

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**

Grau en Enginyeria Electrònica i Automàtica

Fresadora CNC de tres eixos

Memòria

Gerard Grau

Ponent: Pablo Genovese

PRIMAVERA 2017



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Agraïments

A en Pablo Genovese, per veure en mi un enginyer quan ningú ho creia

A en Joan Grau i Carme per estar al meu costat, ensenyant-me i suportant-me

A la Alis per estar sempre disposada a ajudar-me i entendre'm

A en Bernat per mostrar-me el camí

A la Carme Vidal, per cuidar de mi

Al LAB5 i la seva gent, que va ser com casa meva

Resum

En aquest projecte es realitza el disseny i construcció d'un CNC de tres eixos. Amb aquesta fabricació es desitja facilitar una nova eina de treball i d'estudi per als membres de la universitat.

La realització del projecte parteix d'un disseny mecànic acompanyat d'una fabricació i mecanització dels elements. Així com també d'un disseny elèctric amb la fabricació i cablejat del seu respectiu quadre i un disseny electrònic per a l'especificació dels elements integrats.

Resumen

En este proyecto se realiza el diseño y construcción de un CNC de tres ejes. Con esta fabricación se desea facilitar una nueva herramienta de trabajo y de estudio para los miembros de la universidad.

La realización del proyecto parte de un diseño mecánico acompañado de una fabricación y mecanización de los elementos. Así como de un diseño eléctrico con la fabricación y cableado de un cuadro eléctrico y un diseño electrónico para la especificación de los elementos integrados.

Summary

In This project the design and construction of a three-axis CNC is carried out. With this manufacture you need to provide a new work and study tool for the members of the university.

The project realizes a mechanical design accompanied by a manufacture and machining of the elements, an electrical design with the manufacture and wiring of an electrical panel and an electronic design for the specification of the integrated elements.

Índex

Índex	I
Índex de figures	VII
Índex de taules	XI
Glossari de termes	XIII
1. Objectius.....	1
1.1. Propòsit.....	1
1.2. Finalitat.....	1
1.3. Objecte.....	1
1.4. Abast.....	1
2. Introducció.....	3
2.1. Objecte del projecte.....	3
2.2. Antecedents i necessitats d'informació.....	3
2.3. Especificacions de requeriments	6
2.3.1. Elements estructurals.....	6
2.3.2. D'altres elements	7
2.4. Abast especificat.....	8
2.5. Objectius i especificacions tècniques	9
3. Possibles solucions	11
3.1. Tipus de Fresadora	11

II

3.2. Tipus d'actuadors	11
3.3. Sistemes de control.....	12
3.4. Segons el sistema de transmissió.....	13
3.5. Tipus de mecanitzat.....	13
3.6. Guies i rodaments	14
4. Plantejament de la solució	15
4.1. Càlculs per avanç de fresa i potències	16
4.2. Dimensionament de motors	20
4.2.1. Motor Eix X.....	21
4.2.2. Motor Eix Y	21
4.2.3. Motor Eix Z	22
4.3. Càlcul mecànic de transmissions de politges i corretges.....	22
4.3.1. Transmissió Eix X	23
4.3.2. Transmissió Eix Y	24
4.3.3. Transmissió Eix Z.....	25
4.4. Càlculs d'estructura	27
4.4.1. Base	27
4.4.2. Simulació sòlid Works.....	30
4.4.3. Carro X	31
4.4.4. Simulació sòlid Works.....	33
4.4.5. Carro Y	34

4.4.6. Simulació sòlid Works.....	36
4.4.7. Carro Z.....	36
4.4.8. Simulació sòlid Works.....	39
4.5. Dimensionament del quadre elèctric	39
5. Selecció dels components.....	41
5.1. Programari utilitzat	41
5.2. Materials estructurals.....	41
5.3. Transmissió.....	43
5.3.1. Transmissió lineal.....	43
5.3.2. Guies i rodaments	44
5.4. Actuadors.....	45
5.4.1. Motors.....	45
5.4.2. Controladores	46
5.5. Desbast	47
5.5.1. Mandrino	47
5.5.2. Variador	48
5.6. Alimentacions.....	49
5.7. Interface	49
5.8. Seguretats	50
6. Disseny de la màquina.....	51
6.1. Base	51

IV

6.2. Carro X	53
6.3. Carro Y	54
6.4. Carro Z.....	56
6.5. Assemblatge del conjunt.....	57
7. Disseny del quadre elèctric.....	59
7.1. Servodrivars.....	59
7.1.1. Servodriver HSS87	59
7.1.2. Servodriver HSS86.....	60
7.2. Variador de freqüència	61
7.3. Transformador	62
7.4. Control.....	62
7.4.1. Interfície.....	62
7.4.2. Relé de seguretat i fusibles	63
7.4.3. Carta de relés	63
7.4.4. Carta de finals de cursa.....	63
7.5. Armari elèctric	63
7.5.1. Potència	64
7.5.2. Control.....	66
8. Manual de funcionament CNC	69
8.1. Mach 3	69
8.1.1. Configuració inicial	70

8.1.2. Configuració de motors	72
8.1.3. Configuració de límits	73
8.1.4. Execució de programa	74
8.2. Quadre elèctric.....	78
8.2.1. Marxa.....	78
8.2.2. Variador de freqüència	79
8.2.3. Mandrino	80
9. Planificació	81
10. Impacte mediambiental.....	87
11. Conclusions i desviacions.....	89
11.1. Desviacions.....	89
11.1.1. Desviació de planificació.....	89
11.1.2. Desviació de pressupost	90
11.2. Conclusions finals	90
12. Futures línies de treball	93
13. Referències	95

Índex de figures

Figura 2.1 Venta de productes Industrials	5
Figura 4.1 Esbós per càlculs	16
Figura 4.2 Càlcul motors	20
Figura 4.3 Gràfic eix X.....	23
Figura 4.4 Gràfic eix Y	25
Figura 4.5 Gràfic eix Z	26
Figura 4.6 Simulació Base WinEva.....	27
Figura 4.7 Flexió base	28
Figura 4.8 Gràfica base moments	29
Figura 4.9 Gràfica base forces de tall	29
Figura 4.10 Simulació base Solidworks	31
Figura 4.11 Simulació carro X WinEva	31
Figura 4.12 Gràfic moments	32
Figura 4.13 Simulació eix X.....	34
Figura 4.14 Simulació carro Y WinEva	34
Figura 4.15 Gràfic moments	35
Figura 4.16 Simulació eix Y	36
Figura 4.17 Simulació Base WinEva.....	37
Figura 4.18 Gràfic moments	38

VIII

Figura 4.19 Simulació eix Z	39
Figura 5.1 Cargol a boles.....	43
Figura 5.2 Guia i rodament SBR20	44
Figura 5.3 NEMA23	46
Figura 5.4 Controladora HSS57	47
Figura 5.5 Mandrino	48
Figura 5.6 Variador de freqüència	49
Figura 5.7 Interface.....	50
Figura 6.1 Base	52
Figura 6.2 Carro X.....	54
Figura 6.3 Carro Y	55
Figura 6.4 Carro Z	56
Figura 6.5 Fresadora complerta	57
Figura 7.1 Servodriver HSS57.....	60
Figura 7.2 Servodriver HSS86.....	61
Figura 7.3 Quadre	64
Figura 7.4 Quadre Potencia	65
Figura 7.5 Quadre control.....	67
Figura 7.6 Quadre real	68
Figura 8.1 Mach3.....	70
Figura 8.2 Mach3 capçalera.....	70

Figura 8.3 Mach3 configuració	71
Figura 8.4 Mach3 ports motors	71
Figura 8.5 Mach3 ports limits.....	72
Figura 8.6 Mach3 motors	73
Figura 8.7 Mach3 limits	74
Figura 8.8 Mach3 principal	75
Figura 8.9 Mach3 eixos de cord.	76
Figura 8.10 Mach3 panell de codi	76
Figura 8.11 Mach3 visualització de codi.....	77
Figura 8.12 Interruptor	78
Figura 8.13 Indicador	79
Figura 8.14 Variador	80
Figura 8.15 Mandrino	80
Figura 9.1 Planificació.....	84
Figura 9.2 Diagrama d'execució	85

Índex de taules

Taula 2.1 Empreses Espanya	4
Taula 2.2 Especificacions tecniques	9
Taula 3.1 Tipus de fresadora	11
Taula 3.2 Tipus d'actuadors	12
Taula 3.3 Sistemes de control.....	12
Taula 3.4 Sistemes de transmissió.....	13
Taula 3.5 Tipus de mecanitzat.....	13
Taula 3.6 Tipus de mecanitzat.....	14
Taula 4.1 propietats acer S275JR	15
Taula 4.2 Material a treballar	19
Taula 5.1 Rodament SBR20	45
Taula 5.2 Rail SBR20.....	45
Taula 7.1 Servodriver HSS57.....	59
Taula 7.2 Servodriver HSS86.....	60
Taula 9.1 Tasques de la Planificació.	81
Taula 10.1 Taula impacte mediambiental.....	88

Glossari de termes

ABS	Acrylonitrile butadiene styrene
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AXIS	Eixos
BAI	Benefici abans d'impostos
BN	Benefici net
BOE	Boletín Oficial del Estado
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CNC	Control Numèric Computeritzat
EN	Normativa Europea
ISO	Organización internacional de la normalización
Kg	Quilogram
M	Mètric
Mag	Soldadura de gas actiu
Mig	Soldadura gas inerta
PAP	Paso a Paso
PLA	Ácido poli-láctico
qe	Punt d'equilibri
Tig	Tungsten Inert Gas

XIV

UNE Una Norma Espanyola

ut Unitat

V Volts

VAN Valor Actual Net

W Wats

1. Objectius.

1.1. Propòsit

Es presenta un projecte pretén dissenyar i construir una fresadora CNC de sistema cartesià. Amb motors híbrids, seguretats i especificacions acordades.

1.2. Finalitat

La fabricació de la fresadora CNC té com a finalitat l'aportació d'una màquina-eina per l'ús i l'estudi per part dels membres de la universitat.

