possible desgast d'aquest, la fractura del metacrilat amb el qual està fabricat el suport o la cassoleta de mercuri, també pel que fa al mercuri aquesta

proposta mostra problemes en el moment de buidar la cassoleta, ja que com hem comentat s'hauria d'extreure el rodament per alliberar el conjunt de la cassoleta i la bobina. Amb tots aquests inconvenients en va concloure la realització d'una altra versió que possés solució a aquests problemes.

Alternativa 3

Aquesta nova versió ha estat escollida com arquetip final, i soluciona els problemes esmentats en l'alternativa 2, mitjançant la inclusió d'una reguarda de vitón, i l'eliminació d'una de les cares del perfil d'acer per tal de permetre l'extracció per la part superior de l'acoblament del suport, el rodament i la cassoleta, suprimint així les restriccions que presentava el model anterior en el moment de buidar el mercuri. Per intercanviar les bobines només caldrà fer una petita força cap en fora per extreure la que hi havia posada, i una petita pressió per introduir la nova bobina escollida.

Com a últim detall s'han col·locat els cargols que subjecten el suport de la cassoleta en posició horitzontal, ja que s'ha pensat que és una millor posició quan hagin de ser extrets.

Podem observar les solucions esmentades en la Fig. 6.5.

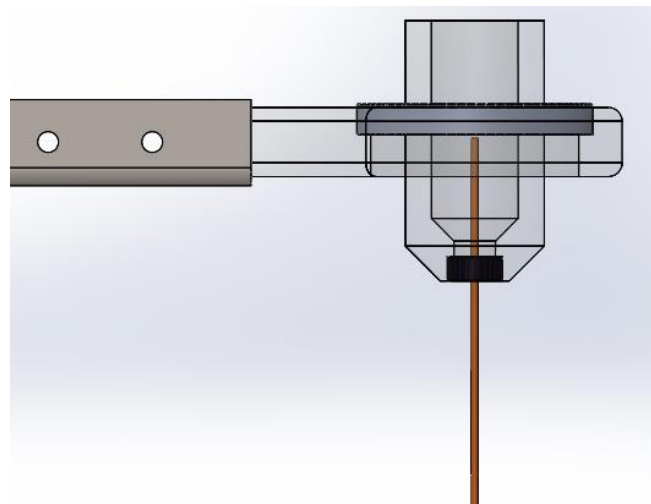


Figura 6.5 Solucions plantejades en l'Alternativa 3 [Elaboració pròpia]

7. Desenvolupament de la solució.

En aquest projecte es durà a terme una millora i redisseny de l'arquetip mostrat en el treball *Disseny i construcció d'un motor bobina G*, per tal d'incloure canvis per a millorar la funcionalitat i prestacions que aquest presentava, facilitant l'experiència dels investigadors o estudiants en les tasques d'experimentació del camp magnètic.

L'antic model esmentat presentava errades o desavantatges, que trobaran solució en aquest projecte. Errades o desavantatges com, mala alineació de la bobina, unió de la cassoleta porta mercuri amb la bobina, cosa que fa que s'hagi de crear un altre model per a fer ús d'una altra bobina i provetes úniques o d'una sola mida per cada model no permetent l'intercanvi. Tot això provoca una incomoditat i dificultat a l'hora de la investigació amb la màquina i una falta d'espai en els laboratoris.

Per tal d'evitar aquests problemes, es redissenyarà part del prototip inicial, incorporant parts desmuntables, que permetria que amb un sol aparell realitzar múltiples combinacions, permetent l'obtenció i recopilació de diferents tipus de dades.

La solució escollida per a la creació del prototip, es basa en una estructura rígida d'acer que adoptarà una espècie de forma d'estructural d'un microscopi, com es pot apreciar en la Fig. 7.1, fabricada amb uns perfils quadrats de 30 x 30 mm.

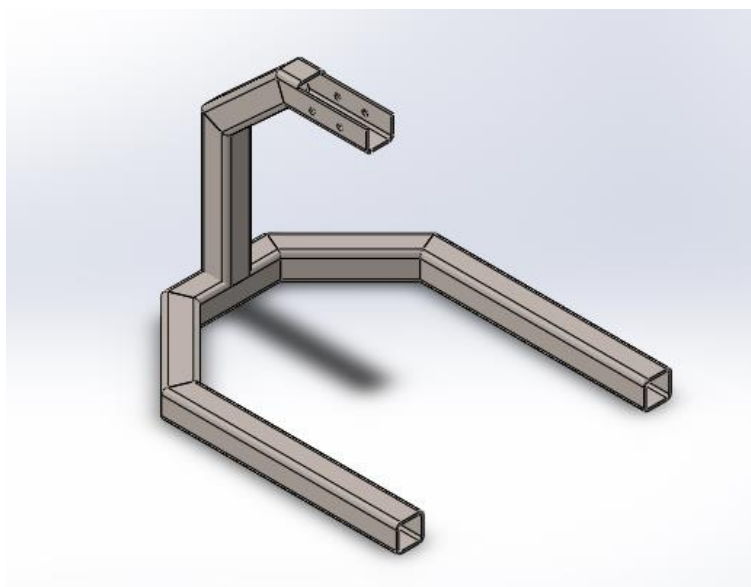


Figura 7.1 Estructura en forma de microscopi [Elaboració pròpia]

Les diferents parts que conformen l'estructura seran tallades segons la mida amb una serra adequada per a tall de perfils metàl·lics, i aquests seran posteriorment soldats en la seva posició. La utilització d'aquests tipus de perfils és òptima quan es vol dissenyar una estructura molt sòlida i resistent, però alhora no fer-la massa pesant, permetent la mobilitat de la màquina. Com que l'aparell no patirà les inclemències del temps al no estar en l'exterior no caldrà fer ús d'un acer inoxidable o amb un tractament per la intempèrie.

Per a les altres parts que poden estar en contacte amb el mercuri, s'utilitzarà un metacrilat transparent. Aquest es comprarà en planxes de 720 x 460 mm i 10 mm de gruix, que seran tallades amb una talladora làser segons la forma de les peces. La utilització d'aquest tipus de material és perfecte, ja que es poden fabricar les peces de manera ràpida i senzilla, en la seva forma incolora permet una visualització a l'altra banda de les parets del contingut que hi pugui haver, com pot ser el cas de la cassoleta que conté el mercuri. A més, no es veu afectat pel contacte del mercuri, ja que aquest pot provocar el deteriorament d'altres materials. Per tant es farà servir obligatòriament en parts com la cassoleta i les provetes, com podem observar en la Fig. 7.2 i la Fig. 7.3 respectivament.

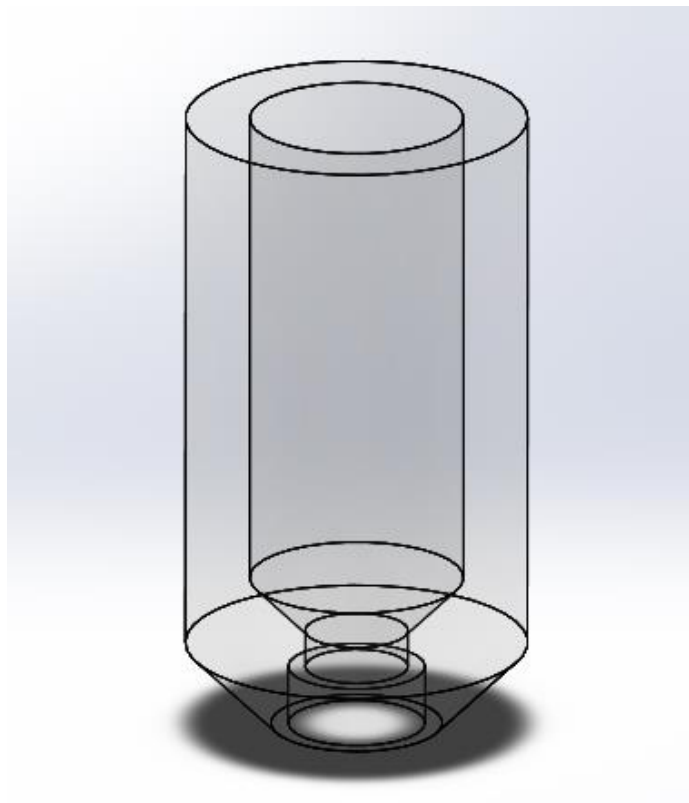


Figura 7.2 Cassoleta de metacrilat [Elaboració pròpia]

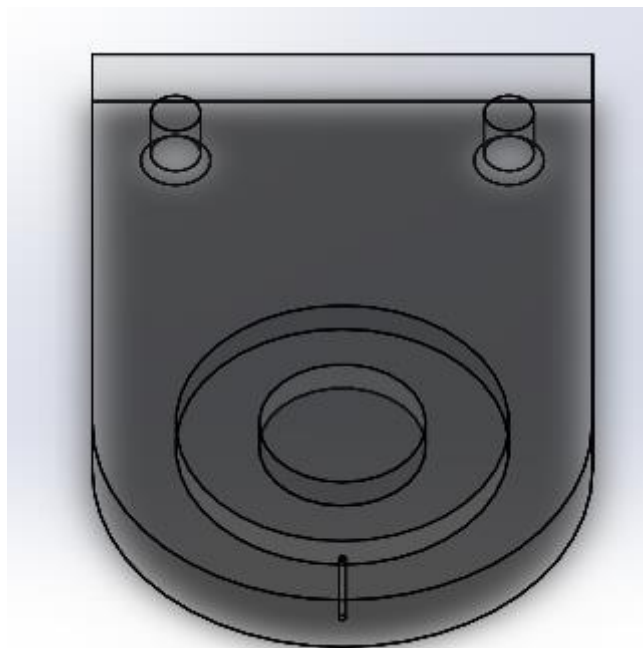


Figura 7.3 Provetta de metacrilat [Elaboració pròpia]

Però, també s'ha pensat en la utilització de metacrilat en altres parts de la maqueta, tant en la base on es col·loquen les provetes (Fig. 7.4), com en el suport de la cassoleta de mercuri (Fig. 7.5), ja que altres materials es podrien fer malbé amb un possible contacte del mercuri o interferir amb el magnetisme de la bobina.

El metacrilat o també anomenat polimetil metacrilat, ens aporta unes propietats de duresa a l'impacte de 10 a 20 vegades superior a la del vidre, alta resistència a la intempèrie, gran aïllament tèrmic, lleugeresa, rigidesa quan es treballa amb ell en fred, no desprèn gasos tòxics quan es crema i es comercialitza amb múltiples formats com tubs, planxes, barres o blocs.

Recurrentment s'utilitza per a la fabricació de components de vehicles, aquaris, rètols, mobiliari, vidrieres, cobertes de porxos i hivernacles. [26] [27]

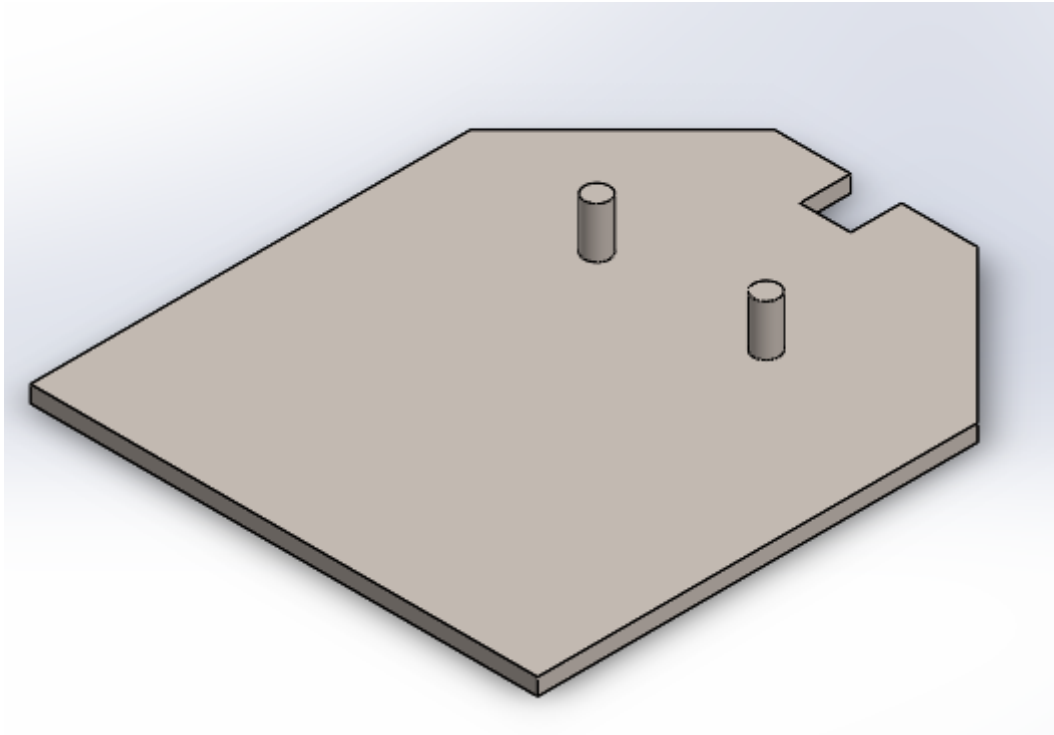


Figura 7.4 Base de les provetes [Elaboració pròpia]

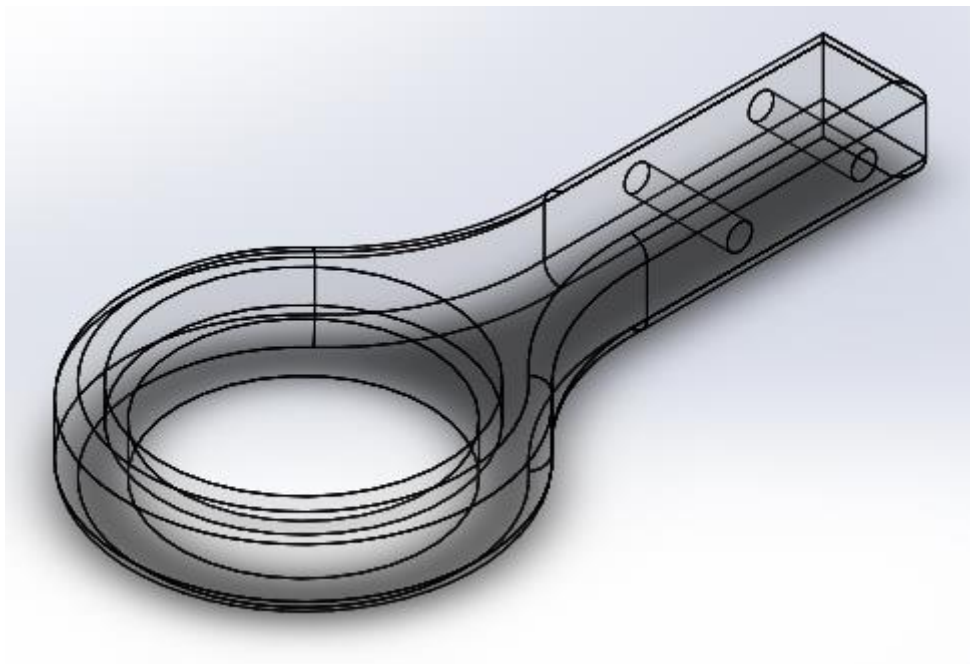


Figura 7.5 Suport de la cassoleta [Elaboració pròpia]

Per a la confecció del suport de la cassoleta, es farà a partir de dos peces tallades amb la forma corresponent de la planxa de metacrilat que s'uniran amb cola, perquè aquesta peça

obtingui un major gruix que la faci més resistent a la flexió causada pel pes de la cassoleta i el mercuri que aquesta conté.

En el cas de la unió de les peces de metacrilat amb la resta de l'estructura, es durà a terme de diverses formes. Pel que fa a la base on van situades les provetes aquesta anirà enganxada amb una cola especial. El suport de la cassoleta estarà unit mitjançant cargols d'acer de mètrica sis, en una posició horitzontal que permetrà el desmuntatge d'aquesta part en vers l'estructura per buidar el mercuri o substituir la bobina.

La cassoleta anirà unida al suport, ja que aquesta està ajustada amb el rodament de boles com podem veure a la Fig. 7.6.

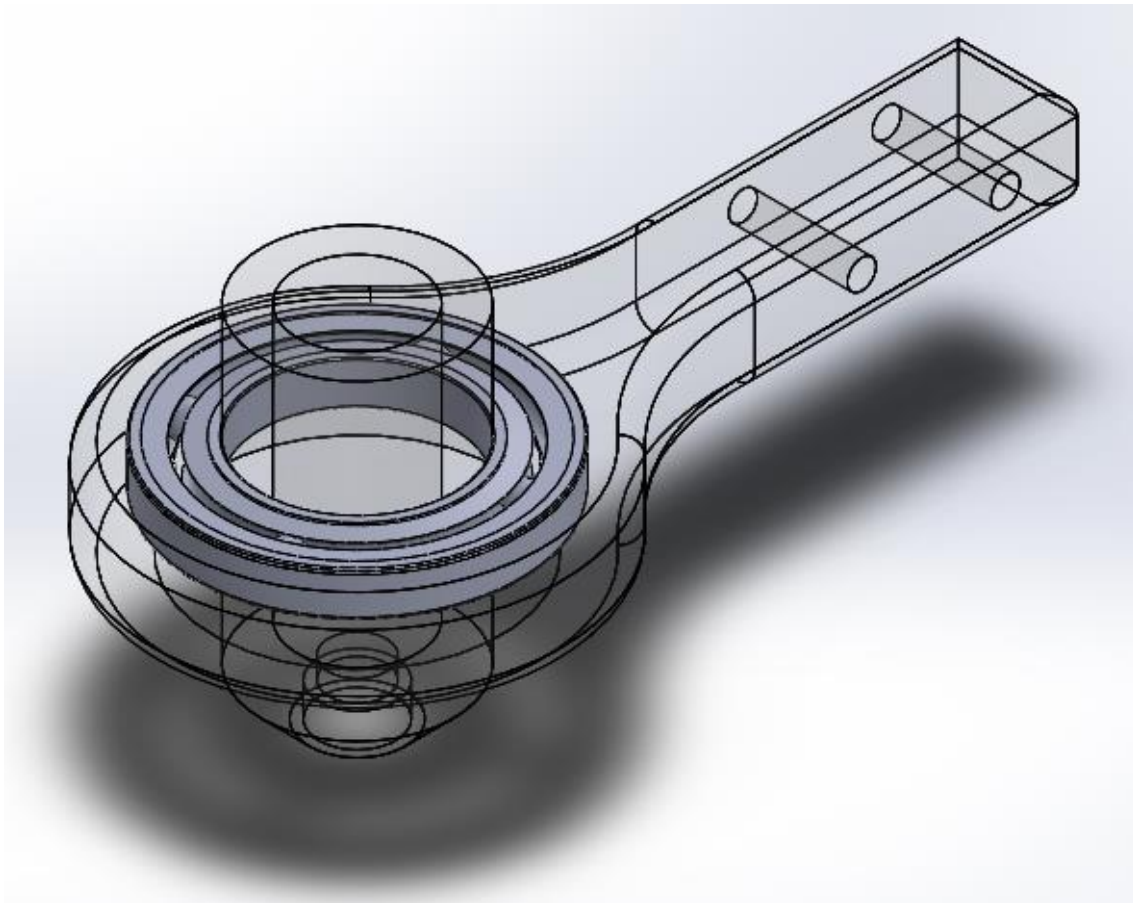


Figura 7.6 Conjunt suport, cassoleta porta mercuri i rodament [Elaboració pròpia]

Com s'ha esmentat anteriorment, s'utilitzarà un rodament de boles del tipus SNR 140001 que permetrà que la cassoleta giri amb un mínim fregament. Aquest tipus de rodament es fan servir en automòbils, ja que proporcionen fiabilitat, duració, seguretat i un fàcil

procediment d'acoblament. Les mides d'aquests rodaments són òptimes també per a la utilització que se li vol donar dins del nostre prototip (veure Annex VII).

Com a solució a l'objectiu d'intercanvi de bobines i resolució de les possibles fuites que es puguin ocasionar al fer les bobines independents de la cassoleta s'utilitzarà una reguarda de vitón. El vitón és un material que resisteix molt bé els efectes nocius o corrosius que es puguin donar en la utilització de substàncies agressives com el mercuri. A més té altres qualitats com resistència a temperatura entre el -25°C i el 220°C , resistència a la deformació, resistència al desgast causat per olis, lubricants, combustibles o altres tipus d'àcids, i una excel·lent força de segellat. També té altres utilitzacions, com a element en equips de busseig, ja que té una menor possibilitat de crear una combustió amb un augment sobtat de l'oxigen, o la fabricació de margueres especials per a tuberes. [28]



Figura 7.7 Reguardes de vitón [29]

Pel que fa a les connexions que portarà el prototip, es basaran dues connexions. Una a la part superior, formada per un tros de filament de coure del mateix gruix que la bobina, subjectat amb un porta làmpades, que anirà collat al suport de la cassoleta, i aquest anirà connectat amb un cable a la font d'alimentació, aquest tros de filament tocarà el mercuri que hi haurà a la cassoleta per tal de fer passar el corrent. I l'altre a la part inferior que estarà formada per un filament de coure, de les mateixes dimensions que el de la part superior, aquest es farà passar a través d'un orifici horitzontal en les provetes de mercuri, com podem veure a la Fig. 7.8, i aquest s'unirà amb l'altre cable de la font de corrent per la part exterior de la proveta.

Cal esmentar que la connexió superior serà desmuntable, però que el filament de coure de la part inferior anirà enganxat a cada proveta.

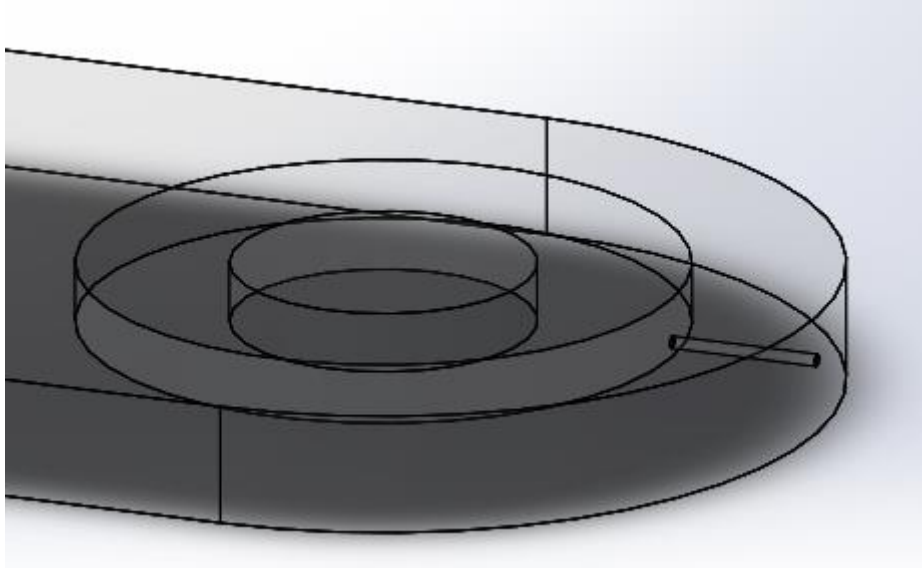


Figura 7.8 Connexió de la part inferior [Elaboració pròpia]

Per la fabricació tant de les bobines com dels trossos de filament que porten les connexions, s'utilitzarà el coure, amb el qual es poden obtenir característiques (veure Taula II en el Annex I) com mal·leabilitat, ductilitat, resistència a els òxids, punts de fusió i ebullició elevats i bona conducció de la calor i l'electricitat. A més de la bona conducció de l'electricitat, serà emprat en aquest projecte, gràcies al seu no elevat cost i la fàcil obtenció d'aquest en diverses formes i mides.

Com se sap aquest element té incomptables usos tant en sectors com la fontaneria, electricitat, electrodomèstics o com a component per crear aliatges.

Per tal de realitzar l'experimentació tant de manera simulada com de manera física es recrearan dues bobines de diferent mida i nombre d'espines, com les de la Fig. 7.9 i Fig. 7.10, per tal d'observar si aquestes influeixen en la velocitat de gir.



Figura 7.9 Bobina de 99 mm de diàmetre [Elaboració pròpia]

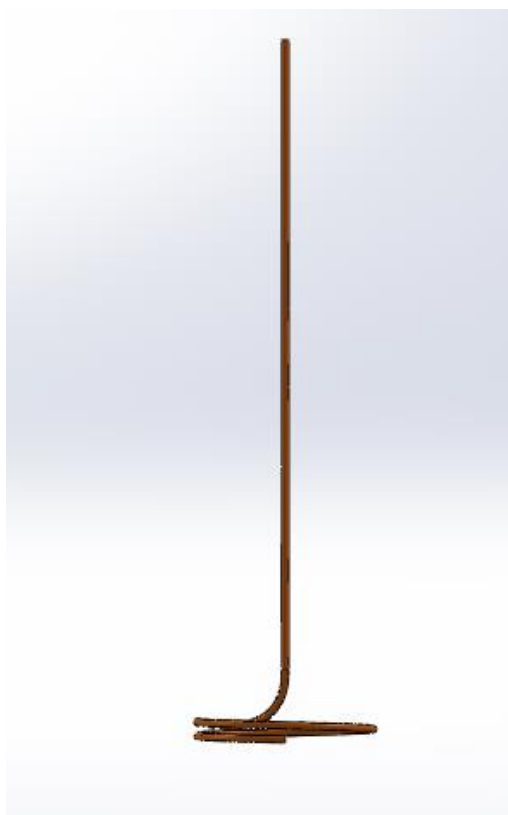


Figura 7.10 Bobina de 50 mm de diàmetre [Elaboració pròpia]

8. Hipòtesis inicials.

En aquest apartat es redactaran un conjunt d'hipòtesis basades en els coneixements i suposicions que es tenen sobre el camp magnètic, o altres fets que puguin aparèixer en l'experimentació posterior, per tal que un cop acabades les proves amb el prototip i realitzades totes les experimentacions, comparar-les amb aquestes hipòtesis per tal de confirmar o desmentir aquelles creences que es tenien un principi.

Hipòtesis:

- Igual funcionament del prototip amb CA que amb CC.
- Mateix sentit de gir amb CA que amb CC.
- Major velocitat amb bobines més petites.
- Major velocitat amb bobines amb menys espines.
- Afectació o variació del camp magnètic causat per l'estructura d'acer del prototip.
- Mateixos resultats teòrics que experimentals.
- Increment proporcional de la velocitat de gir amb un increment de la intensitat de corrent.

9. Càlculs i resolució experimental.

9.1. Experimentació amb el programa de simulació EMS.

Abans de realitzar directament la simulació en el prototip, es duran a terme un seguit de proves o assajos en elements o formes que puguin estar relacionats amb parts del prototip, per tal d'obtenir més coneixement, i un cop es passi a l'arquetip, realitzar aquest estudi amb una millor eficàcia.

Es començarà amb algunes formes bàsiques i s'anirà pujant el nivell de complexitat de les formes o elements. Es poden veure totes aquestes experimentacions a l'Annex X.

En aquest apartat de la memòria es realitzaran les diferents bobines en 3D per a la seva experimentació, introduint els corrents que s'han aplicat en les experimentacions al laboratori. Un cop realitzades aquestes simulacions es realitzarà uns petits càlculs per tal de comparar-los amb els resultats obtinguts en els assajos.

9.1.1. Simulació amb la bobina gran de 3 espises

Primerament es modelitzarà la bobina amb les dimensions reals. Per tal de dur a terme la simulació introduïm els diferents paràmetres, com el nombre d'espises i la intensitat i la direcció d'aquesta que hi passa per elles i el material de la bobina.

- Material: Coure
- Intensitat: 250 A
- Nombre d'espises o voltes: 3

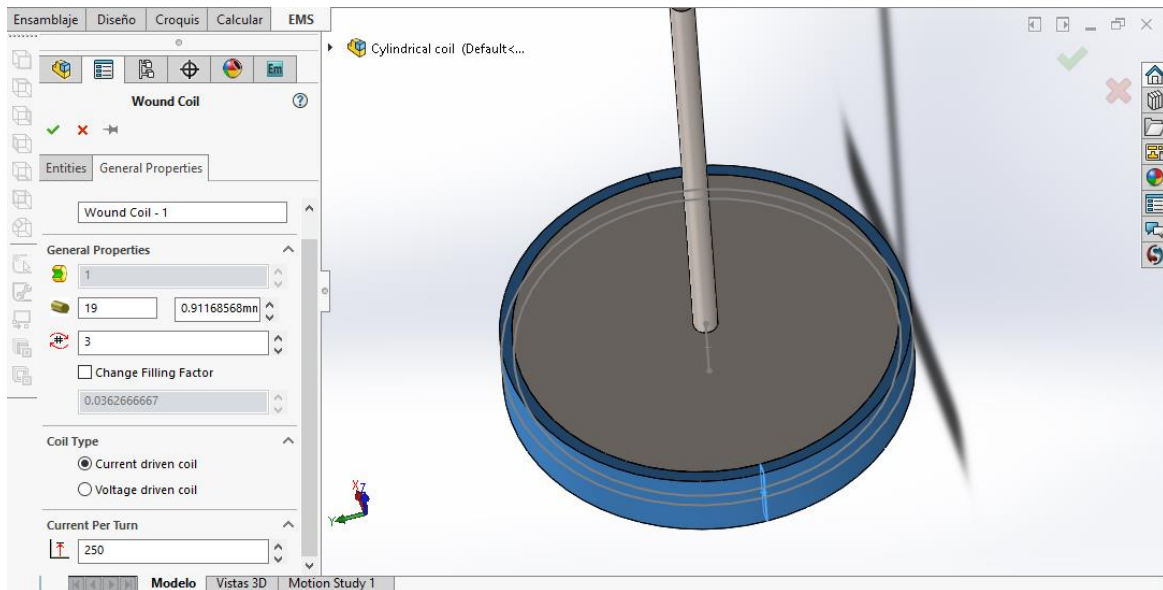


Figura 9.1 Introducció de paràmetres per la simulació en la bobina de 3 volts [Elaboració pròpia]

Un cop introduïdes les dades executem la simulació i obtenim els resultats. El programa EMS mostrarà la densitat de flux magnètic, la intensitat del camp magnètic i mostrarà el sentit i la densitat del corrent que circula per la bobina. Amb aquests resultats, es podran obtenir diversos valors per posteriorment comparar-los amb els resultats extrets de l'experimentació real al laboratori.

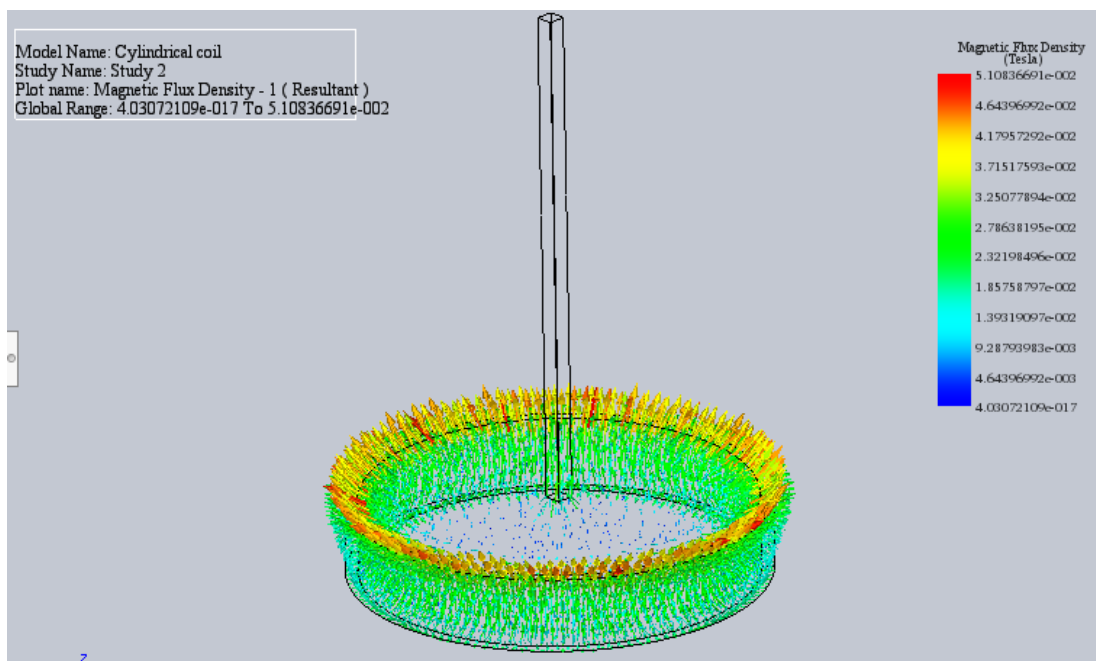


Figura 9.2 Densitat de flux magnètic en la bobina de 3 volts [Elaboració pròpia]

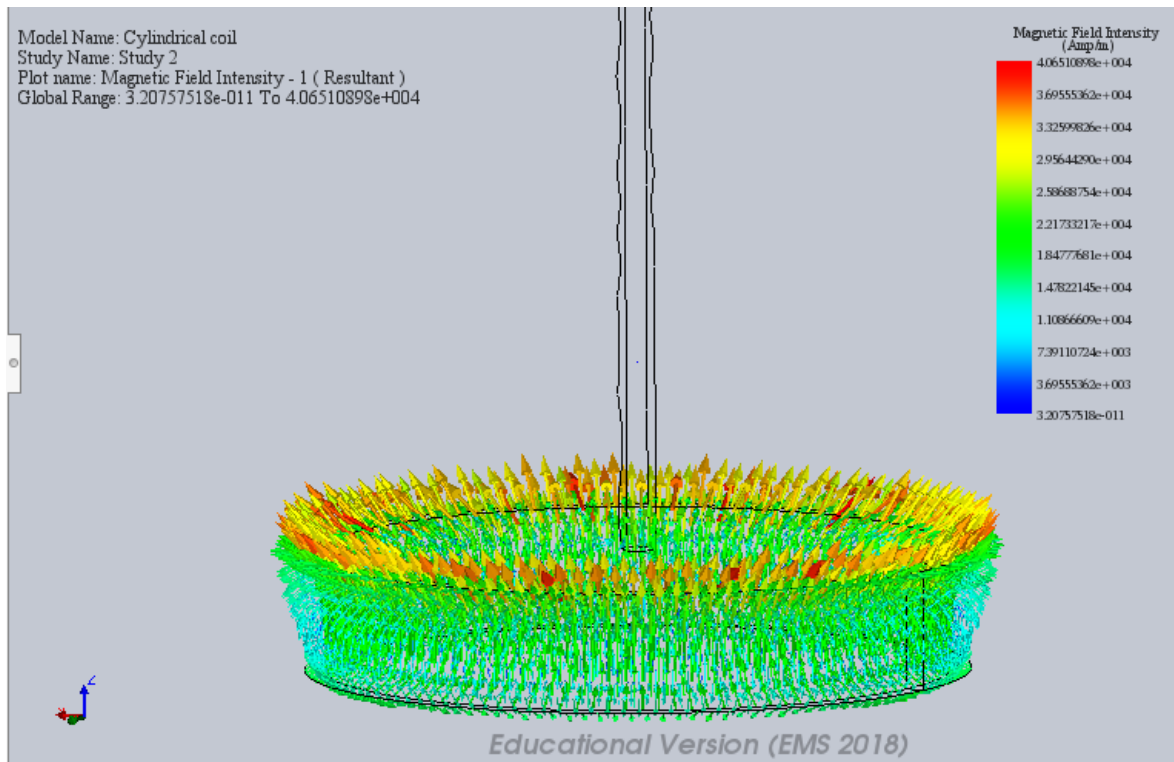


Figura 9.3 Intensitat de camp magnètic en la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]

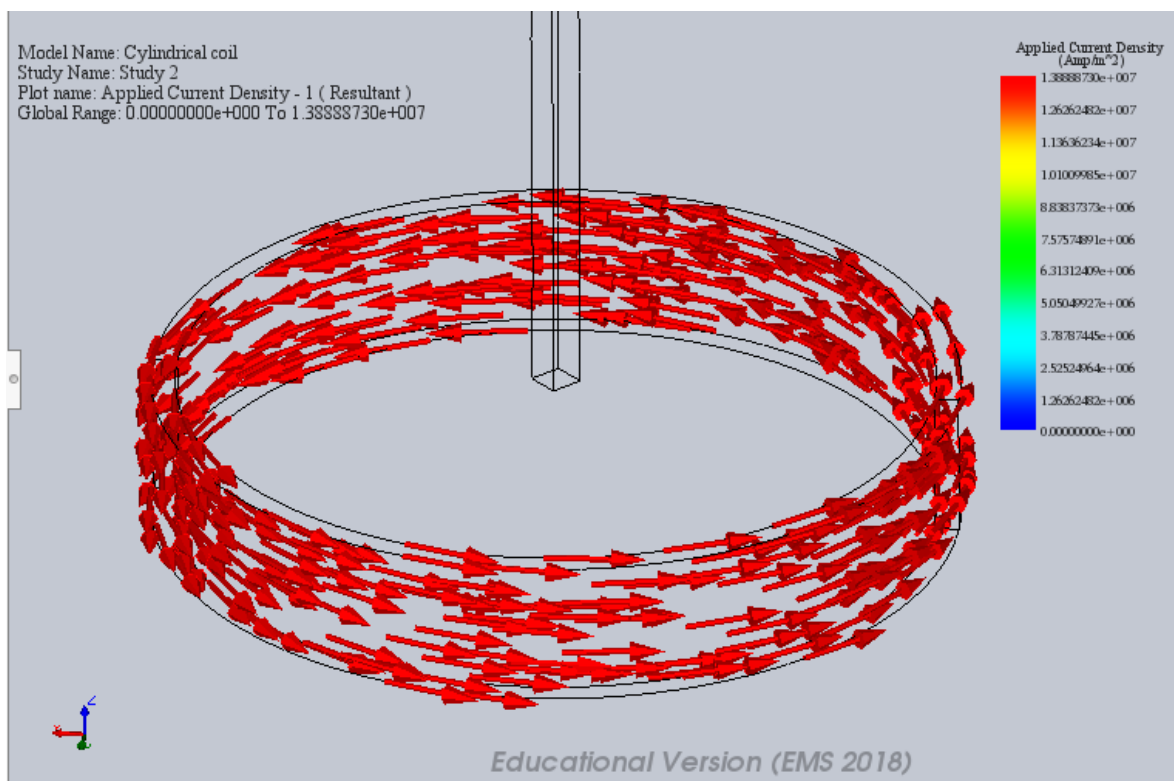


Figura 9.4 Densitat del corrent en la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]

9.1.2. Simulació amb la bobina petita d'una espira

Utilitzarem la mateixa metodologia en el cas del solenoide d'una sola espira.