1.3. Objecte

L'objectiu d'aquest treball és el disseny i fabricació d'una fresadora CNC destinada a la universitat Tecnocampus. Utilitzant elements de cost assequible i fàcil reparació tot aportant una màquina d'ús intuïtiu per a la realització de pràctiques o projectes. Complint amb les seguretats i les especificacions marcades.

1.4. Abast

La realització de la fresadora CNC comporta un disseny de cada un dels elements mecànics que forma la màquina tenint en compte la selecció de motors, transmissions i guies, entre d'altres per al seu acoblament cap a la part elèctrica. Juntament amb la fabricació d'un quadre elèctric, amb tots els elements necessaris per la comunicació i resposta. Tenint en compte les seguretats. Un circuit electrònic específic pels requisits de la màquina i l'ús d'un programa adaptat a la comunicació entre l'usuari i la CNC.

2. Introducció

2.1. Objecte del projecte.

El objecte del projecte és la fabricació d'una fresadora CNC realitzant un disseny mecànic, d'una programació i d'una electrònica requerida per l'ús de la universitat Tecnocampus. Dissenyant una fresadora CNC, amb desplaçament mitjançant eixos cartesianes. Permetent importar models dissenyats per CAM o realitzant comunicació directa utilitzant codi G.

L'usuari podrà aportar un disseny realitzat en 3D, convertit en codi G i compatible amb el post-processor de la màquina, que disposi d'una forma viable per la mecanització i així poder fer-lo físic. Dit codi G facilita un llenguatge universal en CNC fent que l'usuari adquireixi coneixements pràctics de cara al món industrial, essent una màquina didàctica on l'usuari pot comprendre les nocions bàsiques en la matèria.

Per un altre part l'electrònica comercial per la comunicació de la màquina té certes carències que es plantegen solucionar amb una electrònica específica, complint amb tots els requeriments.

La màquina disposa de seguretats en cas de fora d'eixos i aturades d'emergència en cas de perill.

2.2. Antecedents i necessitats d'informació.

L'ús de CNC a l'indústria ha estat en creixement des de la seva creació, degut a la implementació de sistemes automàtics per reduir costos i temps de fabricació. Essent un sector en creixement, on a Espanya pertany a les 20 empreses que més exporten maquinària a tot el món [17].

Com a CNC permet que implementant un codi pugui repetir la mateixa peça de forma reiterada reduint temps i errors humans. Aportant una seguretat cap a l'operari al no tenir que treballar amb el material.

En la fabricació de CNC hi ha un seguit de factors que els fabricants i consumidors destaquen: implementar un codi universal, el “codi G”; facilitar les modificacions a peu de màquina; tenir unes velocitats de producció altes amb uns marges d’error baixos marcats dins dels estàndards.

A Espanya hi ha 53.340 empreses dedicades a la maquinaria en general, 31.192 dedicades a l’automatització industrial, 7698 dedicades al tall CNC i 2443 dedicades al mecanitzat CNC. Aquestes dades han sigut recollides a partir de la pàgina web del diari el economista [17] distribuïdes de la següent forma a l’estat espanyol:

	Maquinaria	Automatizacio	Tall cnc	Mecanitzat cnc
Barcelona	10017	6278	1130	468
Madrid	8112	5389	886	355
valencia	3728	2221	545	259
Murcia	2401	1307	181	202
alicante	2280	1198	513	136
Sevilla	2206	1320	330	106
Zaragoza	1668	914	292	88
Málaga	1521	880	623	87
Vizcaya	1350	837	194	82
Pontevedra	1316	797	181	82
Gerona	1288	719	165	62
Asturias	1273	717	156	62
Coruña	1231	651	154	61
Castellón	1107	631	150	43
Toledo	1100	598	130	38
palmas	1076	594	131	32
baleares	1075	573	233	31
córdoba	1074	558	173	30
Tarragona	1033	545	125	27
cadis	1002	537	112	26
Guipúzcoa	988	518	105	26
Lérida	932	480	89	23
Almería	896	475	292	22
granada	869	438	198	20
navarra	862	423	88	16
león	794	420	88	16
Valladolid	735	403	85	15
Badajoz	716	398	276	14
s. cruz de Tenerife	690	373	73	14
Total	53340	31192	7698	2443

Taula 2.1 Empreses Espanya
Font: El Economista

Una vegada s’ha observat com estan distribuïdes les empreses en el sector industrial, s’estimen les expectatives de creixement econòmic del sector de la venda de maquinaria industrial de cara al 2018, on es preveu un creixement del 5% a nivell mundial, degut a la demanda dels països emergents. Tant de maquinaria com de diferents productes que es

fabriquen o manufacturen. Aquestes dades han estat extretes del institut nacional d'estadística [16].

El mateix estudi diu que la repartició de ventes en el sector industrial en el període del 2015 que apareix en la següent figura 2.1, marca un creixement del sector de la maquinària i un equipament del 6,3% a l'estat Espanyol demostrant que clarament és un sector en augment.



Figura 2.1 Venta de productes Industrials
Font: El Economista

Aquest fet mostra la viabilitat del projecte utilitzant un niu de mercat enfocat de cara l'educació, amb un entorn creixent i consolidat a l'estat espanyol com demostren marques que distribueixen nacionalment com:

Emco

Aquest fabricant té ja una trajectòria en àmbit industrial enfocat sobretot en torns de control manual però va estendre el seu mercant el sistema computeritzat i actualment fabrica torns i fresadores de control numèric enfocat a l'estudiant i l'amateur.

Denford

És una marca de referència en el mercat anglès, realitzant exportacions de la seva maquinària a tot el món i amb un renom consolidat. Fabriquen maquinària manual i de control numèric amb especificacions variades segons el client.

Proxxon

La maquinària que fabrica Proxxon està enfocada en la dimensió i no en les prestacions. És un element de la competència ja que està enfocada al mateix sector.

AbraTools

És un majorista industrial extens a Espanya, es dedica al reetiquetatge de maquinària de marca blanca, la maquinària que disposa és robusta, enfocada a feines contínues però amb un preu incrementat per aquests motius.

Opimum

És un fabricant de maquinària Alemany, fabrica molts àmbits industrials. Les màquines que disposa són robustes, enfocades a l'entorn semi industrial els seus CNC, utilitzen controls professionals on dificulta l'ús a l'usuari novici.

2.3. Especificacions de requeriments

2.3.1. Elements estructurals

L'estructura del model Cartesià és una alternativa més que atractiva pel fet de no dependre d'un sol punt estructural, podent fer un repartiment de forces i no disposar de punts en extrems al buit. El disseny limitarà l'àrea de treball segons les mesures seleccionades.

L'estructura està formada pels següents elements:

- **Estructura externa:** engloba les mesures totals de la màquina aportant la rigidesa i el perímetre de treball. Cada un dels extrems disposa de les guies lineals per les que es desplaça un dels carros que formen els eixos de la màquina.
- **Carro eix X:** aquest element és un pont que creua la màquina d'extrem a extrem, assentat amb uns rodaments lineals instal·lats a unes guies en els laterals de la màquina. De forma perpendicular disposa de dues guies que formen part del recorregut de la resta d'eixos.

- **Carro eix Y:** es desplaça de forma perpendicular a l'eix X, les mesures del carro delimiten el desplaçament en l'eix, per tant, es calcularà la millor relació precisió/desplaçament possible. Tenint en compte que munta les guies lineals i motors del eix Z que limitaran una dimensió mínima.
- **Carro eix Z:** aquest es desplaça de forma vertical en l'espai, munta l'eina de treball, sol ser l'eix de menor desplaçament. És de pes lleuger i té unes mesures obtingudes segons les mesures de l'eina.

2.3.2. D'altres elements

Disposar els eixos amb l'eina

Es determina disposar tots els eixos amb l'eina esmentats en el punt 6.1.3 de l'avantprojecte, pel fet de poder treballar peces pesades on seran fixades a la taula de treball, desplaçant els carros a una velocitat raonable sense utilitzar motors amb un torque excessiu.

Actuadors

S'utilitzaran motors híbrids per la correcció de posició, mitjançant un sistema integrat de llaç tancat i una velocitat que abasta mantenint el torque desitjat. La selecció d'aquests motors estan esmentats en el punt 3.1.

Sistema de control

Es decanta per l'ús de PC-INTERFACE per la flexibilitat i rendiment que s'obté, on és possible l'ús de més d'un programa de control per ordinador per una fresadora CNC. La selecció d'aquest element està analitzat en el punt 5.2 del avantprojecte.

Sistema de transmissió

L'ús de cargol a boles elimina gran part del joc i mostra una precisió i rigidesa a tenir en compte, respecte les alternatives disponibles analitzades en el punt 5.3 dins del avantprojecte.

2.4. Abast especificat

A continuació, s'especifica fins a on abasta el present projecte:

- Disseny dels components estructurals i mecànics del CNC.
- Disseny del quadre elèctric que formarà part del sistema de control.
- Prototip.

A continuació, s'especifica tot allò que no es desenvoluparà en el present projecte:

- Disseny de les controladores de drivers de motors.
- Elements mecànics tals com pinça de fixació del mandrino o cargol a boles.
- Disseny de l'aplicació per l'ús de la màquina. S'utilitzarà alguna aplicació d'ús comercial que s'adeqüi a les necessitats marcades.
- Disseny de la Interface de comunicació amb el mòdul de control. S'obtindrà algun tipus d'interface ubicada en el mercat per realitzar la comunicació ja sigui via rs232, port paral·lel o USB.
- Disseny del mòdul de control. On s'utilitzarà un ordinador comú per realitzar les maniobres i la intercomunicació amb la CNC.

Cal mencionar que hi hauran parts del CNC que no es desenvoluparan al detall, s'analitzaran i s'incorporaran indicant unes especificacions bàsiques, però no es detallarà tot el seu contingut per la complexitat que comportaria a la pràctica.

2.5. Objectius i especificacions tècniques

Client:	Producte:	Data inici	07/02/2017	
Tecnocampus	Fresadora	Última revisió	20/02/2017	
Desenvolupador:	CNC	Pàgina	01-ene	
Gerard Grau				
Especificacions				
Concepte	Data	Proposa	R/D	Descripció
Funció	07/02/2017	C	R	Capaç de fresar materials no ferrosos.
		C+I	R	Comunicació bidireccional CNC/PC.
		C+I	R	Taula de treball amb fixacions
		C	R	funcionament amb una tensió de 220v
		C	R	Botó d'emergència.
		C	R	portaeines de canya de 13mm.
Dimensions	10/02/2017	C	R	Àrea útil de treball de 400x300x110mm.
		C	D	Mesures de la màquina 730x570x575mm.
Moviments	15/02/2017	I	MR	Àrea necessària en el local 1000x800mm.
	10/02/2017	C	R	Moviments de translació sobre tots els eixos.
		C	R	Moviment sobre tres eixos XYZ.
	15/02/2017	C+I	MR	Velocitats de moviment 33mm/s.
		C	R	repetivitat de +-30um
Control	07/02/2017	C	R	resolució de 10um
		C+I	R	Velocitats de l'eina 4000 a 20000 rpm .
		C	R	Potència del capçal 1,5KW.
		C	R	Comunicació amb computadora.
		C	R	Possibilitat de modificar el codi.
		C	R	Unitat de control multiprocés.
		C	R	Moviment manual.
Transport	15/02/2017	I	R	Desmuntada 730x570x300mm.
Vida útil	15/02/2017	C	R	10 anys.
Seguretats	15/02/2017	C	R	Compliment de la norma europea de seguretat
		C	R	Compliment de les normes recollides en el BOE.
Costos	20/02/2017	C	R	Cost màxim de fabricació 3000€
		I	R	Cost en utilatge 300€

Taula 2.2 Especificacions tècniques

Font: Elaboració pròpia

Proposa: C=client I=Ingenieria

R/D: R= Requeriment; MR= Modific. requeriment; NR = Nuevo requeriment; D= Desig

3. Possibles solucions

Es realitza una comparativa entre diferents tipus d'elements comercials com estructures possibles que poden utilitzar les fresadores CNC.

Primer es realitza una selecció de tres tipus d'elements dins del mercat. S'utilitzen els tres criteris mes destacats d'aquells elements tenint en conta la importància de cada un d'ells.

3.1. Tipus de Fresadora

El tipus de fresadora marca el moviment dels eixos i la forma de l'estructura. Aquest punt marca la velocitat i la robustesa de la maquina, com la facilitat de calibratge i manteniment posterior

Factor de ponderació	criteris	Puntuació		
		Pont	Antropomòrfica	Delta
35%	Cost d'adquisició	9	5	6
30%	Velocitat	6	7	8
35%	Precisió	7	6	8
Puntuació mitjana		7,4	5,95	7,3

Taula 3.1 Tipus de fresadora

Font: Elaboració propia

3.2. Tipus d'actuadors

S'entén com actuadors els motors utilitzats pel moviment en cadascun dels eixos. És un element clau ja que marcarà en part la precisió i la velocitat de la màquina.

Factor de ponderació	criteris	Puntuació		
		Motor PAP	Motor híbrid	Servomotor
35%	Cost d'adquisició	9	7	4
30%	Velocitat	4	6	8
35%	Precisió	5	8	8
Puntuació mitjana		6,1	7,05	6,6

Taula 3.2 Tipus d'actuadors
Font: Elaboració pròpia

3.3. Sistemes de control

Quan es parla del sistema de control es parla de la conversió de les coordenades en moviment real. On es processa les línies de codi a treballar, el punt de comunicació del usuari cap a la màquina i el panell de control on apareixen les alarmes o requeriments del sistema.

Podem parlar de tres estils dels controls més estesos en el mercat:

Factor de ponderació	criteris	Puntuació		
		Microcontrolador	PC-Interface	Control comercial
30%	Cost d'adquisició	9	7	4
30%	Dificultat usuari	4	8	5
40%	Compatibilitat	5	7	6
Puntuació mitjana		5,9	7,3	5,1

Taula 3.3 Sistemes de control

Font: Elaboració pròpia

3.4. Segons el sistema de transmissió

La transmissió ens marca la forma que tenen els eixos de desplaçar-se depenent de l'ús de la màquina. Els fabricants simpatitzen amb un o uns altres depenent de la feina a fer, ja que les toleràncies i rigidesa del material marquen quina transmissió s'ajusta als requeriments exigits, essent aquests tres els més comuns:

Factor de ponderació	Criteris	Puntuació		
		Cargol a boles	Corretja	Cremallera
40%	Joc	9	3	5
20%	Cost de manteniment	5	7	6
40%	Precisió	9	5	6
Puntuació mitjana		8,2	4,6	5,6

Taula 3.4 Sistemes de transmissió

Font: Elaboració pròpia

3.5. Tipus de mecanitzat

Com s'ha esmentat en el punt 2.5 del avantprojecte existeixen tres estils de CNC, saber quin es el punt on delimitarem la feina a realitzar a nivell de complexitat en una màquina destinada al prototipatge ens delimitarà l'opció mes idònia a utilitzar.

Factor de ponderació	Criteris	Puntuació		
		Punt a punt	Pariaxial	Interpolar
60%	Complexitat disseny	2	5	8
15%	Potencia requerida	8	6	5
35%	Dificultat usuari	7	7	5
Puntuació mitjana		4,85	6,35	7,3

Taula 3.5 Tipus de mecanitzat

Font: Elaboració pròpia

3.6. Guies i rodaments

Les guies suporten tot el pes dels elements de la fresadora son els separadors de les parts mòbils i els elements que faciliten el lliscament dels carros.

Factor de ponderació	Criteris	Puntuació		
		Cua milano	Rodo obert	Rodo tancat
30%	Precisió	2,4	2,1	2,1
40%	Preu	2	3,2	3,6
30%	Flexió	2,7	2,4	1,8
Puntuació mitjana		4,85	7,1	7,7

Taula 3.6 Tipus de mecanitzat
Font: Elaboració propia

4. Plantejament de la solució

L'objectiu en aquest punt és definir els paràmetres i càlculs per dimensionar el disseny d'una estructura capaç de suportar les forces. Es requereixen unes mesures que impliquen un seguit de càlculs en les pitjors condicions, per saber: la resistència, l'ús i les deformacions del ferro.

La recerca més idònia per plantejar una solució viable es fraccionar-lo amb etapes, realitzant els càlculs de la mateixa temàtica. Es pot separar en 5 etapes diferenciades i es mostren lligades a l'etapa anterior per la realització dels càlculs.

Es parteix d'una estructura formada per un tub rectangular d'acer de 80x40x3mm per la realització dels càlculs.

L'acer que es selecciona com a punt de partida és el S275JR amb les següents propietats físiques:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	210000.0031	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	79000	N/mm ²
Densidad de masa	7800	kg/m ³
Límite de tracción	410	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	275	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.1e-005	/K

Taula 4.1 propietats acer S275JR
Font: Solidworks

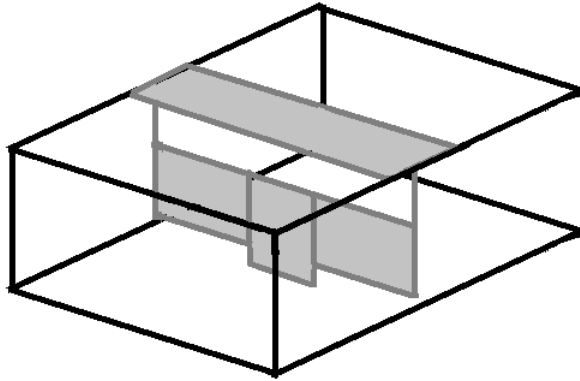


Figura 4.1 Esbós per càlculs
Font: Elaboració pròpia

4.1. Càlculs per avanç de fresa i potències

En el fresat existeixen dos tipus, el fresat perifèric per màquines amb l'eix horitzontal i el fresat de planejat amb l'eix perpendicular al material. La fresadora CNC realitza el seu fresat de tipus planejat.

S'analitzaran els càlculs necessaris per poder treballar un material lleuger com es el cas de l'alumini.

- Com a valors fixes de la màquina es disposa:

El pas de rosca 5mm

Potència teòrica 1,5kw

- Com a eina partim d'un fresolí amb les següents característiques:

Diàmetre de fresa 8mm

Número de dents 4

Primer es calcula les revolucions per minut de la fresadora on V_c es velocitat de tall i D diàmetre de la fresa

$$N = V_c * \frac{1000}{\pi * D} = \frac{200 * 1000}{\pi * 8} = 7961.78rpm$$

Seguidament es calcula la potència efectiva que és un 70% de la potència teòrica de la màquina, sabent que P és la potència teòrica

$$Pe = \frac{P * 70}{100} = \frac{1,5 * 70}{100} = 1,05Kw$$

Per saber l'avanç per minut s'aplica una multiplicació de Sz que es l'avanç per dent, z són el numero de dens i les revolucions en les que treballa la màquina

$$Amin = Sz * z * N = 0,06 * 4 * 7961,78 = 1910 \frac{\text{avanç}}{\text{minut}}$$

Que passat a segons és:

$$Amin = 1910 \frac{\text{avanç}}{\text{minut}} * \frac{1\text{min}}{60\text{segons}} = 31,84 \text{avan/sec}$$

Ja només quedaria calcular la profunditat de tall que es pot obtenir a partir del volum màxim d'encenall Vm que es calcula a partir del volum admissible d'encenall Va:

$$Vm = Va * Pe = 40 * 1,05 = 42cm^3$$

I la profunditat de tall l'obtenim amb lo següent:

$$a = \frac{Vm * 1000}{D * Amin} = \frac{42 * 1000}{8 * 1910} = 2,74mm$$

Aquesta profunditat és la màxima per obtenir un millor rendiment, hi ha que treballar amb un 80% per tant:

$$ar = a * 80\% = 2,19mm$$

Amb els càlculs realitzats es sap la profunditat de tall, la potència del mandrino, i la velocitat d'avanç. Ara es calcularà la potència necessària de la màquina per realitzar aquests avanços