- Material: Coure
- Intensitat: 250 A
- Nombre d'espines o voltes: 1

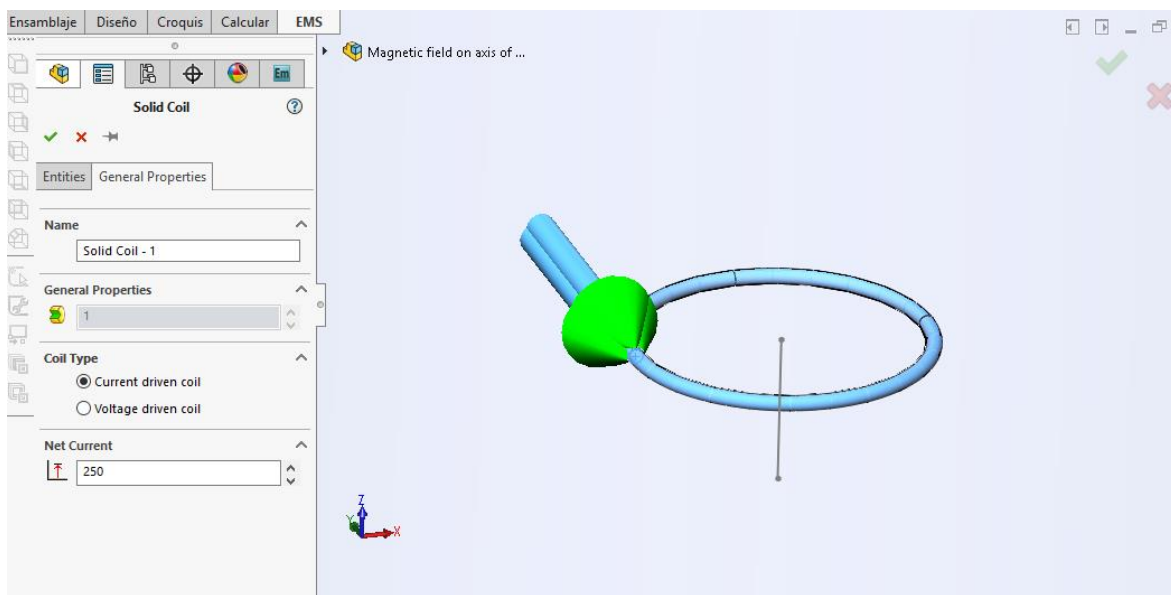


Figura 9.5 Introducció de paràmetres de la simulació amb el solenoide d'una espira
[Elaboració pròpia]

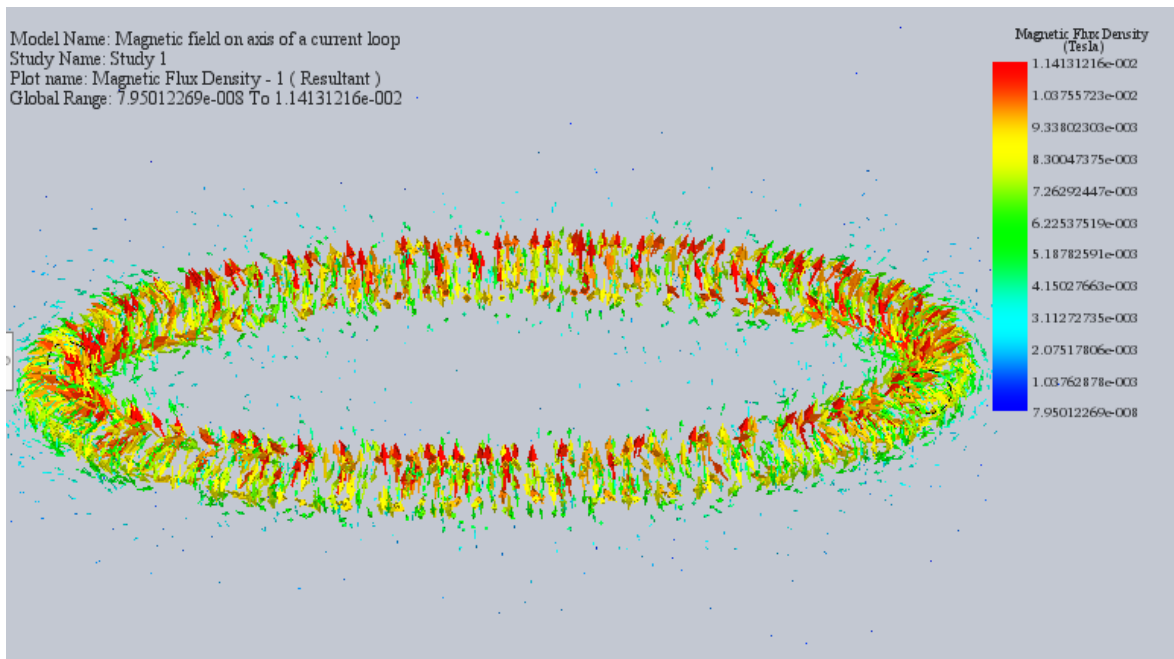


Figura 9.6 Densitat de flux magnètic en el solenoide d'una espira [Elaboració pròpia]

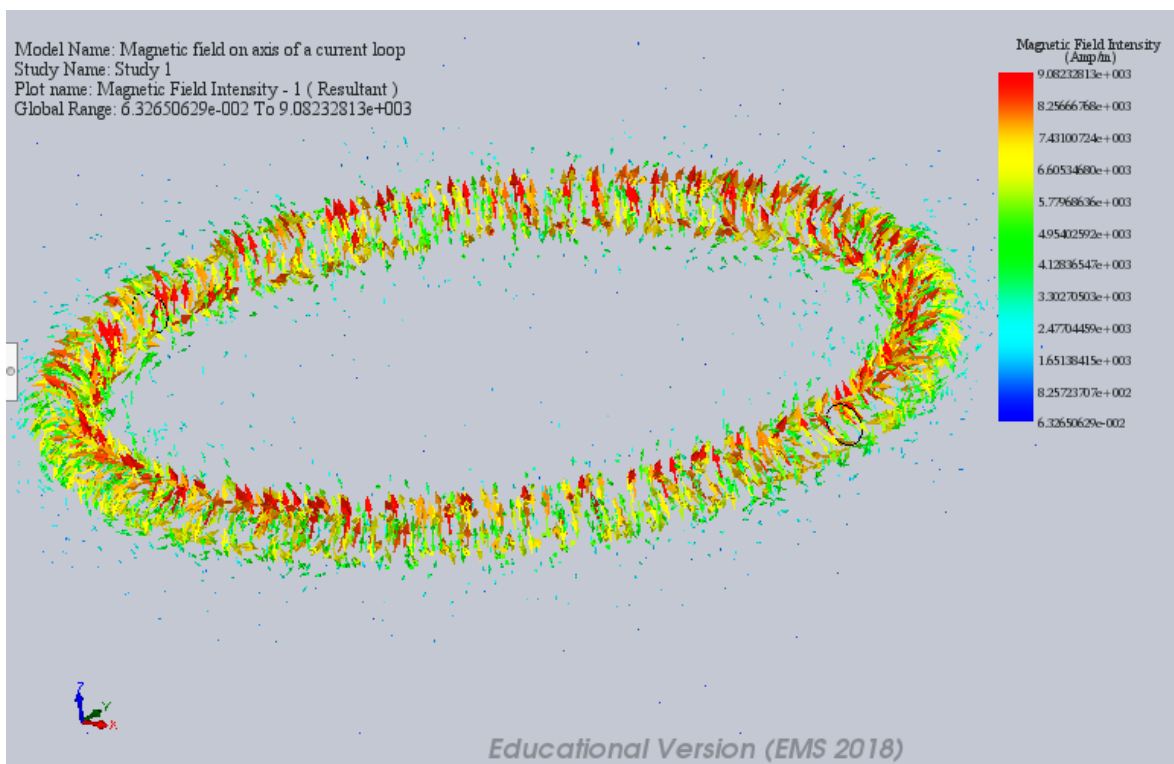


Figura 9.7 Intensitat de camp magnètic produït per el solenoide d'una espira [Elaboració pròpia]

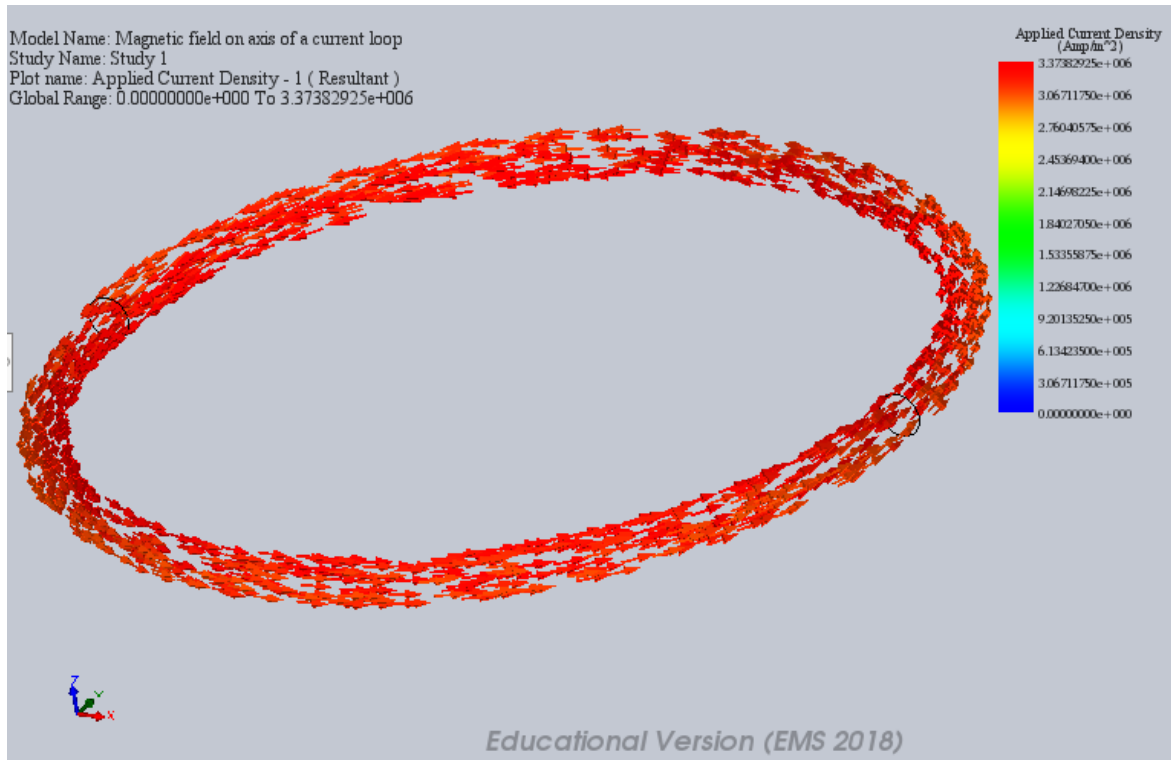


Figura 9.8 Densitat de corrent en el solenoide d'una espira [Elaboració pròpia]

9.2. Càlculs i resultats teòrics.

9.2.1. Disc de Faraday com a generador

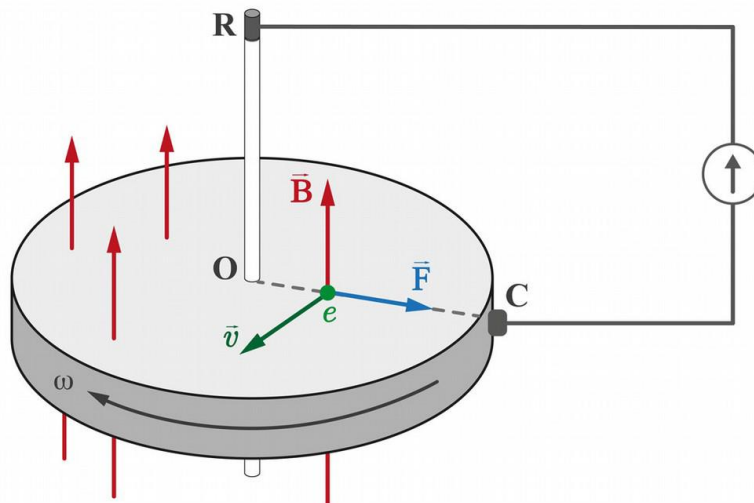


Figura 9.9 Disc de Faraday com a generador

Agafant el sistema de referència Σ del laboratori on l'imant es troba en repòs, un observador situat en Σ observa un camp magnètic homogeni i uniforme, i per tant per aquest observador el terme $\partial \vec{B} / \partial t = 0$. Segons aquesta condició del flux d'enllaç no hauria de generar-se cap força electromotriu induïda, tot i així, aplicant la condició del flux tallant, sí que es produeix una força electromotriu en el circuit OCR.

Aplicant la condició de flux tallant al circuit OCR, on s'estableix un contacte metàl·lic entre C i R a partir d'unes escombretes i un conductor. El circuit es tanca entre O i C pel moviment de les càrregues del disc conductor, que estan sotmeses a la força de Lorentz.

Un efecte de polarització actua sobre el disc conductor, on segons el sentit atribuït a la rotació del disc, la força de Lorentz arrossega a les càrregues positives cap al centre del disc i envia les negatives cap a la perifèria. Tenint en compte que el moviment real és degut als electrons i aquests tenen càrrega negativa, el sentit de la força seguirà la direcció indicada en la figura 9.9.

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = -e\vec{v} \times \vec{B} \quad (9.1)$$

D'aquesta manera el disc polaritzat actua com un generador. Considerem un $d\vec{l}$ com a element diferencial de longitud de la distància CO.

$$\varepsilon = \oint_C (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \quad (9.2)$$

Observem que $\vec{v} \times \vec{B}$ està dirigit al llarg del $d\vec{l}$, que és en la direcció radial. Seguint el moviment de rotació de les càrregues, la velocitat augmenta amb el radi de gir, $v = \omega r$. D'aquesta manera es pot reescriure l'integral i determinar el seu valor.

$$\varepsilon_F = \int_0^R Bvdr = B\omega \int_0^R r dr = \frac{1}{2} B\omega R^2 \quad (9.3)$$

Tenint en compte el numero n de revolucions per segon, $\omega = 2\pi n$.

$$\varepsilon_F = \frac{1}{2} B(2\pi n)R^2 = nB(\pi R^2) = nBS = n\phi \quad (9.4)$$

On ϕ és el flux a circula a través de la superfície del disc de Faraday. Curiosament la llei establerta per Faraday no es compleix directament en el disc de Faraday.

Com s'ha pogut observar, un altre efecte succeeix quan l'imant gira solidàriament amb el disc a la mateixa velocitat de rotació. En aquest cas també es genera una força electromotriu, com si l'imant estigués en repòs.

9.2.2. Disc de faraday com motor

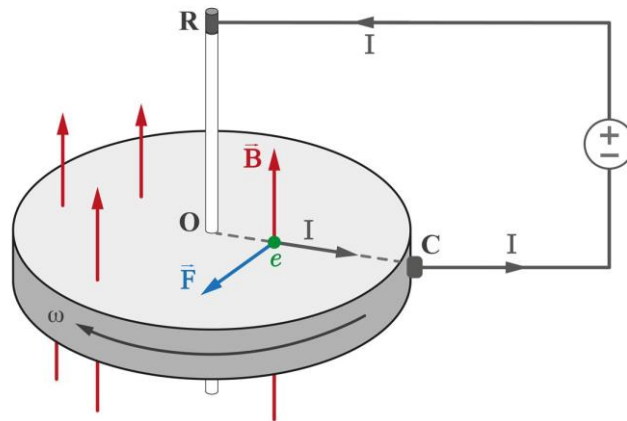


Figura 9.10 Disc de Faraday com a generador

$$d\vec{F} = dq\vec{v} \times \vec{B} = Idt\vec{v} \times \vec{B} = Id\vec{l} \times \vec{B} \quad (9.5)$$

Tenint en compte el sentit del corrent segons la figura 9.10 la força generada és perpendicular al radi i al sentit marcat a la figura, així doncs es pot integrar al llarg del camí OC.

$$F = \int_0^R IBdl = IBR \quad (9.6)$$

La força F generada, és la força total generada al llarg del radi R, la seva aplicació es troba en el centre de la distància OC, que és la meitat del radi.

El moment de gir o parell N.

$$N = Fd_R = IBR \left(\frac{R}{2}\right) = \frac{1}{2}IBR^2 \quad (9.7)$$

Velocitat angular de gir.

$$\left. \begin{array}{l} N = I_D \alpha \\ \alpha = \frac{\omega}{R} \\ I_D = \frac{1}{2} m R^2 \end{array} \right\} \rightarrow N = \frac{1}{2} m R \omega \quad (9.8)$$

Igualant els moments s'obté la velocitat angular de gir del disc de Faraday.

$$\omega = \frac{IBR}{m} \quad (9.9)$$

Si es té en compte la freqüència $\omega = 2\pi f$.

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{IRB}{m} \quad (9.10)$$

Hi ha un detall important a aclarir en aquest context, el radi del disc ha de ser el mateix que el radi de l'imant cilíndric.

Tenint en compte els dos experiments realitzats per Faraday en el seu disc i sobretot tenint en compte que el disc també gira quan l'imant es troba també girant solidàriament amb el disc. Es pot suposar que la condició de l'imant no afecta la rotació del sistema disc-imant. D'aquesta manera es pot substituir l'imant per un corrent que generi el mateix camp magnètic que l'imant al qual substitueix.

L'efecte de la rotació sobre el disc es genera un camí radial OC, i per tant és aquest segment lineal del disc la que exerceix el moment de rotació, podem així, substituir el disc per un conductor radial connectat en sèrie amb el solenoide. Simulant d'aquesta manera la rotació conjunta del disc i l'imant en l'experiment de Faraday, formant el conjunt una espira G.

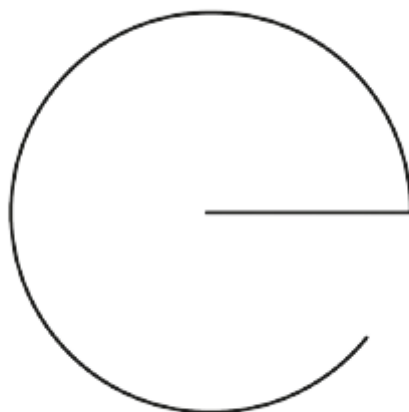


Figura 9.11 Espira G

9.2.3. Circuit G

Donat que la configuració de l'espira G és anàloga a la del disc de Faraday, es planteja el mateix tipus d'interacció del corrent amb el camp magnètic.

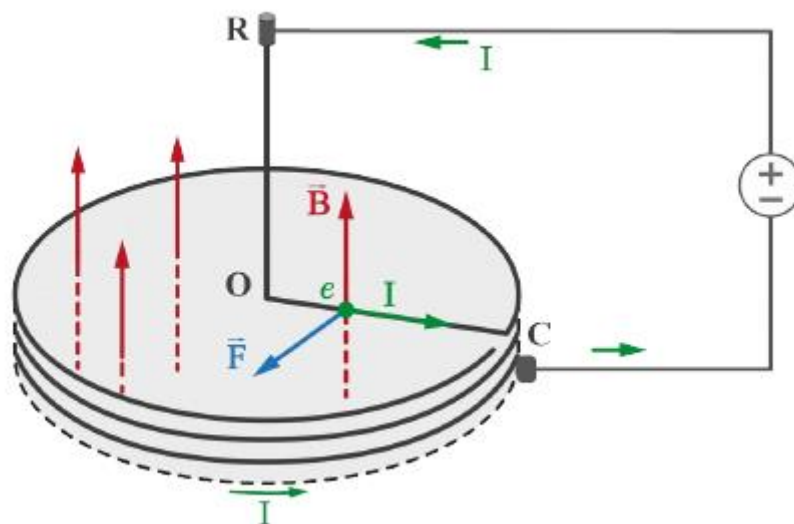


Figura 9.12 Circuit G

D'aquesta manera la força F que actua sobre el conductor OC , és la mateixa que la calculada pel disc de Faraday, i passarà el mateix pel moment N . En aquest cas el valor del camp magnètic serà produït per un solenoide o bobina amb una densitat d'espines n .

$$B = \mu_0 n I \quad (9.11)$$

Per determinar la velocitat angular de l'espira G primer s'ha de calcular el seu moment d'inèrcia I_G . Aquest està compost pel moment d'inèrcia del conductor radial OC que es considera que té una massa m_R .

$$I_G = I_B + I_R = m_B R^2 + \frac{1}{12} m_R R^2 = \left(m_B + \frac{1}{12} m_R \right) R^2 \quad (9.12)$$

Considerem doncs el conjunt de l'espira G com una massa composta m_G de valor:

$$m_G = \left(m_B + \frac{1}{12} m_R \right) \quad (9.13)$$

Així, finalment el valor del moment d'inèrcia de l'espira G serà:

$$I_G = m_G R^2 \quad (9.14)$$

Igualant l'equació dels moments tenim:

$$m_G R^2 \frac{\omega}{R} = \frac{1}{2} I B R^2 \quad (9.15)$$

Aplicant el valor del camp magnètic del solenoide s'obté la velocitat angular

$$\omega = \frac{1}{2} \frac{I B R^2}{m_G} = \frac{1}{2 m_G} I (\mu_0 n I) R = \frac{\mu_0 n}{2 m_G} R I^2 \quad (9.16)$$

La dependència de la velocitat angular amb el quadrat de la intensitat indica que l'espira G funcionarà igualment en corrent continua com amb corrent alterna. Com així ho demostren els experiments realitzats anteriorment.

La freqüència

$$f = \frac{\mu_0 n R I^2}{4\pi m_G} \quad (9.17)$$

9.3. Resultats experimentals.

S'han realitzat les experimentacions amb els diferents solenoides en dos assajos:

9.3.1. Experiment 1

En el primer experiment es va muntar tot el prototip i es va comprovar que no hi hagués cap fuga ni cap component que realitzés la seva funció malament, tal com es pot veure en la Fig.9.13.

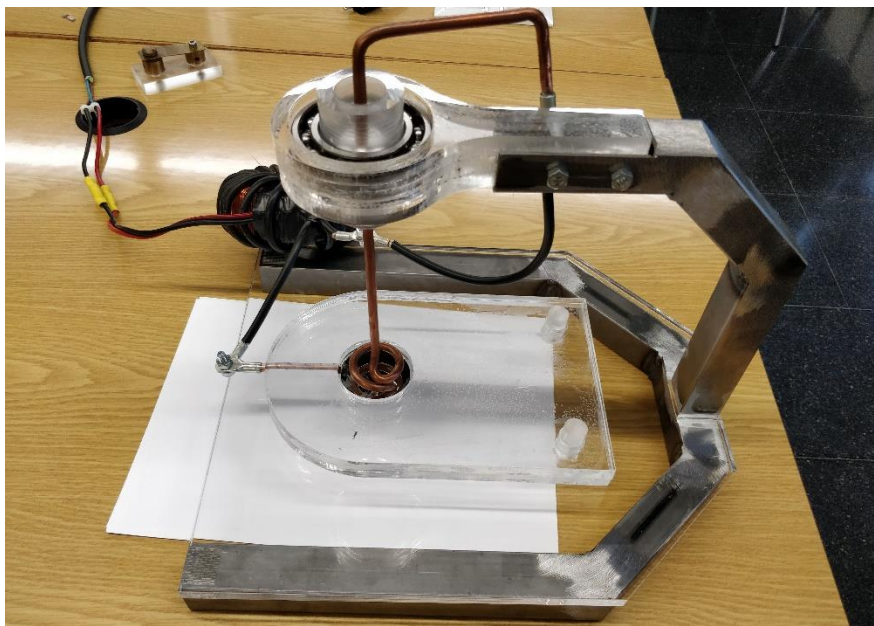


Figura 9.13 Comprovació inicial del prototip [Elaboració pròpia]

Un cop comprovat que no hi ha cap error de disseny aparent, es va dur a terme les connexions amb el transformador que anirà connectat a la font de corrent, en aquest cas, el corrent que circula per un endoll normal del laboratori.

En connectar-lo al corrent, l'espina amb el mercuri que hi ha a la proveta, va realitzar una espurna, la causa que produís aquesta espurna, va ser l'insuficient contacte de l'extrem inferior de la bobina amb el mercuri de la proveta. Un cop corregit aquest mal contacte es va tornar a endollar, però no hi va haver cap moviment resultant de l'espina.

Es van realitzar les diverses experimentacions amb les bobines més petites, com es pot veure en la Fig. 9.14 i Fig.9.15, però sense un resultat exitós.

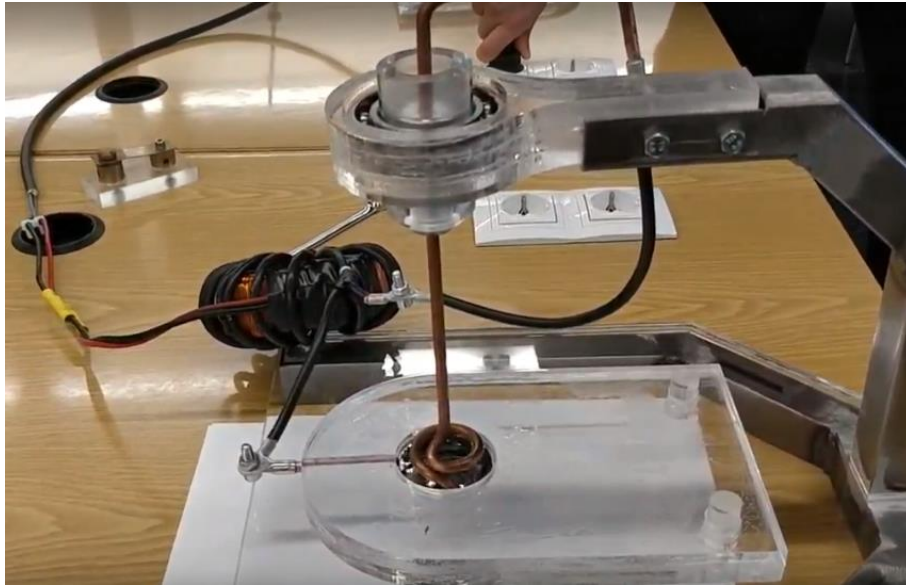


Figura 9.14 Experimentació amb la bobina d'una volta [Elaboració pròpia]

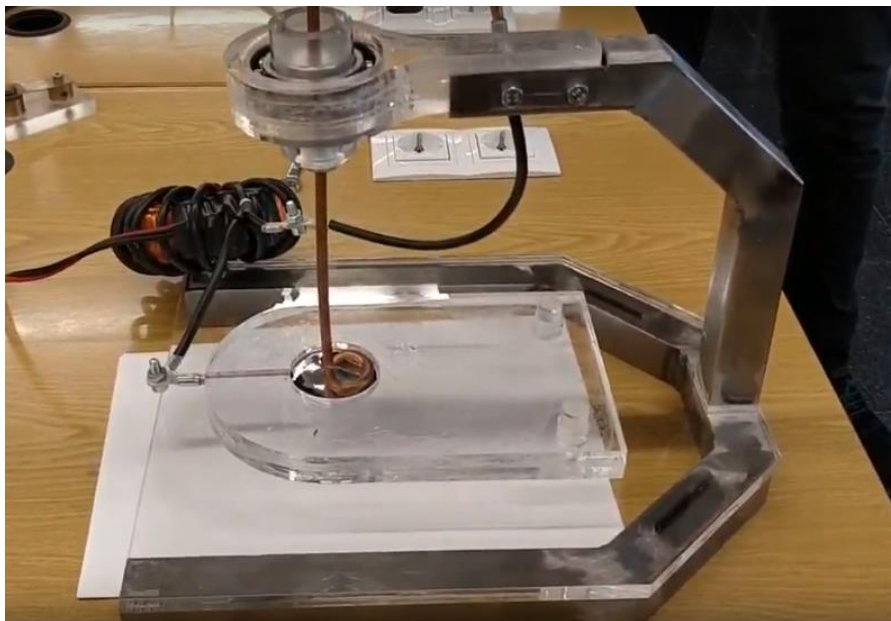


Figura 9.15 Experimentació amb la bobina de mitja volta [Elaboració pròpia]

9.3.2. Experiment 2

En l'anterior experiment es va intuir que el problema principal pel qual les bobines no giraven podia estar produït per una falta d'intensitat, per tant es va canviar la localització de l'experiment al laboratori de potència del TecnoCampus. Es va tornar a muntar tot el prototip però aquest cop es va començar l'experimentació amb la bobina gran de tres espires, ja que

al ser més gran, i per tant tenir més radi i un nombre més elevat d'espines genera més moment de gir amb menys intensitat.

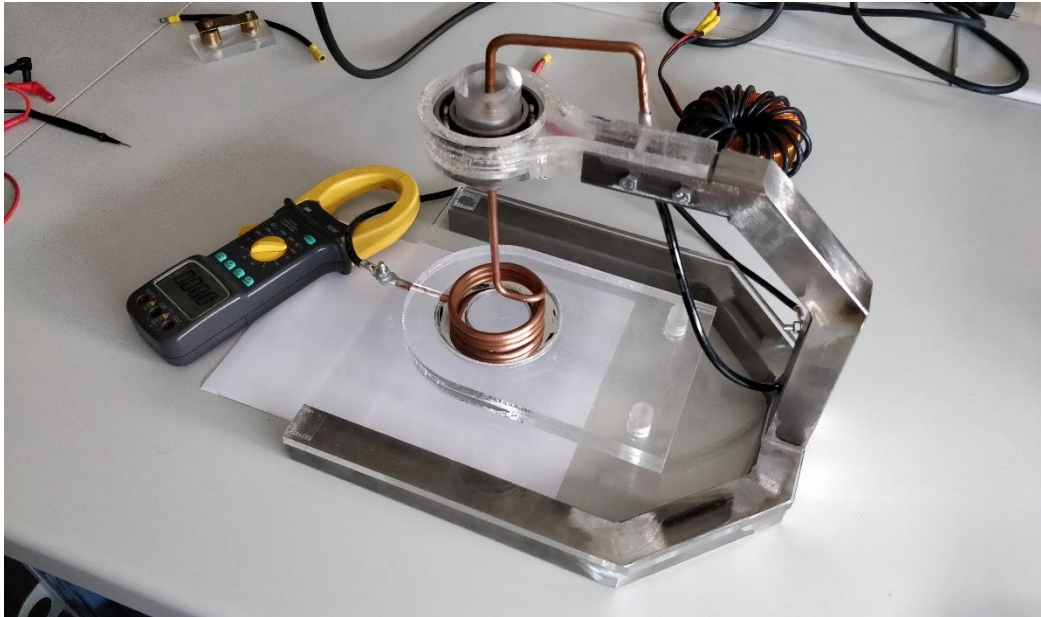


Figura 9.16 Experimentació amb la bobina gran de 3 voltes [Elaboració pròpia]

Amb aquesta experimentació s'ha pogut observar moviment de l'espina, en incrementar la intensitat fins a uns 250 A, el màxim que es podia arribar amb les connexions i la font que es disposaven. Tot i això aquest petit moviment de l'espina gran reafirma l'equació 9.16, ja que al ser més gran, i per tant tenir més radi genera més moment de gir amb menys intensitat.

Es van intentar realitzar les experimentacions amb les bobines petites, però en aquest cas no es va obtenir cap moviment pel fet esmentat amb anterioritat. Per tant com a conclusió final, es va concloure que el problema que les bobines no gressin com s'esperava era degut a la falta d'un fort corrent i per les pèrdues que hi havia en els contactes, que es mostraven en forma de calor.

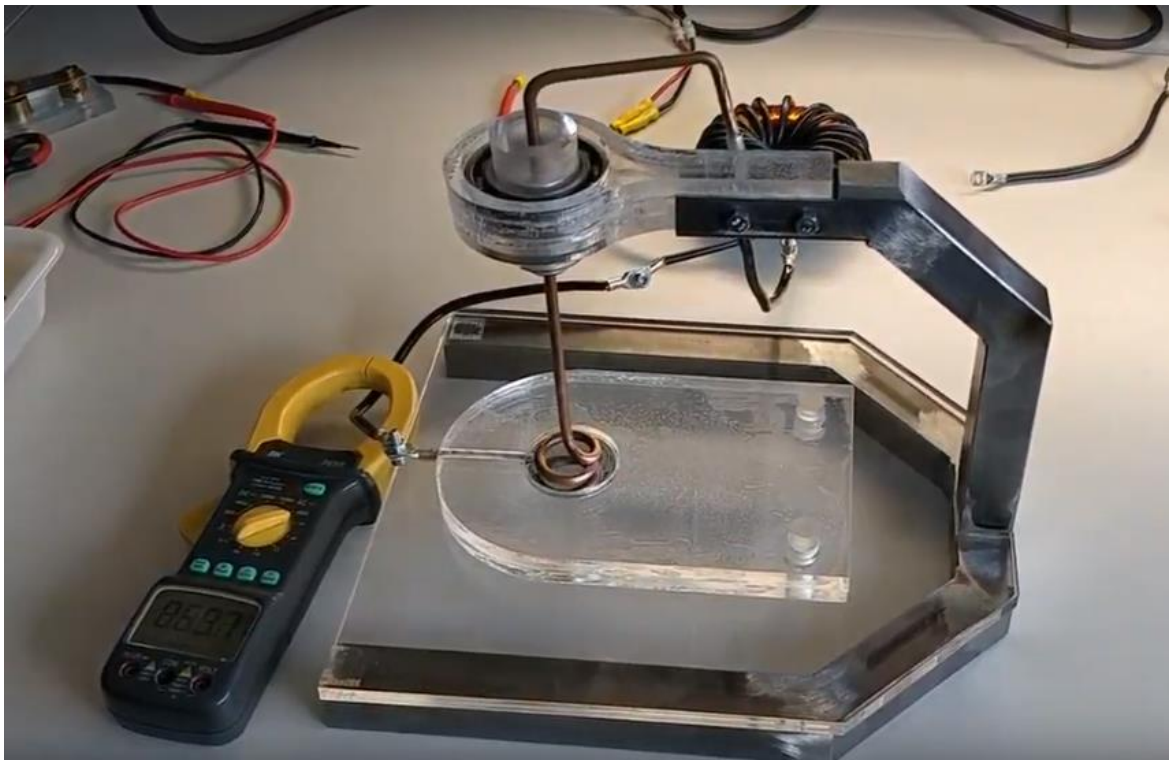


Figura 9.17 Segona experimentació amb la bobina d'una volta [Elaboració pròpia]

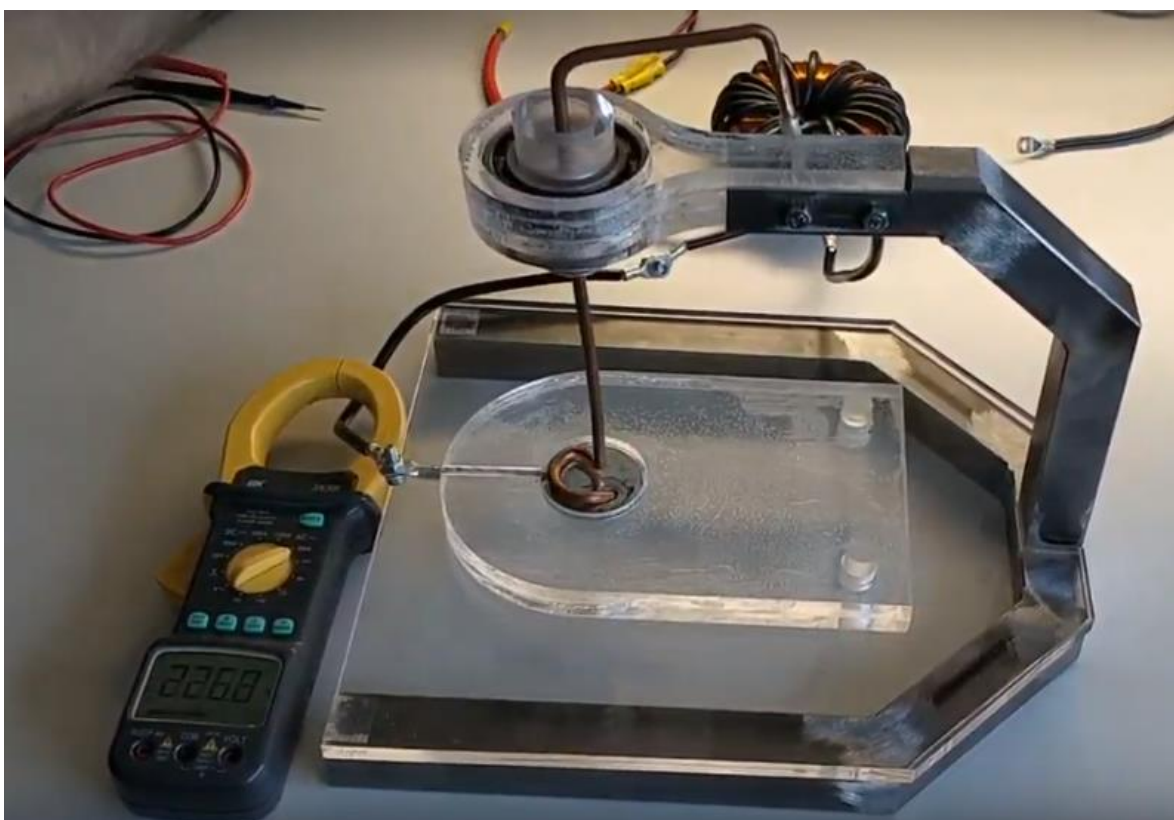


Figura 9.18 Segona experimentació amb la bobina de mitja volta [Elaboració pròpia]

9.4. Comparació de resultats.

9.4.1. Càlcul i comparació

Per tal de fer la comparació de resultats es calcularà la densitat de flux magnètic (B) i la intensitat de camp magnètic (H), que s'han pogut obtenir en les simulacions amb el programa EMS:

Bobina gran de 3 espines

Pel càlcul de la densitat de flux magnètic (B) utilitzarem 9.11 on $n = \frac{N}{L}$:

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{NA}^{-2} \cdot \frac{3}{0.200} \cdot 250 \text{ A} = 4,71 \cdot 10^{-3} \text{T}$$

I pel càlcul de la intensitat de camp magnètic (H):

$$H = \frac{NI}{L} \tag{9.18}$$

On L es la longitud de la bobina en metres.

Apliquem l'equació 9.18:

$$H = \frac{NI}{L} = \frac{3 \cdot 250}{0,200} = 3,750 \cdot 10^3 \text{ A/m}$$

Bobina petita d'una espira

Realitzarem els mateixos càlculs per la bobina d'una sola espira.

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{NA}^{-2} \cdot \frac{1}{0.200} \cdot 250 \text{ A} = 1,57 \cdot 10^{-3} \text{T}$$

$$H = \frac{NI}{L} = \frac{1 \cdot 250}{0,200} = 1,250 \cdot 10^3 \text{ A/m}$$

Un cop finalitzats els càlculs agafem la llegenda de les simulacions i fem la comparació dels valors.

Bobina gran de 3 espires

Valor teòric obtingut de la densitat de flux magnètic: $4,71 \cdot 10^{-3} T$

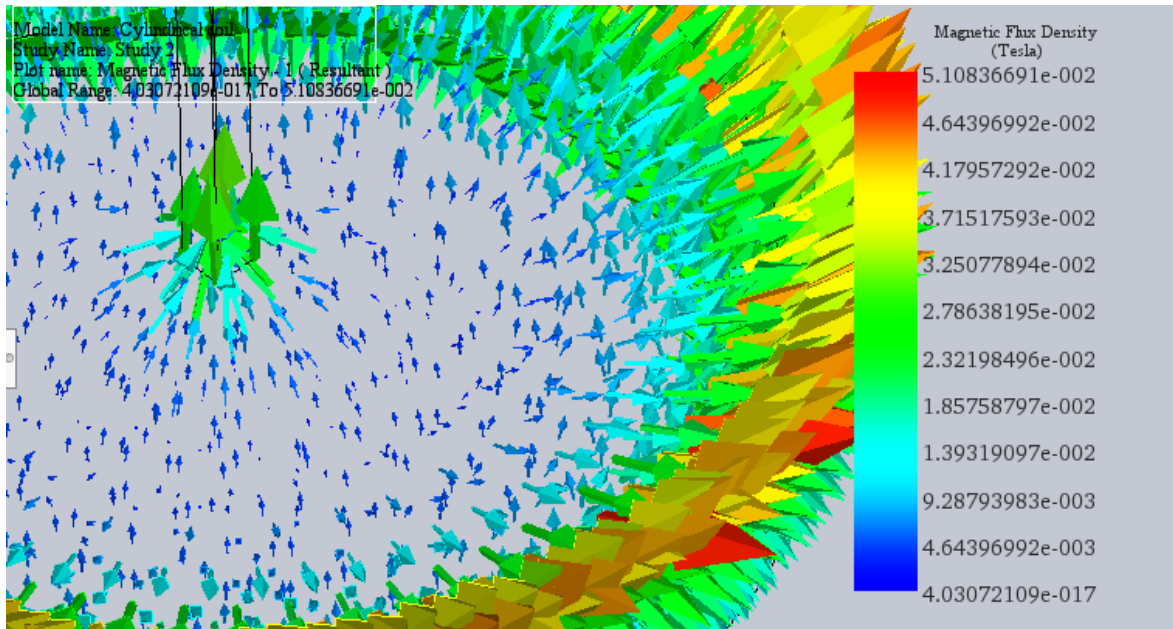


Figura 9.19 Comparació de la densitat de flux en la bobina gran de 3 voltes [Elaboració pròpia]

Valor teòric obtingut de la intensitat de camp magnètic: $3,750 \cdot 10^3 A/m$

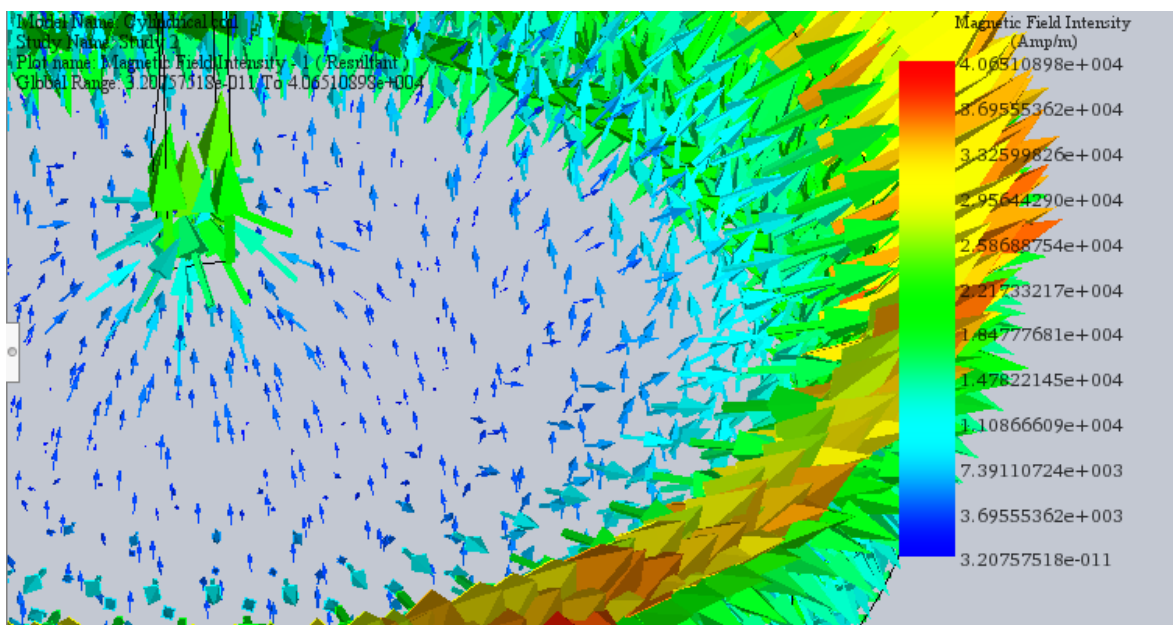


Figura 9.20 Comparació de la intensitat de camp en la bobina gran de 3 voltes [Elaboració pròpia]

Bobina petita de 1 espira

Valor teòric obtingut de la densitat de flux magnètic: $1,57 \cdot 10^{-3} T$

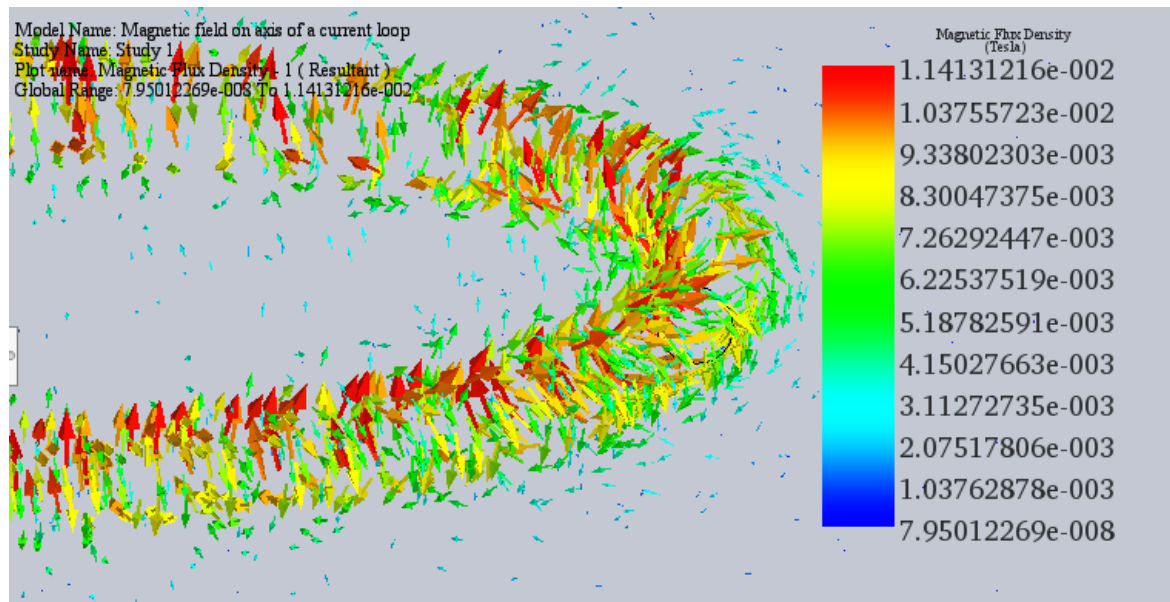


Figura 9.21 Comparació de la densitat de flux magnètic en la bobina d'una espira [Elaboració pròpia]

Valor teòric obtingut de la intensitat de camp magnètic: $1,250 \cdot 10^3 A/m$

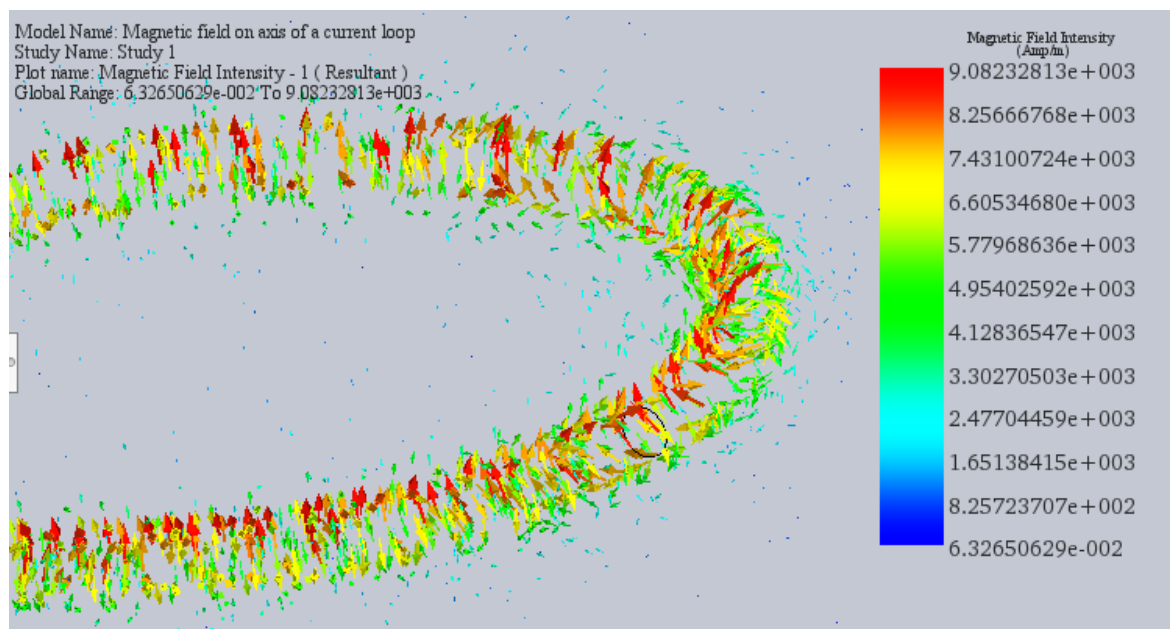


Figura 9.22 Comparació de la intensitat de camp en la bobina d'una espira [Elaboració pròpia]

Amb els resultats calculats teòricament i mirant les simulacions en l'apartat anterior es pot observar que els càlculs i les simulacions es mouen per rangs semblants de valors.