- Velocitat mandrino n (rpm)
- Velocitat d'avanç v_f (mm/min)
- Número de dents z
- Avanç per dent f_z (mm/dent)

$$f_z = \frac{v_f}{n * z}$$

$$f_z = \frac{1910}{8000 * 4} = 0,05968 \text{ mm}$$

Es calcula la distància ideal del tall del fresolí:

- Diàmetre de la fresa D
- Ample del fresat e

$$D = 1,25 * e$$

$$e = \frac{8}{1,25} = 6,4mm$$

La força de fresat varia en direcció i magnitud, ja que depèn de la fixació de la peça i les deformacions. Normalment es treballa amb un valor mig, suposant que l'encenall arrancat té un gruix constant:

- Angle de Posició (k)
- Profunditat de tall a_r

$$h_m = \frac{\sin(k) * 360 * a_r * f_z}{\pi * D * \arcsin\left(\frac{a_r}{D}\right)} \geq 0,1mm$$

$$h_m = \frac{\sin(90) * 360 * 2,19 * 0,05968}{\pi * 6,4 * \arcsin\left(\frac{2,19}{6,4}\right)} \geq 0,1mm$$

$$h_m = 0,1169mm \geq 0,1mm$$

La secció mitja d'encenall s'obté amb:

$$A_M = h_m * \frac{A_a}{\sin(k)}$$

$$A_M = 0,1169 * \frac{1}{\sin(90)} = 0,1169$$

Força mitja en els fils tallants on K_{sm} és el valor mig de la força específica tallant, s'obté a partir de la taula de valors segons el tipus de material a treballar taula 4.2.

Tabla para valores k_m según los tipos de material de la pieza a trabajar. (El espesor medio de la viruta es 0,2 mm o 0,008 pulgadas)				
Material		Dureza HB	k_s	
			Kp/mm ²	lb/pulgada ²
Acero al carbono no aleado normalizado	C 0,15%	125	245	348390
	C 0,35%	150	270	383940
	C 0,70%	250	295	419490
Acero poco aleado	Recocido	125-200	285	405270
	Endurecido	200-450	350	497700
Acero altamente aleado	Recocido	150-250	315	447930
	Endurecido	250-500	365	519030
Acero inoxidable	Ferr. Mart.	175-225	325	462150
	Aust.	150-200	350	497700
Acero fundido (inoxidable)	No aleado	225	230	327060
	Poco aleado	150-250	250	355500
	Altamente aleado	150-300	285	405270
Acero al manganeso		>50 HRC	600	853200
Fundición maleable	Viruta corta	110-145	195	277290
	Viruta larga	200-250	180	255960
Fundición gris	Poca resistencia a la tracción	150-225	125	177750
Fundición gris & fundición aleada	Alta resistencia a la tracción	200-300	160	227520
Fundición nodular, hierro SG	Ferrítica	125-200	135	191970
	Perlítica	200-300	200	284400
Fundición endurecida en coquilla		HRC 40-60	425	604350
Aluminio aleado		100	75	106650

Taula 4.2 Material a treballar
Font: Universitat Miguel Hernández

- $K_{sm} = 75$ coeficient de l'alumini:

$$F_{TM} = K_{SM} * A_M$$

$$F_{TM} = 75 * 0,2338 = 8,7675$$

El parell tallant M en diu els N.m que ens cal per realitzar l'avanç sabent el número de dents tallant, el material i la força mitja dels fils tallants.

$$Z_{TALL} = z * \frac{e}{360}$$

$$Z_{TALL} = 4 * \frac{8}{360} = 0,089$$

$$M = F_{TM} * Z_{tALL} * \frac{D}{2}$$

$$M = 8,7675 * 0,089 * \frac{6,4}{2} = 2,49N.mm$$

4.2. Dimensionament de motors

Per determinar el dimensionament del motor per realitzar un desplaçament dels carros s'utilitza la fórmula de la càrrega de torque, on es contempen tots els elements de la figura 4.2

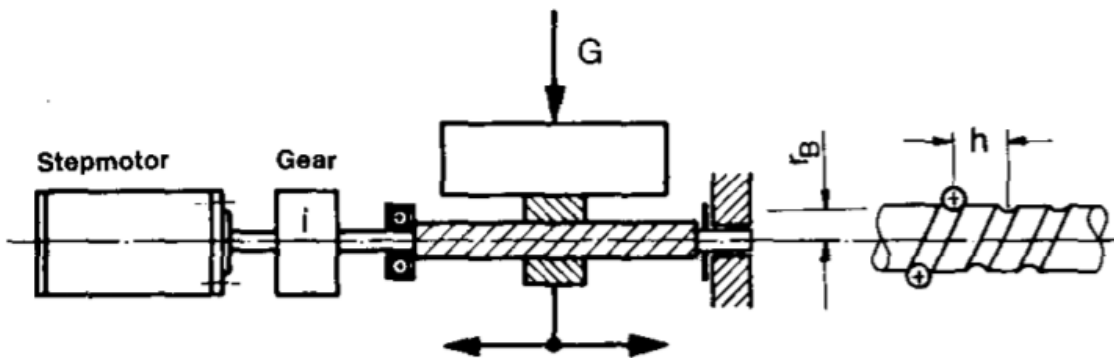


Figura 4.2 Càlcul motors
Font: Elaboració pròpia

Per determinar la càrrega que pateix el motor, es té en compte: el pas del cargol a boles, la fricció, el radi i la reductora aplicada.

- F= força total a desplaçar en newtons
- h= pas de cargol a boles en centímetres
- rB= radi del cargol a boles en centímetres
- uB= coeficient de fricció
- i= rati de reducció
- n= coeficient de conversió en força axial (0,9 per cargol a boles)

$$M_{carga} = F * \left(\frac{h}{2 * \pi * \eta} + r_B * \mu_B \right) * \frac{1}{i}$$

4.2.1. Motor Eix X

El motor de l'eix Y té un pes de 60Kg, aquesta massa desplaça la càrrega de forma horitzontal, a través d'un cargol a boles. La massa a desplaçar s'obté a partir de la següent fórmula:

$$F = \mu * G + F_M + F_{pre}$$

$$F = 0,005 * 60kg * 9,81 + 10 + 0,1$$

$$F = 13,03N$$

Aquest valor és la força necessària per desplaçar la massa de forma directa. Per determinar el torque necessari per moure l'eix, s'ha d'aplicar: el cargol, la reductora i la fricció.

$$M_{carga} = 13,03 * \left(\frac{0,5}{2 * \pi * 0,9} + 1,6 * 0,1 \right) * \frac{1}{1}$$

$$M_{carga} = 3,23N.m$$

4.2.2. Motor Eix Y

El motor de l'eix Y té un pes de 27,67Kg, aquesta massa desplaça la càrrega de forma horitzontal, a través d'un cargol a boles. La massa a desplaçar s'obté a partir de la següent fórmula:

$$F = \mu * G + F_M + F_{pre}$$

$$F = 0,005 * 27,67kg * 9,81 + 10 + 0,1$$

$$F = 11,45N$$

Aquest valor és la força necessària per desplaçar la massa de forma directa. Per determinar el torque necessari per moure l'eix, s'ha d'aplicar: el cargol, la reductora i la fricció.

$$M_{carga} = 11,45 * \left(\frac{0,5}{2 * \pi * 0,9} + 1,6 * 0,1 \right) * \frac{1}{2}$$

$$M_{carga} = 1,42N.m$$

4.2.3. Motor Eix Z

En el cas del motor de l'eix Z té un pes de 16,48Kg, el carro es transporta a nivell vertical.

Per tant, s'utilitza una fórmula que contempla l'angle amb el que treballa aquest eix:

$$F = F_{pre} + F_M + G(\sin(\alpha) + \mu * \cos(\alpha))$$

$$F = 0,1 + 10 * 16.48kg * 9,81 * (\sin(90) + 0,005 * \cos(90))$$

$$F = 10,9N$$

Aquest valor és la força necessària per desplaçar la massa de forma directa. Per determinar el torque necessari per moure l'eix, s'ha d'aplicar: el cargol, la reductora i la fricció.

$$M_{carga} = 10,9 * \left(\frac{0,5}{2 * \pi * 0,9} + 1,6 * 0,1 \right) * \frac{1}{2}$$

$$M_{carga} = 1,35N.m$$

4.3. Càlcul mecànic de transmissions de politges i corretges

Per la transmissió de força al cargol a boles, prèviament s'instal·la un conjunt de politges i corretges per la transmissió. D'aquesta forma l'eix del motor no pateix per desalineament i permet l'ús de reducció de velocitat incrementant la força. S'apliquen politges i corretges als tres eixos que formen la màquina, però tindran diferents diàmetres i separacions d'eixos.

Per determinar la longitud de la corretja s'ha de tenir coneixement de la distància entre centres i el diàmetre de les dues politges.

D= diàmetre de la politja major

d = diàmetre de la politja menor

A=distància entre centres.