Per tant es pot concloure que la comparació d'aquests dos ha estat un èxit, ja que sovint els càlculs teòrics no solen coincidir amb les simulacions ni amb la realitat.

9.4.2. Resolució de les hipòtesis inicials

Un cop realitzades les comparacions, donarem resposta a les hipòtesis que es van plantejar inicialment.

Hipòtesis:

- Igual funcionament del prototip amb CA que amb CC.

Sí, ja que com s'ha explicat anteriorment la relació de la velocitat angular amb el quadrat de la intensitat, permet que el prototip funcioni tant amb CC com amb CA.

- Mateix sentit de gir amb CA que amb CC.

Sí, el fet que s'intercanviï el corrent de CC a CA, segons la llei de Lorentz s'invertiria el sentit del camp magnètic, però aquest seguiria donant el mateix sentit de gir com podem comprovar fàcilment amb la regla de la mà dreta.

- Major velocitat amb bobines més petites.

No, aquesta hipòtesi queda desmentida tant teòricament com experimentalment, ja que les dimensions de la bobina gran ajuden al fet que es produeixi més velocitat angular que en les bobines petites com podem veure en l'equació 9.16, i en el cas experimental la bobina gran de 3 espiras va ser l'única que amb un corrent de 250 ampers es va moure.

- Major velocitat amb bobines amb menys espiras.

Depèn, tot i que una bobina amb més espiras tindrà més pes, comptar amb més espiras ajuda que aquesta giri més ràpid, sempre que el filament no sigui molt gruixut i augmenti molt el pes, ja que la massa de la bobina és inversament proporcional a la velocitat angular, tal i com es pot observar a l'equació 9.16.

- Afectació o variació del camp magnètic causat per l'estructura d'acer del prototip.

En les experimentacions amb el prototip s'ha observat que l'estructura no genera cap reacció en el camp magnètic creat per les bobines. Per tant es conclou que aquesta no genera cap afectació o variació.

- Mateixos resultats teòrics que experimentals.

Com es pot observar en els apartats anteriors els valors calculats no disten molt dels valors obtinguts per les simulacions, per tant podem dir que encara que no siguin exactament iguals no disten molt.

- Increment proporcional de la velocitat de gir amb un increment de la intensitat de corrent.

Degut a la impossibilitat d'augmentar el corrent més enllà de 250 ampers, no s'ha pogut fer un estudi experimental sobre l'increment de la velocitat de gir amb un increment del corrent.

10. Procés de fabricació.

Per a l'elaboració del prototip d'aquest projecte, s'han seguit una sèrie de passos o fases per tal de produir les parts que muntaran la màquina. Per tal de processar les peces de la forma correcta, i per tal que tot el conjunt encaixi a la perfecció, es faran ús dels respectius plànols creats amb SolidWorks, i que s'adjunten a la documentació d'aquest projecte.

Com s'ha esmentat amb anterioritat l'estructura principal estarà feta d'acer, les parts d'aquesta estructura seran tallades mitjançant una serra per tallar perfils d'acer, segons la mida requerida i s'hi foradaran dos forats passants per tal que aquests permetin passar uns cargols que suportaran el suport de la cassoleta de mercuri. Els talls dels perfils d'acer es muntaran i se soldaran, formant primerament dos subconjunts separats, un subconjunt serà l'estructura de la base (veure Fig. 10.1), que atorgarà estabilitat a tot el prototip, i la segona serà l'estructura vertical (veure Fig.10.2), que permetrà aconseguir una certa alçada per tal de col·locar les bobines de forma vertical, per tal que aquesta pugui girar en l'eix Y.

La soldadura que es farà servir, serà una soldadura fina, realitzada fent servir la tècnica del puntejat per tal de no deformar el perfil d'acer o foradar-lo. Un cop realitzades les soldadures es llimaran per tal de donar un acabat més acurat.

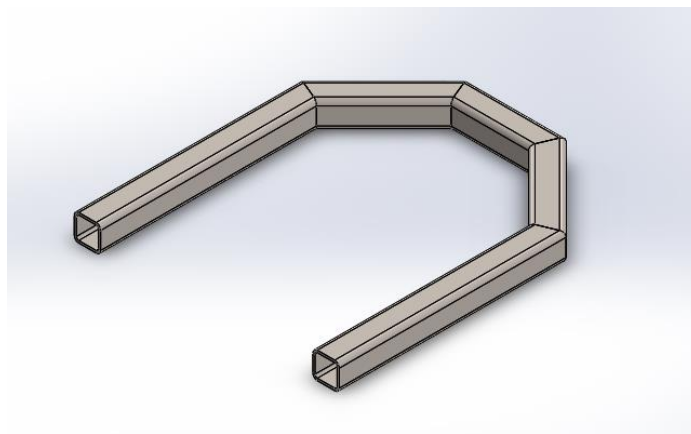


Figura 10.1 Estructura base [Elaboració pròpia]

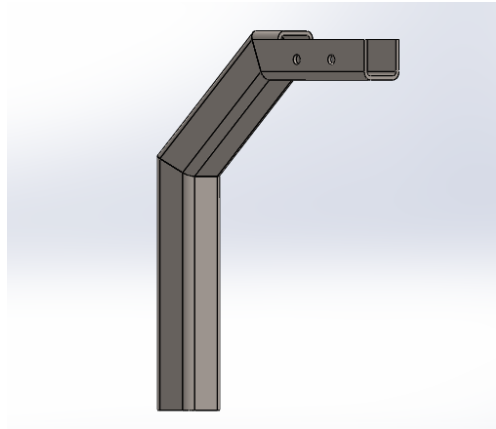


Figura 10.2 Estructura vertical [Elaboració pròpia]

Un cop realitzada l'estructura principal d'acer (Fig.10.3), es començaran a fabricar les diferents peces de metacrilat. La major part de les peces de metacrilat seran tallades, mitjançant una talladora làser, segons els plànols realitzats exclusivament pel tall d'aquestes. Donat que el metacrilat es un material bastant car, es dissenyarà una plantilla per tal d'aprofitar al màxim la planxa de 720 x 460 mm, podem veure aquesta plantilla a l'Annex XI. Un cop tallades aquestes peces s'uniran si fos cas que estiguessin dissenyades per unir-se.

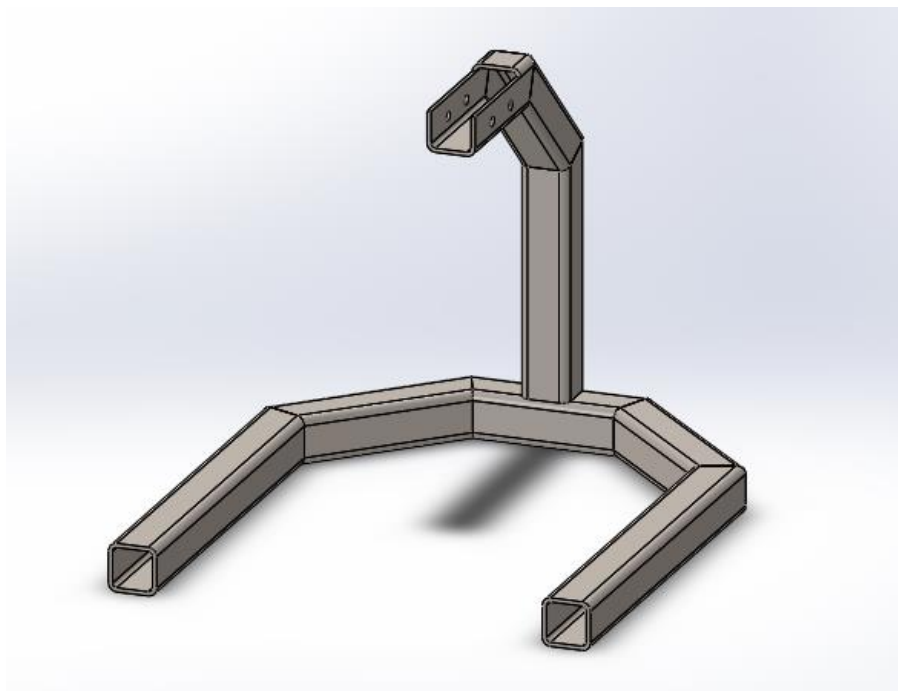


Figura 10.3 Estructura principal d'acer [Elaboració pròpia]

Per la fabricació de la cassoleta porta mercuri, es farà ús del torn que es disposa a la universitat, aquesta peça serà mecanitzada amb les seves respectives operacions, com poden ser el xamfrà que permet introduir amb més facilitat la cassoleta de mercuri dintre del rodament, o els diferents forats, que permeten introduir el mercuri dins de la cassoleta o la introducció de la reguarda de vitón. Totes aquestes operacions estan desglossades i perfectament explicades en el full de fase que s'adjunta a l'Annex IV.

Pel que fa a les bobines, aquestes es fabricaran manualment escalfant el filament de coure per una major facilitat a l'hora de corbar-lo i enrotllar-lo en el cilindre amb la mida desitjada per fabricar les diverses bobines.

Un cop estiguin totes les peces i els subconjunts degudament realitzats, es procedirà al muntatge general del prototip i la seva posada a punt, per tal que es puguin realitzar les diferents experimentacions.

11. Planificació.

Aquest projecte anirà seguint una planificació detallada, per tal de controlar amb més exactitud totes les tasques necessàries, i l'assignació dels recursos per l'elaboració del projecte.

Com a eina de planificació es farà servir MS Project. Aquest ens permetrà realitzar una planificació amb més facilitat que amb altres programes, aplicar una àmplia varietat d'opcions i extreure'n una gran quantitat d'informació.

Donat que aquest projecte només l'elabora una persona, i per no aplicar un cost per hora igual a tots els recursos. S'ha pensat a distribuir la feina del projecte segons tres recursos: operari, tècnic i cap de projecte. D'aquesta manera es pot assignar diferents costos per hora, depenent de les tasques que duguin a terme aquests recursos.

Pel que fa a les tasques, la major part del temps d'aquest projecte s'ha destinat a la recerca d'informació i desenvolupament del prototip. Altres tasques que també han ocupat molt de temps han sigut tant el procés de fabricació com la simulació amb el programa EMS.

A continuació es mostra la taula amb les diferents tasques que es duran a terme per la realització d'aquests projecte, els recursos necessaris i el cost de cadascuna de les tasques.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	Costo
Valoració de la proposta del TFG	2 días	lun 22/10/18	mar 23/10/18		Cap de projecte	160,00 €
Revisió del TFG anterior	3 días	mié 24/10/18	vie 26/10/18	1	Cap de projecte	240,00 €
Brainstorming	2 días	lun 29/10/18	mar 30/10/18	2	Cap de projecte	160,00 €

Planificació del projecte	5 días	mié 07/11/18	mar 13/11/18	3	Cap de projecte	400,00 €
Objectius I especificacions tècniques	5 días	mié 31/10/18	mar 06/11/18	3	Tècnic	350,00 €
Realització de possibles dissenys en 3D	10 días	mié 07/11/18	mar 20/11/18	5	Tècnic	700,00 €
Comprovació de la viabilitat dels dissenys	10 días	mié 21/11/18	mar 04/12/18	6	Tècnic	700,00 €
Elecció de la solució entre les alternatives	7,5 días	mié 05/12/18	vie 14/12/18	7	Tècnic	525,00 €
Comprovació de la viabilitat de la solució	4 días	vie 14/12/18	jue 20/12/18	8	Tècnic	280,00 €
Obtenció del programa EMS	5 días	mié 31/10/18	mar 06/11/18	3	Cap de projecte	400,00 €
Simulació ambg el programa EMS	20 días	lun 26/11/18	lun 24/12/18	10	Operari	1.000,00 €
Recerca d'informació I antecedents	12,5 días	mié 31/10/18	vie 16/11/18	3	Operari	625,00 €

Elaboració de l'Abast I l'Objecte del projecte	3 días	vie 01/02/19	vie 15/03/19	3	Tècnic	210,00 €
Estudi de prototips actuals	6 días	vie 16/11/18	lun 26/11/18	3	Operari	300,00 €
Redacció dels objectius I especificacions tècniques finals	7 días	jue 20/12/18	lun 31/12/18	9	Tècnic	490,00 €
Desenvolupament de la solució	15 días	lun 31/12/18	lun 21/01/19	15	Tècnic	1.050,00 €
Elaboració de l'Avantprojecte	9 días	lun 21/01/19	vie 01/02/19	16	Tècnic	630,00 €
Entrega de l'Avantprojecte	0,5 días	vie 01/02/19	vie 01/02/19	17	Cap de projecte	40,00 €
Correcció dels errors de l'Avantprojecte	1 día	lun 04/02/19	lun 04/02/19	18	Cap de projecte	80,00 €
Elaboració dels plànols	7,5 días	mar 05/02/19	jue 14/02/19	19	Tècnic	525,00 €
Comanda de material	1 día	jue 14/02/19	vie 15/02/19	20	Operari	50,00 €
Estudi econòmic	17,5 días	vie 15/02/19	mié 22/05/19	21	Tècnic	1.225,00 €

Procés de fabricació	10 días	vie 15/02/19	vie 01/03/19	21	Operari	500,00 €
Elaboració de la memòria intermèdia	10 días	vie 01/03/19	vie 15/03/19	23	Tècnic	700,00 €
Entrega de la memòria intermèdia	0,5 días	vie 15/03/19	vie 15/03/19	24	Cap de projecte	40,00 €
Càlculs i resultats teòrics	20 días	lun 18/03/19	vie 12/04/19	25	Tècnic	1.400,00 €
Resultats experimentals	15 días	lun 18/03/19	vie 05/04/19	25	Operari	750,00 €
Comparació de resultats	7 días	lun 15/04/19	mar 23/04/19	26;27	Tècnic	490,00 €
Conclusions	3 días	mié 24/04/19	vie 26/04/19	28	Cap de projecte	240,00 €
Elaboració de la memòria final	13,5 días	lun 29/04/19	jue 16/05/19	29	Tècnic	945,00 €
Revisió en detall del projecte	2 días	jue 16/05/19	lun 20/05/19	30	Cap de projecte	160,00 €
Entrega memòria final	0,5 días	lun 20/05/19	lun 20/05/19	31	Cap de projecte	40,00 €
Presentació final TFG	5 días	mar 21/05/19	lun 27/05/19	32	Cap de projecte	400,00 €

Taula 11.1 Tasques de la planificació [Elaboració pròpia]

Podem observar les tasques crítiques marcades en groc, així com la seva durada en dies, la data de inici i finalització i les relacions de predecessors de les tasques

S'ha realitzat la planificació en dies, però tenint en compte que la mitjana d'hores diàries que es realitzen des de que comença el projecte fins a la seva finalització es de dues hores per dia.

12. Conclusions.

Com a conclusions finals, aquest projecte ha aconseguit complir quasi tots els objectius establerts a l'inici, mantenint també les especificacions tècniques establertes i posant solució a les hipòtesis inicials. L'elaboració del prototip ha resultat exitosa, ja que en si mateix no s'ha trobat una errada gran de disseny, l'únic però ha estat a l'hora de l'experimentació, se sabia per avançat que el filament de coure al ser tan gruixut pogués crear dificultats al girar, però no es va tenir en compte que necessites una intensitat de corrent tan alta que sobrepasse les fonts que teníem disponibles pel seu funcionament. A més a més aquest projecte compte amb les simulacions realitzades amb el programa EMS que permeten entendre el fenomen de l'electromagnetisme d'una manera molt més visual.

Pel que fa a l'execució d'aquest projecte de manera econòmica, no és viable econòmicament, ja que és necessària una forta inversió en maquinària i software molt cars, que difícilment donarien una alta rendibilitat, l'única manera que resultés viable seria que ja és disposés d'aquesta maquinària i software com podrien ser fabricants de material de laboratori, que podrien introduir aquest producte en packs de material de laboratori. Però tot i això la baixa demanda d'aquest dispositiu podria fer que fos descatalogat ràpidament.

Per últim aquest treball és molt innovador, ja que s'han realitzat molt poques experimentacions d'aquest tipus, i permetrà obrir nous camps en la investigació de l'electromagnetisme.

Personalment aquest projecte en tenir un fort caràcter experimental, s'han tingut que sobrepassar dificultats tant a l'hora de crear el prototip que compleixi amb tots els objectius, com a l'hora de l'experimentació amb el mateix, ja que en aquest cas alguns errors no es podien resoldre fins a provar-lo físicament. Per altra banda en la realització de les simulacions, les dificultats que han sorgit, han estat inicialment la dificultat d'obtenció del programa i la posterior simulació amb ell, ja que és un programa molt poc utilitzat i per tant hi ha molt poca informació o experimentacions prèvies amb ell.

13. Referències.

- [1] Lloveras, P. Física 2: Fonaments de l'electromagnetisme. Disponible a: <https://gcm.upc.edu/en/members/Pol%20Lloveras/FISICA2Tema4.pdf> (Desembre, 2019)[online]
- [2] Cerezo, S. Electromagnetisme. Disponible a: https://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/0801_IEA/IEA_0801_M10/web/html/media/fp_iea_m10_u2_pdfindex.pdf (Gener, 2019)[online]
- [3] Guasch, M., Borrego, M. Jordans, A. (2009). McGrawHill Electrotècnia. Disponible a: www.mhe.es/batxillerat/tecnologia-industrial (Gener, 2019)
- [4] Campo magnético. (sense data). Lloc de publicació: Wikipedia. Disponible a: https://es.wikipedia.org/wiki/Campo_magn%C3%A9tico#Historia (Gener, 2019) [online]
- [5] Ley de Ampere. (sense data). Lloc de publicació: Wikipedia. Disponible a: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Amp%C3%A8re (Gener, 2019) [online]
- [6] André-Marie Ampère. (sense data). Lloc de publicació: Wikipedia. Disponible a: https://es.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Marie_Amp%C3%A8re (Gener, 2019) [online]
- [7] Guasch, M., Borrego, M. Jordans, A. (2009). McGrawHill Electrotècnia. Disponible a: www.mhe.es/batxillerat/tecnologia-industrial (Gener, 2019)
- [8] Resonancia magnética. (sense data). Lloc de publicació: Wikipedia. Disponible a: https://ca.wikipedia.org/wiki/Resson%C3%A0ncia_magn%C3%A8tica_nuclear#Esp%C3%ADn_nuclear_i_magnetisme (Gener, 2019) [online]
- [9] Mercurio (Elemento). (sense data). Lloc de publicació: Wikipedia. Disponible a: [https://es.wikipedia.org/wiki/Mercurio_\(elemento\)#Historia](https://es.wikipedia.org/wiki/Mercurio_(elemento)#Historia) (Gener, 2019) [online]
- [10] Motor Homopolar. (sense data). Lloc de la publicació: Wikipedia. Disponible a: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Homopolar (Gener, 2019) [online]

- [11] Maquituls. (sense data). Torn de metall. Disponible a: https://www.maquituls.es/torno-metal/2793-torno-de-sobremesa-optimum-tu-2004v.html?gclid=EAiaIQobChMI_pOcx8Ci4AIVCzPTCh1dxQ0jEAQYAyABEgLRvPD_BwE (Gener, 2019) [online]
- [12] ManoMano. (sense data). Serra de metall. Disponible a: https://www.manomano.es/sierras-de-cinta-2198?model_id=3573830&g=1&referer_id=537135&ach=45568&achsqr=c4a77&gclid=EAiaIQobChMI2IKe8sCi4AIV8DLTCh1xBgmLEAQYAiABEgKwB_D_BwE (Gener, 2019) [online]
- [13] Digi Key Electronics. (sense data). Fresadora de control numèric. Disponible a: https://www.digikey.es/product-detail/es/bantam-tools/OM1004/1932-1001-ND/8567175?utm_adgroup=Prototyping&mkwid=s&pclid=278489889541&pkw=&pmt=&pdv=c&productid=8567175&slid=&gclid=EAiaIQobChMIo_HAicCi4AIVBofVCh3NgQY7EAQYASABEgI9xfD_BwE (Gener, 2019) [online]
- [14] Planeta Huerto. (sense data). Soldador. Disponible a: https://www.planetahuerto.es/venta-soldador-mig-200-multi-stayer_16893?gclid=EAiaIQobChMImN6owMi4AIV2vZRCh2xeAr3EAQYAiABEg_Lq8PD_BwE (Gener, 2019) [online]
- [15] Amazon.ES. (sense data). Talladora làser. Disponible a: https://www.amazon.es/Orange-A-M%C3%A1quina-Grabado-Engraving-Pantalla/dp/B06XK5FTF5/ref=asc_df_B06XK5FTF5/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=310890152041&hvpos=1o5&hvnetw=g&hvrnd=1501944843248935566&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=20270&hvtargid=aud-545688152365:pla-587272644426&psc=1 (Gener, 2019) [online]
- [16] CIMWORKS. (sense data). SolidWorks. Disponible a: <https://www.cimworks.es/precios-solidworks/> (Gener, 2019) [online]
- [17] DASSAULT SYSTEMES. (sense data). Catia Disponible a: <https://www.3ds.com/products-services/catia/> (Gener, 2019) [online]

- [18] EMWORKS. (sense data). EMS . Disponible a: <https://www.emworks.com/product/ems> (Gener, 2019) [online]
- [19] Leroy Merlin. Perfil d'acer de 30x30 mm.
- [20] MuchoPlastico. (sense data). Planxa de metacrilat. Disponible a: <https://www.muchoplastico.com/es/planchas/8-planxa-de-metacrilatoplexiglas-incoloro.html> (Gener, 2019) [online]
- [21] RS Componentes.(sense data). Rodament de boles. Disponible a: <https://es.rs-online.com/web/p/rodamientos-de-bola/4090265/> (Gener, 2019) [online]
- [22] Recambios Torras. (sense data). Reguarda de vitón. Disponible a: <https://www.suministrostorras.com/productos/16x22x4-reten-viton-40028.html> (Gener, 2019) [online]
- [23] MuchoPlastico. (sense data). Cilindre de metacrilat. Disponible a: <https://www.muchoplastico.com/es/73-tubos-y-barras> (Gener, 2019) [online]
- [24] Planeta huerto (sense data). Filament de coure de 6 mm. Disponible a: <https://www.planetahuerto.es/cesta/paso1> (Maig, 2019) [online]
- [25] RS Componentes. (sense data). Connexions i terminals. Disponible a: <https://es.rs-online.com/web/p/punteras-huecas-de-crimpado/1849676/> (Gener, 2019) [online]
- [26] Automatec. (sense data). Disponible a: <http://www.automatecsistemas.com/Descargas/Metacrilato.pdf> (Gener, 2019) [online]
- [27] Polimetilmetacrilato. (sense data). Lloc de publicació: Wikipedia. Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Polimetilmetacrilato> (Gener, 2019) [online]
- [28] Erica. (sense data). Vitón. Disponible a: <http://www.ERICA.es/web/viton/> (Gener, 2019) [online]
- [29] Guia de la indústria. (sense data) Disponible a: <http://www.guiadelaindustria.com/producto/retenes-de-viton-argensold/3755/1030> (Gener, 2019) [online]



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Enginyeria Mecànica

MILLORA D'UN MOTOR D'INÈRCIA ELECTRODINÀMICA

Plànols

SERGIO PÉREZ SAL

PONENT: CARLES PAUL RECARENS

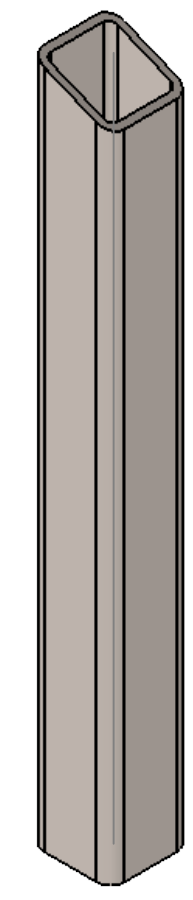
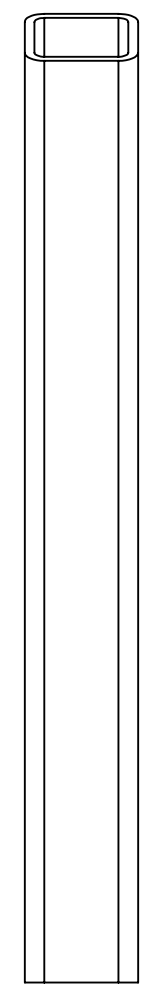
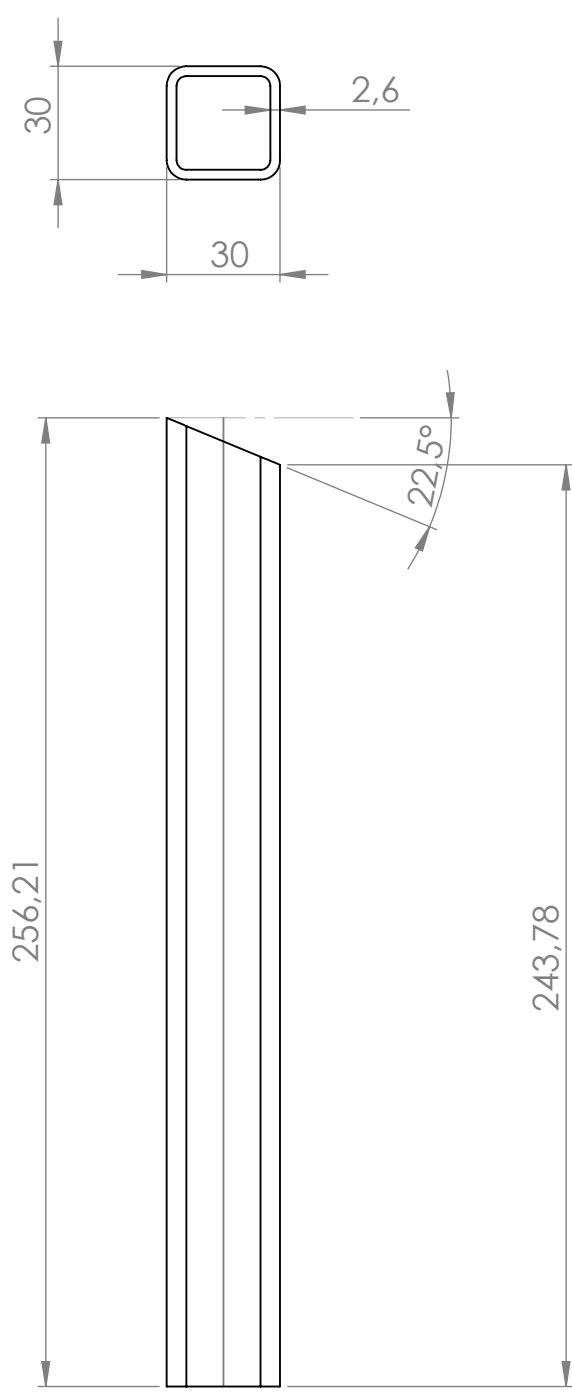
PRIMAVERA 2019





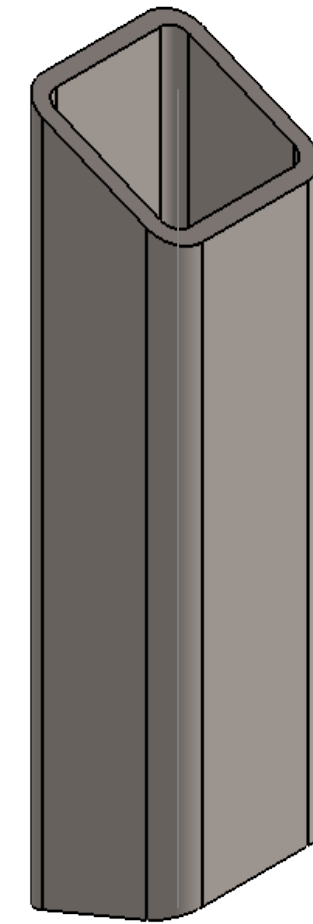
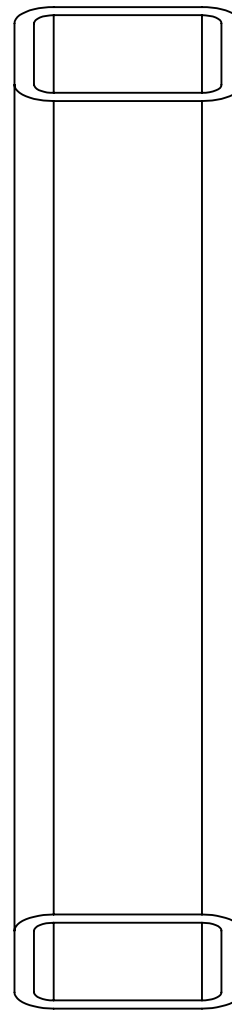
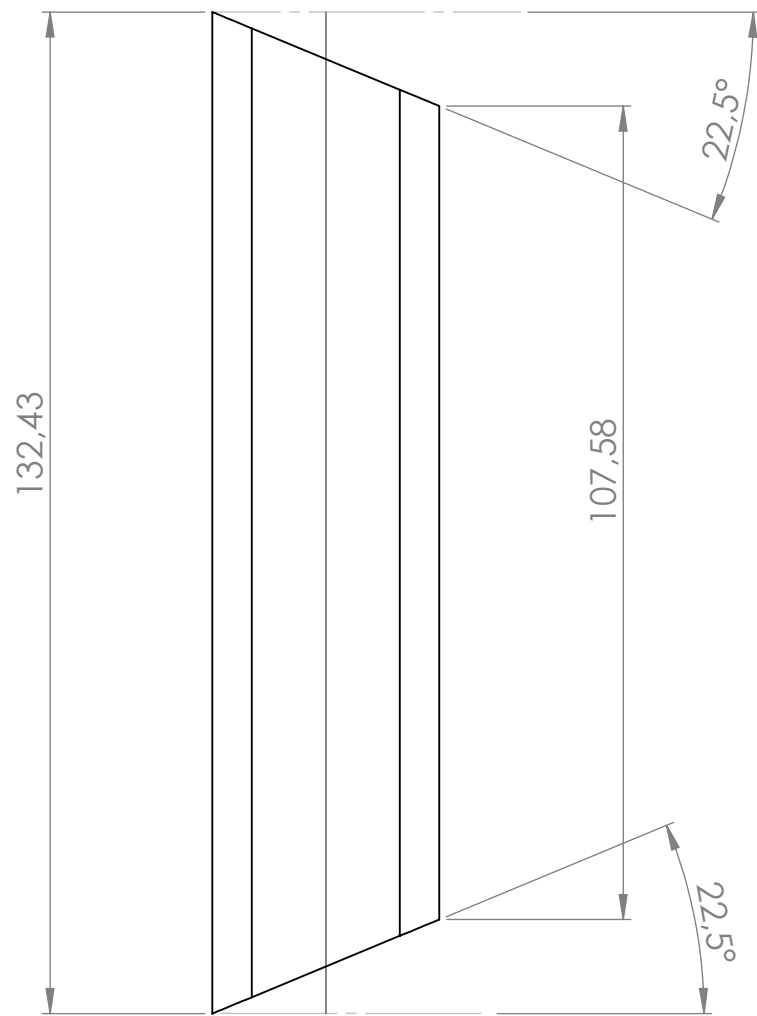
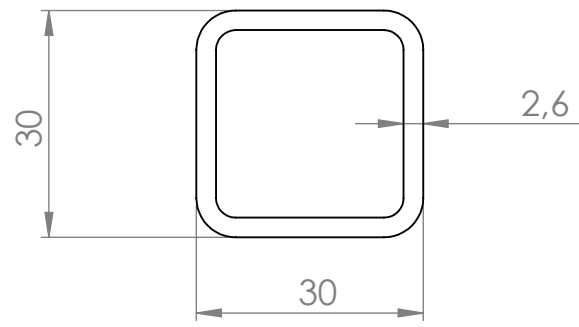
TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex

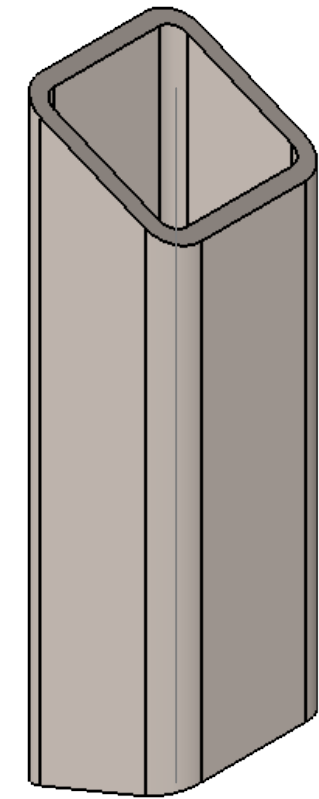
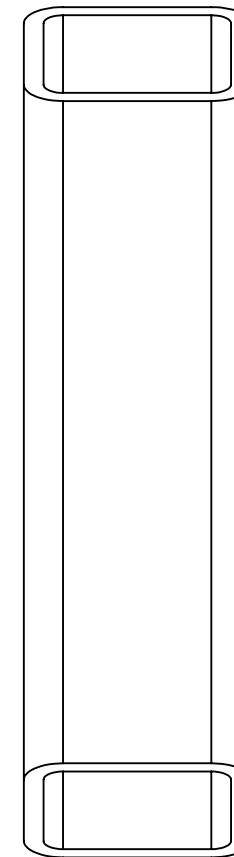
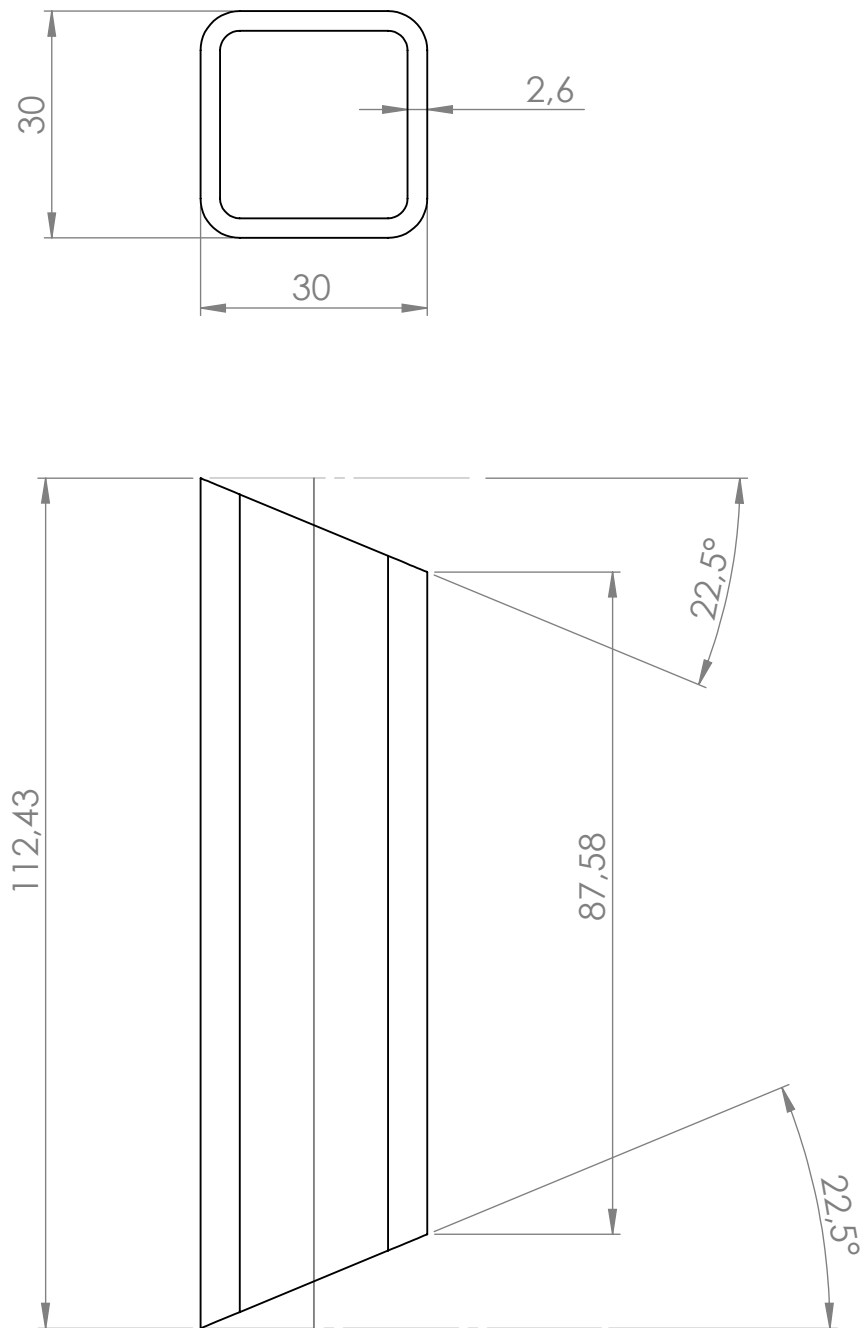
Plànol 1: Peça 1 Estructura base.....	1
Plànol 2: Peça 2 Estructura base.....	3
Plànol 3: Peça 3 Estructura base.....	5
Plànol 4: Peça 1 Estructura vertical.....	7
Plànol 5: Peça 2 Estructura vertical.....	9
Plànol 6: Peça 3 Estructura vertical.....	11
Plànol 7: Estructura base	13
Plànol 8: Estructura vertical	15
Plànol 9: Estructura	17
Plànol 10: Bobina	19
Plànol 11: Bobina alternativa	21
Plànol 12: Cassoleta porta mercuri.....	23
Plànol 13: Provetes	25
Plànol 14: Proveta per bobines alternatives.....	27
Plànol 15: Base de les provetes	29
Plànol 16: Suport cassoleta.....	31
Plànol 17: Motor d'inèrcia electrodinàmica	33



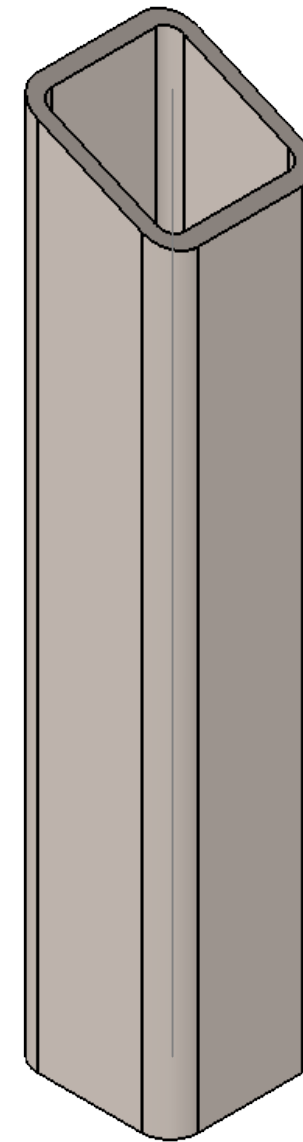
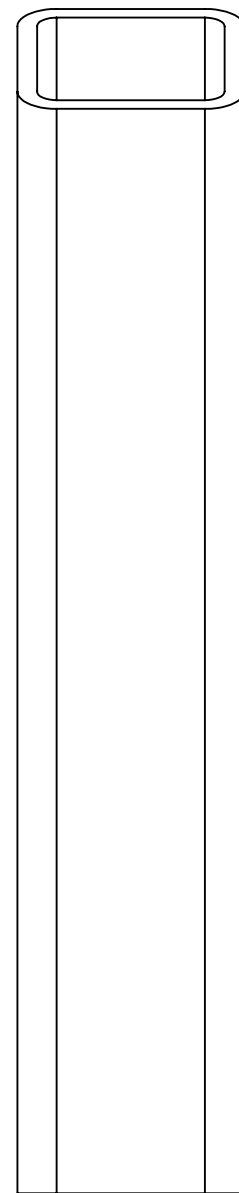
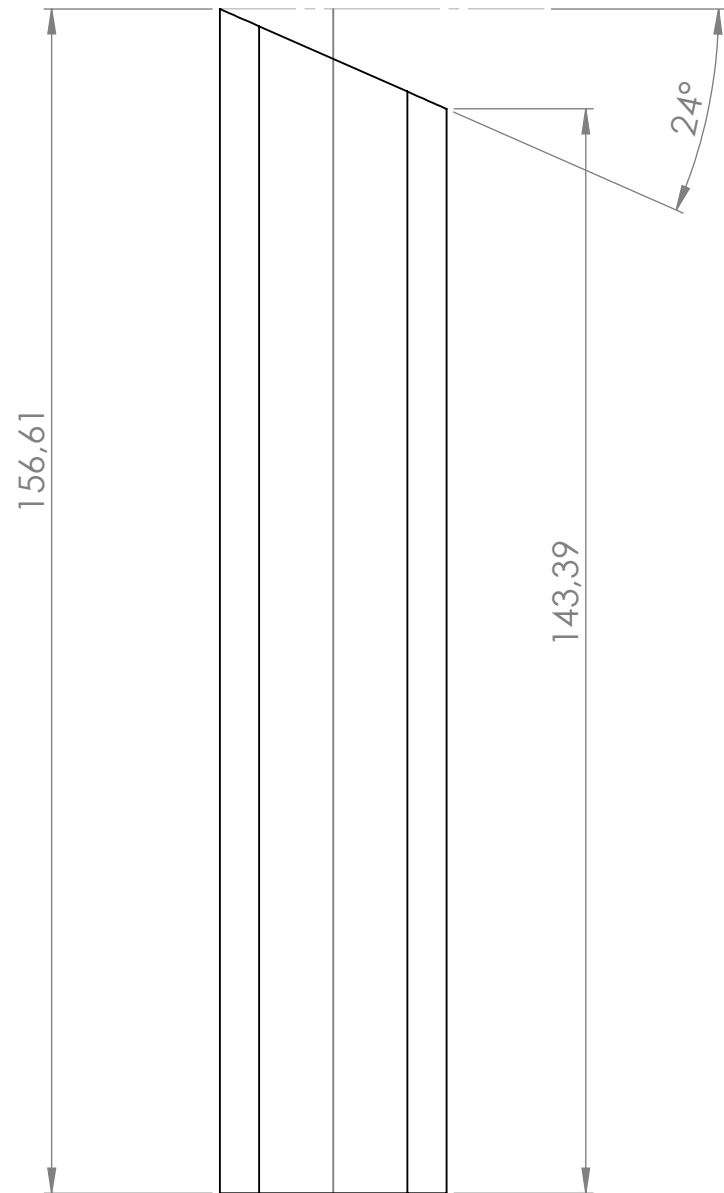
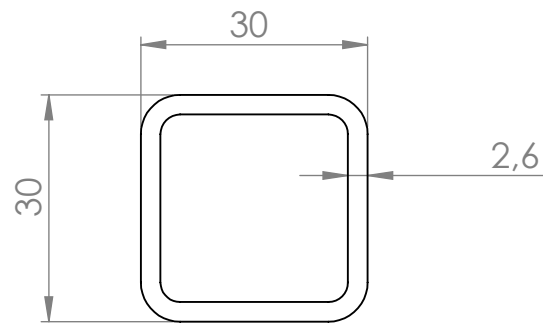
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:  Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Dibujado	Sergio P.	09/04/19			
Comprobado	Sergio P.	09/04/19			
Escala:	Título:			Plano:	
1:2	Peça 1 Estructura base			1	A3
	Material: Acer			Sustituye:	
				Sustituido:	



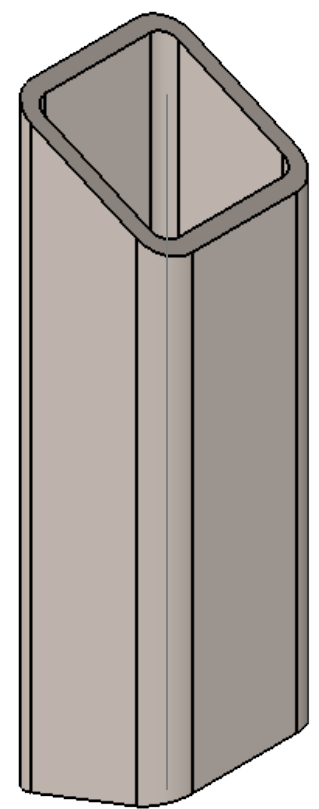
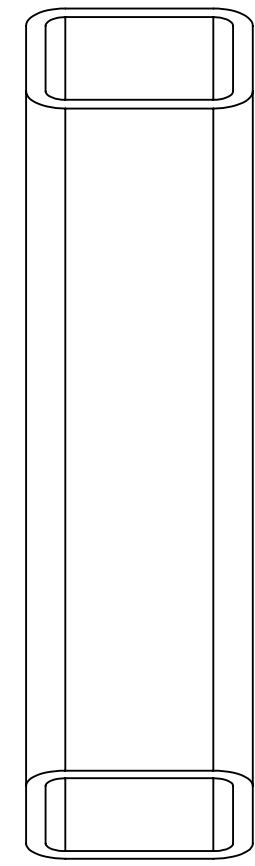
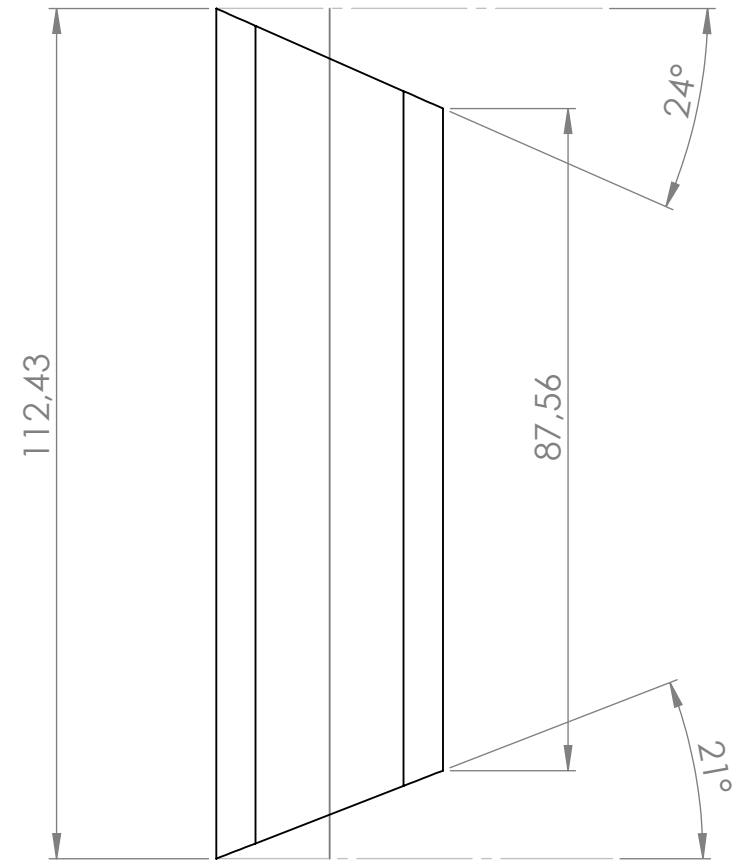
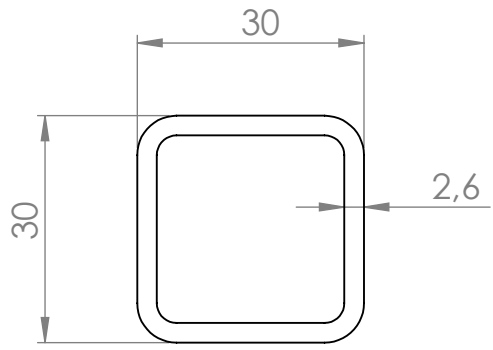
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:
Dibujado	Sergio P.				 Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Comprobado	Sergio P.	09/04/19			
Escala:	Título:			Plano:	
1:1	Peça 2 Estructura base			2	A3
	Material: Acer			Sustituye:	
				Sustituido:	



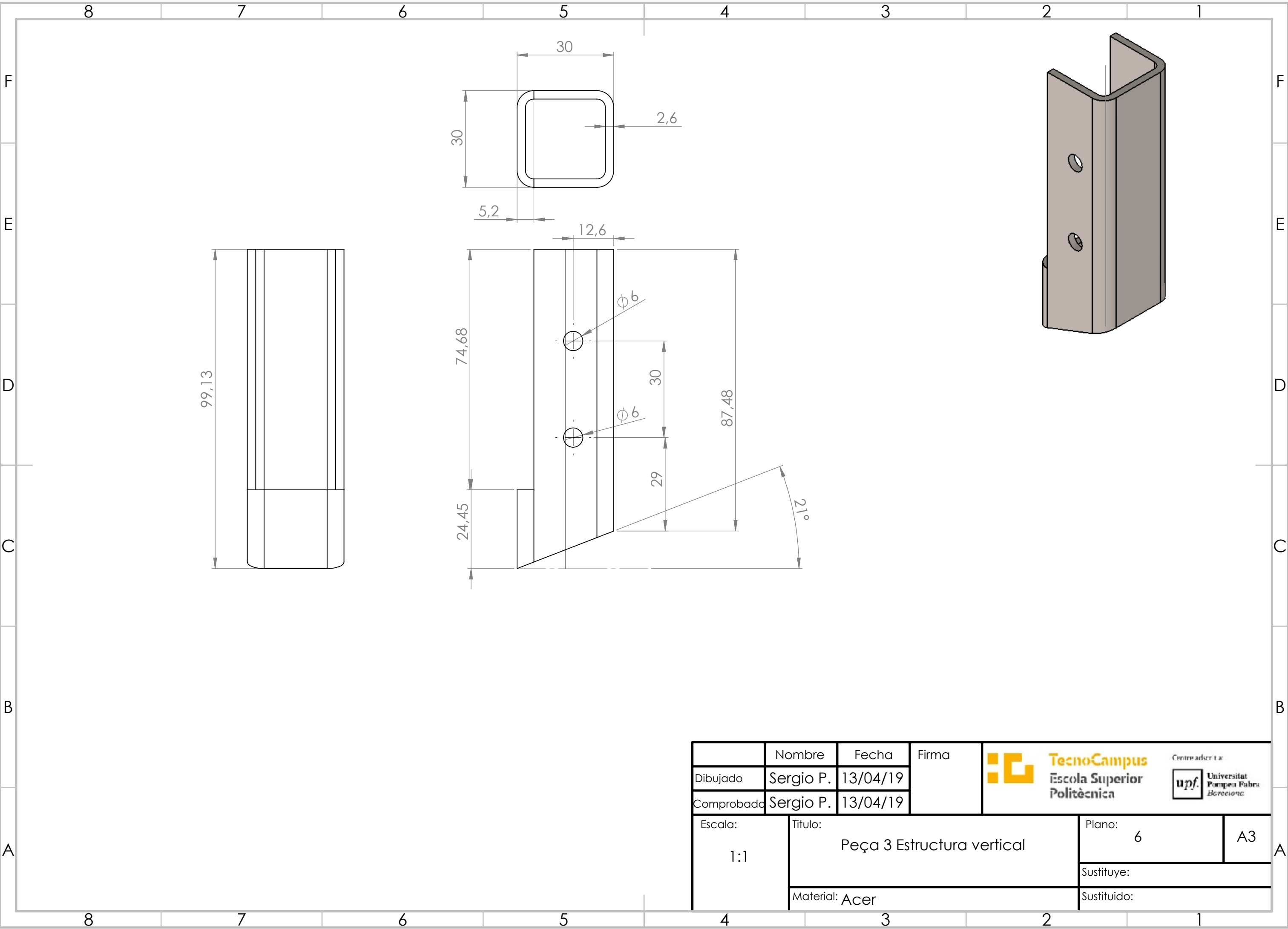
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:
Dibujado	Sergio P.	09/04/19			 Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Comprobado	Sergio P.	09/04/19			
Escala:	Título:			Plano:	
1:1	Peça 3 Estructura base			3	A3
	Material: Acer			Sustituye:	
				Sustituido:	

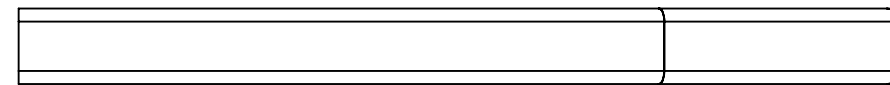
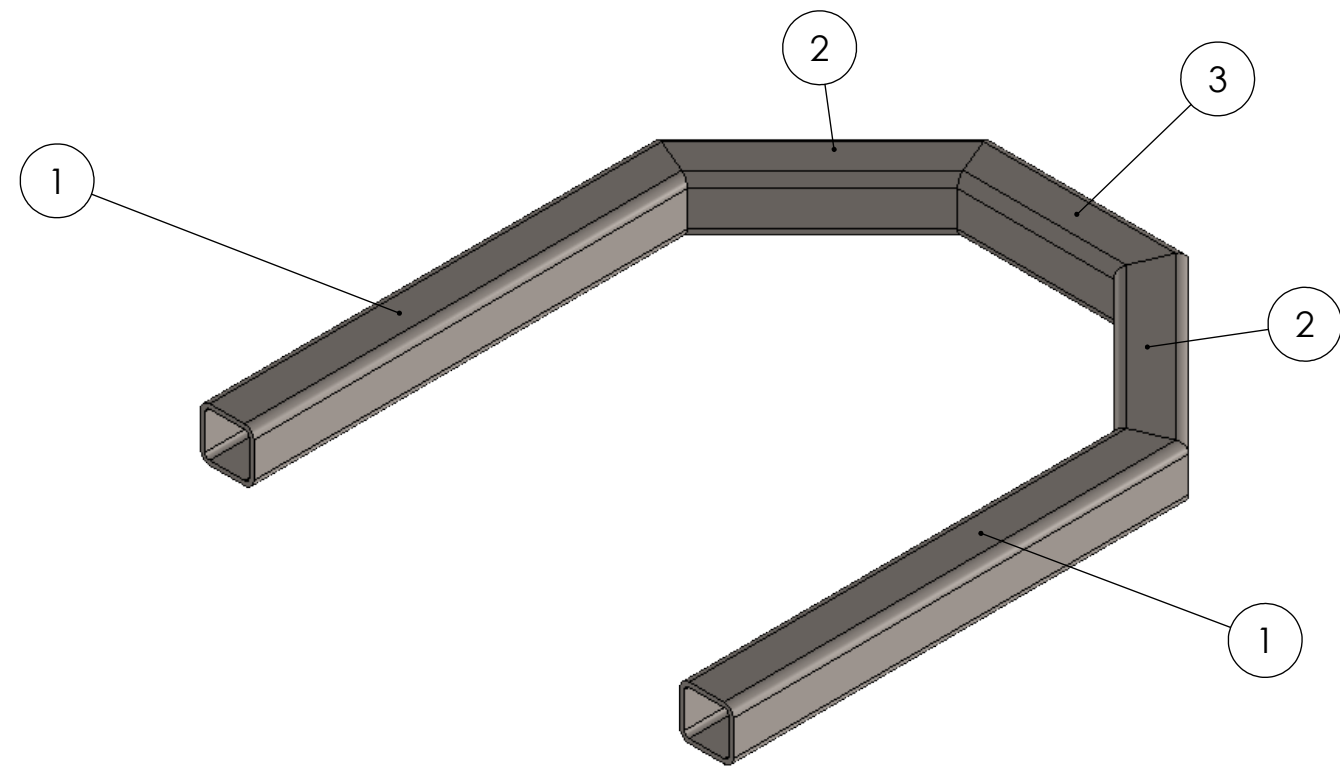
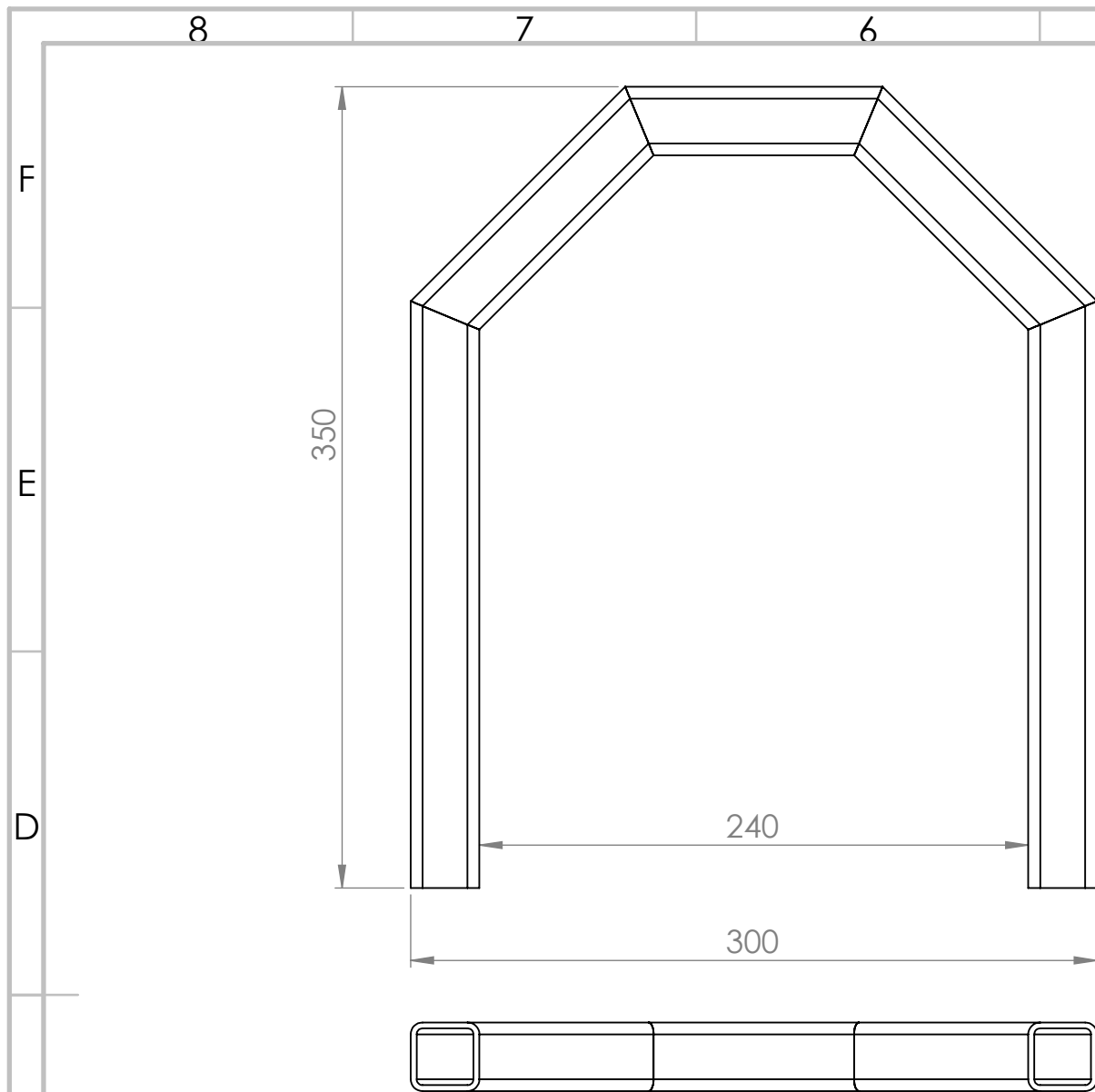


	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:  Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Dibujado	Sergio P.	13/04/19			
Comprobado	Sergio P.	13/04/19			
Escala:	Título:			Plano:	A3
1:1	Peça 1 Estructura vertical			4	
	Material: Acer			Sustituye:	
				Sustituido:	



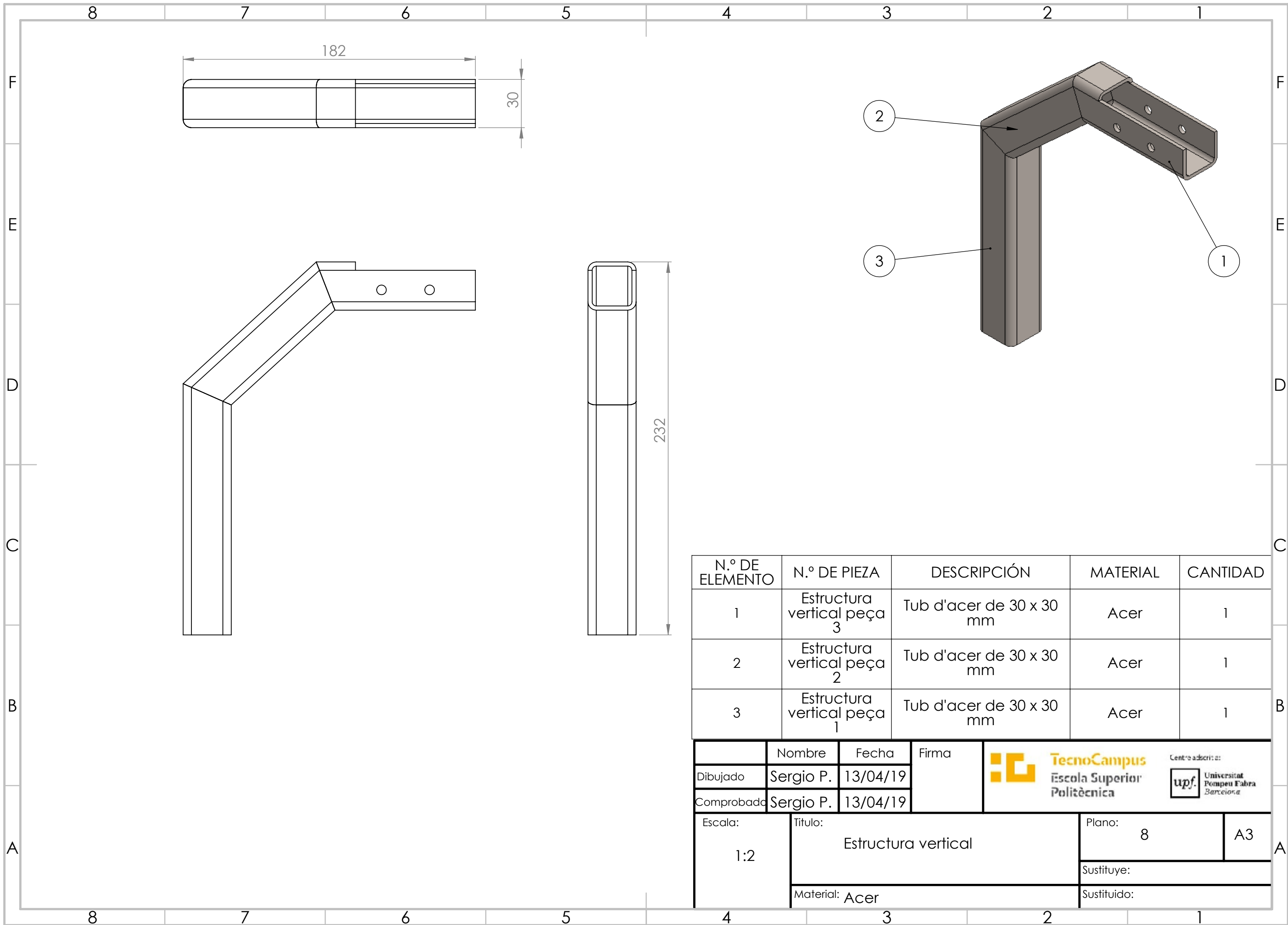
	Nombre	Fecha	Firma	 Centre adscrit a: 
Dibujado	Sergio P.	13/04/19		
Comprobado	Sergio P.	13/04/19		
Escala:	Título:		Plano:	A3
1:1	Peça 2 Estructura vertical		5	
	Material: Acer		Sustituye:	
			Sustituido:	





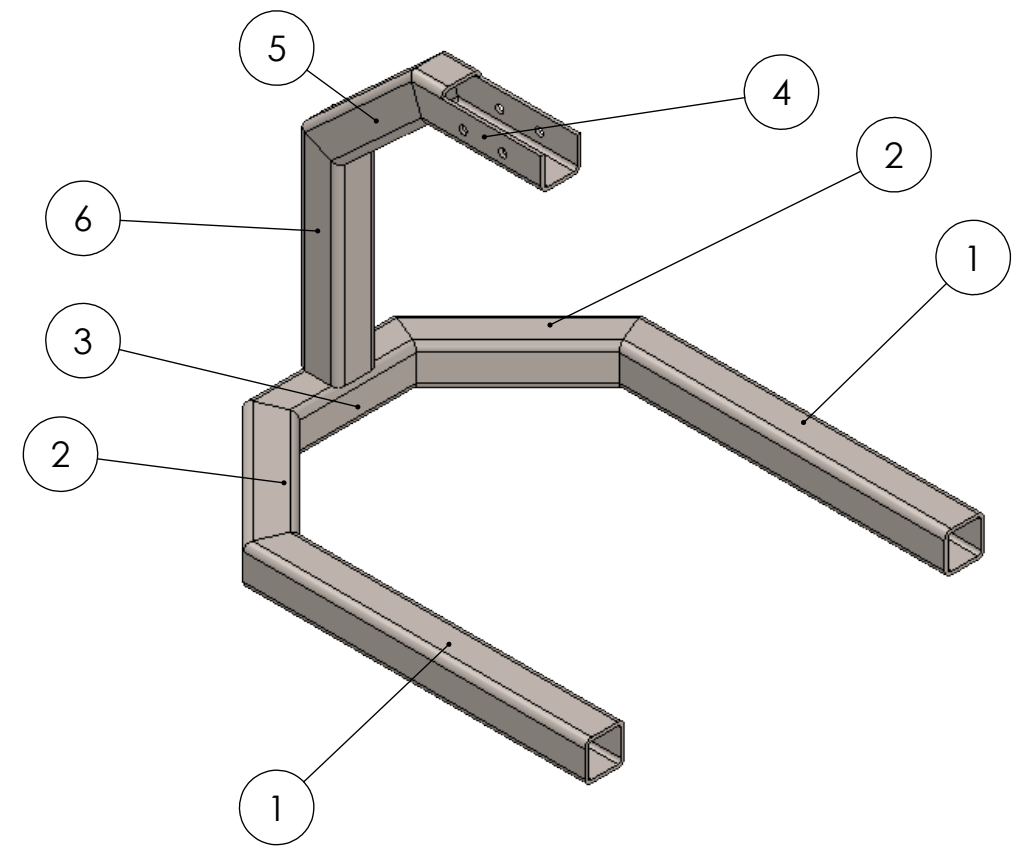
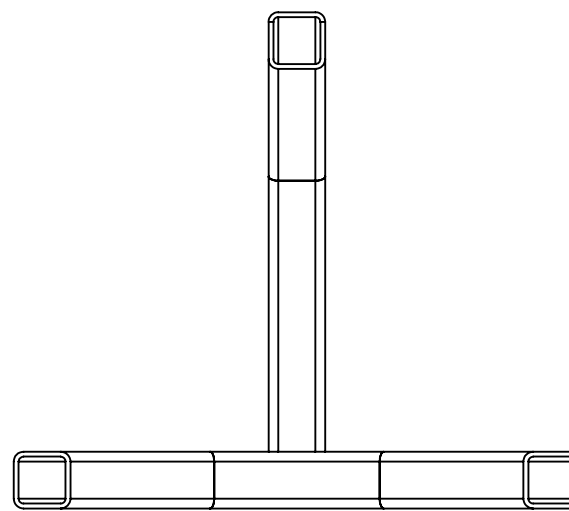
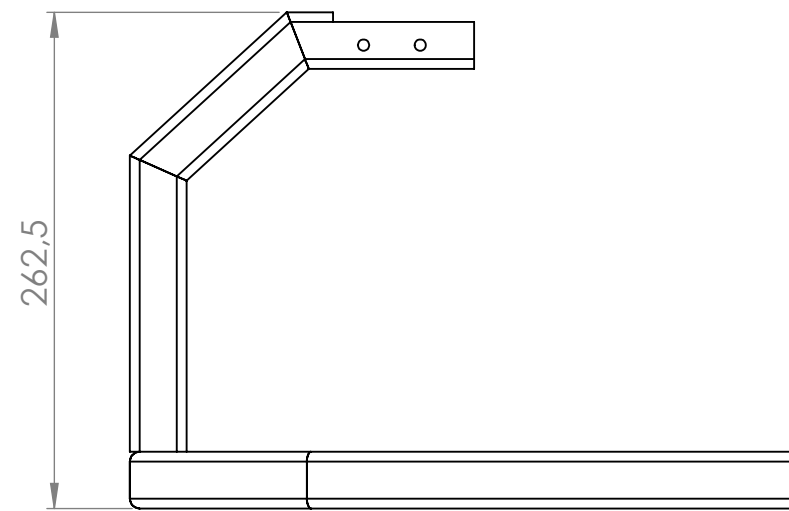
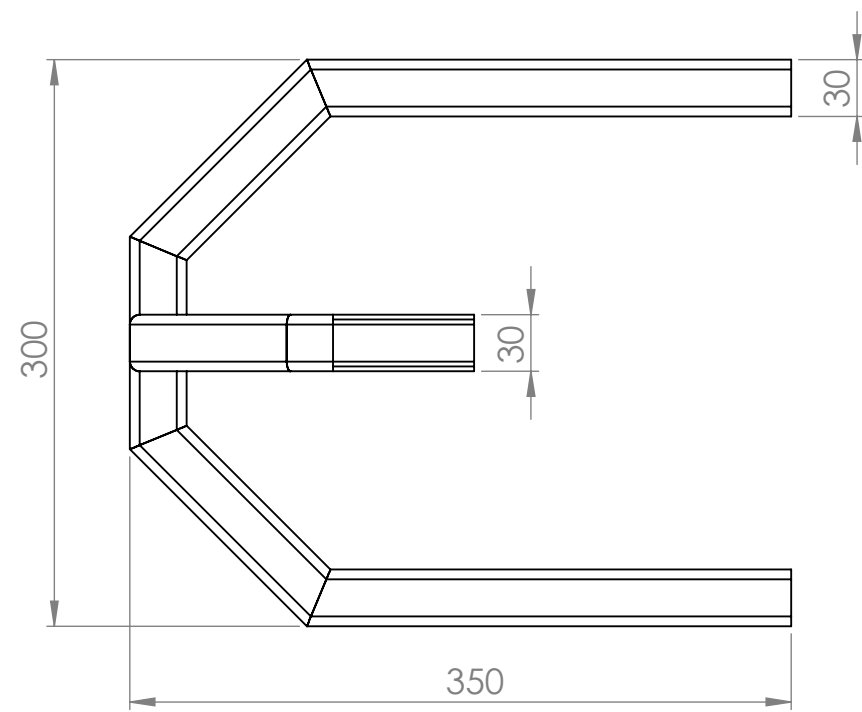
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Estructura base peça 1	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	2
2	Estructura base peça 2	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	2
3	Estructura base peça 3	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1

	Nombre	Fecha	Firma	
Dibujado	Sergio P.	13/04/19		
Comprobado	Sergio P.	13/04/19		
Escala:	Título:		Plano:	A3
1:3	Estructura base		7	
	Material: Acer		Sustituye:	
			Sustituido:	



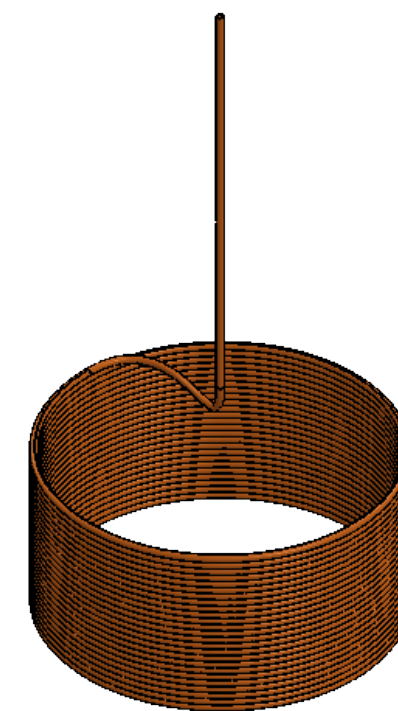
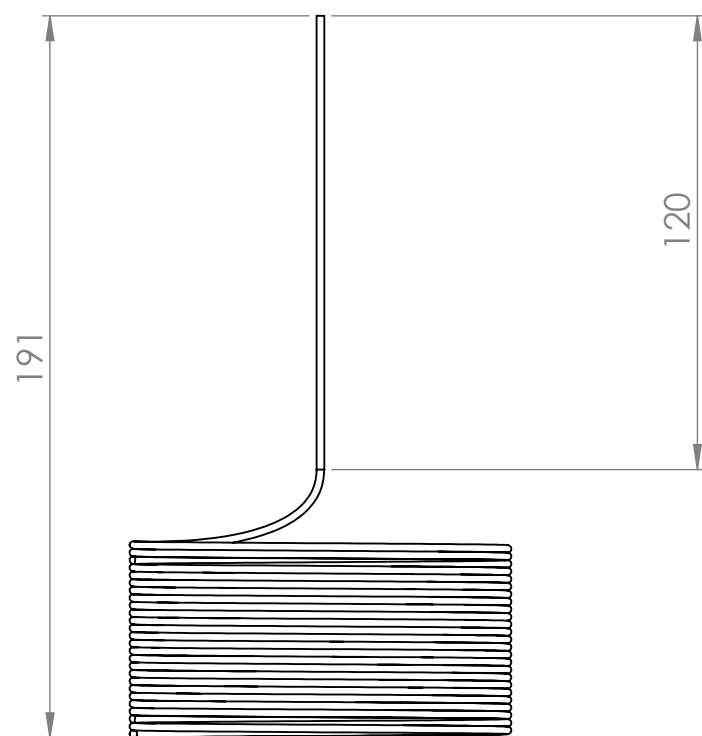
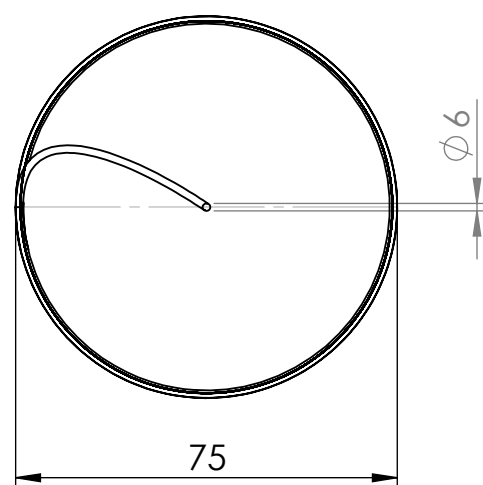
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Estructura vertical peça 3	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1
2	Estructura vertical peça 2	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1
3	Estructura vertical peça 1	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1

	Nombre	Fecha	Firma	 Centre adscrit a: 
Dibujado	Sergio P.	13/04/19		
Comprobado	Sergio P.	13/04/19		
Escala:	Título:		Plano:	A3
1:2	Estructura vertical		8	
	Material: Acer		Sustituye:	
			Sustituido:	

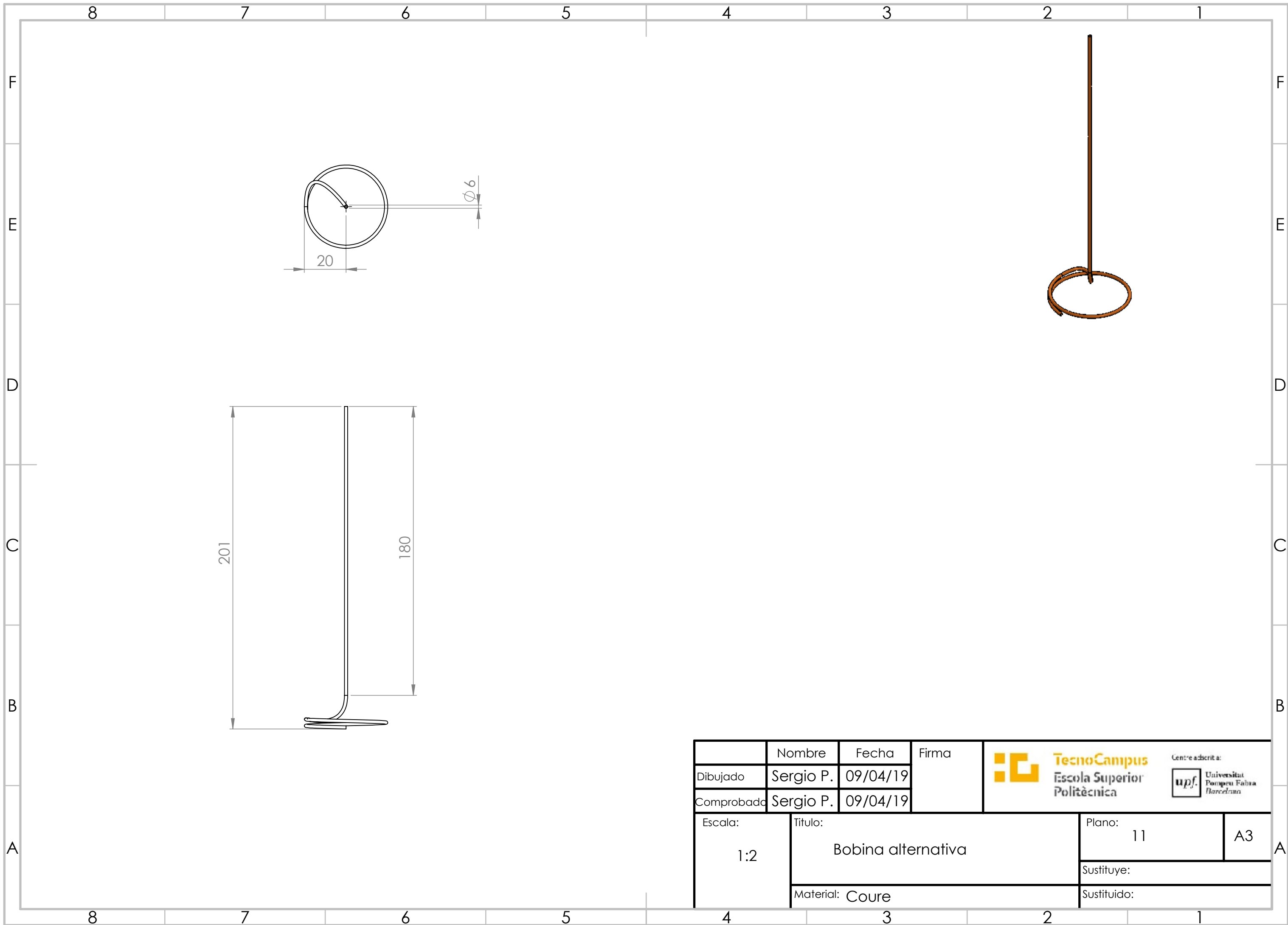


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Estructura base peça 1	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	2
2	Estructura base peça 2	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	2
3	Estructura base peça 3	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1
4	Estructura vertical peça 3	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1
5	Estructura vertical peça 2	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1
6	Estructura vertical peça 1	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1

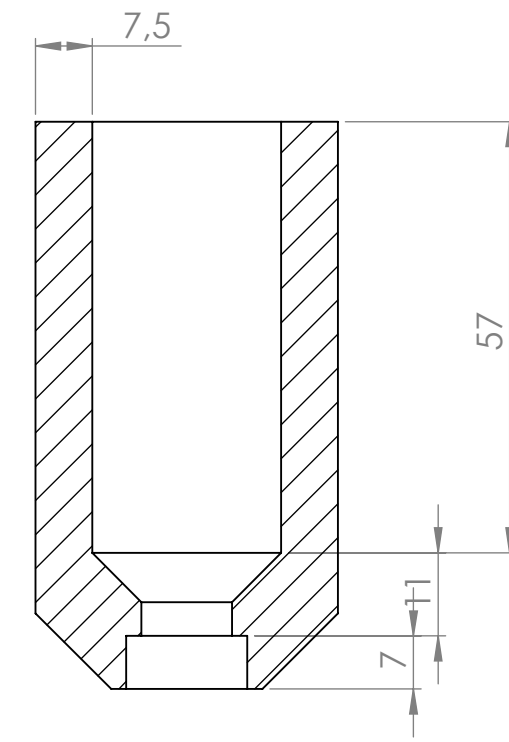
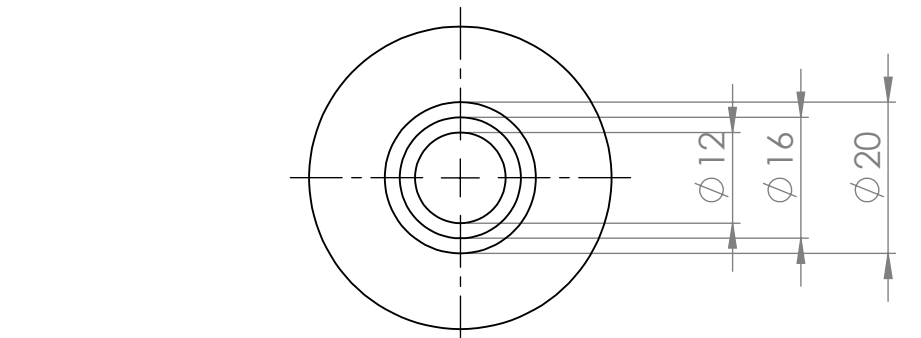
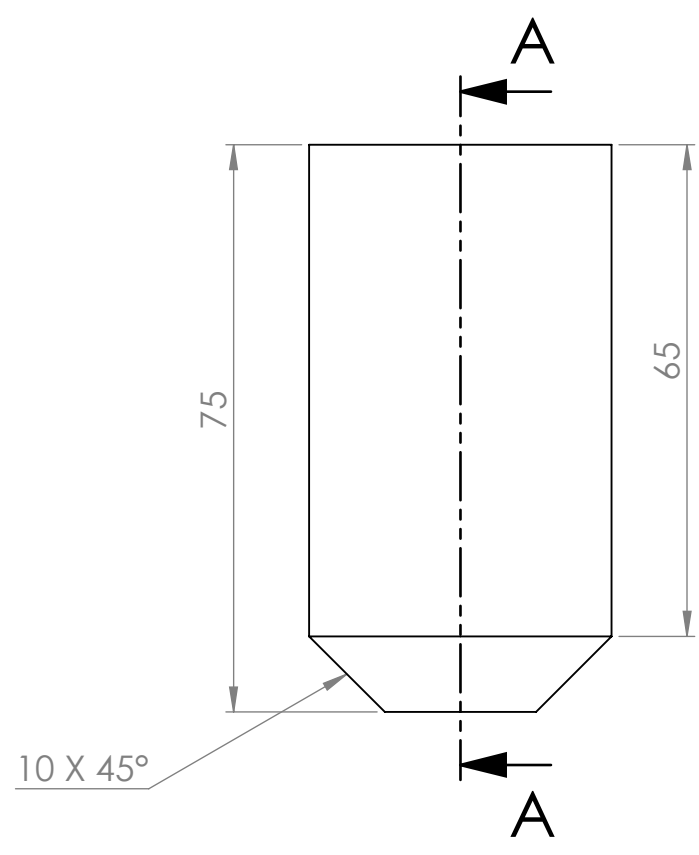
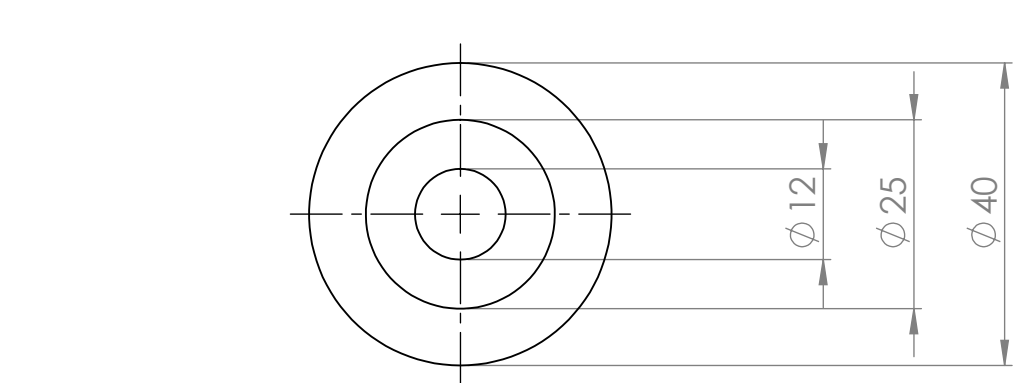
	Nombre	Fecha	Firma	 Centre d'escrit a: 
Dibujado	Sergio P.	09/04/19		
Comprobado	Sergio P.	09/04/19		
Escala:	Título:		Plano:	
1:4	Estructura		9	A3
	Material: Acer		Sustituye:	
			Sustituido:	