L= Longitud de la corretja

4.3.1. Transmissió Eix X

A l'eix Z es busca una reducció de 1:1, per tant, la politja del motor serà de 24 dents igual que la politja del cargol. La distància entre eixos màxima és de 75mm. Es calcula el diàmetre de la corretja per aquest eix:

- $D = 38,81\text{mm}$
- $d = 38,81\text{mm}$
- $A = 75\text{mm}$

$$L = 1,57(D + d) + 2A + \frac{(D - d)^2}{4 * 75} = \text{mm}$$

$$L = 1,57 * (38,81 + 38,81) + 2 * 75 * \frac{(38,81 - 38,81)^2}{4 * 75}$$

$$L = 271,86\text{mm}$$

Ara es calcula l'amplada de la corretja, sabent que el motor aplicat té un torque de 8N.m amb una velocitat de 300rpm obtenim la potència. Multiplicant el factor de potència 1,7 de màquines-eina obtenim la potència final.

$$HP = T * \frac{RPM}{5252} = 8 * \frac{300}{5252} = 0,4569$$

$$HPp = 0,4569 * 1,7 = 0,7768$$

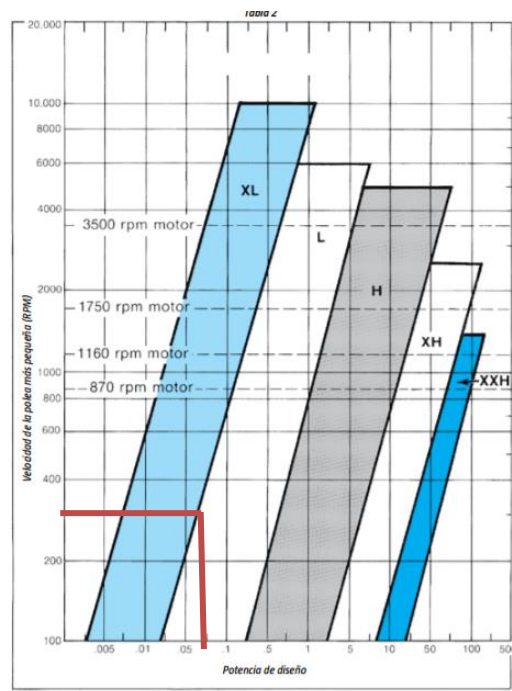


Figura 4.3 Gràfic eix X
Font: transmitemec

A la figura 4.3 el punt està ubicat pròxim a L utilitzarem aquesta relació per tenir la corretja idònia.

4.3.2. Transmissió Eix Y

A l'eix Z es busca una reducció de 2:1 per tant, la politja del motor serà de 30 dents i la politja del cargol del doble, que són 60 dents. La distància entre eixos màxima es de 180mm. Es calcula el diàmetre de la corretja per aquest eix:

- $D = 90,35\text{mm}$
- $d = 46,61\text{mm}$
- $A = 180\text{mm}$

$$L = 1,57(D + d) + 2A + \frac{(D - d)^2}{4 * 75} = \text{mm}$$

$$L = 1,57 * (90,35 + 46,61) + 2 * 180 * \frac{(90,35 - 46,61)^2}{4 * 75}$$

$$L = 584,47\text{mm}$$

Ara es calcula l'amplada de la corretja, sabent que el motor aplicat té un torque de 2N.m amb una velocitat de 600rpm s'obté la potència. Multiplicant el factor de potència 1,7 de màquines-eina obtenim la potència final.

$$HP = T * \frac{RPM}{5252} = 2 * \frac{600}{5252}$$

$$HP = 0,228$$

$$HPp = 0,228 * 1,7$$

$$HPp = 0,3876$$

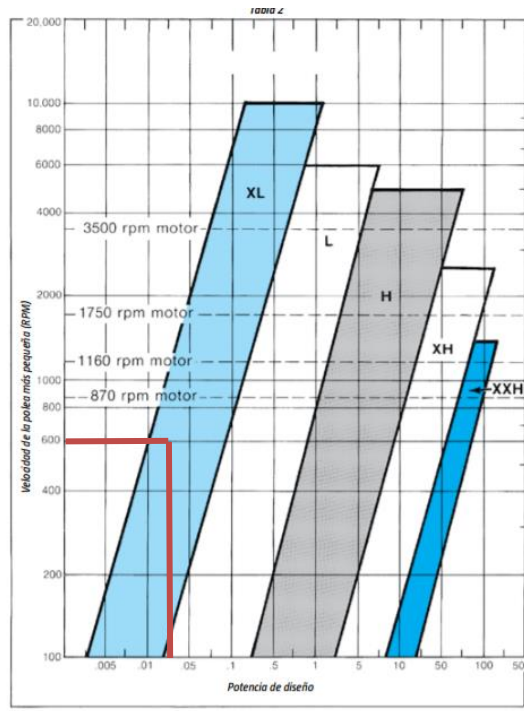


Figura 4.4 Gràfic eix Y
Font: Transmitemec

Per tant, a la figura 4.4 s'utilitzarà una pols del model XL que disposa d'un pas de $1/5''$.

4.3.3. Transmissió Eix Z

A l'eix Z es busca una reducció de 2:1 per tant, la pols del motor serà de 30 dents i la pols del cargol del doble, que són 60 dents. La distància entre eixos màxima es de 142mm. Es calcula el diàmetre de la corretja per aquest eix:

- $D = 90,35\text{mm}$
- $d = 46,61\text{mm}$
- $A = 142\text{mm}$

$$L = 1,57(D + d) + 2A + \frac{(D - d)^2}{4 * 75} = \text{mm}$$

$$L = 1,57 * (90,35 + 46,61) + 2 * 142 * \frac{(90,35 - 46,61)^2}{4 * 75}$$

$$L = 509,319\text{mm}$$

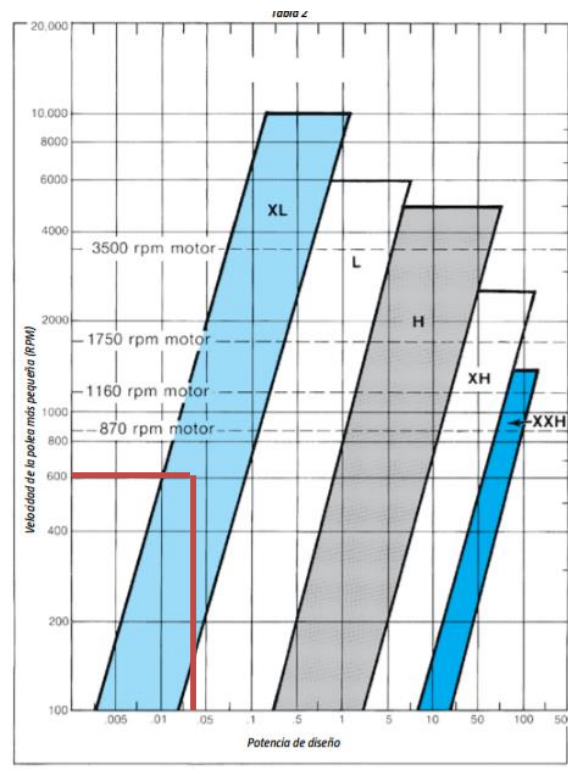
Ara es calcula l'amplada de la corretja, sabent que el motor aplicat té un torque de 2N.m amb una velocitat de 600rpm s'obté la potència. Multiplicant el factor de potència 1,7 de màquines-eina obtenim la potència final.

$$HP = T * \frac{RPM}{5252} = 2 * \frac{600}{5252}$$

$$HP = 0,228$$

$$HPp = 0,228 * 1.7$$

$$HPp = 0,3876$$



Per tant, a la figura 4.5 s'utilitzarà una polsca del model XL que disposa d'un pas de 1/5".

4.4. Càlculs d'estructura

Es parteix l'estructura per cada un dels carros que suporta, aplicat les forces del pes i del fresat per establir els requeriments mínims.

4.4.1. Base

Com veiem a la figura 4.6 la base està formada per dos columnes de 580mm de llarg amb una biga de 1200mm de longitud. Aquesta relació es repeteix al disposar de la mateixa estructura en el costat oposat. Per tant les forces són repartides entre les dues:

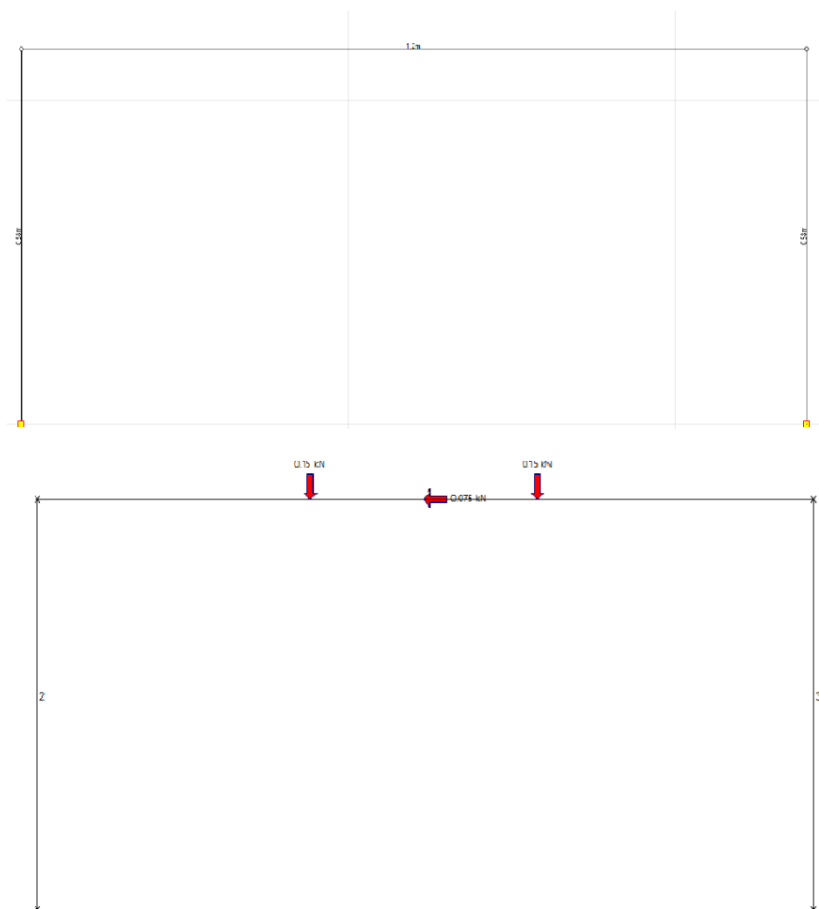


Figura 4.6 Simulació Base WinEva
Font: Elaboració pròpia

A la figura 4.6 es pot observar les dues forces aplicades a la biga horitzontal que suportaran cada un dels coixinets sobre les guies, aquest valor s'ha obtingut a partir del pes del conjunt dels carros:

$$\text{carro } X + \text{carro } Y + \text{carro } Z$$

$$32,74 + 11,19 + 16,48 = 60,41\text{kg}$$

$$60,41\text{kg} * 9,81 = 592 \cong 600\text{N}$$

$$600\text{N} = 2 \text{ bases} * 2 \text{ suports}$$

$$\frac{600\text{N}}{4} = 150\text{N} = 0,15\text{KN}$$

0,15KN és la força aplicada en cada rodament sobre la superfície de la guia.