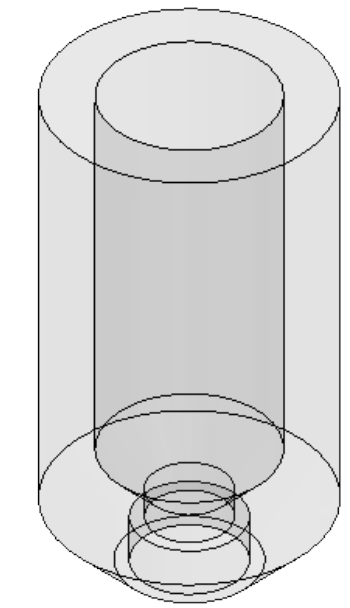
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:
Dibujado	Sergio P.	09/04/19			 Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Comprobado	Sergio P.	09/04/19			
Escala:	Título:			Plano:	
1:2	Bobina			10	A3
	Material: Coure			Sustituye:	
				Sustituido:	



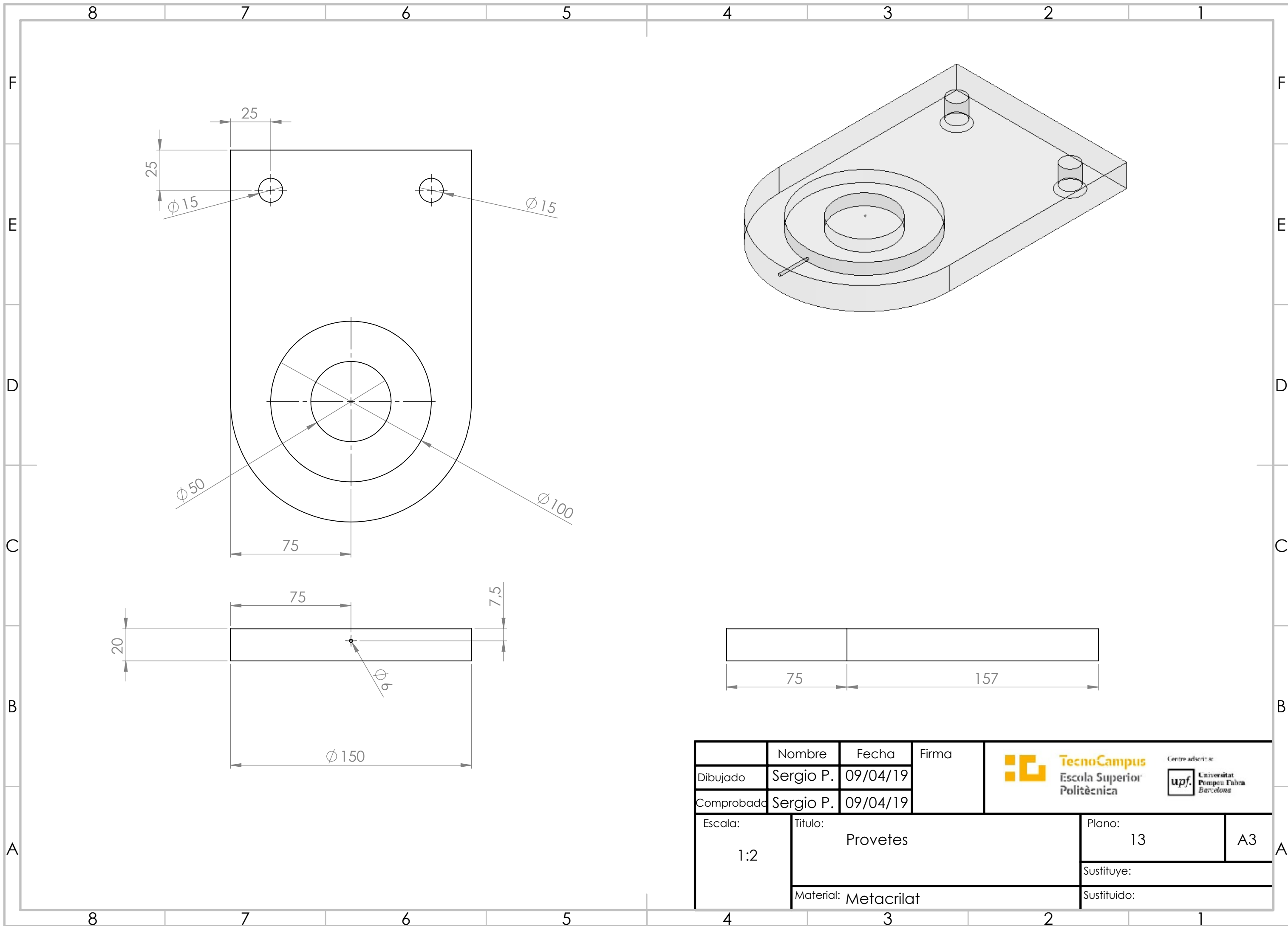
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:
Dibujado	Sergio P.	09/04/19			 Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Comprobado	Sergio P.	09/04/19			
Escala:	Título:		Plano:	A3	
1:2	Bobina alternativa		11		
	Material: Coure		Sustituye:		
			Sustituido:		





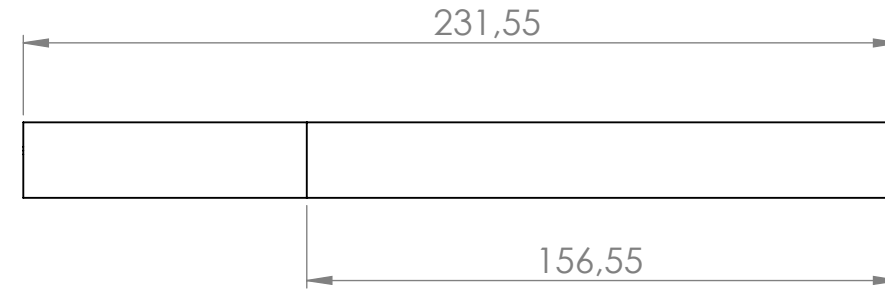
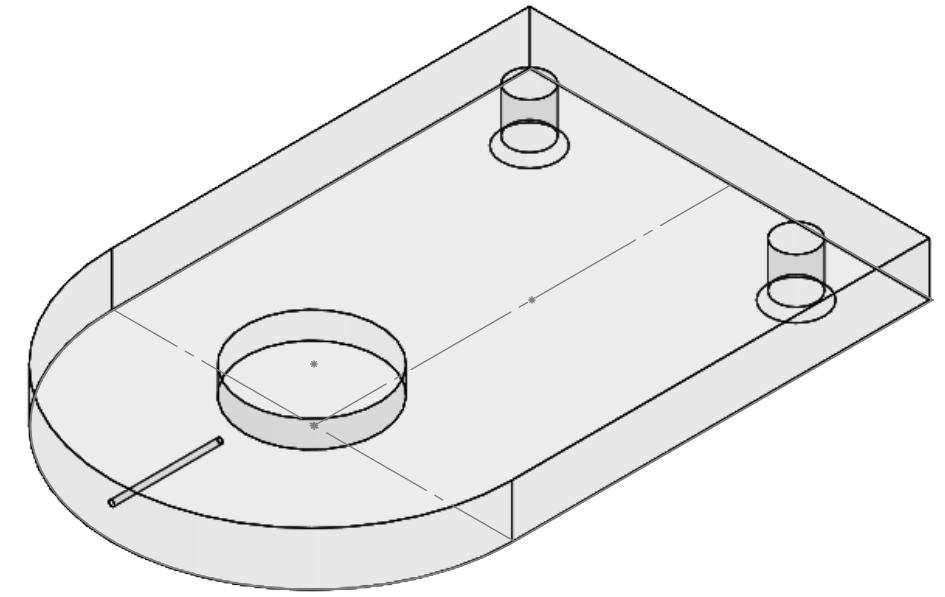
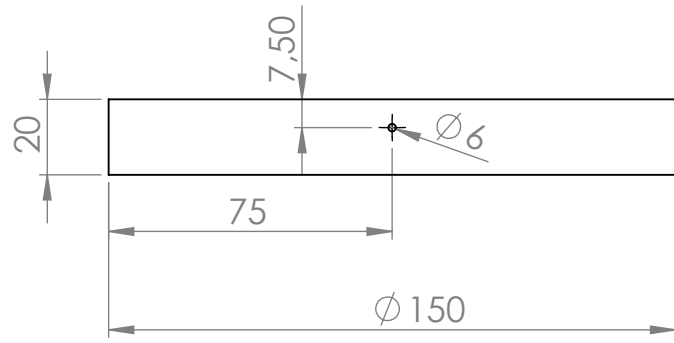
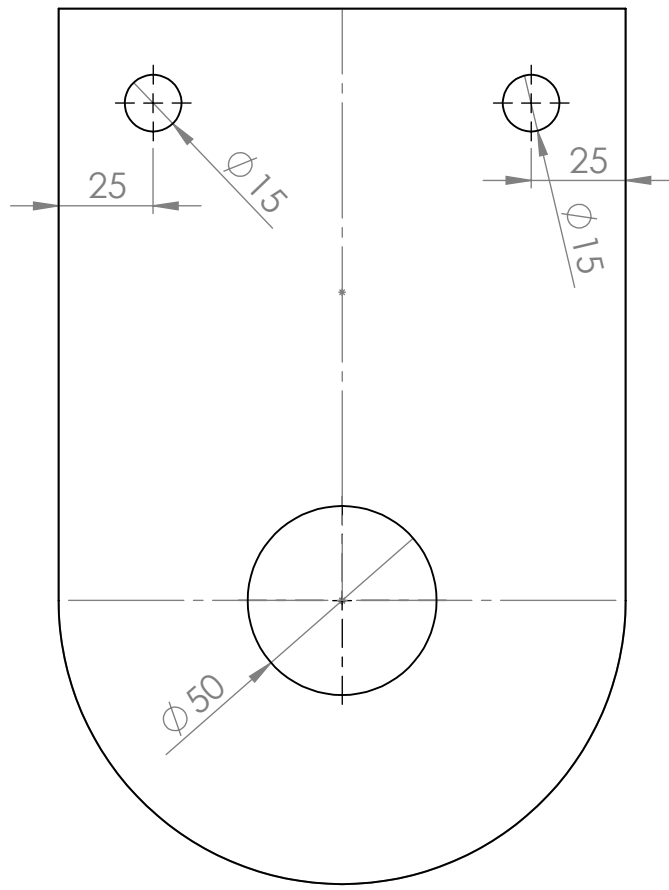
SECCIÓN A-A



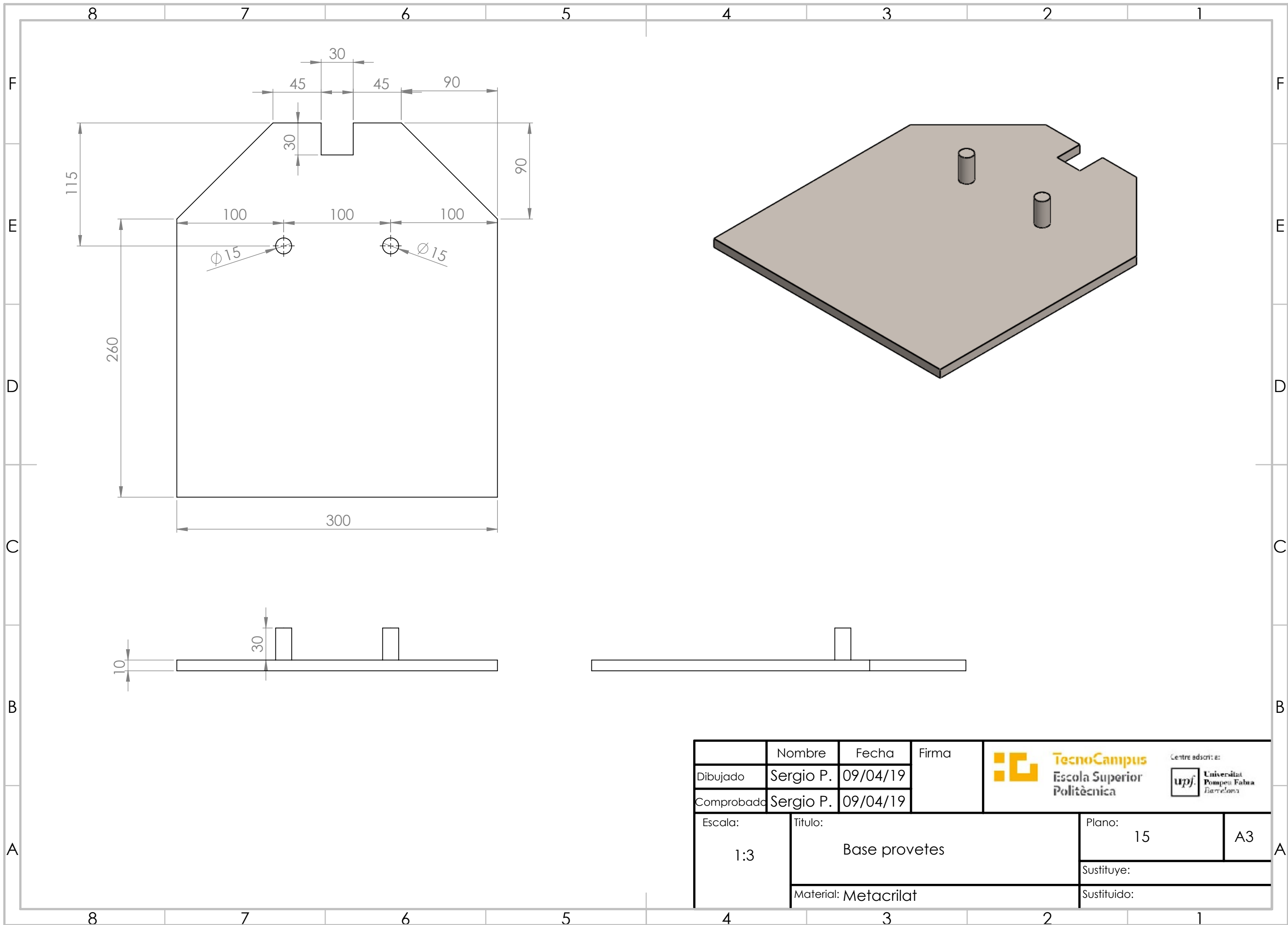
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:
Dibujado	Sergio P.	09/04/19			 Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Comprobado	Sergio P.	09/04/19			
Escala:	Titulo:			Plano:	
1:1	Cassoleta porta mercuri			12	A3
	Material: Metacrilat			Sustituye:	
				Sustituido:	



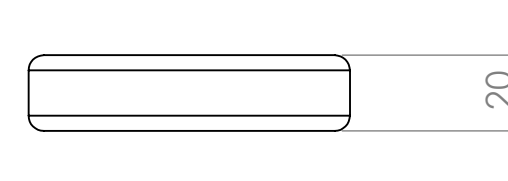
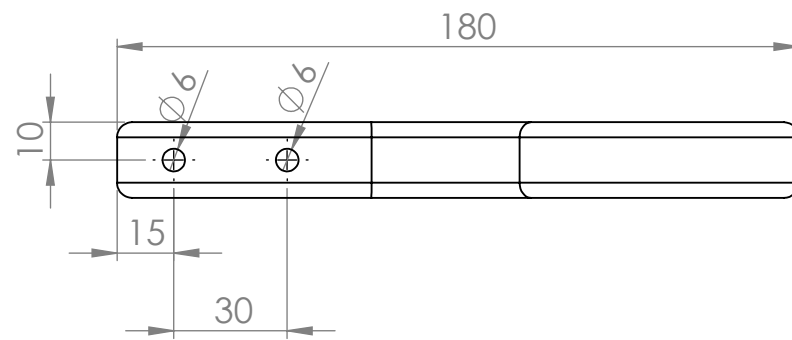
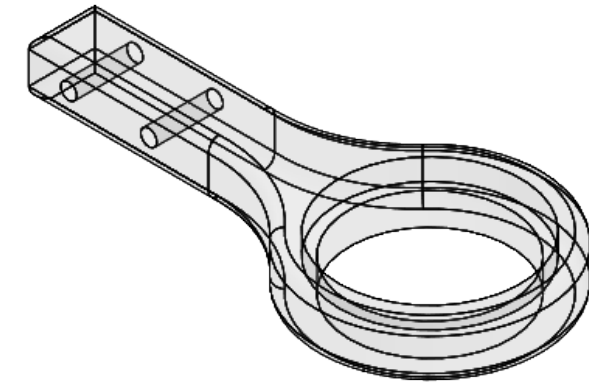
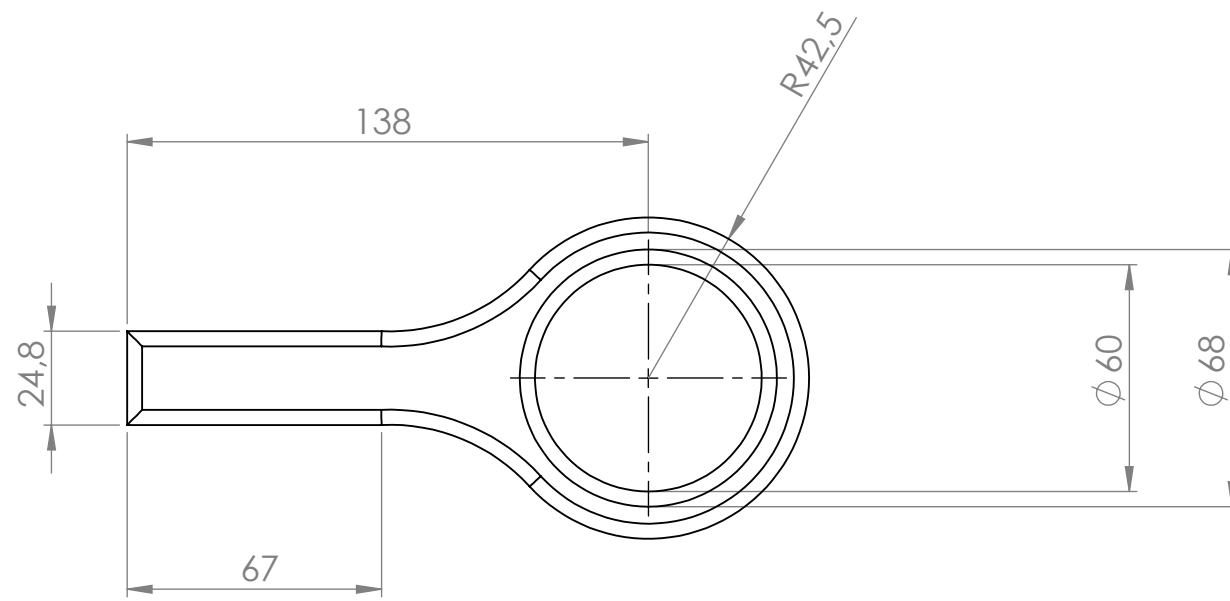
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica		Centre adscrit a:  Universitat Pompeu Fabra Barcelona	
Dibujado	Sergio P.	09/04/19					
Comprobado	Sergio P.	09/04/19					
Escala:	Título:			Plano:		A3	
1:2	Provetes			13			
	Material: Metacrilat			Sustituye:			
				Sustituido:			



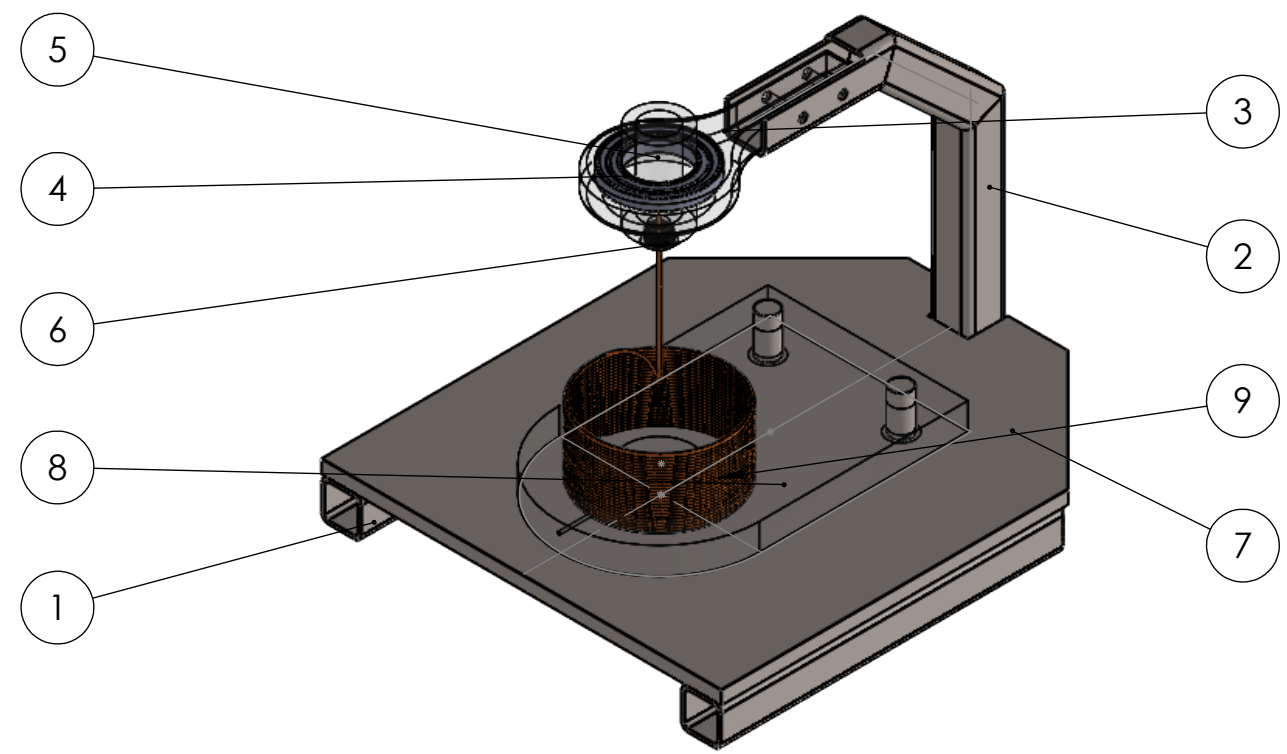
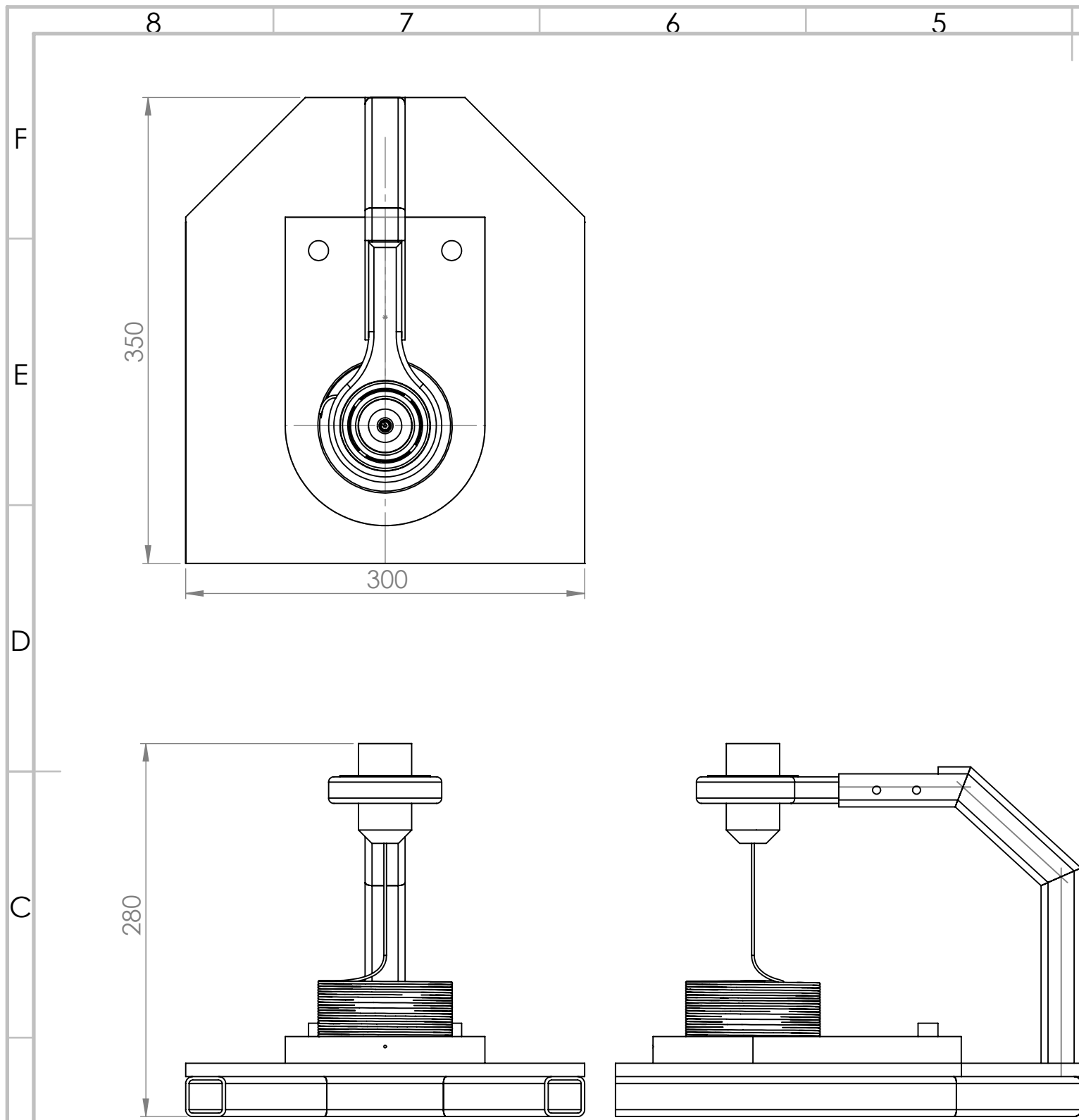
	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:		
Dibujado	Sergio P.	09/06/19			 Universitat Pompeu Fabra Barcelona		
Comprobado	Sergio P.	09/06/19					
Escala:	Título:		Plano:				
1:2	Proveta para bobinas alternativas		14			A3	
	Material: Metacrilat		Sustituye:				
			Sustituido:				



	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica		Centre adscrit a:
Dibujado	Sergio P.	09/04/19		 upf. Universitat Pompeu Fabra Barcelona		
Comprobado	Sergio P.	09/04/19				
Escala:	Título:		Plano:		A3	
1:3	Base provetes		15			
	Material: Metacrilat		Sustituye:			
			Sustituido:			



	Nombre	Fecha	Firma	 Tecnocampus Escola Superior Politècnica	Centre adscrit a:  Universitat Pompeu Fabra Barcelona
Dibujado	Sergio P.	09/04/19			
Comprobado	Sergio P.	09/04/19			
Escala:	Título:		Plano:	A3	
1:2	Suport Cassoleta		16		
	Material: Metacrilat		Sustituye:		
			Sustituido:		



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANTIDAD
1	Estructura base	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1
2	Estructura vertical	Tub d'acer de 30 x 30 mm	Acer	1
3	Suport cassoleta de mercuri		Metacrilat	1
4	snr_16008_1			1
5	Cassoleta de mercuri		Metacrilat	1
6	din3760-a_6x16x7-nbr			1
7	Base provetes		Metacrilat	1
8	Provetes		Metacrilat	1
9	Bobina		Coure	1

	Nombre	Fecha	Firma	 Centro adscrit a: 
Dibujado	Sergio P.	13/04/19		
Comprobado	Sergio P.	13/04/19		
Escala:	Título:		Plano:	A3
1:4	Motor d'inèrcia electrodinàmica		17	
	Material:		Sustituye:	
			Sustituido:	



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

GRAU EN INGENYERIA MECÀNICA

MILLORA D'UN MOTOR D'INÈRCIA ELECTRODINÀMICA

Estudi econòmic

SERGIO PÉREZ SAL
PONENT: CARLES PAUL RECARENS

PRIMAVERA 2019



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex.

1. Pressupost.....	1
1.1. Amidaments	1
1.2. Quadre de preus.	2
1.3. Pressupost parcial.....	2
1.4. Pressupost final.	4
2. Anàlisi de viabilitat econòmica	5
2.1. El pressupost del projecte.....	5
2.2. Anàlisi de mercat	5
2.3. Industrialització del projecte. Estructura de costos	8
2.4. Costos d'inversió.....	9
2.5. Anàlisi de rendibilitat	9
3. Execució del pressupost	11
3.1. Cost final del projecte	11
3.2. Justificació de les desviacions.....	11
4. Referències	13

1. Pressupost

1.1. Amidaments

El present capítol recull els amidaments corresponents a l'enginyeria (disseny i desenvolupament de la solució) i els materials emprats en la realització del prototip.

Capítol I: Elaboració del projecte		
Codi	Descripció ¹	Parts iguals
1.1	Valoració de la proposta del TFG	4
1.2	Revisió del TFG anterior	6
1.3	Brainstorming	4
1.4	Planificació del projecte	10
1.5	Objectius i especificacions tècniques inicials	10
1.6	Realització de possibles dissenys en 3D	20
1.7	Comprovació de la viabilitat dels dissenys	20
1.8	Elecció de la solució entre les alternatives	15
1.9	Comprovació de la viabilitat de la solució	8
1.10	Obtenció del programa EMS	10
1.11	Simulació amb el programa EMS	40
1.12	Recerca d'informació i antecedents	25
1.13	Elaboració de l'Abast i l'Objecte del projecte	6
1.14	Estudi de prototips actuals	12
1.15	Redacció dels Objectius i especificacions tècniques finals	14
1.16	Desenvolupament de la solució	30
1.17	Elaboració de l'Avantprojecte	18
1.18	Entrega de l'Avantprojecte	1
1.19	Correcció dels errors de l'Avantprojecte	2
1.20	Elaboració dels plànols	15
1.21	Comanda de material	2
1.22	Estudi econòmic	35
1.23	Procés de fabricació	20
1.24	Elaboració de la memòria intermèdia	20
1.25	Entrega de la memòria intermèdia	1
1.26	Càlculs i resultats teòrics	40
1.27	Resultats experimentals	30

¹ Els conceptes indicats corresponen a agrupacions de les activitats considerades en la planificació del projecte

1.28	Comparació dels resultats	14
1.29	Conclusions	6
1.30	Elaboració de la memòria final	27
1.31	Revisió en detall del projecte	4
1.32	Entrega memòria final	1
1.33	Presentació final TFG	10

Capítol II: Material		
Peces del prototip		
Codi	Descripció	Parts iguals
2.1	Perfil d'acer de 30 x 30	1,5
2.2	Planxa de metacrilat de 720 x 460 x 10 mm	1
2.3	Rodament de boles	1
2.4	Reguarda de vitón	1
2.5	Cilindre de metacrilat de 15 mm de diàmetre	2
2.6	Cilindre de metacrilat de 40 mm de diàmetre	1
2.7	Filament de coure de 6 mm de diàmetre	2
2.8	Mercuri	1
2.9	Connexions	2
2.10	Cargols	2

1.2. Quadre de preus.

Capítol I: Elaboració del projecte		
Codi	Unitats	Preu unitari (€)
1.1	Hores d'operari	25
1.2	Hores de tècnic	35
1.3	Hores de cap de projecte	40

1.3. Pressupost parcial.

Capítol I: Elaboració del projecte				
COST D'ENGINYERIA ²				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
1.1	Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa	89	25-35-40	2.585,00

² Resultants de la planificació i l'assignació de recursos

1.2	Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució	65	35	2.275,00
1.3	Hores de projectista destinades al desenvolupament i disseny de la solució (H/S)	137	35	4.495,00
1.4	Hores de projectista destinades a la realització i posada en marxa del prototip	22	25	550,00
1.5	Hores de projectista destinades a l'elaboració escrita i edició dels documents del projecte	167	35-40	5900,00
COSTOS INDIRECTES				
1.6	Costos indirectes de ma d'obra (20%)			3.161

TOTAL CAPÍTOL I (25 % de marge)

23.707,50 €

Capítol II: Material				
COSTOS MATERIAL PROTOTIP				
Peces del prototip				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.1	Perfil d'acer de 30 x 30	1,5	11,00	16,50
2.2	Planxa de metacrilat de 720 x 460 x 10 mm	1	69,90	69,90
2.3	Rodament de boles	1	19,05	19,05
2.4	Reguarda de vitón	1	8,00	8,00
2.5	Cilindre de metacrilat de 15 mm de diàmetre	2	1,16	2,32
2.6	Cilindre de metacrilat de 40 mm de diàmetre	1	166,40	18,90
2.7	Filament de coure de 6 mm de diàmetre	2	16,23	32,46
2.8	Mercuri	0,05	450	22,50
2.9	Connexions	2	0,115	0,23
2.10	Cargols	2	0,5	1,00
COSTOS INDIRECTES				
2.11	Costos indirectes de material (10%)			19,131

TOTAL CAPÍTOL II (15 % d'imprevistos)

241,44 €

Capítol III: Amortitzacions³				
EQUIPS INFORMÀTICS I SOFTWARE				
Codi	Descripció	Cos Inv.	N (anys)	€/any

³ Les amortitzacions es calculen en el supòsit de la realització de 2 projectes per any

3.1	Ordinador	600	3	200
3.2	Software SOLIDWORKS	20421	3	6807
3.3	Software MS-Project	200	3	33,33
3.4	Software EMS	-	3	-
EQUIPS LABORATORI				
3.5	Torn	1449,95	3	500
3.6	Talladora de perfils	816,75	3	272,25
3.7	CNC	3207,03	3	1069,01
3.8	Equips de soldadura	785,00	3	261.6
3.9	Talladora làser	2000	3	666.6

TOTAL CAPÍTOL III

9809,79 €

1.4. Pressupost final.

Total Capítol I	23.707,50 €
Total Capítol II	241,44 €
Total Capítol III	9.809,79 €

TOTAL	33.758,73 €
IVA 21 %	7.089,33 €

TOTAL PRESSUPOST	40.848,06 €
-------------------------	--------------------

L'elaboració del present projecte genera les despeses indicades, i s'obté un cost del pressupost final de quaranta mil vuit-cents quaranta-vuit euros i sis cèntims.

2. Anàlisi de viabilitat econòmica

2.1. El pressupost del projecte

El pressupost del projecte, detallat al capítol 1, inclou els costos directes, incloent els costos d'enginyeria i els costos de material del prototip, els costos indirectes, i els costos d'amortització dels equips i sistema de desenvolupament.

El pressupost total del projecte forma part dels costos d'inversió a considerar en l'anàlisi de rendibilitat. A continuació es recull el pressupost total desagregat en grans partides.

PRESSUPOST		
Capítol	Descripció	€
1	Elaboració del projecte	23.707,50
2	Materials	241,44
3	Amortitzacions	9.809,79
Total		33.758,73
IVA (21 %)		7.089,33
TOTAL FINAL		40.848,06

Taula 2.1. Pressupost del projecte

2.2. Anàlisi de mercat

Com es comenta amb anterioritat a la viabilitat econòmica, aquest producte va destinat a centres d'investigació. Donat que la recerca i desenvolupament d'aquest projecte ha estat dut a terme a Catalunya, s'establirà com a grandària de mercat el sector educatiu i de centres d'investigació localitzats en aquesta comunitat autònoma. També s'estudiarà la tendència de futur d'aquest sector, les diferents característiques de mercat i la competència.

Catalunya compte amb total de 12 centres universitaris, dues de les quals es troben a les 25 primeres millors universitats del món. Pel que fa a la investigació universitària, Catalunya concentra més de 550 grups d'investigació, ubicats en 137 centres de I+D i més de 300 departaments universitaris.

Des de fa uns anys Catalunya, però especialment Barcelona s'ha posicionat com un referent internacional en la formació, tant de grau com de post grau, amb la capacitat de generar talent a la vegada d'atraure'l de totes les parts del món, permetent generar nou coneixement i estimular la innovació, la qual cosa contribueix al desenvolupament econòmic i social. Actualment Catalunya compta en l'actualitat amb més de 233.000 estudiants universitaris.

Barcelona ocupa la 18^a posició a escala internacional i es situa en la posició número 6 a nivell europeu, en quant a la posició científica. En l'any 2010 es van realitzar 11.798 publicacions d'aportacions científiques. Per tal d'aconseguir-ho Catalunya ha fet una gran inversió, que representa el 25,2% de les despeses en investigació a nivell nacional.

A més, Barcelona i Catalunya encapçalen les sol·licituds de patents a nivell nacional. A Barcelona, en 2008 es van registrar 397 sol·licituds de patents, i es va arribar un ràtio per milió d'habitants de 74,92 patents. En patents sol·licitades Barcelona representa el 16,9% i Catalunya el 20% del total d'Espanya.

Pel que fa a la situació laboral, Catalunya ha incrementat significativament el nombre de persones ocupades en activitats intenses en investigació: de 18.300 persones en el 1996 fins a 47.300 persones en el 2009, xifres que reflecteixen l'aposta per la investigació, la innovació i el coneixement.

Per altra part, la població ocupada en activitats de ciència i tecnologia, Catalunya ocupa la 5^a posició entre les regions europees, ja que compta amb 630.000 treballadors amb estudis superiors enfocats a aquestes activitats. Això ha fet que a Catalunya es localitzin una gran part de les empreses innovadores d'Espanya, rondant un 22%.

Barcelona també concentra diverses infraestructures de prestigi internacional, que presenten un enorme potencial, per a la realització d'investigació avançada. Aquestes infraestructures formen un pol d'atracció de talent, tant de científics de tot el món, o com a localització estratègica per a generar i desenvolupar nous projectes. [1]

Aquest projecte haurà de complir les reglamentacions necessàries: lleis, normes, decrets, etc. Pel que fa a l'estacionalitat, no suposarà cap problema, ja que la venda d'aquest producte és podrà realitzar durant qualsevol època de l'any.

Per tal de fer efectives aquestes vendes, no es realitzarà cap campanya de màrqueting, sinó que es realitzaran les vendes de tal forma com es farien les vendes de les màquines o utensilis de laboratori, per mitjà de comercials.

Actualment, i ja que el projecte és de caràcter molt innovador no comptem amb cap mena de competència. I per tant es podria optar per un nivell de preus una mica més elevat, sense tindre la necessitat d'ajustar tant els preus de venda.

Com a mercat objectiu inicial, ens enfocarem a Catalunya, amb uns objectius d'expansió cap a Espanya, darrerament una expansió internacional cap a la unió europea, i per últim una expansió a nivell mundial.

- Quota de mercat

S'aproxima com a mercat potencial el 10 % dels centres o departaments d'investigació ubicats a Catalunya, 550 departaments. D'aquest mercat potencial, aspirem a aconseguir una quota de mercat del 10 % el primer any amb increments relatius del 10 % en els dos següents anys. Considerant que cada departament compra 1 prototip com a mitjana, els objectius comercials del nostre projecte resten recollits a la següent taula.

Concepte	2013	2014	2015
Nombre de Departaments	55	61	68
Nombre Prototips	55	61	68

Taula 2.2. Objectius comercials

- Preu de referència

Pel que fa al preu de venda, i com s'ha esmentat amb anterioritat, per la falta de competència s'establirà un nivell de preu de: 600 €.

2.3. Industrialització del projecte. Estructura de costos

En aquest apartat s'hauria de desenvolupar un petit pla d'operacions que ens permetés aproximar l'estructura de costos de la línia de negoci.

En primer lloc hauríem de determinar el procés de fabricació i calcular els costos associats. Els costos de fabricació són els corresponents al muntatge sota comanda de les unitats de prototip que seran venudes per un comercial.

COSTOS VARIABLES	
Concepte	Costos (€)
Fabricació	50
Material: 209,95 * 0,7	146,96
TOTAL	196,96

Taula 2.3. Costos variables d'exploració

Pel que fa als costos fixos, es contempen el lloguer d'un local, els sous de tres persones (1 enginyer, 1 comercial/administratiu, 1 operari), i uns costos orientatius en concepte de subministraments i manteniment.

COSTOS FIXOS	
Concepte	Costos (€)
Amortitzacions ⁴	9.809,79
Lloguer local	3.000
Subministraments i serveis externs	1.000
Manteniment	500
TOTAL	14.309,79

Taula 2.4. Costos fixos d'exploració

A partir d'aquesta estructura de costos es procedeix a calcular el punt d'equilibri en nombre d'unitats venudes per any.

$$pq_e = CF + vq_e$$

⁴ Es considera l'amortització de la inversió en tres anys.

$$q_e = \frac{CF}{p - v} = \frac{14.309,79}{600 - 196,96} = 36 \text{ unitats}$$

2.4. Costos d'inversió

Els costos d'inversió inclouen el pressupost d'enginyeria més tots aquells elements d'immobilitzat necessaris per a l'explotació del projecte. Ordinadors i instrumental de laboratori bàsic, i una màquina per a l'emalatge o packaging que serà dissenyat per una empresa externa.

COSTOS INVERSIÓ	
Concepte	Costos (€)
Projecte d'enginyeria	40.848,06
Bancada de proves	2.000,00
Embalatge/Packaging	500,00
TOTAL (C₀)	43.848,06

Taula 2.5. Costos d'inversió

2.5. Anàlisi de rendibilitat

Per a analitzar la rendibilitat del projecte es calcula el valor actual net considerant:

- Vida de la inversió $N = 3$ anys
- Tipus d'interès $i = 0,70 \%$ (Constant al llarg de la vida de la inversió. Font: EUROSTAT. Abril 2018)
- Índex de Preus Industrials $g = 2,3 \%$ (Constant al llarg de la vida de la inversió. Font: INE. Variació anual de l'índex general de Abril 2018)

Concepte	2013	2014	2015
Ingressos	33.000,00	36.600,00	40.800,00
Costos de producció i despeses material	25.142,52	26.324,35	27.703,07
Amortització	9.809,79	9.809,79	9.809,79
Benefici abans d'impostos (BAI)	7.857,48	10.275,65	13.096,93
Benefici net (BN)	5500	7.192,95	9.167,85
Cash-Flow	15.309,79	17.002,74	18.977,64

Taula 2.6. Fluxos de caixa nets anuals

$$C_0 = 43.848,06 \text{ €}$$

$$C_1 = 15.309,79 \text{ €}$$

$$C_2 = 17.002,74 \text{ €}$$

$$C_3 = 18.977,64 \text{ €}$$

$$VAN = -C_0 + \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+i)^t (1+g)^t} =$$

$$-43.848,06 + \frac{15.309,79}{(1+0,007)(1+0,023)} + \frac{17.002,74}{(1+0,007)^2(1+0,023)^2} + \frac{18.977,64}{(1+0,007)^3(1+0,023)^3} =$$

$$-43.848,06 + 14.861,55 + 16.021,7 + 17.359,09 = 4.394,28 \text{ € } (> 0)$$

Per últim, calculem l'índex cost-benefici:

$$ICB = \frac{VAN}{C_0} = \frac{4.394,28}{43.848,06} 100 = \mathbf{10,02\%}$$

Com es pot observar el ICB no és molt alt, ja que es tracta de un material de laboratori per la realització de experiments molt específics. Per tant es conclou que tot i no ser gaire rentable comercialitzar-lo, aquest prototip podria ser inclòs en paquets de material de laboratori on si que s'aconsegueixi un benefici molt més alt.

3. Execució del pressupost

3.1. Cost final del projecte

El pressupost final d'execució d'aquest projecte serà el desglossat en la següent Taula 3.1.:

PRESSUPOST		
Capítol	Descripció	€
1	Elaboració del projecte	23.707,50
2	Materials	241,44
3	Amortitzacions	9.809,79
Total		33.758,73
IVA (21 %)		7.089,33
TOTAL FINAL		40.848,06

Taula 3.1. Pressupost total [Elaboració pròpia]

3.2. Justificació de les desviacions

Les principals desviacions en el pressupost, han estat ocasionades pel desconeixement inicial del preu del metacrilat i del filament de coure de 6 mm de gruix. Quan es va posar inici al projecte es desconeixia que aquests materials fossin tan cars i complicats d'aconseguir. Això ha provocat que d'un pressupost suposat de partida d'uns 100 €, s'hagi hagut de realitzar una inversió per a la realització i fabricació del prototip d'uns aproximadament 210 € comptant imprevistos.

Per altra banda no hi ha hagut cap desviació significativa en la planificació, que hagi fet que s'encarís la realització del projecte a causa de la realització d'hores extres per arribar amb els terminis.

4. Referències

- [1] Ajuntament de Barcelona. (2011). *El sector de la Educación en Barcelona*. G.Grafic. Barcelona.



TecnoCampus
Escola Superior
Politécnica

Centre adscrit a la



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

Grau en Enginyeria Mecànica

MILLORA D'UN MOTOR D'INÈRCIA ELECTRODINÀMICA

Annexos

SERGIO PÉREZ SAL
PONENT: CARLES PAUL RECARENS

PRIMAVERA 2019



TecnoCampus
Mataró-Maresme

Índex.

Annex I. Especificacions tècniques dels materials.	1
Annex II. Factures dels materials i components.	7
Annex III. Diagrames de Gantt.....	11
Annex IV. Fulls de fase.	13
Annex V. Tancament del projecte.	19
Annex VI. Informe mediambiental.....	23
Annex VII. Càlcul del rodament.....	33
Annex VIII. Càlcul dels cargols.	35
Annex IX. Càlcul de la soldadura.....	39
Annex X. Experimentacions prèvies amb el programa de simulació EMS.	43
Annex XI. Plantilla pel tall de les peces de metacrilat.	51
Annex XII. Normativa.....	53
Annex XIII. Galeria d'imatges del prototip.....	55
Annex XIV. Contingut del CD-ROM.....	67
Referències.	69

Índex de figures.

Figura I Factura de la planxa de metacrilat i rodó de 5 mm [Elaboració pròpia]	7
Figura II Factura del cilindre de 40 mm de diàmetre [Elaboració pròpia]	8
Figura III Factura del rodament de boles [Elaboració pròpia].....	9
Figura IV Factura de la reguarda de vitón [Elaboració pròpia]	10
Figura V Diagrama de Gantt de la planificació final [Elaboració pròpia]	11
Figura VI Moment flector del passador [8]	36
Figura VII Direcció de la intensitat en la espira [Elaboració pròpia]	43
Figura VIII Densitat de flux magnètic en una espira [Elaboració pròpia].....	44
Figura IX Intensitat de camp magnètic en una espira [Elaboració pròpia].....	44
Figura X Moviment del corrent en una espira [Elaboració pròpia]	45
Figura XI Sentit del corrent en la bobina [Elaboració pròpia].....	46
Figura XII Densitat de flux magnètic en una bobina [Elaboració pròpia]	46
Figura XIII Intensitat de camp magnètic en una bobina [Elaboració pròpia].....	47
Figura XIV Moviment del corrent en una bobina circular [Elaboració pròpia]	47
Figura XV Sentit escollit per a la entrada i sortida del corrent de les bobines del transformador [Elaboració pròpia]	48
Figura XVI Densitat de flux magnètic en un transformador [Elaboració pròpia]	48
Figura XVII Moviment del flux magnètic en un transformador [Elaboració pròpia].....	49
Figura XVIII Intensitat de camp magnètic en un transformador [Elaboració pròpia]	49
Figura XIX Moviment del corrent de les bobines del transformador [Elaboració pròpia]	50
Figura XX Plantilla de tall de les peces [Elaboració pròpia].....	51
Figura XXI Tall de les peces de metacrilat amb làser [Elaboració pròpia]	55
Figura XXII Metacrilat sobrant del tall de les peces de metacrilat [Elaboració pròpia].....	55

Figura XXIII Refrentat previ del cilindre de metacrilat [Elaboració pròpia]	56
Figura XXIV Elaboració del xamfrà del la cassoleta [Elaboració pròpia]	56
Figura XXV Elaboració del xamfrà de la cassoleta vista 2 [Elaboració pròpia]	57
Figura XXVI Resultat de la cassoleta de metacrilat despès de mecanitzar-la amb el torn [Elaboració pròpia]	57
Figura XXVII Resultat de la cassoleta de metacrilat despès de mecanitzar-la amb el torn vista 2 [Elaboració pròpia]	58
Figura XXVIII Unió de les diferents parts del suport de la cassoleta [Elaboració pròpia]	58
Figura XXIX Unió de les diferents parts del suport de la cassoleta vista 2 [Elaboració pròpia]	59
Figura XXX Inserció d'una altra lamina de metacrilat al suport de la cassoleta [Elaboració pròpia].....	59
Figura XXXI Comprovació del ajustament del rodament dins del suport de la cassoleta [Elaboració pròpia]	60
Figura XXXII Proveta de metacrilat [Elaboració pròpia]	60
Figura XXXIII Bobina gran de 3 espines [Elaboració pròpia]	61
Figura XXXIV Bobina alternativa [Elaboració pròpia]	61
Figura XXXV Bobina de mitja volta [Elaboració pròpia]	62
Figura XXXVI Proveta de bobines petites [Elaboració pròpia].....	62
Figura XXXVII Proveta de la bobina gran [Elaboració pròpia]	63
Figura XXXVIII Prototip amb la bobina alternativa [Elaboració pròpia].....	63
Figura XXXIX Vista superior del prototip amb la bobina alternativa [Elaboració pròpia]	64
Figura XL Prototip amb la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]	64
Figura XLI Vista superior del prototip amb la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]	65
Figura XLII Prototip amb la bobina de mitja volta [Elaboració pròpia]	65
Figura XLIII Vista de la connexió superior i el rodament de boles [Elaboració pròpia]	66

Índex de taules.

Taula I Especificacions tècniques del metacrilat [1]	2
Taula II Especificacions tècniques del coure [2]	3
Taula III Propietats del mercuri [3]	3
Taula IV Especificacions tècniques del material del rodament [4]	4
Taula V Propietats tècniques del vitón[5]	5
Taula VI Taula de punts forts i punts febles [Elaboració pròpia].....	21
Taula VII Especificacions tècniques del rodament [7]	34
Taula VIII Taula per escollir l'elèctrode [9].....	39
Taula IX Taula del diferents tipus de soldadura [10]	40

Annex I. Especificacions tècniques dels materials.

polieril[®]

Metacrilato de colada

PO 01 - Tabla de propiedades

Propiedad	Valor	Unidades	Método de ensayo
Generales			
Densidad ⁽¹⁾	1,19	g/cm ³	ISO 1182, Método A,C o D
Absorción de agua	0,50 ⁽²⁾	%	UNE-EN ISO 62, Método 1 (24h, 23°C)
Poder calorífico (760mm y 0°C)	1,255	kJ/Kg °C	-
Temperatura de inflamación T _i	300	°C	ASTM-1929
Temperatura de autoinflamación T _{ai}	430	°C	
Reacción al fuego por radiación	M4	-	UNE-23-727
Térmicas			
Calor específico	0,35	cal/g °C	-
Conductivida térmica	4,5 x 10 ⁻⁴	cal cm/cm ² seg °C	DIN52612
Coefficiente de transmisión térmica K 3mm	5,50	kcal/m ² h °C	-
Temperatura de reblandecimiento VICAT	118	°C	UNE-EN ISO 306 Método A50
Temperatura de flexión bajo carga	98	°C	UNE-EN ISO 75/2-A
Temperatura de moldeado aconsejable	150 - 170	°C	-
Temperatura máxima de servicio	80 - 85	°C	IRPEN
Hoja plana	75 - 80	°C	
Pieza moldeada	75 - 80	°C	
Coefficiente de dilatación lineal	7 x 10 ⁻⁵	K ⁻¹	ISO 11359-2
Variaciones dimensionales a elevada temperatura (Contracción)	Max. 2,5	%	UNE-EN ISO 7823-1 Anexo A
Mecánicas			
Resistencia a la tracción	Min. 70	Mpa	UNE-EN ISO 527-2/1B/5
Módulo de elasticidad en tracción	Min. 3000		
Deformación en tracción	Min. 4	%	
Resistencia a la flexión	110	Mpa	UNE-EN ISO 178
Resistencia de impacto Charpy (probeta no entallada)	Min. 13	kJ/m ²	ISO 179/1 Fu
Dureza Rockwell	100	Escala M	UNE-EN ISO 2039-2
Coefficiente de rozamiento o fricción	0,80	°C	IRPEN
PMMA / PMMA			
PMMA / Acero	0,48 - 0,55		

Òpticas			
Transmitància de luz a 420nm ⁽³⁾ Antes de la exposició a una làmpara de xenón Después de la exposició a una làmpara de xenón durante 1000h	Min. 90 Min. 88	%	ISO 13468-2
Turbiedad	1	%	ISO 14782
Índice de refracci3n	1,49	-	UNE-EN ISO M3todo A
Acústicas			
Aislamiento acústico	4mm 6mm 10mm 20mm	24 27 29 32	dB DIN 52210
El3ctricas			
Resistencia transversal específica	Mi. 10 ¹⁵	Ω Cm	DIN VDE 0303 P3
Rigidez dieléctrica Ed (probeta 1mm)	30	kV/mm	DIN VDE 0303 P2
Constante dieléctrica	50 Hz 10 ⁶ Hz	3,5 2,6	DIN VDE 0302 P4
Factor de pérdidas dieléctricas	50 Hz 10 ⁶ Hz	5 x 10 ⁻²	DIN VDE 0303 P4
Informaci3n medioambiental			
Exento de CFC			

(1) Material incoloro

(2) El valor indicado hace referencia a probetas cuadradas de 50 cm de lado y 3 mm de espesor

(3) Material incoloro, 3mm

FUNDAMENTAL PROPERTIES OF COPPER

Atomic Number	29	Density @ 0 K	9021 kg/m ³
Atomic Weight	63.54	@ 0 °C	8934 kg/m ³
Isotopic Distribution	63 (69.09%)	Melting Point	1084.5 °C
	65 (30.91%)	Debye Temperature	
Atomic Diameter	2.551 x 10 ⁻¹⁰ m	@ 0 K	342 K
Electronic Structure	3d ¹⁰ 4s	@ 0 °C	311 K
Valence States	2,1	Electrical Resistivity (Ω·m)	
Crystal Structure	Face-centered cubic, Fm3m	@ 0 °C	1.545 x 10 ⁻⁸
Lattice Spacing @ 0 K	3.6044 x 10 ⁻¹⁰ m	Magnetic Susceptibility (m ³ /kg)	
@ 0 °C	3.6149 x 10 ⁻¹⁰ m	@ 4 K	-1.06 x 10 ⁻⁹
Fermi Energy	7.0 eV	@ 0 °C	-1.04 x 10 ⁻⁹
Fermi Surface	Spherical, with necks at (111)	Elastic Constant (Pa)	
Open Orbits	(111) direction	@ 0 °C	
Hall Coefficient (m ³ /(A·s))	-5.12 x 10 ⁻¹¹	C ¹¹	1.698 x 10 ¹¹
		C ¹²	1.224 x 10 ¹¹
		C ⁴⁴	0.759 x 10 ¹¹

Taula II Especificacions tècniques del coure [2]

Table 1. Properties of pure mercury at 20°C and 101 325 Pa.

Quantity	Value and uncertainty ($k = 1$)	Reference
Density	(13 545.850 ± 0.012) kg m ⁻³	[13], sections 2.3, 3.1
Thermal expansion coefficient	(1.812 ± 0.005) × 10 ⁻⁴ K ⁻¹	Section 3.1
Isothermal compressibility	(4.02 ± 0.04) × 10 ⁻¹¹ Pa ⁻¹	[13], section 3.2
Vapour pressure	(0.170 ± 0.003) Pa	[14]
Molar heat capacity	(27.98 ± 0.10) J mol ⁻¹ K ⁻¹	[14]
Thermal conductivity	(8.09 ± 0.24) W m ⁻¹ K ⁻¹	[14]
Compression heating	(0.028 ± 0.001) × 10 ⁻⁶ K Pa ⁻¹	Section 3.2
Molar mass	(200.59 ± 0.01) g mol ⁻¹	[14]
Dynamic viscosity	(1.56 ± 0.015) × 10 ⁻³ Pa s	[14]
Surface tension	(485 ± 2) × 10 ⁻³ N m ⁻¹	[14]
Electrical conductivity	(1.044 ± 0.0035) × 10 ⁶ S m ⁻¹	[14]

Taula III Propietats del mercuri [3]

Especificaciones

Atributo	Valor
Diámetro de Entrada	40mm
Diámetro de Salida	68mm
Tipo de Rodamiento de Bola	Ranura Profunda
Anchura del Anillo	15mm
Tipo de Extremo	Abierto
Número de Filas	1
Valor Nominal de Carga Estática	11.5kN
Material	Acero
Material de la Rejilla	Acero
Tipo de anillo	Plano
Valor Nominal de Carga Dinámico	16.8kN
Tipo de Calibre	Paralelo


Taula IV Especificacions tècniques del material del rodament [4]

VITON® (Caucho de fluorocarbono) :

ESPECIFICACIONES	
Color	Negro
Densidad	2,03 g/cm ³
Dureza (Shore A)	70 °
Elongación	165 %
Resistencia a la tracción	5 N/mm ²
Rango Temperatura	-30 °C a 250 °C (-22 °F a 482 °F)
PROPIEDADES	
<ul style="list-style-type: none"> • Extraordinaria resistencia a la temperatura. • Excelente resistencia a ácidos y álcalis, incluso oxidantes. • Débil resistencia a esteres y cetonas. • Excelente resistencia al ozono y a la intemperie. 	
APLICACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos y álcalis, hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorados, aceites y ozono. 	

Taula V Propietats tècniques del vitón[5]

Annex II. Factures dels materials i components.



MuchoPlástico

•Metacrilat •Poliètilen •PETG •PVC segurat
 •Poliacrilonat •Polièster •PVC Compact •Diss metàllic

•Mecanitzat C.B.C. •Bolses de plàstic •Assessoria tècnica
 •Corta per làser •Corta a màquina •Sembles urgent 24 h.
 •Erodides de precisió •Prototips i plànols •Almacenaje de stock
 •Basta al major y al detall •Impressió •Transporte

Tel. 600747536

Factura / Invoice

Nº Doc.	Nº Client.	Data/Fecha	Pg.
INT/11292	12991	13/05/2019	1/1

N. Prove. :

n/Ref.	Responsable

SERGIO PEREZ SAL
 CL. CHARLES DARWIN
 08329 TESA
 BARCELONA

CIF / NIF: 48108435W


Alçada	Cod.	Descripció / Descripción / Description	Un.	Pr.Un.	Parcial
08-08-18/13.480/ MF170986	RODÓ 5mm	PIEZA PMMA INC. DE 7200460X10MM. -	1,00	47,74	47,74
08-08-18/13.480/ MF170986	MATA	BARRA PMMA INC. DE Ø15X990MM. -	1,00	7,92	7,92
08-08-18/13.480/ MF170986	TRANSPORTE	PORTES PAGADOS -	1,00	12,78	12,78
Import Neto/Importe Neto/Net Amount			68,44		
B. Imponible			68,44		
21 % IVA			14,37		
TOTAL/TOTAL AMOUNT					82,81 €

	<p>TARJETA CCC:</p> <p><u>Vencimiento</u> 13/05/2019</p> <p><u>Importe</u> 82,81 €</p>
--	---

WWW.MUCHOPLASTICO.COM
info@muchoplastico.com

OPCIONAS – FABRICA – TIENDA
 C/Valle, 25 (Pol. Ind. Siglo XXI) - 88222 Terrats (Barcelona) España
 Tel.:(+34)888 988 180 - Fax: (+34)83 731 01 52

Figura I Factura de la planxa de metacrilat i rodó de 5 mm [Elaboració pròpia]



**MATERIALS
WORLD**

SEVEI ESTACIÓ

Hola, Sergio Pérez Sal

Gracias por su pedido en MWMaterialsWorld. Cuando este sea enviado, recibirá un correo electrónico con un enlace para poder hacer el seguimiento de su pedido. Si tiene alguna pregunta, por favor, contacte con nosotros en info@mwmaterialsworld.com. Su confirmación de pedido se muestra a continuación. Gracias otra vez por su gestión.

Datos de tu pedido

Número de referencia: 100045126

Fecha: 6 de mayo de 2019 17:08:46 CEST

Información de facturación:	Forma de pago:
Sergio Pérez Sal Charles Darwin Nº81 Teia, Barcelona, 08329 España T: 600747536	Tarjeta de crédito
Información de envío:	Método de envío:
Sergio Pérez Sal Charles Darwin Nº81 Teia, Barcelona, 08329 España T: 600747536	Tarifa - Nacional

Artículo	Código	Cantidad	Subtotal
Cilindro macizo de Metacrilato transparente <i>Díámetro</i> 40 mm <i>Largo</i> 90 mm	103143	1	12,00 €
Subtotal			12,00 €
Gastos de envío			6,90 €
Impuestos			2,08 €
Total			18,90 €

Gracias de nuevo, MWMaterialsWorld

Figura II Factura del cilindre de 40 mm de diàmetre [Elaboració pròpia]



RS Components
Avenida de Europa 19 - Edif. 3
28224 - Pozuelo de Alarcón
Madrid

Gracias por su pedido
Su referencia de RS es: 149742703

Entrega Persona que realiza el pedido: Sr. Sergio Pérez Sal Entrega: Sergio Pérez Sal, Charles Darwin, Nº81, Tels, Tels, 08329, ES		Pago Forma de pago: Vía , Terminada en 5012 CIF/NIF: 48100435W Dirección envío de factura: Sergio Pérez Sal , Charles Darwin , Nº81 , Tels , Tels , 08329 , ES	
Forma de envío Forma de envío: Entrega a domicilio (Cuenta crédito o Tarjeta crédito/débito). Consulte condiciones en la página de ayuda, apartado de Pago.			

Productos estándar

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Coste
 Rodamiento de bolas NSK, Ransa Profunda, 6000 4990265 NSK 6000 Estado RoHS - No aplicable	1  1 Disponible para entrega en 24/48 horas	10,74 € Unidad	10,74 €

Total productos	10,74 €
Entrega	5,00 €
Su pedido es inferior a 50,00 € y tendrá un cargo de 5€ de gastos de envío	
CIF/NIF	3,31 €
Total del pedido	19,05 €

902 100 711

@ es.rs-online.com

902 100 811

Figura III Factura del rodament de boles [Elaboració pròpia]

Annex III. Diagrames de Gantt.

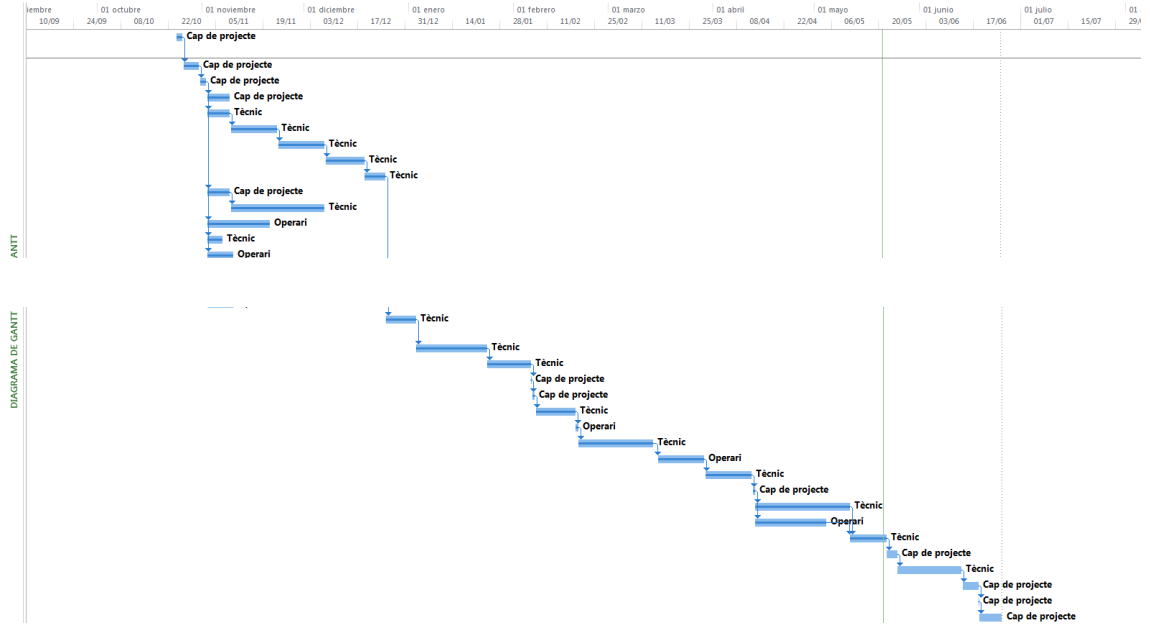
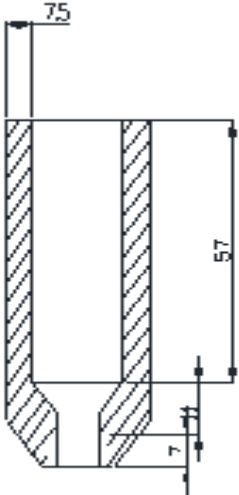


Figura V Diagrama de Gantt de la planificació final [Elaboració pròpia]

FASE DEL CICLO DE ELABORACIÓN					
Para: Cassoleta porta mercuri				Nº Progresivo:	
Estudiado: S. Pérez	Material: Metacrilat			FASE Nº:	
Dibujado: S. Pérez	Estado:			030	
Fecha: 22/04/19	Sección o línea:			Pag:	
Sustituye a:	Máquina: Torn CN	Núm: -		1/1	
Descripción de la fase					
<ul style="list-style-type: none"> - Verificar dimensions amb el peu de rei. - Col·locar broca de 12 mm de diàmetre. - Elaborar forat passant de punta a punta de la peça. 					
<p>Technical drawing showing dimensions: 40,00 (outer diameter), 12,00 (inner diameter), 65 (height), and 10 x 45° (chamfer).</p>					
Útiles y herramientas					
Cant.	Utensilios	Cant.	Herramientas	Cant.	Útiles de control
			Broca de 12 mm de diàmetre.	1	Peu de rei
Modificaciones:				Efectuado:	

FASE DEL CICLO DE ELABORACIÓN					
Para: Cassoleta porta mercuri				Nº Progresivo:	
Estudiado: S. Pérez Dibujado: S. Pérez Fecha: 22/04/19 Sustituye a:		Material: Metacrilat Estado:		FASE Nº: 040	
		Sección o línea: Máquina: Torn CN Núm: -		Pag: 1/1	
Descripción de la fase					
<ul style="list-style-type: none"> - Verificar dimensions amb el peu de rei. - Col·locar broca de 25 mm de diàmetre. - Elaborar forat de 63,54 mm de longitud. 					
					
Útiles y herramientas					
Cant.	Utensilios	Cant.	Herramientas	Cant.	Útiles de control
			Broca de 25 mm de diàmetre.	1	Peu de rei
Modificaciones:				Efectuado:	

Annex V. Tancament del projecte.

Desviacions de la planificació

La planificació s'ha anat seguint de la manera prevista, exceptuant alguns casos, com la no introducció de l'estudi econòmic o un pressupost totalment tancats a causa que encara no s'havia fet un recull de totes les factures dels materials necessaris per a l'elaboració del prototip final. A més de l'apartat econòmic citat abans també es va endarrerir molt la compra dels materials, ja que es volia estar completament segur de les quantitats de material necessàries, ja que no es tracten de materials barats ni fàcils d'aconseguir. Això ha provocat un gran retard en l'elaboració del prototip i les corresponents experimentacions posteriors amb aquest.

Desviacions de pressupost

Donat que quan es va començar a realitzar aquest projecte es desconeixia el cost de la majoria de components que formarien el prototip, la desviació en el pressupost ha estat molt alta, ja que s'han utilitzat materials de difícil obtenció i de primera qualitat. Això a provocat que augmentés el cost del prototip i per tant en gran mesura el pressupost del projecte.

Grau d'assoliment d'objectius i d'acompliment d'especificacions

A continuació podem veure els objectius i les especificacions tècniques que donen solució als objectius, per tal de veure si s'han complert de manera satisfactòria.

- Facilitar en el canvi de bobines i provetes per a l'estudi experimental d'aquestes segons la seva forma i dimensions, sense produir fuites de mercuri.
 - Reguarda de vitón.
 - Suport de mercuri desmuntable per la part superior.
- Facilitar l'extracció del mercuri del prototip.
 - Suport de mercuri desmuntable per la part superior.
 - Cassoleta de mercuri desmuntable.

- Provetes de metacrilat movibles.
- Disseny d'un model 3D per a la simulació teòrica de l'experiment.
 - SolidWorks.
 - Programa de simulació EMS.
- Observació del gir de les bobines (càlcul de la velocitat segons la forma de la bobina, l'amplada d'aquesta, i la intensitat i el tipus del corrent que hi circula).
 - Investigador.
 - Amperímetre.
 - Font de corrent continu i alterna.

El grau d'assoliment dels objectius i el compliment de les especificacions tècniques ha estat quasi total, ja que al realitzar les experimentacions amb el prototip no es va poder observar el gir de totes les bobines a causa d'una font de corrent més potent. Un altre però, seria en la realització i experimentació amb el model 3D, tot i que s'ha creat el model 3D, el programa EMS troba dificultats a l'hora de la simulació, ja que necessita un ordinador molt potent per a realitzar una bona simulació amb tot el prototip. Per altra banda el programa EMS tampoc dona una gran quantitat de resultats tenint en compte la dificultat de la simulació.

Punts forts i punts febles de la solució

Els punts forts i punts febles es desglossaran a la següent taula:

Punts forts	Punts febles
<ul style="list-style-type: none"> • Solució de fàcil producció. • Prototip totalment desmuntable. • Permet realitzar multitud d'experiments. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilització de mercuri. • Dificultat per a obtenir alguns materials. • Poca demanda. • Necessitat d'una font de corrent potent

-
- Fàcil ús.
 - No hi ha competència.
-

Taula VI Taula de punts forts i punts febles [Elaboració pròpia]

Com es pot observar els punts forts superen als punts febles, i donat que hi ha alguns punts febles de caràcter important, es creu que la solució escollida és bona, ja que tot i així els punts forts fan que la balança s'inclini de manera positiva.

S'ha de tenir en compte també que el caràcter experimental d'aquest projecte pot obrir noves línies d'investigació. I per això no s'ha de mirar tant aquest projecte en l'aspecte econòmic sinó en un context d'un projecte de recerca i innovació.

Milliores i futures línies de treball

Com a principal millora que es podria fer, seria la recerca i investigació d'algun tipus de material que substituís el mercuri per tal de fer els contactes sense fregament, fent que el prototip sigui molt més respectuós amb el medi ambient i menys perillós pels investigadors que el manipulin. També s'ha pensat en substituir aquests contactes amb contactes rodants, que permetrien el contacte, però produirien un mínim fregament i el filament de coure de 6 mm de gruix per un més fi, però que necessitaria de la fabricació d'una reguarda especial a mida per tal de que les bobines continuïn sent intercanviables. I la substitució dels cables i contactes elèctrics per uns més preparats per suportar intensitats elevades.

Annex VI. Informe mediambiental.

Matèries primeres

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
Matèries primeres contaminants?	X			
Obtenció de les matèries primeres contaminat?		X		
Transport de les matèries primeres fins a la localització escollida?		X		
Pla de substitució de les matèries primeres actuals per altres de menys contaminants?			X	

Capacitat assimilativa de la localització

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
S'han considerat llocs o localitzacions alternatius per evitar la degradació ambiental?		X		
Es tenen estudis hidrològics, geològics i meteorològics de la localització per anticipar i minimitzar possibles danys a humans, flora i fauna?		X		
S'abocaran aigües residuals directament o indirectament a l'exterior?		X		
Es tractaran els residus?		X		
La localització està protegida?		X		
Pot causar un moviment de la població de la localització?		X		

Fase de disseny del procés

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
S'han d'incorporar elements a la planta des de el punt de vista ambiental?		X		Ja existeixen.
S'ha considerat la possibilitat d'utilitzar una tecnologia neta, per a tot el procés, o per alguna de les operacions involucrades?		X		
Hi ha algun aspecte contaminant en la fase de disseny de procés?		X		

Fase de construcció

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
En la fase de construcció es produiran residus contaminants?	X			Seràn tractats convenientment.
S'han previst accions per minimitzar el dany al construir carreteres o la planta en la localització escollida?		X		
Es consideraran mètodes de construcció menys contaminants?			X	

Fase d'operació

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
S'han previst plans de seguretat a l'hora de manipular matèries o substàncies perilloses?	X			S'aïlla la zona de treball per evitar que el mercuri pugui entrar en contacte amb el medi.
Existeix risc d'explosió o abocament per accident?	X			
S'ha previst un pla de seguretat interna?	X			
S'han pres mesures en el emmagatzematge de les matèries perilloses?	X			
S'han previst les precaucions corresponents per prevenir les pèrdues dels tancs d'emmagatzematge?	X			
Hi ha previstos abocaments en sistemes aquàtics? (rius, llacs, aigües, litorals)		X		No hi ha previst cap abocament.
Poden els corrents residuals tenir efectes sinèrgics amb altres materials?		X		
Els corrents poden portar residus potencialment tòxics?	X			Però es impossible que s'arribin a abocar.
Poden produir els abocaments d'aigües residuals el desenvolupament d'algues, mort de peixos, etc.?		X		
Hi ha sistemes per eliminar els materials tòxics?				Una empresa externa se n'ocupa.
En cas de produir residus, quin sistema de tractament es pensa utilitzar?				Neteja i desinfecció de la localització.
S'ha considerat el reciclatge d'aquests residus?	X			
Es formarà el personal de planta en aspectes ambientals?	X			
De quina manera seran controlades possibles olors produïdes?	X			Mascareta i extractors d'aire.

Aspectes socials i culturals

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
Hi haurà una afectació en l'entorn de la localització o en l'àmbit econòmic o social?		X		No te cap efecte.
Provocarà problemes d'urbanització?		X		
Provocarà un augment del trànsit?		X		

Aspecte de salut

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
Es produiran emissions que afecten directa o indirectament a la salut?			X	
Quins nous problemes de salut es poden plantejar?				Toxicitat en el sistema nerviós central i perifèric.

Hi hauran mesures per als treballadors en el aspecte de la seguretat i la higiene?	X			Obligat ús d'un EPI.
Pot causar afectacions a poblacions properes?		X		

Residus finals

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
Quina gestió està prevista fer amb els residus finals?				El prototip no genera cap residu. El mercuri utilitzat es tornarà a recollir per reutilitzar-lo per un altre experiment.

Futures expansions

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
Poden els futurs projectes afectar al medi ambient?		X		Es duran a terme en un laboratori.

Preavaluació d'impacte ambiental

Factors relacionats amb el projecte

Generalitats

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte provocarà efectes especials en el medi ambient?		X		
El projecte significarà una pertorbació generalitzada del sòl, neteja del terreny o desbrossament, aplanat o obres subterrànies en gran escala?		X		
Pot el projecte plantejar una modificació urbanística?		X		
El projecte exigirà la construcció d'estructures auxiliars d'abastiment d'aigua, energia i combustible?		X		
El projecte pot provocar la modificació dels conductes de l'aigua?		X		
El projecte pot ocasionar la necessitat de modificar la xarxa de clavegueram?		X		
El projecte pot ocasionar modificacions dels desaigües en casos de pluges intenses?		X		
El projecte pot ocasionar canvis en les xarxes de conducció elèctrica?		X		
El projecte exigirà la construcció de noves carreteres o vies d'utilització de tot terreny?		X		
El projecte pot provocar un augment del trànsit?		X		
Es crearà un augment de la demanda de fonts d'energia a causa del projecte?		X		

El projecte es tancarà o serà clausurat després d'un temps de vida?		X		
El projecte pot afectar al moviment de persones o a la seva vida quotidiana?		X		

Medi atmosfèric

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte provocarà emissions a l'atmosfera per l'ús de combustibles fòssils, en processos de producció, manipulació i obtenció de matèries primeres?	X			
El projecte provocarà emissions a l'atmosfera, en el procés de fabricació del prototip?		X		
El projecte provocarà emissions a l'atmosfera, en el procés d'experimentació amb el prototip?			X	
El projecte provocarà emissions a l'atmosfera, en el procés de reciclatge del prototip?			X	

Medi aquàtic

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
Es necessitaran grans quantitats d'aigua?		X		
El projecte significarà una degradació dels models de drenatge existents (incloent la construcció de preses o la desviació de cursos d'aigua o l'augment dels riscos d'inundació)?		X		
El projecte afectarà al traçat de canals de drenatge?		X		
El projecte necessita la construcció de molls o dics?		X		
El projecte exigirà la construcció d'estructures mar endins (espigons, plataformes petrolíferes, etc.)?		X		

Producció de residus

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar grans quantitats de residus inerts?		X		
El projecte pot ocasionar grans quantitats de residus tòxics?		X		
El projecte pot ocasionar residus urbans o industrials?		X		
El projecte pot contaminar el sòl o les aigües subterrànies?			X	Si no es fa un bon ús del mercuri, i no es té cura en la seva utilització.
El projecte pot ocasionar sorolls forts, vibracions, contaminació lumínica o altres formes de radiació?		X		

Riscos

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot provocar la violació d'estàndards en contaminació per residus tòxics?		X		
El projecte necessita un emmagatzematge, manipulació, utilització o transport de substàncies perilloses?	X			
El projecte necessitarà un control de plagues?		X		
Les mesures de protecció de em medi ambient del projecte poden fallar?		X		
El projecte pot ocasionar riscos d'explosió o emissió de substàncies o gasos perillosos?			X	
El projecte pot interferir amb el pla d'emergència o evacuació?		X		
El projecte pot ocasionar riscos laborals?		X		

Aspectes socials

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar un baixada de la qualitat de l'entorn o la vida on es durà a terme?		X		
El projecte pot ocasionar aversions sobre béns humans?		X		
El projecte crearà una gran quantitat de llocs de treball?		X		
Per dur a terme el projecte caldran grans despeses en l'economia local?		X		
El projecte pot ocasionar alteracions de la localització, distribució, densitat o índex de creixement de la població de l'àrea?		X		
Per dur a terme el projecte serà necessari la instal·lació de serveis?		X		
El projecte crearà un augment de la demanda de habitatge en la localitat escollida?		X		
El projecte necessitarà de la presència de cossos de seguretat o emergència?		X		
El projecte necessitarà la creació d'escoles?		X		
El projecte necessitarà la implementació la creació d'àrees públiques o lúdiques?		X		

Factors relacionats amb localització**Protecció o serveis jurídics**

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte estarà en una localització protegida?		X		
El projecte es localitzarà en una localització amb unes normes de qualitat de l'ambient especials?		X		
El projecte necessitarà de un permís o llicència especial per a la seva explotació?		X		

Característiques generals

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte estarà en una localització amb una gran quantitat de contaminació?			X	Mataró és una ciutat que supera els nivells de contaminació establerts per la OMS.
El projecte està situat en una zona o localització en la que el sòl o les aigües subterrànies han estat contaminades per activitats anteriors?		X		
El projecte està situat en una localització que pot ser una zona d'alta contaminació en un futur?			X	

Dades hidrològiques

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte se situarà en terrenys pantanosos, cursos de rius o grans masses d'aigua?		X		
El projecte està situat sobre algun aquífer?		X		
El projecte s'explorà a prop del mar?	X			

Característiques paisatgístiques i estètiques

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte crearà una contaminació visual?		X		
El projecte crearà una diferència visual significativa en la localització escollida?		X		
El projecte es camuflarà amb el paisatge de la localització escollida?		X		

Condicions atmosfèriques

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte se situa en una zona subjecta a condicions atmosfèriques adverses (inversions de la temperatura, boires denses, vent violent)?		X		
El projecte se situa en una localització favorable a catàstrofes ambientals relacionades amb condicions atmosfèriques? (tornados, huracans, inundacions, etc.)				

Estabilitat

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte se situa en una zona amb una forta acció erosiva?		X		
El projecte se situa en un terreny propens a terratrèmols o falles sísmiques?		X		
El projecte se situa un terreny escarpats?		X		

Ecologia

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
----------	----	----	--------	--------------

El projecte se situa en una zona on viuen espècies protegides o en perill d'extinció?		X		
El projecte esta situat en una zona d'elevada densitat de població, zones residencials, escoles, etc.?	X			Escoles i empreses.
El projecte esta situat en una zona d'elevat valor agrícola?		X		
El projecte se situa en una zona turística?		X		

Factors relacionats amb l'impacte ambiental

Sòl i propietats

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar un baixada de la qualitat del sòl?		X		
El projecte pot ocasionar falles sísmiques o terratrèmols?		X		
El projecte pot crear canvis en la topografia?		X		
El projecte pot ocasionar una contaminació del sòl?		X		
El projecte pot ocasionar alteracions en el sòl o instal·lacions veïnes?		X		
Per dur a terme el projecte serà necessari la instal·lació de serveis?		X		
El projecte pot entrar en conflicte amb obres subterrànies?		X		
El projecte pot ocasionar danys o la demolició d'estructures?		X		

Erosió

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar un baixada de la qualitat de l'entorn o la vida on es durà a terme?		X		
El projecte pot ocasionar aversions sobre béns humans?		X		
El projecte crearà una gran quantitat de llocs de treball?		X		
Per dur a terme el projecte caldran grans despeses en l'economia local?		X		
El projecte pot ocasionar erosió en el sòl?		X		

Medi aquàtic

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar contaminació en el subministrament d'aigua municipal?		X		
El projecte pot ocasionar un canvi negatiu de la direcció del flux de corrents d'aigua?		X		
El projecte pot crear un augment de partícules en suspensió en l'aigua?		X		

Per dur a terme el projecte caldran grans despeses en l'economia local?		X		
El projecte pot ocasionar alteracions del nivell d'aigua?		X		
El projecte pot provocar un impacte negatiu en activitats recreatives relacionades amb aigua?		X		

Qualitat de l'aire

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot produir emissions tòxiques a l'atmosfera?		X		
Les possibles emissions del projecte podem afectar a la salut dels humans?	X			
El projecte pot provocar olors molestos?	X			
El projecte pot produir partícules en suspensió en l'aire?		X		

Condicions atmosfèriques

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar canvis importants en el clima?		X		

Soroll, llum, o altres radiacions

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar sorolls molestos?		X		
El projecte pot ocasionar nivells sonors superiors als permesos per la legislació?		X		
El projecte pot provocar enlluernament?		X		
El projecte pot provocar algun tipus de radiació lumínica?		X		
El projecte pot ocasionar algun tipus de radiació que afecti a la salut?		X		

Ecologia

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar la degradació dels ecosistemes propers a la localització on es durà a terme?		X		
El projecte pot ocasionar una davallada del rendiment del ecosistema agrícola?		X		
El projecte pot afectar al les espècies animals o vegetals?		X		
El projecte introduirà noves espècies que afectin a les espècies autòctones?		X		
El projecte pot ocasionar alteracions en les espècies migratòries?		X		
El projecte pot provocar sorolls o algun tipus de radiació que afecti a les espècies animals o vegetals?		X		

El projecte pot provocar perturbacions en el desenvolupament de les espècies autòctones?		X		
El projecte pot introduir algun tipus de plaga?		X		
El projecte pot augmentar el risc d'incendi?		X		
Per dur a terme el projecte caldrà fer ús de plaguicides que afectin negativament a les espècies autòctones?		X		

Característiques paisatgístiques i estètiques

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte afectarà de manera significativa a l'aspecte visual de la zona?		X		
El projecte pot el deteriorament d'una zona cultural o d'importància històrica?		X		
El projecte pot crear contaminació visual per als humans?		X		
El projecte s'integrarà amb la resta del ambient de la zona?		X		
El projecte pot ser un obstacle visual per a vistes de zones residencials o turístiques?		X		

Impactes relacionats amb el trànsit

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar alteracions en el trànsit en carreteres?		X		
El projecte pot ocasionar un canvi a la accessibilitat de carreteres o vies?		X		
El projecte pot crear un augment de vehicles en moviment?		X		
El projecte afectarà als serveis de mobilitat?		X		
El projecte pot ocasionar un augment dels vehicles estacionats en la zona?		X		
El projecte pot provocar riscos en la mobilitat de persones?		X		

Impactes socials i de salut

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot afectar al mercat laboral?		X		
El projecte pot ocasionar un canvi negatiu de la economia de la zona?		X		
El projecte pot crear un impacte en les característiques demogràfiques de la zona?		X		
El projecte crearà un impacte cultural, educacional o científic?	X			
El projecte pot ocasionar algun impacte a monuments o valors arquitectònics?		X		
El projecte pot provocar un impacte en la religió o costums de la zona?		X		

Altres

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot tenir efectes irreversibles?		X		
Existeix la possibilitat d'impactes secundaris negatius?		X		

Consideracions de caràcter general

Pregunta	SI	NO	POTSER	OBSERVACIONS
El projecte pot ocasionar controvèrsia?		X		
El projecte pot ocasionar diversitat d'opinions?		X		
El projecte pot generar efectes negatius a generacions futures?		X		
Per dur a terme el projecte una remodelació de la legislació actual?		X		
El projecte pot excedir la legislació local?		X		
El projecte pot provocar algun risc desconegut d'importància?		X		
El projecte pot ser rebutjat per part de la població?		X		
El projecte incentivarà el desenvolupament de infraestructures i serveis en la zona?				
Per dur a terme el projecte es necessari un recurs escàs o de difícil obtenció?	X			El mercuri.
El projecte tindrà un impacte econòmic per a la població?		X		
Hi ha la possibilitat d'alternatives al projecte que compleixi amb el objectius i presenti un menor impacte negatiu?		X		

Annex VII. Càlcul del rodament.