Amb la taula ksm de la força de fresat, es determina que per el fresat d'alumini cal una força de 75 Newtons. Per tant s'aplica una força en horitzontal amb aquesta mesura

Gràcies a la simulació en WinEva obtenim el valor de la flexió, que és de 0,1mm en el centre de la biga essent obviada per ser un valor sense repercussió física.

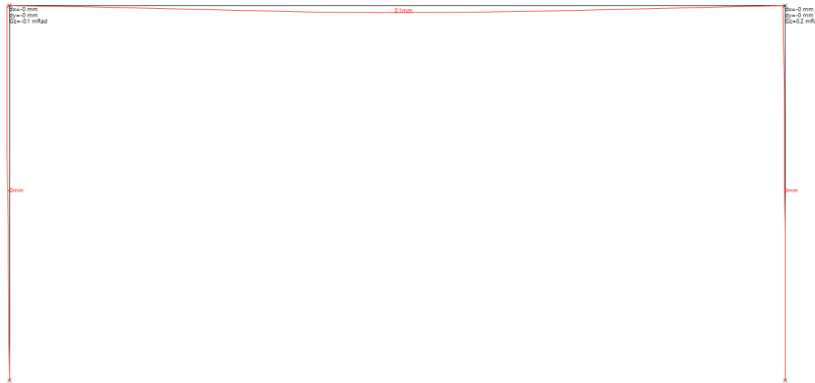


Figura 4.7 Flexió base
Font: Elaboració pròpia

Per realitzar els càlculs per l'obtenció del gruix de les parets del tub (necessari per saber la resistència a les cargues), es parteix del programa WinEva que ens aporta amb la seva simulació els moments i les forces tallants.

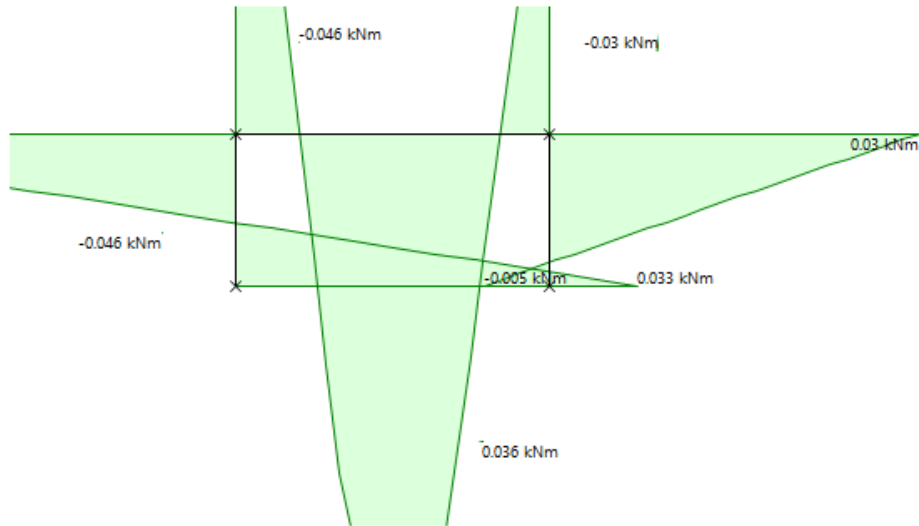


Figura 4.8 Gràfica base moments
 Font: Elaboració pròpia

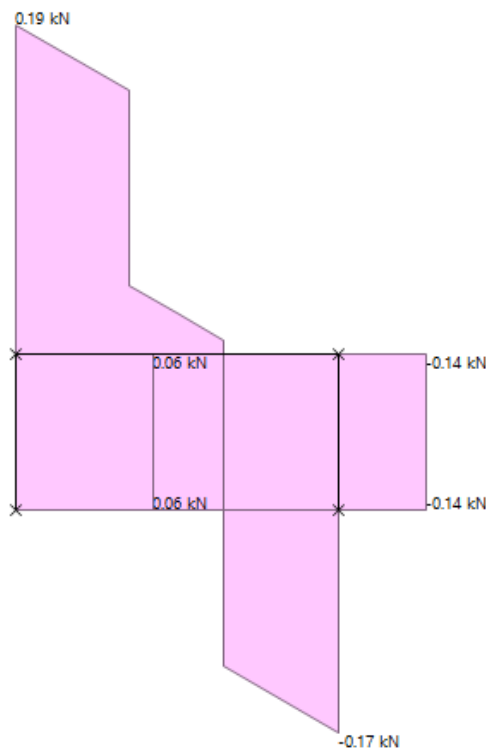


Figura 4.9 Gràfica base forces de tall
 Font: Elaboració pròpia

Es veu a la figura 4.9 obtenim un moment M_d de 36 kN/mm . s'apliquen les taules CIRSOC [18] acompanyat de la fórmula de la tensió per obtenir el mòdul resistent, que ens indicarà el gruix mínim per que sigui viable:

$$Md = 36000N/mm$$

$$\sigma = 275N/mm^2$$

$$\sigma = \frac{Md}{Wy} \gg Wy = \frac{Md}{\sigma}$$

$$Wy = \frac{\frac{36000N}{mm}}{\frac{275N}{mm^2}} = 130,9N/mm^3$$

$$\frac{130,9mm^3}{1000mm^3} = 0,1309cm^3$$

Es veu a la figura 4.9 obtenim un moment Md de 46 KN/mm. s'apliquen les taules CIRSOC [18] acompanyat de la fórmula de la tensió per obtenir el mòdul resistent, que ens indicarà el gruix mínim per que sigui viable:

$$Md = 46000N/mm$$

$$\sigma = 275N/mm^2$$

$$\sigma = \frac{Md}{Wx} \gg Wx = \frac{Md}{\sigma}$$

$$Wx = \frac{\frac{46000N}{mm}}{\frac{275N}{mm^2}} = 167,27N/mm^3$$

$$\frac{167,27mm^3}{1000mm^3} = 0,1672cm^3$$

4.4.2. Simulació sòlid Works

Amb els càlculs realitzats s'utilitza un tub de 3mm de gruix de 80x40mm, s'aplica una càrrega de 700kg, on es pot observar que la flexió està en el punt mig de la biga, però encara així no supera els límits de ruptura, tot mostrant un cos sobredimensionat.

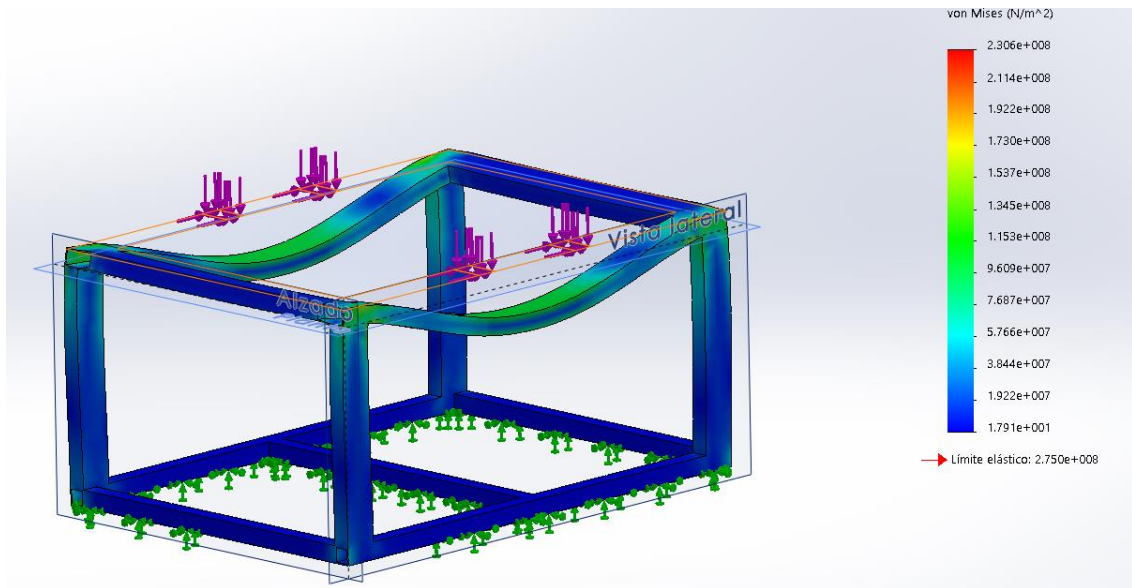


Figura 4.10 Simulació base Solidworks
 Font: Elaboració pròpia

4.4.3. Carro X

El carro X es subjectat pels dos laterals on recau el seu propi pes, més el pes de la resta dels dos carros, té una amplada de 680mm formant un pont. Els suports són de tipus encastats i té una força repartida al llarg de la superfície de 600N.