Primerament calcularem el temps que treballaran aquests rodaments. Estimem que la màquina es farà servir 2 hores diàries durant 15 anys, per tant la seva vida en hores serà:

$$L_{10h} = \frac{2h}{dia} 15 \text{ anys} = 10950 h \quad (1.1)$$

Un cop fet això plantejem l'equació dels cicles de vida:

$$L_{10h} = \frac{16666}{n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (1.2)$$

Com podem veure tenim diversos paràmetres, com P i p, dels que no sabem els seu valor. Per tant haurem de calcular-los. Per fer el càlcul de P haurem de plantejar la següent equació:

$$P = Fr \cdot x + Fa \cdot y \quad (1.3)$$

Donat que el prototip no rebrà cap força axial a l'hora de fer l'assaig, Fa serà és igual a 0. Per altre banda x és igual a 1, ja que Fa és igual a 0, per tant es compleix la igualtat $Fa/Fr \leq e$, llavors podem utilitzar la igualtat $P=Fa$. Per al valor de Fr utilitzarem el cas més desfavorable que és un valor de 529,2600113. Llavors tenim:

$$\begin{aligned} P &= Fr \cdot x + Fa \cdot y \rightarrow P = 529,2600113 \cdot 1 = \\ &= 529,2600113 N \end{aligned}$$

Com en aquest cas no tenim forces axials, els rodaments més eficients seran els rodaments de boles, per tant el valor de p serà igual a 3.

Un cop fet això podem calcular el paràmetre C anterior amb (1.2):

Suposarem una velocitat de gir n igual a 7500 rpm.

$$\begin{aligned} L_{10h} &= \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p \rightarrow 10950 = \frac{16666}{7500} \cdot \left(\frac{C}{529,2600113} \right)^3 \\ &\rightarrow \sqrt[3]{\frac{10950 \cdot 7500}{16666}} = \sqrt[3]{\left(\frac{C}{529,2600113} \right)^3} \rightarrow C = 9006,38 N \end{aligned}$$

Com tenim un valor de C_r (càrrega dinàmica, radial) igual a 9006,38 N necessitem un rodament que suporti aquesta càrrega. En aquest cas amb un rodament rígid de boles 6008 serà suficient, ja que es capaç de suportar un C_r igual 17800N, superior a la C_r que hem calculat. Utilitzem un rodament de la sèrie 60 perquè és dels més idonis per l'aplicació que li volem donar. [6]

Com es pot apreciar en la següent taula extreta de la web medias.schaeffler.com les característiques tècniques d'aquests rodaments són les següents:

6008
Deep groove ball bearings
main dimensions to DIN 625-1

[Send to shopping basket](#)

d	40 mm
D	68 mm
B	15 mm

D ₂	61,6 mm
D _{a max}	63,4 mm
d ₁	49,3 mm
d _{a min}	44,6 mm
r _{a max}	1 mm
r _{min}	1 mm

m	0,194 kg	Mass
C _r	17800 N	Basic dynamic load rating, radial
C _{0r}	11500 N	Basic static load rating, radial
C _{ur}	600 N	Fatigue limit load, radial
n _G	14800 1/min	Limiting speed
n _{0r}	10700 1/min	Reference speed
f ₀	15,2	Calculation factor

Taula VII Especificacions tècniques del rodament [7]

Annex VIII. Càlcul dels cargols.

Dimensionat del passador a tallant

Tot i que els cargols faran més una funció de passadors i de guies per mantenir el suport de la cassoleta de mercuri perfectament alineat a la seva posició. S'ha volgut calcular el dimensionat que hauran de tenir aquests per suportar el pes del conjunt del suport de la cassoleta, la cassoleta porta mercuri, el mercuri que s'hi fiqui a dintre per fer contacte, el rodament i la guarda de vitón.

Primerament realitzarem un senzill càlcul de les forces i moments a les que estan sotmesos els cargols. Per fer-ho, donada la forma que té el suport de la cassoleta, es realitzaran els càlculs suposant que aquest suport és una biga encastada.

Se suposarà un pes de 2 kg per tot el conjunt.

La distància del cargol al centre del suport és de 93 mm.

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \rightarrow A_x = 0 \\ \sum F_y &= 0 \rightarrow A_y = 19,62 \text{ N} \\ \sum M &= 0 \rightarrow M - 19,62 \text{ N} * 93 \text{ mm} = 1824,66 \text{ Nmm}\end{aligned}\quad (1.4)$$

Donat que aquest pes no és molt elevat es faran servir uns cargols d'un acer 6.8., que són uns cargols d'un aliatge d'acer i zinc.

Segons la formula:

$$F_{v,Ed} < F_{v,Rd} \text{ on } F_{v,Rd} = 0,6 \frac{\pi d^2 f_{ub}}{4 \gamma_{M2}} \quad (1.5)$$

Sabent que f_{ub} és la resistència última del acer del passador i que el coeficient parcial per el càlcul d'unions té un valor de 1,25 .

Per tant l'acer 6.8. $f_{ub} = 600 \text{ N/mm}^2$.

Substituint tenim:

$$0,6 \frac{\pi d^2 600}{4 \cdot 1,25} \geq 19,62 \text{ N} \rightarrow d \geq 0,2945 \text{ mm}^2$$

S'agafarà un passador de diàmetre 6mm.

Substituint i operant, la resistència a tallant del passador de 6mm de diàmetre és igual a:

$$F_{v,Rd} = 0,6 \frac{\pi 6^2 600}{4 \cdot 1,25} = 8143 \text{ N}$$

Donat que $F_{v,Rd} = 8143 \text{ N} > 19,62 \text{ N}$ el passador compleix a tallant.

Resistència a flexió del passador

Per tal de calcular el passador a flexió utilitzarem la fórmula per calcular la seva resistència:

$$M_{Ed} < M_{Rd} = 0,8 \frac{\pi d^3}{32} \frac{f_{yb}}{\gamma_{M2}} \quad (1.6)$$

Sabent que el límit elàstic de l'acer del passador és $f_{yb} = 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Per tant es substitueix a l'equació:

$$M_{Rd} = 0,8 \frac{\pi 6^2}{32} \frac{240}{1,25} = 542,86 \text{ Nmm}$$

Per altra banda, el moment flector en el passador és igual a:

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} (b + 4c + 2a) \quad (1.7)$$

Els valors de a, b i c, com s'indica a la figura següent, s'extrauran de les mides del prototip.

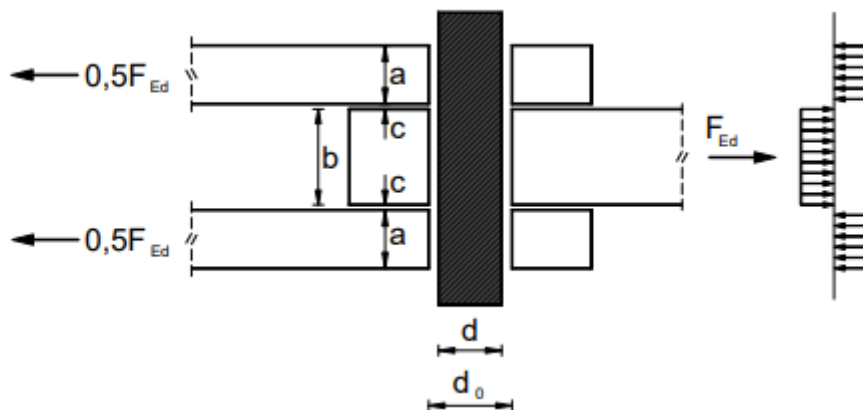


Figura VI Moment flector del passador [8]

Pet tant tenim que $a = 2,6 \text{ mm}$, $b = 24,8 \text{ mm}$, i $c = 24,8 \text{ mm}$.

Substituint i operant tenim:

$$M_{Ed} = \frac{19,62}{8} (24,8 + 4 \cdot 24,8 + 2 \cdot 2,6) = 316,86 \text{ Nmm}$$

Com que $M_{Ed} = 316,86 \text{ Nmm} < M_{Rd} = 542,86 \text{ Nmm}$, per tant el cargol també compleix a flexió.

Resistència a flector-tallant

Un cop comprovats que els cargols compleixen a tallant i flexo, es comprovarà si són capaços de resistir els dos esforços simultàniament.

Per tal que això passi cal que compleixin la condició següent:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right) \leq 1 \quad (1.8)$$

Substituint els valors que s'han obtingut en els apartats anteriors i obtenim:

$$\left(\frac{316,86 \text{ Nmm}}{542,86 \text{ Nmm}}\right)^2 + \left(\frac{19,62}{8143}\right) = 0,343 < 1$$

Els cargols també compleixen simultàniament a flexió i tallant, i per tant es dimensionaran cargols de diàmetre 6 mm amb una qualitat de 6.8. [8]

Annex IX. Càlcul de la soldadura.

Per la realització del càlcul de la soldadura, es tindrà en compte el tipus de material del qual estarà feta l'estructura a soldar.

Donat que el perfil estructural escollit ha estat un perfil d'acer S275 de 30 x 30 x 2,6 mm.

Observant la taula VI podem escollir l'elèctrode i graduar la intensitat idònia per tal de realitzar la soldadura correctament.

Material a soldar	Espesor (mm)	Intensidad (Amperios)	Diámetro del electrodo
Acero Dulce	1,5	40 a 60	1,6 mm
	2 y 3	60 a 70	2 mm
	2 a 5	80 a 100	2,5 mm
	3 a 10	100 a 130	3,2 mm
	>10	130 a 160	4 mm
Acero Inoxidable	>1,5	80 a 100	2,5 mm
Hierro	>3	80 a 100	2,5 mm

Taula VIII Taula per escollir l'elèctrode [9]

Per tant s'extreu que l'elèctrode idoni per a realitzar la soldadura és un E60XX amb un espessor de 2 mm, i es regularà la potencia del soldador entre 60 i 70 amperers.

Coneixent això es calcularà la tensió admissible utilitzant un factor de seguretat de 0.3 de la resistència a la tensió de l'elèctrode quan s'aplica un esforç a la gola de la soldadura.

$$\tau_{adm} = 0,3 Su \quad (1.9)$$

Donat que l'elèctrode és un E60XX la resistència ultima $Su = 60$.

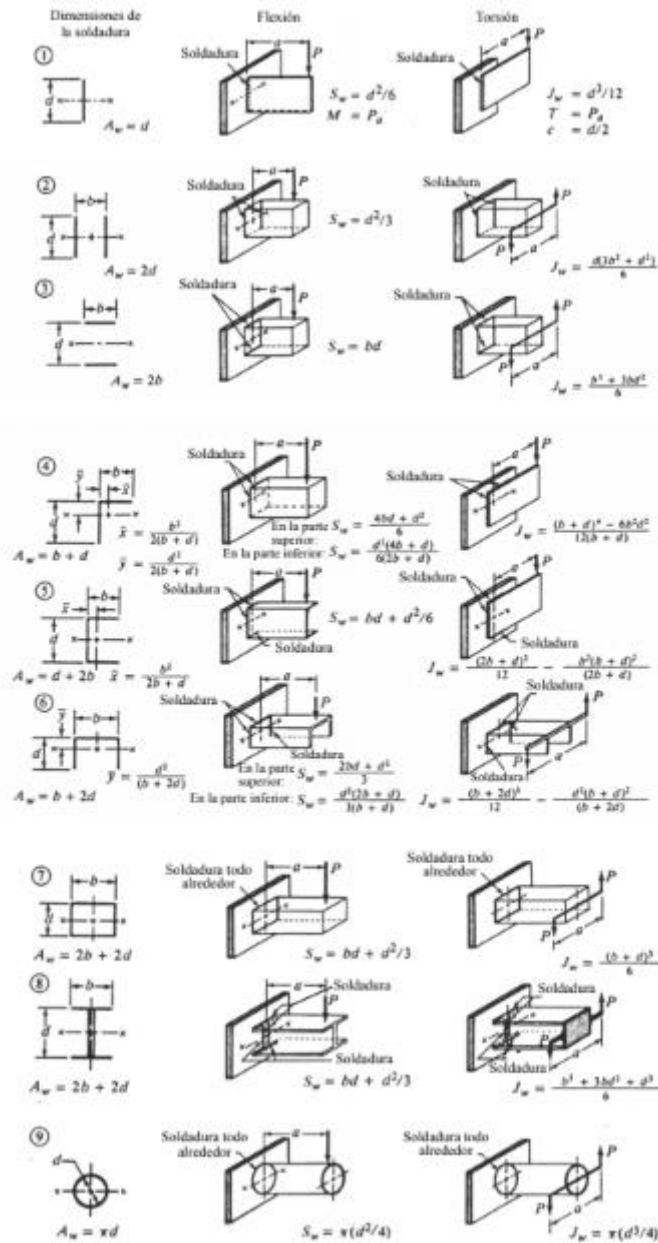
Per tant tenim una tensió admissible de:

$$\tau_{adm} = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ kpsi}$$

La resistència de la soldadura al un esforç tallant produït per un pes de 2 kg que en lliures són 4,40 lb serà:

$$f_s = \frac{P}{A_w} \quad (1.10)$$

On A_w s'extreu de la taula VII, en el qual es pot veure com es calcula A_w depenent del tipus de soldadura que es volguí fer.



Taula IX Taula del diferents tipus de soldadura [10]

Ja que s'ha optat per realitzar una soldadura perimetral obtenim la següent equació:

$$A_w = 2b + 2d \tag{1.11}$$

Com que el perfil és quadrat b serà igual a d. I substituint tindrem:

$$A_w = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 30 = 120 \text{ in}$$

Per tant substituït a l'equació del tallant tenim:

$$f_s = \frac{P}{A_w} = \frac{4,4 \text{ lb}}{120 \text{ in}} = 0,036 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

L'esforç que sorgirà pel moment o flexió que crearà aquests pes serà:

$$f_b = \frac{M}{S_w} = \frac{P \cdot a}{S_w} \quad (1.12)$$

On a és la distància de la soldadura a la càrrega i S_w és el mòdul de secció que el podem obtenir de la taula anterior.

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3} \quad (1.13)$$

Per tant obtenim un mòdul de secció de:

$$S_w = 30 \cdot 30 + \frac{30^2}{3} = 1200 \text{ in}^2$$

Substituint a l'equació anterior:

$$f_b = \frac{4,4 \text{ lb} \cdot 9,936 \text{ in}}{1200 \text{ in}^2} = 0,036 \text{ lb/in}$$

Per acabar es calcularà el valor de la força resultant:

$$|F_r| = \sqrt{f_s^2 + f_b^2 + f_t^2} \quad (1.14)$$

Com no tenim un moment torçor, $f_t = 0$.

Substituint els valor anteriors de les forces en (1.14).

$$|F_r| = \sqrt{0,03^2 + 0,036^2} = 0,0469 \text{ lb/in}$$

Amb el valor obtingut de la força resultant i la tensió admissible podem calcular l'altura de la gola de la soldadura i el seu ample.

$$t = \frac{F_r}{\tau_{adm}} \quad (1.15)$$

$$t = \frac{0,04269 \text{ lb/in}}{18.000 \text{ lb/in}^2} = 2,37 \cdot 10^{-6} \text{ in}$$

$$w = 2,282 \cdot t \quad (1.16)$$

$$w = 2,282 t = 2,282 \cdot 2,37 \cdot 10^{-6} \text{ in} = 5,41 \cdot 10^{-6} \text{ in}$$

Si ho passem a mil·límetres tenim:

$$t = 60,198 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$$

$$w = 137,414 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$$

Per tant com no es pot fer una soldadura tan petita, es realitzarà una soldadura amb un cordó normal, i per tant la soldadura aguantarà moltíssim més pes a la qual se sotmetrà. També s'ha de dir que es llimaran les soldadures, això fa que estiguem treien material, però encara així seguiran sent sobre dimensionades per la càrrega tan petita que suportaran.

Annex X. Experimentacions prèvies amb el programa de simulació EMS.

Els elements i formes escollits per a la realització d'aquests experiments previs són els següents:

Espira

Ja que la bobina és un conjunt d'espines unides, s'ha realitzat com a primera experimentació amb una espira simple per tal d'observar la densitat de flux magnètic, la intensitat de camp magnètic i el moviment del corrent.

En primer lloc escollirem el sentit del corrent que hi circularà en l'espina tal com es mostra en la Fig. VII.

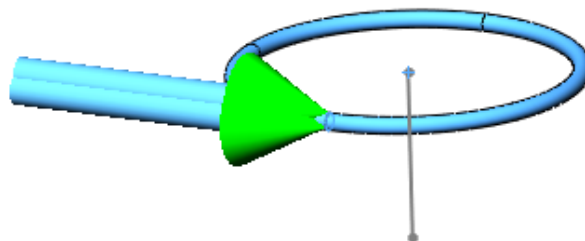


Figura VII Direcció de la intensitat en la espira [Elaboració pròpia]

Densitat de flux magnètic

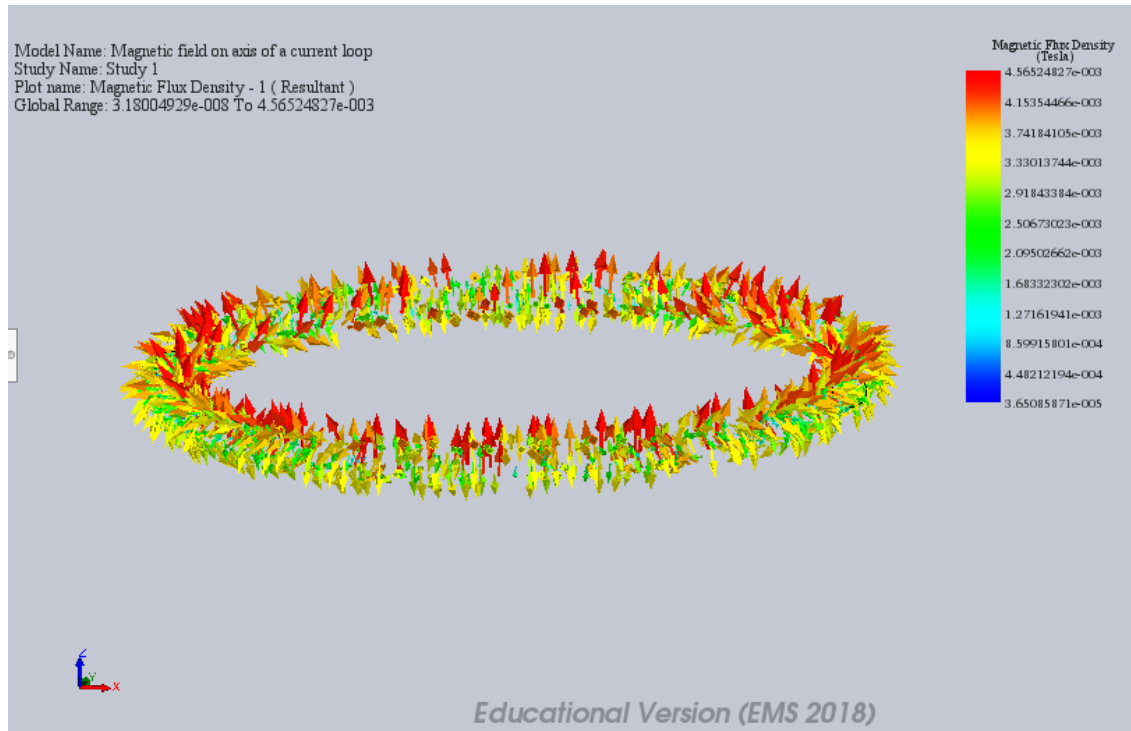


Figura VIII Densitat de flux magnètic en una espira [Elaboració pròpia]

Intensitat de camp magnètic

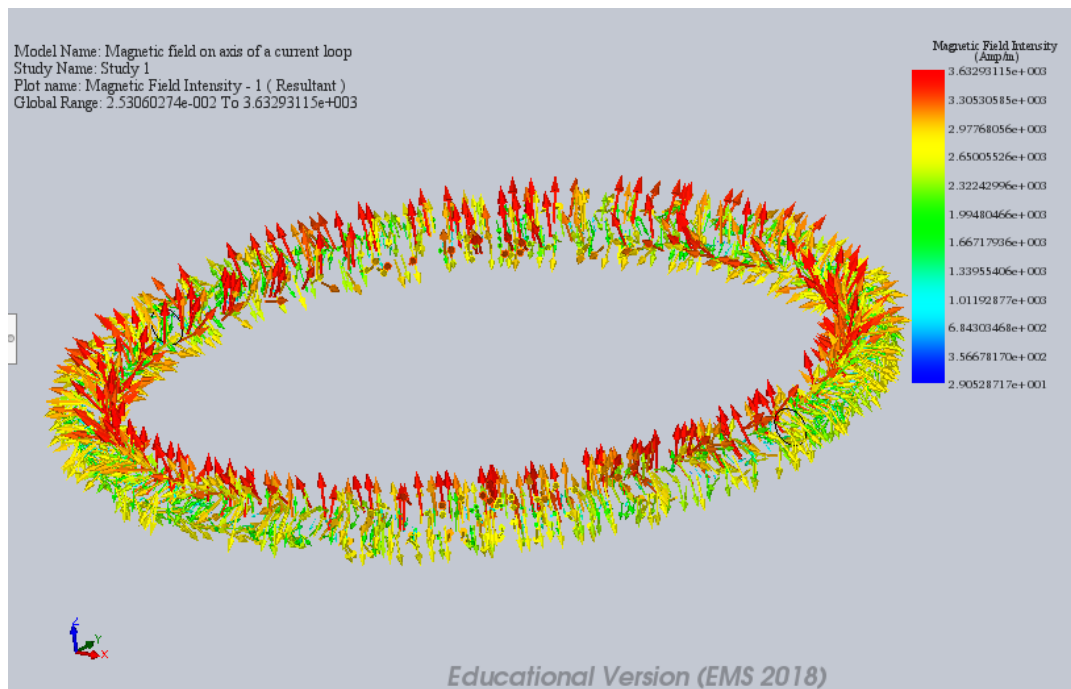


Figura IX Intensitat de camp magnètic en una espira [Elaboració pròpia]

Moviment del corrent

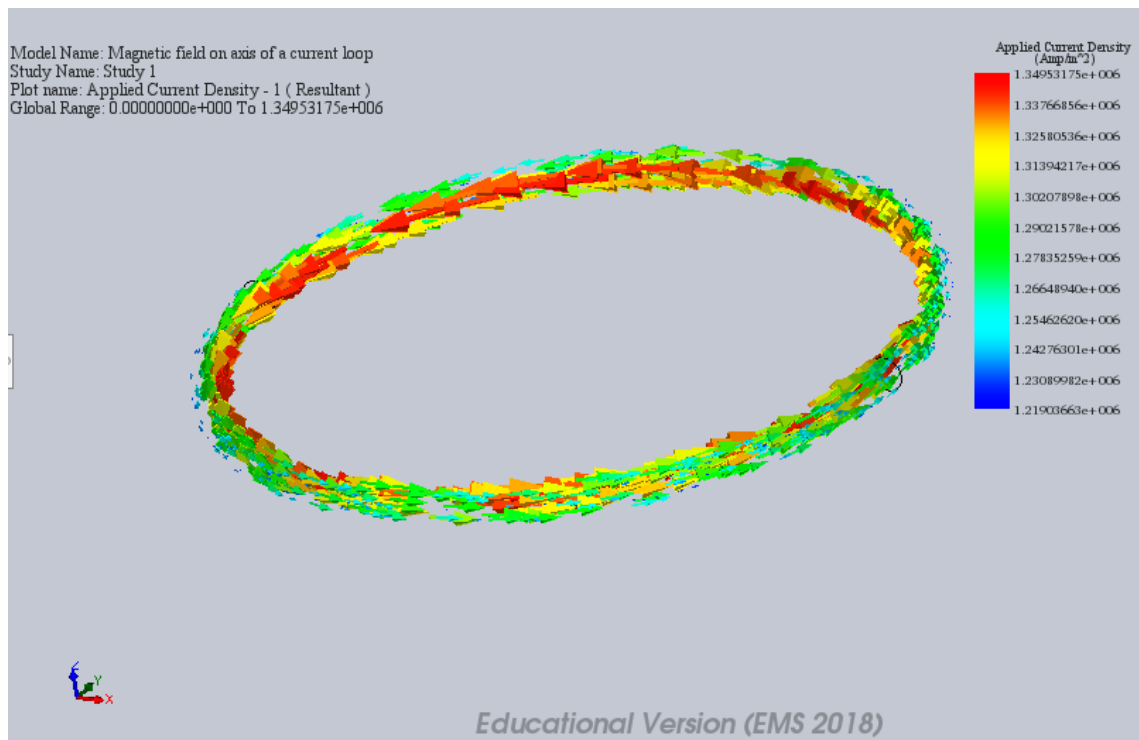


Figura X Moviment del corrent en una espira [Elaboració pròpia]

Bobina

Ja que el que es vol estudiar en aquest projecte es el gir provocat per el camp magnètic en una espira, com a segona simulació realitzarem u assaig en una bobina. Ja que el programa no deixa realitzar la simulació en una bobina creada a partir d'un filament prim, ja que a l'hora de realitzar el mallat, el mallat que ha de fer és massa prim i és necessari un ordinador molt potent, per això es realitzarà sobre un cilindre, que farà de bobina o solenoide.

Seleccionem el sentit del corrent.

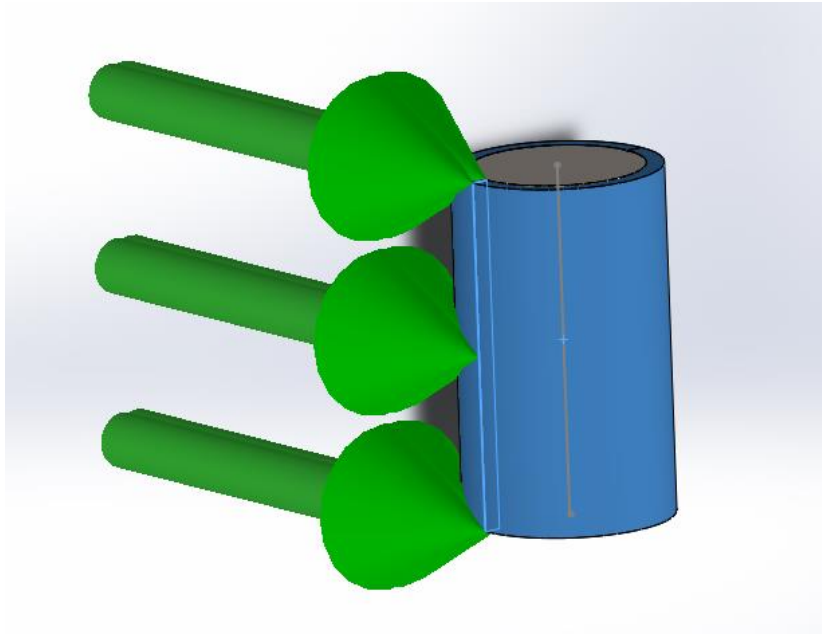


Figura XI Sentit del corrent en la bobina [Elaboració pròpia]

Densitat de flux magnètic

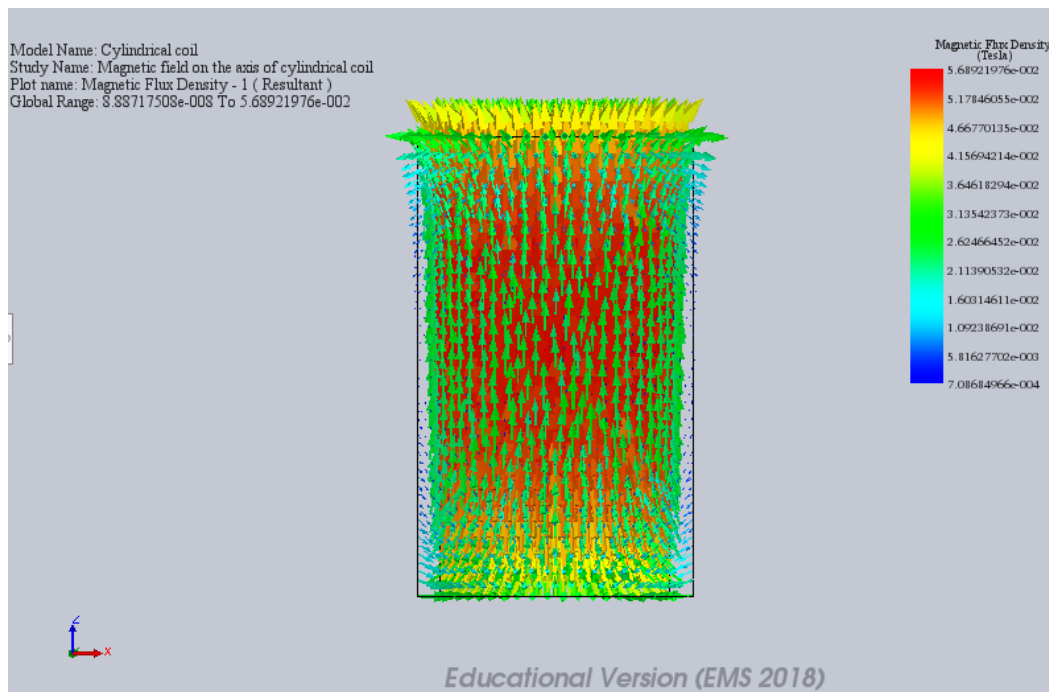


Figura XII Densitat de flux magnètic en una bobina [Elaboració pròpia]

Intensitat de camp magnètic

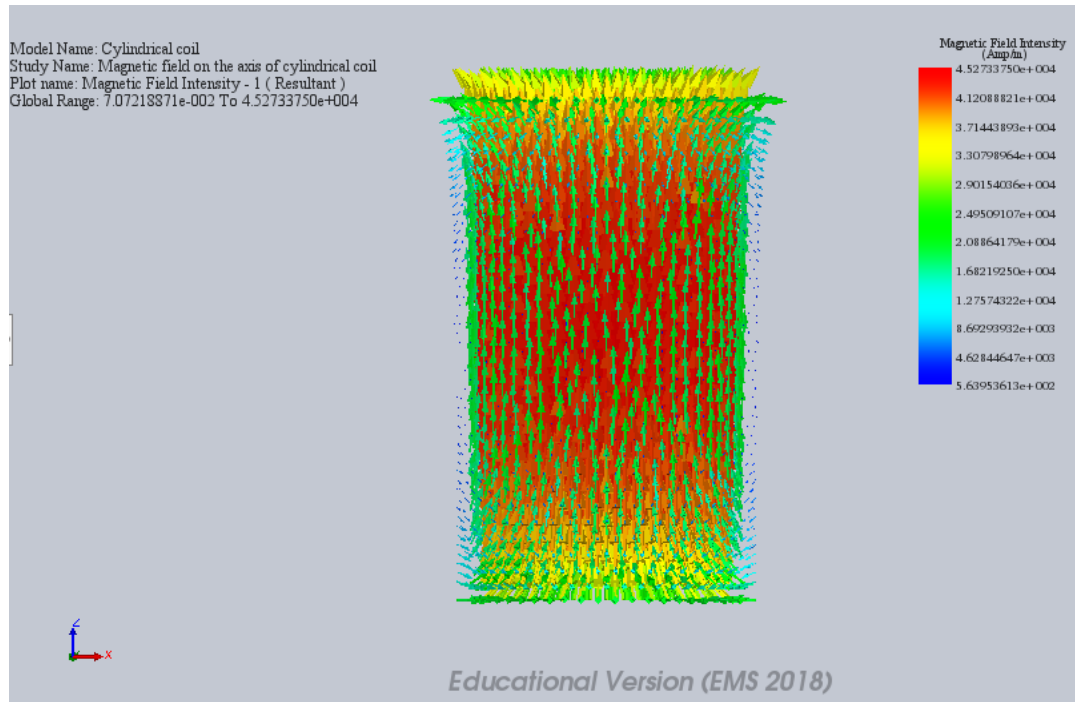


Figura XIII Intensitat de camp magnètic en una bobina [Elaboració pròpia]

Moviment del corrent

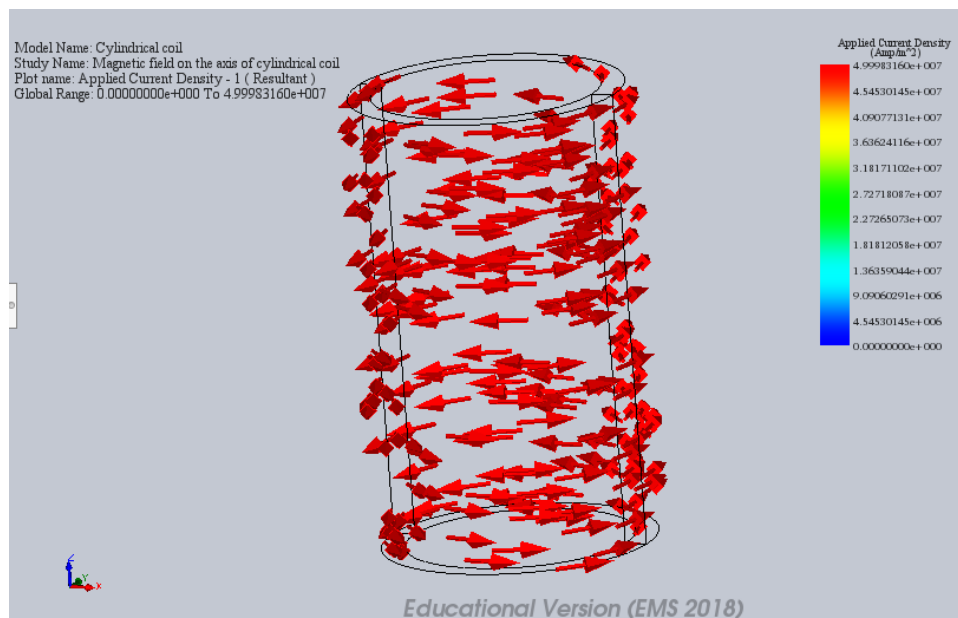


Figura XIV Moviment del corrent en una bobina circular [Elaboració pròpia]

Transformador

Donat que un transformador és un element que fa servir dues bobines, es volia experimentar per tal d'observar que passa quan s'ajunten més d'una bobina en el mateix sistema. Per això s'ha realitzat una prova com la de les darreres simulacions.

Selecció del sentit de l'entrada i sortida del corrent.

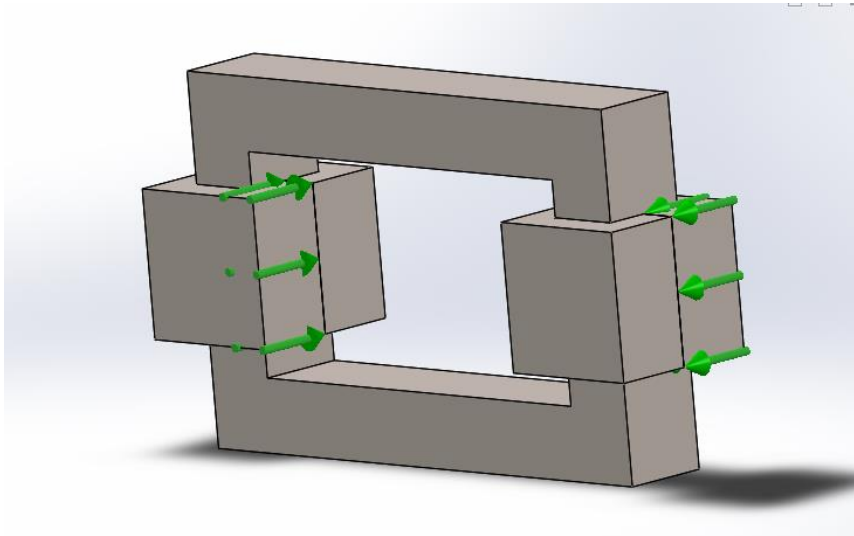


Figura XV Sentit escollit per a la entrada i sortida del corrent de les bobines del transformador [Elaboració pròpia]

Densitat de flux magnètic

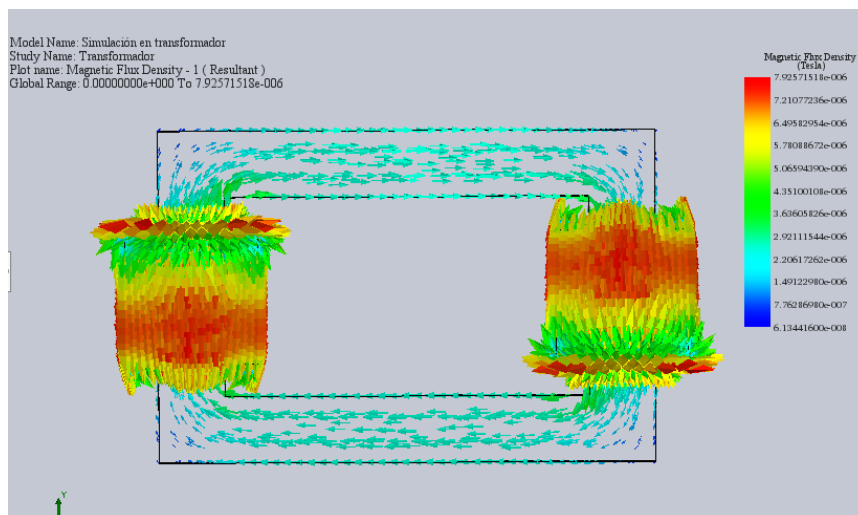


Figura XVI Densitat de flux magnètic en un transformador [Elaboració pròpia]

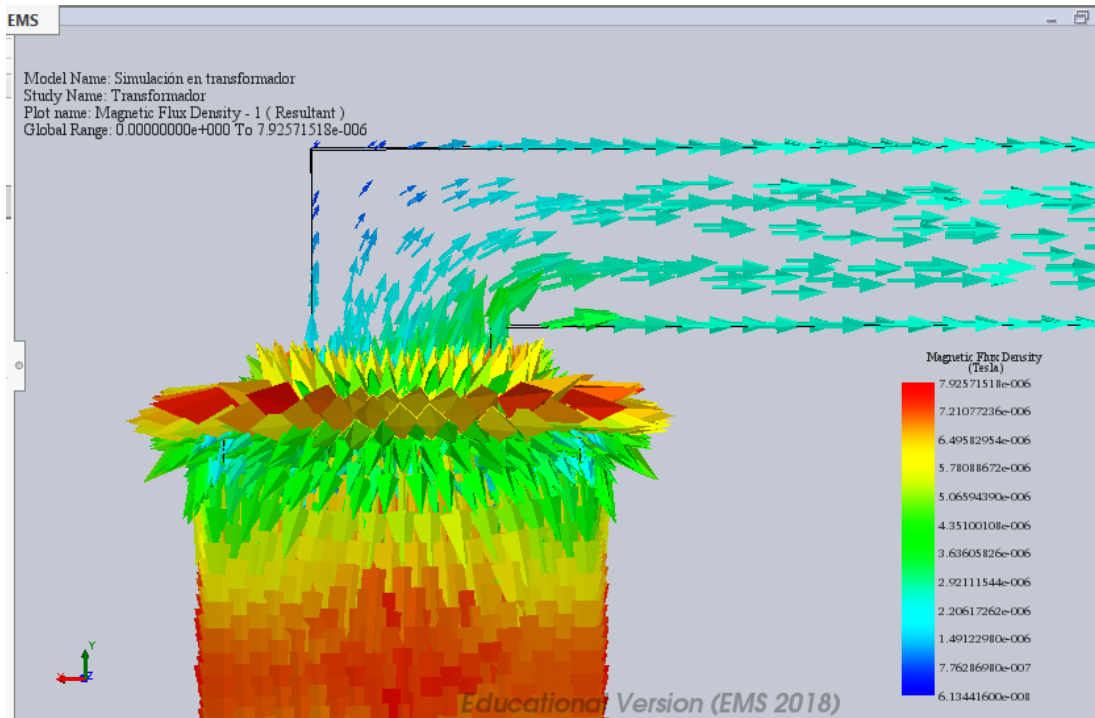


Figura XVII Moviment del flux magnètic en un transformador [Elaboració pròpia]

Intensitat de camp magnètic

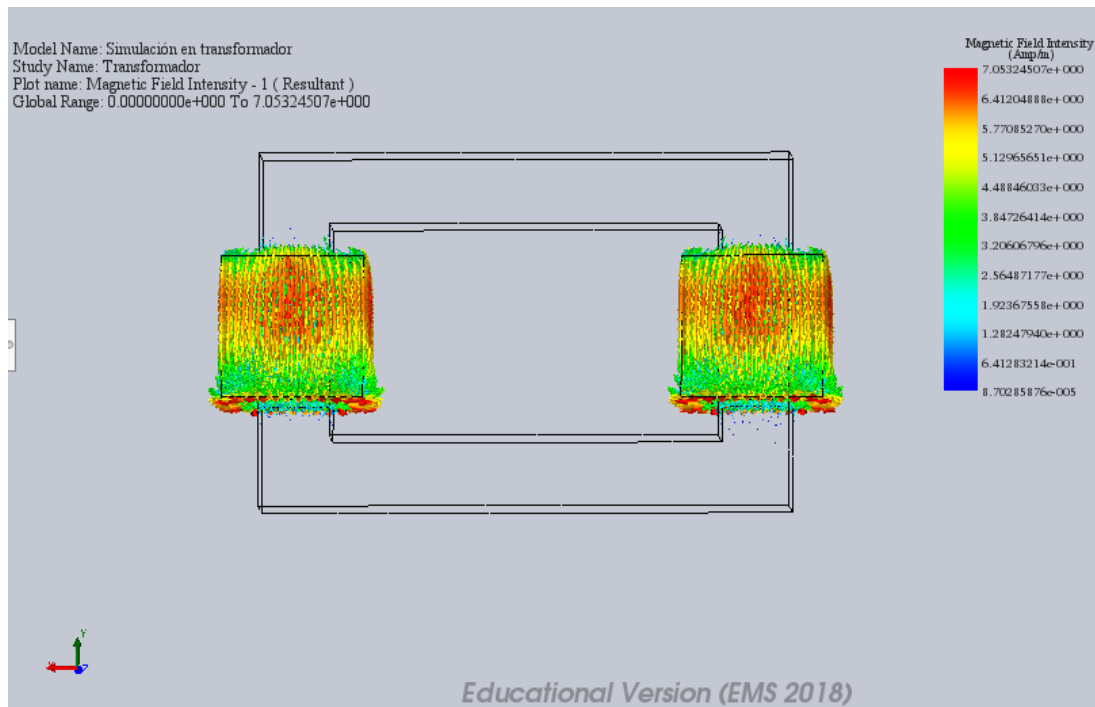


Figura XVIII Intensitat de camp magnètic en un transformador [Elaboració pròpia]

Moviment del corrent

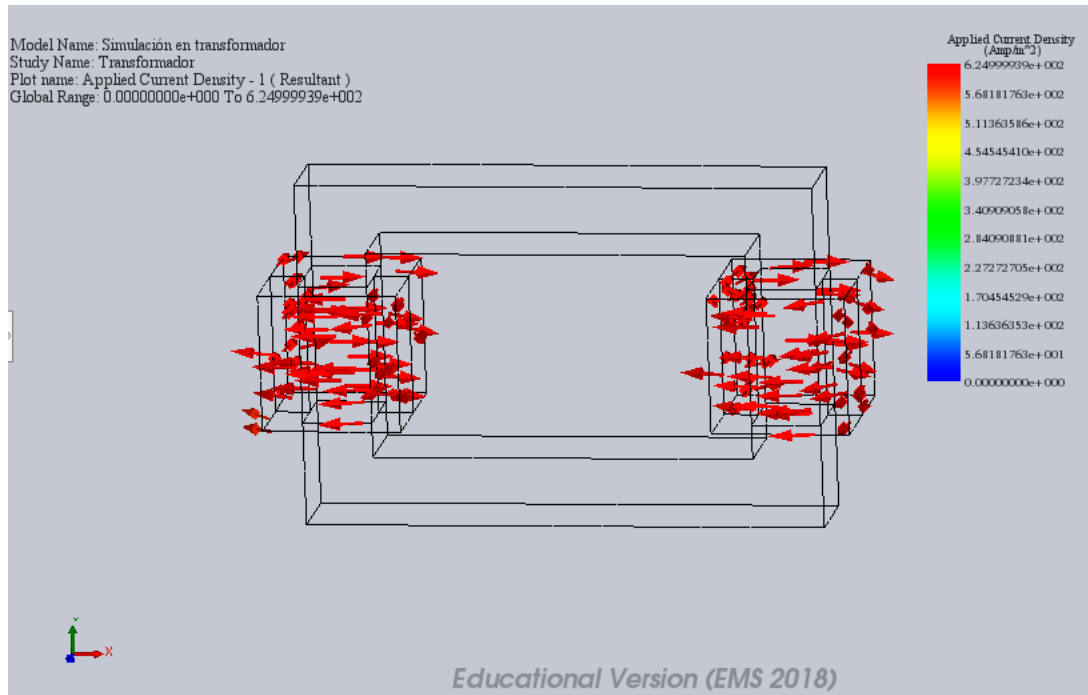


Figura XIX Moviment del corrent de les bobines del transformador [Elaboració pròpia]

Annex XI. Plantilla pel tall de les peces de metacrilat.