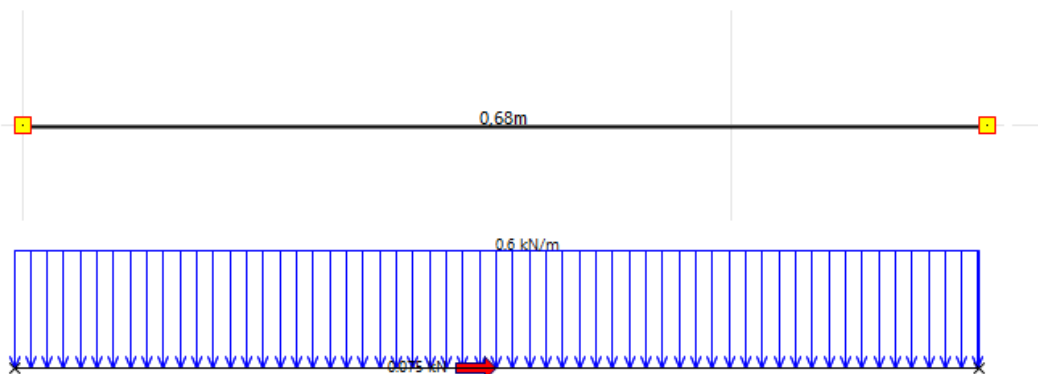


Figura 4.11 Simulació carro X WinEva
 Font: Elaboració pròpia

A la figura 4.5 es pot veure el pes repartit dels tres carros amb els dos suports encastats aquest valor a sortit a partir de:

$$\text{carro X} + \text{carro Y} + \text{carro Z}$$

$$32,74 + 11,19 + 16,48 = 60,41\text{kg}$$

$$60,41\text{kg} * 9,81 = 592 \cong 600\text{N}$$

$$600\text{N} = 2 \text{ bases}$$

$$\frac{600\text{N}}{2} = 300\text{N} = 0,3\text{KN per base}$$

Amb la taula ksm de la força de fresat, es determina que per el fresat d'alumini cal una força de 75 Newtons. Per tant s'aplica una força en horitzontal amb aquesta mesura

Per realitzar els càlculs per l'obtenció del gruix de les parets del tub (necessari per saber la resistència a les cargues), es parteix del programa WinEva que ens aporta amb la seva simulació els moments i les forces tallants.

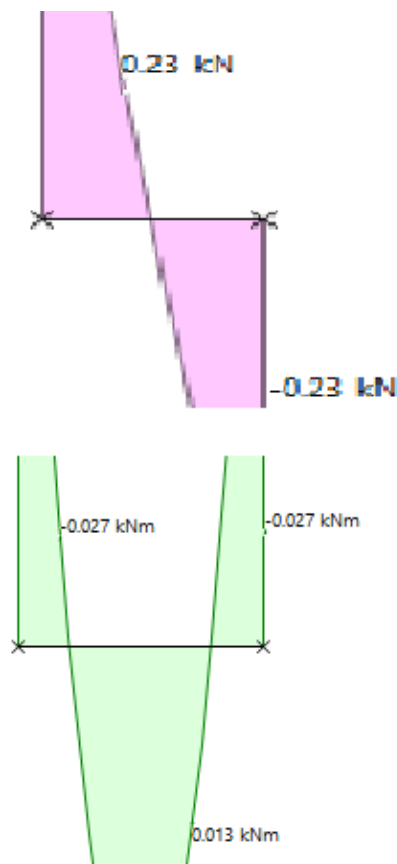


Figura 4.12 Gràfic moments
Font: Elaboració pròpia

Es veu a la figura 4.12 que aplicant la força repartida de 600N obtenim un moment Md de 0,027KN/mm s'apliquen les taules CIRSOC [18] acompanyat de la fórmula de la tensió per obtenir el mòdul resistent, que ens indicarà el gruix mínim per a que sigui viable:

$$Md = 27000N/mm$$

$$\sigma = 275N/mm^2$$

$$\sigma = \frac{Md}{Wy} \gg Wy = \frac{Md}{\sigma}$$

$$Wy = \frac{\frac{27000N}{mm}}{\frac{275N}{mm^2}} = 98,181N/mm^3$$

$$\frac{0,1127mm^3}{1000mm^3} = 0,0981m^3$$

Obtenim un moment Md de 46 KN/mm. s'apliquen les taules CIRSOC acompanyat de la fórmula de la tensió per obtenir el mòdul resistent, que ens indicarà el gruix mínim per que sigui viable

$$Md = 46000N/mm$$

$$\sigma = 275N/mm^2$$

$$\sigma = \frac{Md}{Wx} \gg Wx = \frac{Md}{\sigma}$$

$$Wx = \frac{\frac{46000N}{mm}}{\frac{275N}{mm^2}} = 167,27N/mm^3$$

$$\frac{167,27mm^3}{1000mm^3} = 0,1672cm^3$$

4.4.4. Simulació sòlid Works

Amb la simulació s'observa el punt més dèbil de l'eix X, que són les deformacions del pont inferior amb les columnes en cas de sobrecàrrega. Realitzant la simulació, doblant el pes màxim que té que suportar, no s'arriba al límit elàstic estructural en cap punt, per tant, l'estructura és viable.

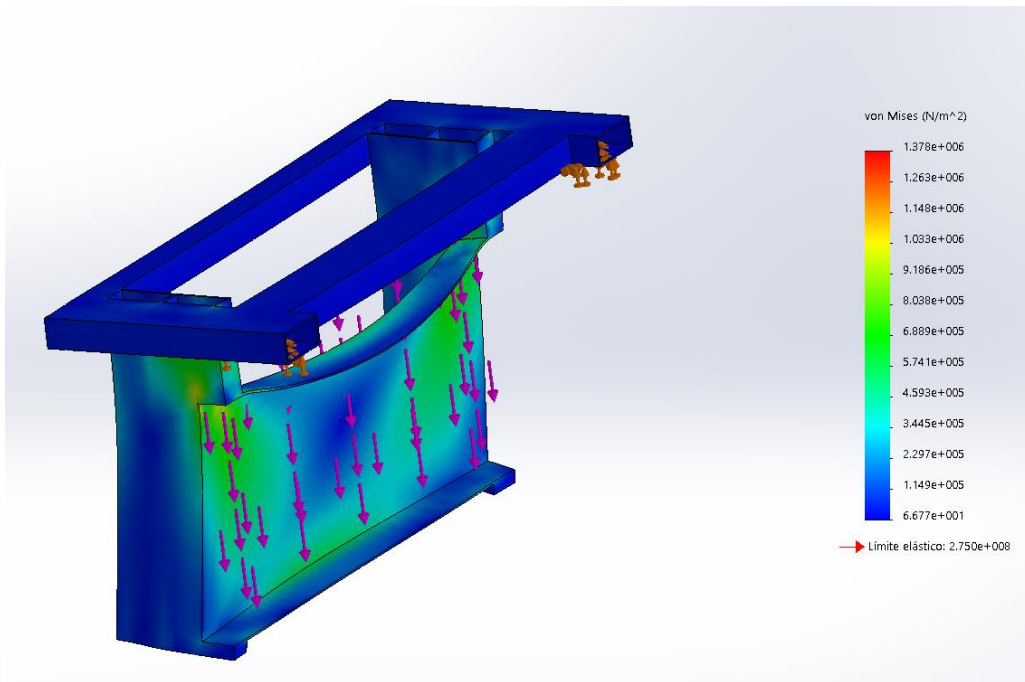


Figura 4.13 Simulació eix X
Font: Elaboració pròpia

4.4.5. Carro Y

El Carro Y està format per dos suports repartits des del seu centre. La força es aplicada de forma paral·lela a la longitud de la biga. Com a massa i força a suportar, aquest carro suporta el pes del Carro Z i el seu propi pes.

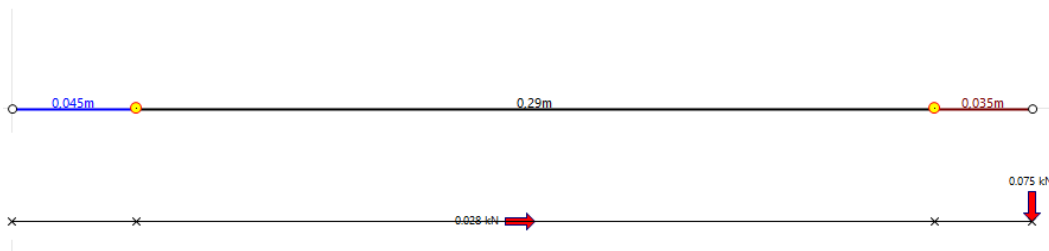


Figura 4.14 Simulació carro Y WinEva
Font: Elaboració pròpia

A la figura 4.8 es pot veure el pes repartit entre els dos carros amb els dos suports en el mig generant dos voladissos a cada un dels extrems.

carro Y + carro Z

$$11,19 + 16,48 = 27,67kg$$

$$27,67kg * 9,81 = 271,44N \cong 272N$$

$$272N = 2 \text{ bases}$$

$$\frac{272N}{2} = 136N = 0,136KN \text{ per base}$$

Amb la taula ksm de la força de fresat, es determina que per el fresat d'alumini cal una força de 75 Newtons. Per tant s'aplica una força en horitzontal amb aquesta mesura al extrem de l'estructura.

Per realitzar els càlculs per l'obtenció del gruix de les parets del tub (necessari per saber la resistència a les cargues), es parteix del programa WinEva que ens aporta amb la seva simulació els moments i les forces tallants.

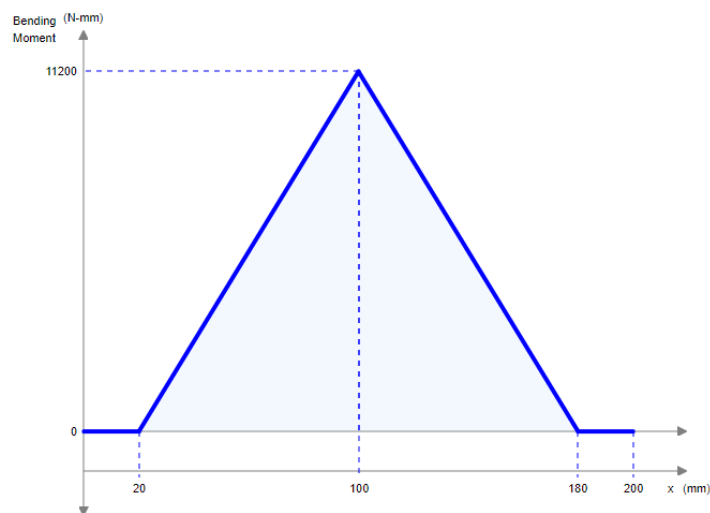


Figura 4.15 Gràfic moments
Font: Elaboració pròpia

A la figura 4.15 es veu una punta de força de 11200Nmm de pic màxim. En el mig de l'estructura.

$$\sigma = 275N/mm^2$$

$$\sigma = \frac{Md}{Wy} \gg Wy = \frac{Md}{\sigma}$$

$$W_y = \frac{\frac{11200N}{mm}}{\frac{275N}{mm^2}} = 40,72N/mm^3$$

$$\frac{40,72mm^3}{1000mm^3} = 0,04072cm^3$$

4.4.6. Simulació sòlid Works

En aquest carro es veu com les deformacions de la xapa serien influenciades en els punts on s'uneixen amb els rodaments lineals. Encara i així, el límit elàstic no es sobrepassat, per tant, l'estructura es apta per la funció a desenvolupar.