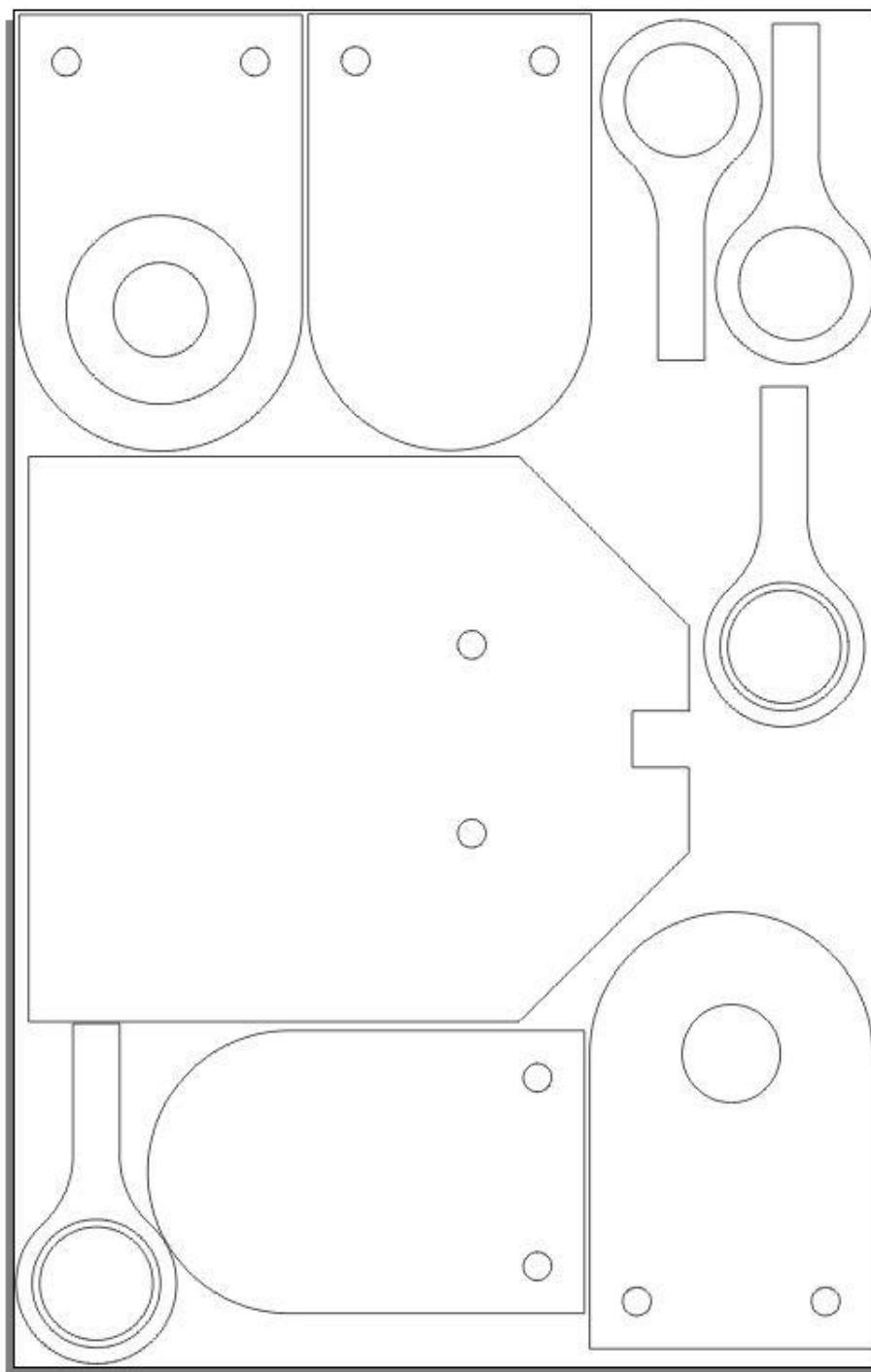


Figura XX Plantilla de tall de les peces [Elaboració pròpia]

Annex XII. Normativa

Donat que es vol realitzar un prototip, que podria ser comercialitzable com a material de laboratori, aquest haurà de complir les diferents normatives o lleis que puguin representar un impediment. Per tant s'ha realitzat una recerca de les diferents normatives que poguessin estar relacionades tant amb la fabricació del prototip com amb l'activitat que aquest durà a terme.

Seguidament podem observar el llistat de les normatives, reglaments, lleis, decrets i reials decrets que estan relacionats:

- Protocol del Conveni de 1979 sobre la contaminació atmosfèrica transfronterera en gran distància en matèria de metalls pesants. [11]
- Directiva 2004/107/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de desembre de 2004, relativa a l'arsènic, el cadmi, el mercuri, el níquel i els hidrocarburs aromàtics policíclics en l'aire ambient. [12]
- Llei 34/2007, de 15 de novembre, de qualitat de l'aire i protecció de l'atmosfera. [13]
- Reial Decret 818/2018, de 6 de juliol, sobre mesures per a la reducció de les emissions nacionals de determinats contaminants atmosfèrics. [14]
- Reial decret 187/2011, de 18 de febrer, relatiu a l'establiment de requisits de disseny ecològic aplicables als productes relacionats amb l'energia. [15]
- Reglament (CE) 640/2009 de la Comissió, de 22 de juliol de 2009, pel qual s'aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlament Europeu i del Consell pel que fa als requisits de disseny ecològic per als motors elèctrics. [16]
- Directiva 2009/125/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 21 d'octubre de 2009, per la qual s'instaura un marc per a l'establiment de requisits de disseny ecològic aplicables als productes relacionats amb l'energia. [17]
- Decisió UE 2017/939 del Consell, d'11 de maig de 2017, relativa a la celebració, en nom de la Unió Europea, del Conveni de Minamata sobre el Mercuri. [18]
- LLEI 20/2009, del 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats. [19]
- Directiva 2012/19/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 4 de juliol de 2012, sobre residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE). [20]

- Directiva 2011/65/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 8 de juny de 2011, sobre restriccions a la utilització de determinades substàncies perilloses en aparells elèctrics i electrònics. [21]
- DECRET 93/1999, de 6 d'abril, sobre procediments de gestió de residus. [22]
- Reial Decret 258/1989, de 10 de març, pel qual s'estableix la normativa general sobre abocaments de substàncies perilloses des de terra al mar.[23]
- Directiva 2014/35/UE sobre baixa tensió. [24]
- Directiva 2014/30/UE sobre compatibilitat electromagnètica. [25]

Annex XIII. Galeria d'imatges del prototip.



Figura XXI Tall de les peces de metacrilat amb làser [Elaboració pròpia]

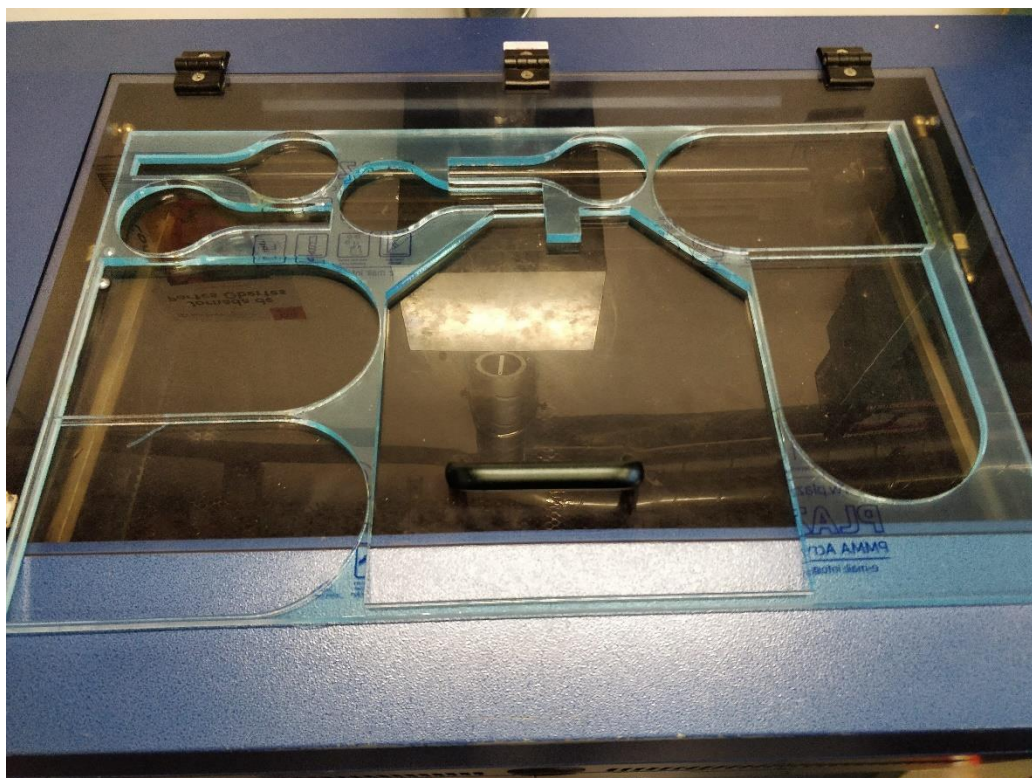


Figura XXII Metacrilat sobrant del tall de les peces de metacrilat [Elaboració pròpia]

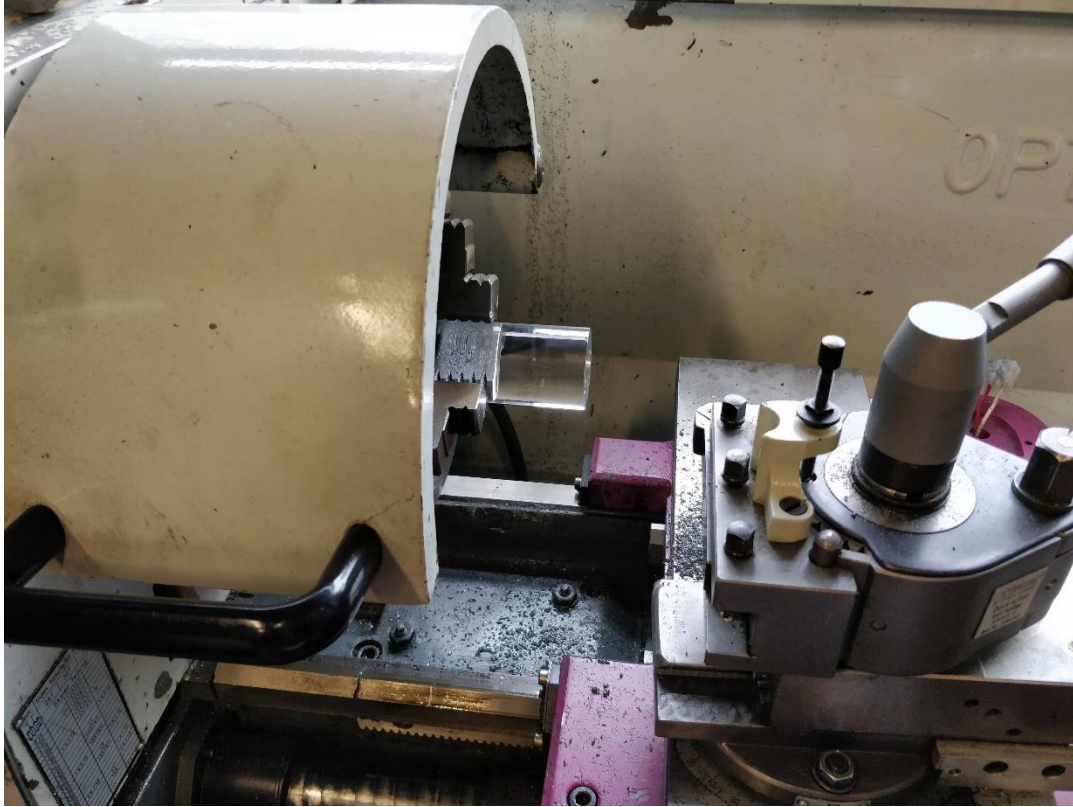


Figura XXIII Refrentat previ del cilindre de metacrilat [Elaboració pròpia]



Figura XXIV Elaboració del xamfrà del la cassoleta [Elaboració pròpia]



Figura XXV Elaboració del xamfrà de la cassoleta vista 2 [Elaboració pròpia]

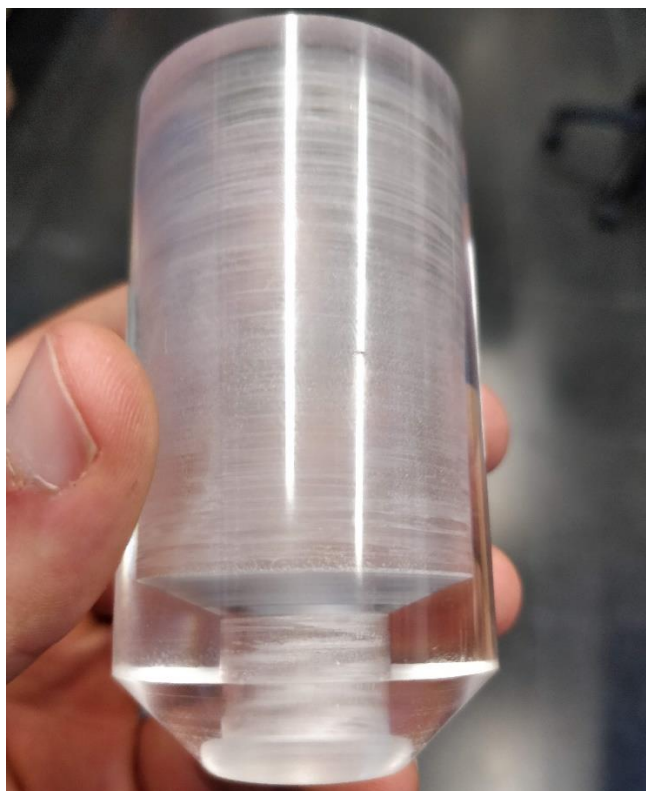


Figura XXVI Resultat de la cassoleta de metacrilat despès de mecanitzar-la amb el torn [Elaboració pròpia]



Figura XXVII Resultat de la cassoleta de metacrilat despès de mecanitzar-la amb el torn vista 2 [Elaboració pròpia]



Figura XXVIII Unió de les diferents parts del suport de la cassoleta [Elaboració pròpia]



Figura XXIX Unió de les diferents parts del suport de la cassoleta vista 2 [Elaboració pròpia]



Figura XXX Inserció d'una altra lamina de metacrilat al suport de la cassoleta [Elaboració pròpia]



Figura XXXI Comprovació del ajustament del rodament dins del suport de la cassoleta
[Elaboració pròpia]



Figura XXXII Proveta de metacrilat [Elaboració pròpia]



Figura XXXIII Bobina gran de 3 espines [Elaboració pròpia]



Figura XXXIV Bobina alternativa [Elaboració pròpia]



Figura XXXV Bobina de mitja volta [Elaboració pròpia]

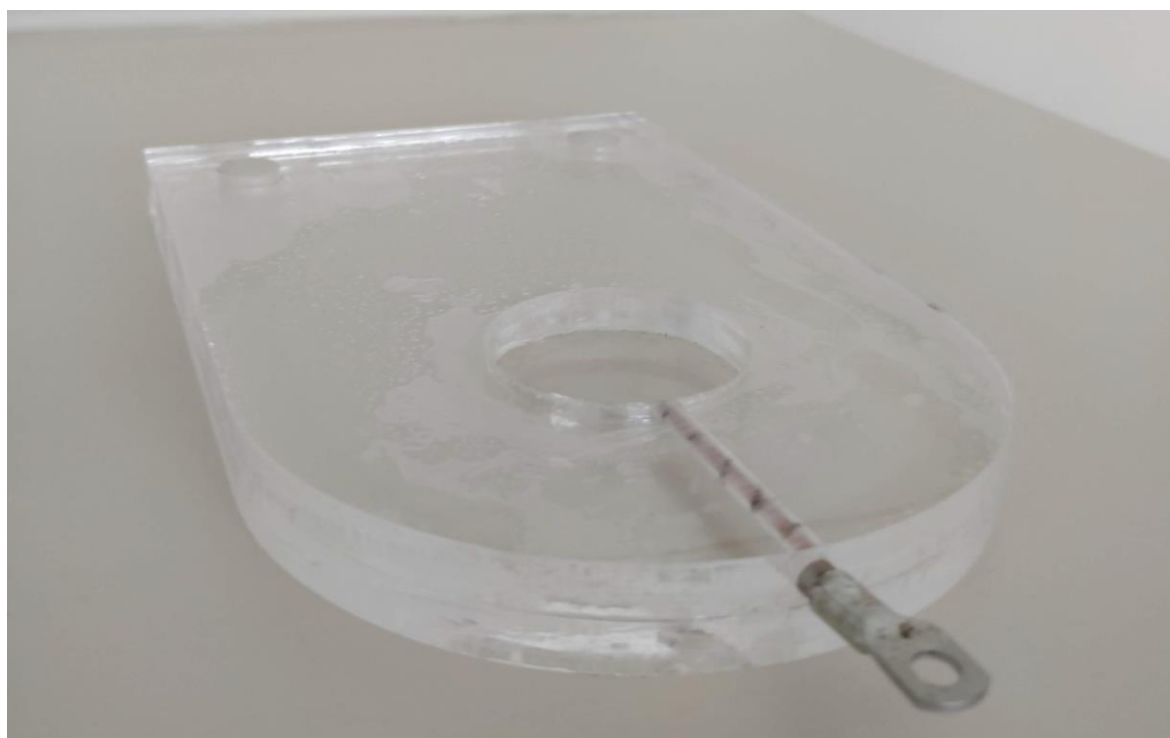


Figura XXXVI Provetta de bobines petites [Elaboració pròpia]



Figura XXXVII Provetta de la bobina gran [Elaboració pròpia]

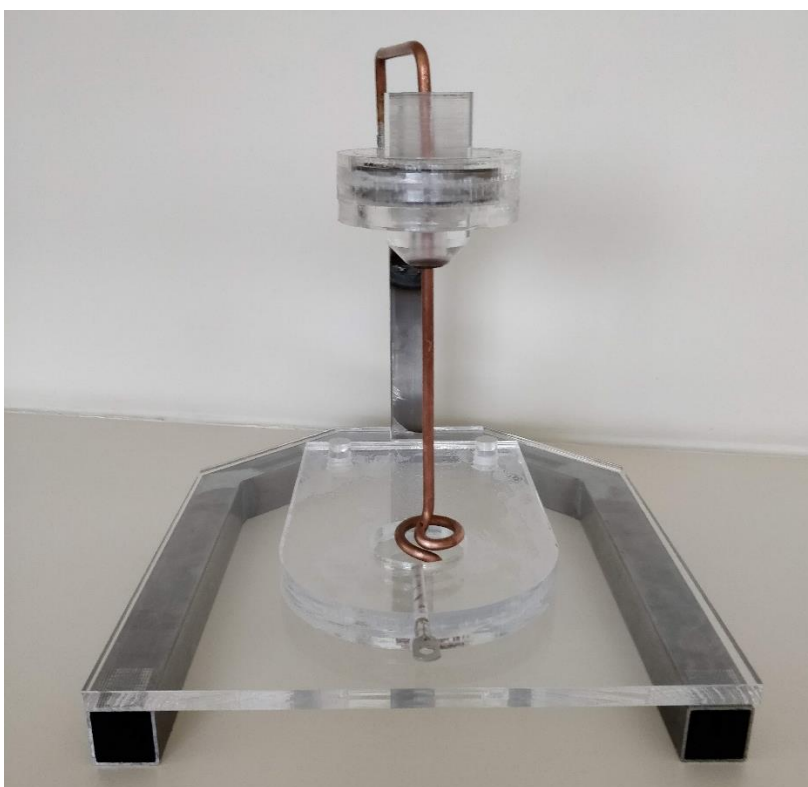


Figura XXXVIII Prototip amb la bobina alternativa [Elaboració pròpia]

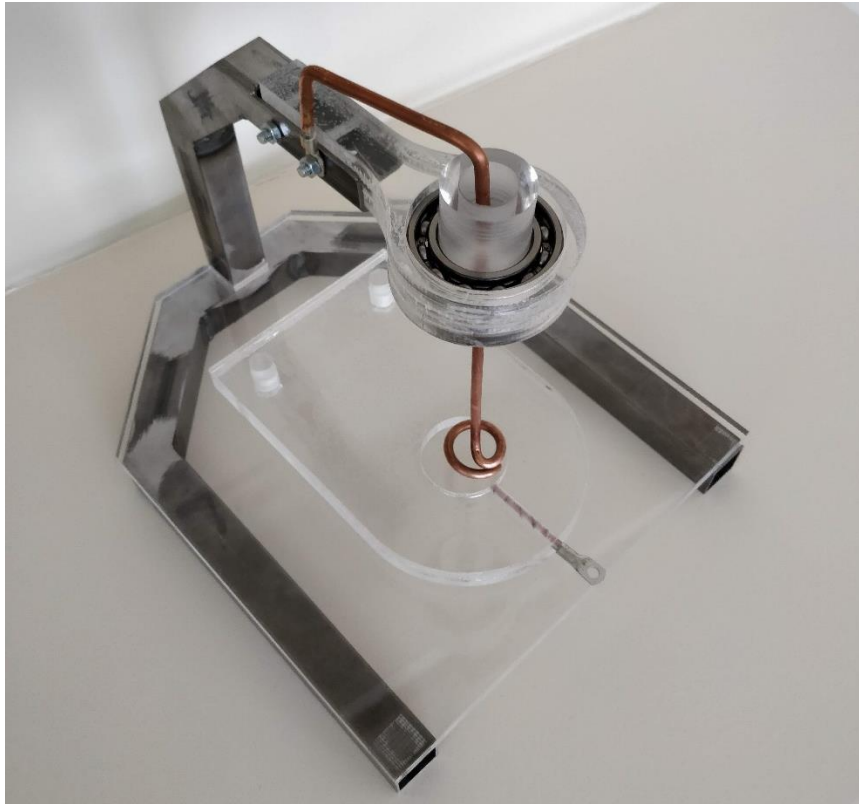


Figura XXXIX Vista superior del prototip amb la bobina alternativa [Elaboració pròpia]

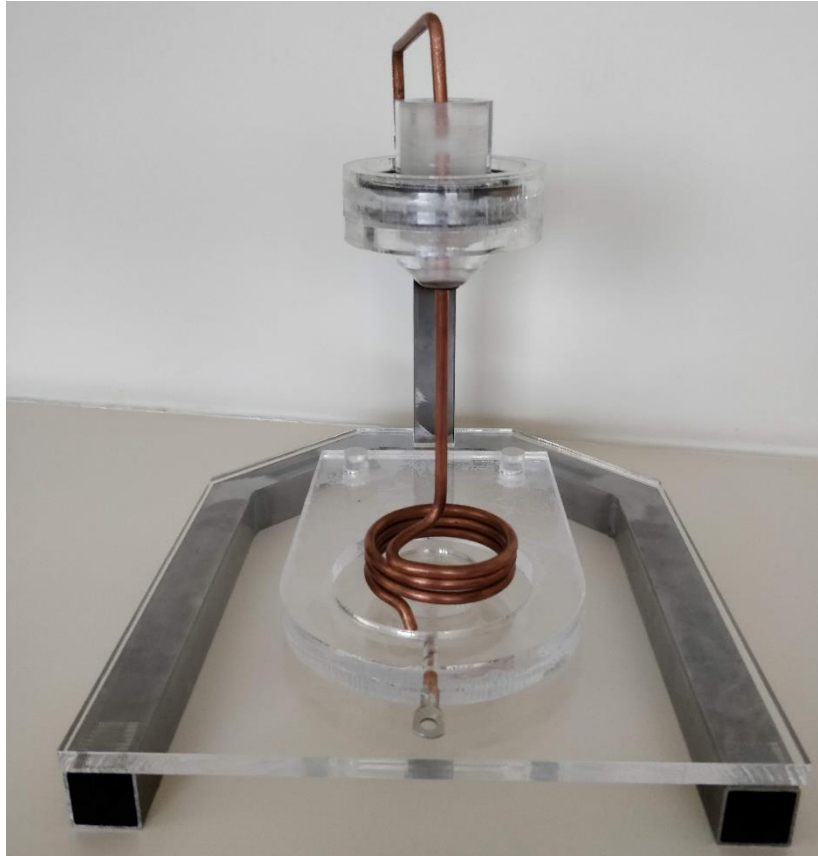


Figura XL Prototip amb la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]

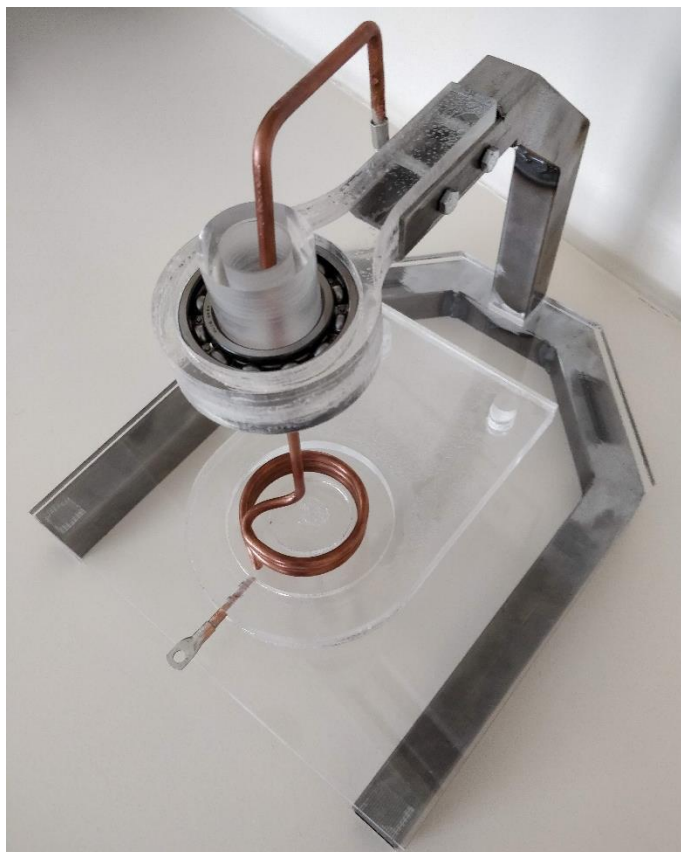


Figura XLI Vista superior del prototip amb la bobina de 3 voltes [Elaboració pròpia]

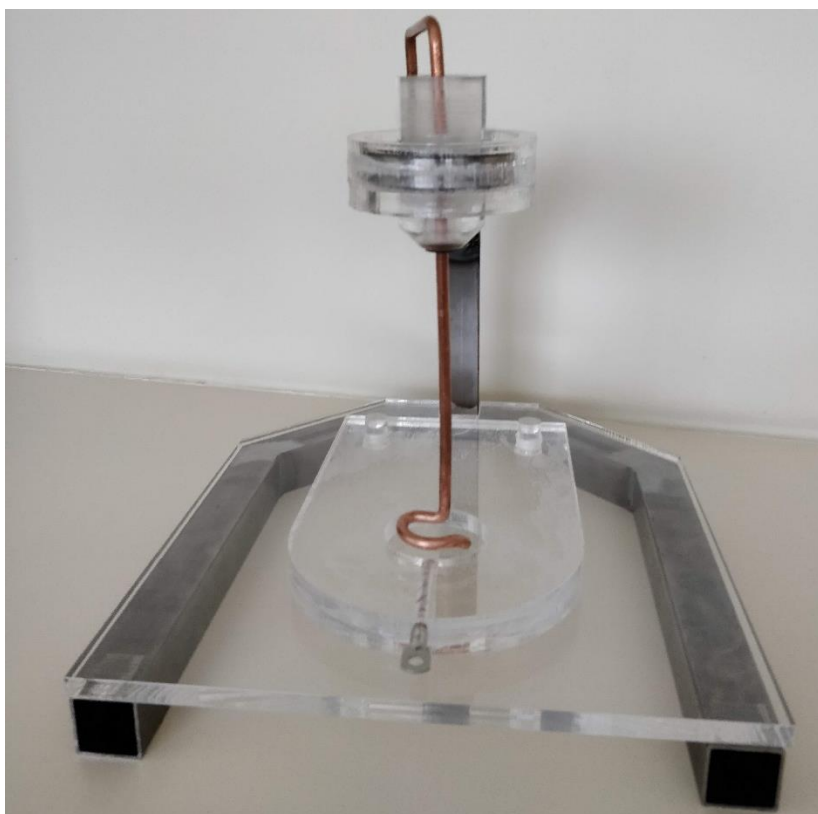


Figura XLII Prototip amb la bobina de mitja volta [Elaboració pròpia]

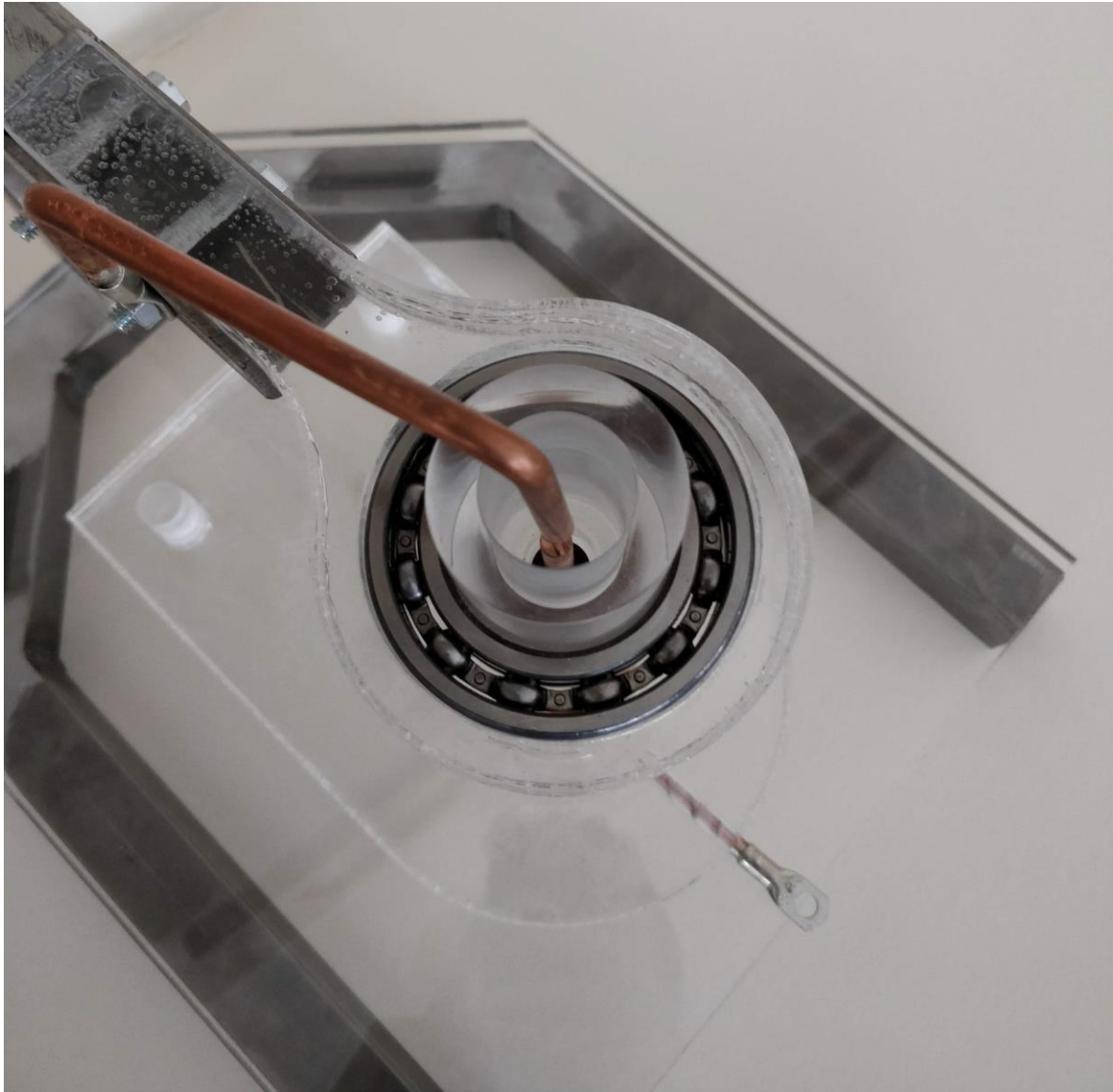


Figura XLIII Vista de la connexió superior i el rodament de boles [Elaboració pròpia]

Annex XIV. Contingut del CD-ROM.

- Documentació del projecte (memòria, plànols, estudi econòmic i annexos).
- Plantilla de tall de les peces de metacrilat en Autocad i CorelDraw.
- Prototips realitzats amb 3D.

Referències.

- [1] Baño Lid S.L. Disponible a: <https://plasticostecnicos.cat/metacrilato-pmma/> (Abril, 2019) [online]
- [2] Copper Development Association Inc. Disponible a: <https://www.copper.org/resources/properties/cryogenic/> (Abril, 2019) [online]
- [3] S. Ayrinhac. Compilation of thermodynamic and elastic data of liquid mercuri. Disponible a: http://www-ext.impmc.upmc.fr/~ayrinhac/documents/Hg_data.pdf (Abril, 2019) [online]
- [4] RS Componentes.(sense data). Rodament de boles. Disponible a: <https://es.rs-online.com/web/p/rodamientos-de-bola/4090265/> (Abril, 2019) [online]
- [5] Juntec. (sense data). Taula de propietats del vitón. Disponible a: <https://juntec.es/planchas-de-caucho/> (Abril, 2019) [online]
- [6] Cinca, E., Pérez, S. (2018). Pràctica del càlcul d'un rodament. (Abril, 2019) [online]
- [7] Schaeffler.(sense data). Rodament rígid de boles. Disponible a: https://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec.br.pr/60*6008?clrsb=1& (Abril, 2019) [online]
- [8] Guardiola, A. (sense data). Ejemplo de aplicación práctica de dimensionamiento de un bulón. Disponible a: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102966/Guardiola%20-%20Ejemplo%20de%20aplicaci%C3%B3n%20pr%C3%A1ctica%20de%20dimensionado%20de%20un%20bul%C3%B3n.pdf?sequence=1> (Abril, 2019) [online]
- [9] Centro comercial Leroy Merlin. Disponible a: http://www.leroymerlin.es/productos/herramientas/soldadura/soldadores_electricos/como-elegir-equipos-de-soldadura.html
- [10] Norton, Robert L. (2011). Diseño de màquinas. 4ª Ed. Pearson Educación. Mexico

- [11] Generalitat de Catalunya. (1998). Protocol del Conveni de 1979 sobre la contaminació atmosfèrica transfronterera en gran distància en matèria de metalls pesants. Disponible a: https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=706690&language=ca_ES&mode=single
- [12] Generalitat de Catalunya. (2001). Directiva 2004/107/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de desembre de 2004, relativa a l'arsènic, el cadmi, el mercuri, el níquel i els hidrocarburs aromàtics policíclics en l'aire ambient. Disponible a: https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=689549&language=ca_ES&mode=single
- [13] Generalitat de Catalunya. (2007). Llei 34/2007, de 15 de novembre, de qualitat de l'aire i protecció de l'atmosfera. Disponible a: https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=687009&language=ca_ES&mode=single
- [14] Generalitat de Catalunya. (2018). Reial Decret 818/2018, de 6 de juliol, sobre mesures per a la reducció de les emissions nacionals de determinats contaminants atmosfèrics. Disponible a: https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=825346&language=ca_ES&mode=single
- [15] Generalitat de Catalunya. (2018). Reial decret 187/2011, de 18 de febrer, relatiu a l'establiment de requisits de disseny ecològic aplicables als productes relacionats amb l'energia. Disponible a: https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=687459&language=ca_ES&mode=single
- [16] Generalitat de Catalunya. (2009). Reglament (CE) 640/2009 de la Comissió, de 22 de juliol de 2009, pel qual s'aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlament Europeu i del Consell pel que fa als requisits de disseny ecològic per als motors elèctrics. Disponible a: https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=689291&language=ca_ES&mode=single

- [17] Generalitat de Catalunya. (2009). Directiva 2009/125/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 21 d'octubre de 2009, per la qual s'instaura un marc per a l'establiment de requisits de disseny ecològic aplicables als productes relacionats amb l'energia. Disponible a:
https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=689572&language=ca_ES&mode=single
- [18] Generalitat de Catalunya. (2017). Decisió UE 2017/939 del Consell, d'11 de maig de 2017, relativa a la celebració, en nom de la Unió Europea, del Conveni de Minamata sobre el Mercuri. Disponible a:
https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=790453&language=ca_ES&mode=single
- [19] Generalitat de Catalunya. (2009). LLEI 20/2009, del 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats. Disponible a:
https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=503653&language=ca_ES&mode=single
- [20] Generalitat de Catalunya. (2012). Directiva 2012/19/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 4 de juliol de 2012, sobre residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE). Disponible a:
https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=712469&language=ca_ES&mode=single
- [21] Generalitat de Catalunya. (2011). Directiva 2011/65/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 8 de juny de 2011, sobre restriccions a la utilització de determinades substàncies perilloses en aparells elèctrics i electrònics. Disponible a:
https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=689577&language=ca_ES&mode=single
- [22] Generalitat de Catalunya. (1999). DECRET 93/1999, de 6 d'abril, sobre procediments de gestió de residus. Disponible a:
https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=184377&language=ca_ES&mode=single

- [23] Generalitat de Catalunya. (1989). Reial Decret 258/1989, de 10 de març, pel qual s'estableix la normativa general sobre abocaments de substàncies perilloses des de terra al mar. Disponible a: https://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&documentId=711520&language=ca_ES&mode=single
- [24] Agencia Estatal Butlletí Oficial del Estat. (2014). Directiva 2014/35/UE sobre baixa tensió. Disponible a: <https://www.boe.es/doue/2014/096/L00357-00374.pdf>
- [25] Agencia Estatal Butlletí Oficial del Estat. (2014). Directiva 2014/30/UE sobre compatibilitat electromagnètica. Disponible a: <https://www.boe.es/doue/2014/096/L00079-00106.pdf>