El suport de motor no té influència estructural i no queda marcat com a punt crític, per aquest motiu ha estat obviat en els càlculs.

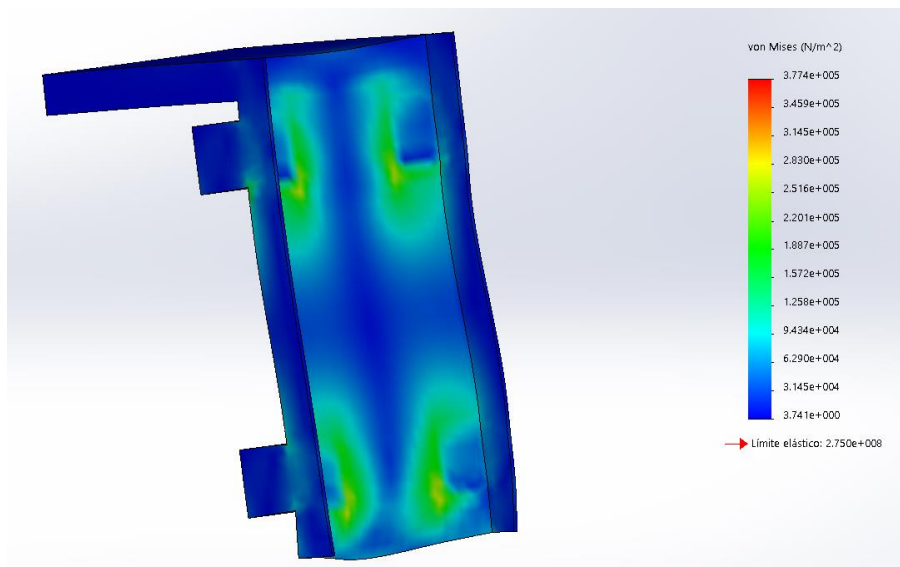


Figura 4.16 Simulació eix Y
Font: Elaboració pròpia

4.4.7. Carro Z

El carro Z és el portador de menys pes, ja que és l'element final de la fresadora. És portador del seu propi pes i del mandrino. La força ve aplicada pel pes del conjunt més el desplaçament a l'hora de debastar el material.

Suposant una força de desplaçament de 75N com apareix a la figura 4.17 com a força d'avanç s'analitza el comportament de l'estructura.

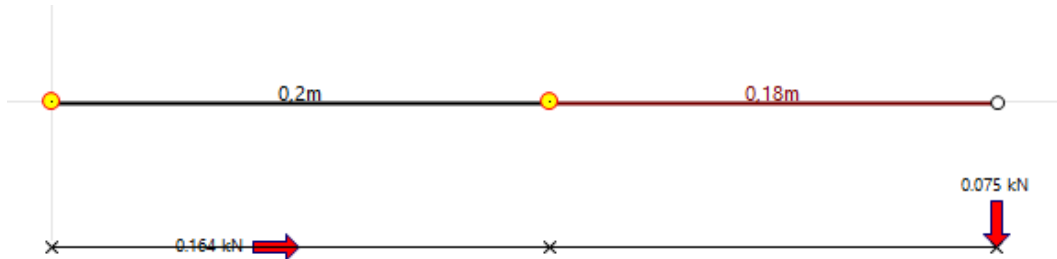


Figura 4.17 Simulació Base WinEva
Font: Elaboració pròpia

A la figura 4.17 s'observa dos suports separats per 20cm, amb un voladís, que és l'àrea de desplaçament que queda exposada en màxima extensió de forma aèria. Formant el punt més crític.

$$\text{carro } Z = 16,48\text{kg}$$

$$16,48\text{kg} * 9,81 = 161,66\text{N} \cong 162\text{N}$$

Amb la taula ksm de la força de fresat, es determina que per el fresat d'alumini cal una força de 75 Newtons. Per tant s'aplica una força vertical amb aquesta mesura al extrem de l'estructura.

Per realitzar els càlculs per l'obtenció del gruix de les parets de la xapa (necessari per saber la resistència a les cargues), es parteix del programa WinEva que ens aporta amb la seva simulació els moments i les forces tallants.

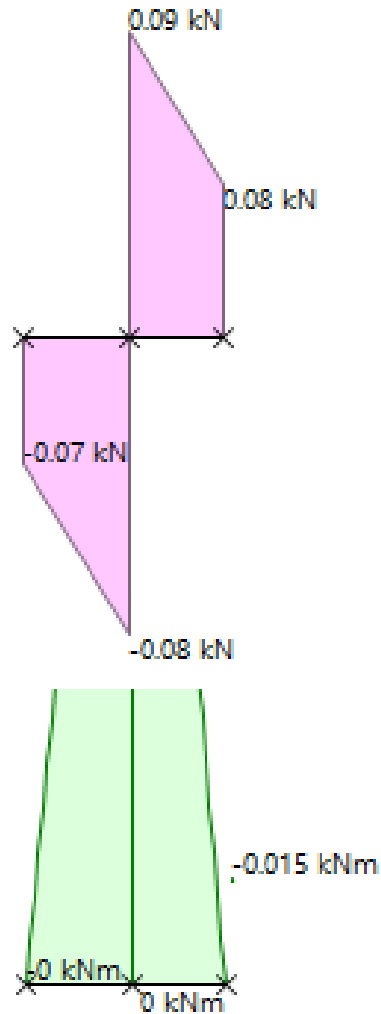


Figura 4.18 Gràfic moments
Font: Elaboració pròpia

A la figura 4.18 es veu una punta de força de 15000 N.mm de pic màxim. En el mig de l'estructura.

$$\sigma = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{Md}{Wy} \gg Wy = \frac{Md}{\sigma}$$

$$Wy = \frac{\frac{15000 \text{ N}}{\text{mm}}}{\frac{275 \text{ N}}{\text{mm}^2}} = 54,54 \text{ N/mm}^3$$

$$\frac{0,06545 \text{ Nmm}^3}{1000 \text{ mm}^3} = 0,054 \text{ cm}^3$$

4.4.8. Simulació sòlid Works

La simulació està realitzada amb una càrrega de 100N sobre una eina de 8mm d'amplada. S'aplica una força des del diàmetre exterior de l'eina. Es veu que el límit elàstic no es superat per una força d'avanç de 100N. En cas de ser superat, el primer element en partir seria la pròpia eina. Essent l'estructura lo suficientment rígida per aguantar l'empenta.

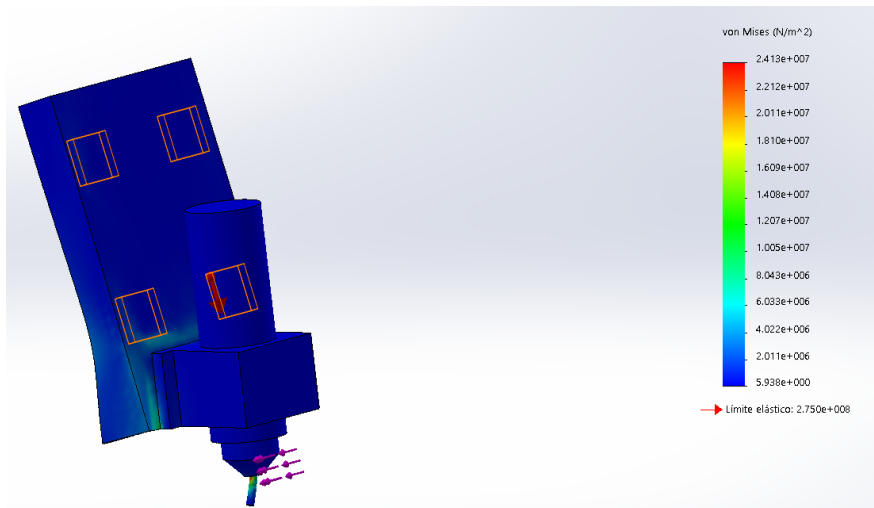


Figura 4.19 Simulació eix Z
Font: Elaboració pròpia

4.5. Dimensionament del quadre elèctric

El dimensionament del quadre elèctric ve donat pel consum dels elements del quadre. Aquests, són la suma de potències, tenint en compte les seguretats elèctriques per sobretensions.

Sabent la potència consumida del motors, mandrino i transformador que són els elements que generen major consum es pot dimensionar les intensitats que circulen per el circuit.

El variador de freqüència te un consum de 2200 watts a una tensió de línia de 220 volts obtenim:

$$P = V * I \gg I = \frac{2200}{220} = 10 \text{ ampers}$$

Com a seguretat per la mala connexió del usuari, es protegeix tant la fase com el neutre amb un fusible de 10 ampers. Ja que molts cops la fase no esta marcada.

Entre línia i fase s'inclou un varistor de 250 volts per el variador de freqüència i un altre del transformador per pujades de tensió des de la companyia.

El transformador te una potencia aparent de 500 VA a una tensió de 220 volts dona una corrent de:

$$I_{eff} = \frac{S}{U_{eff}} = \frac{500}{220} = 2,27 \text{ ampers}$$

El transformador pot suportar pics de tensió durant un curt període de temps, per això es selecciona el fusible normalitzat de 3 ampers.

A la sortida del transformador obté +-24 volts amb una intensitat de 10 ampers i una potencia a l'entrada del transformador de 500w. Això vol dir:

$$P_s = (24 + 24) \text{ volts} * 10 \text{ Ampers} = 480 \text{ watts}$$

$$\eta = \frac{P_{sortida}}{P_{entrada}} = 0,96 = 96\%$$

El transformador te una rendiment del 96% de la potencia consumida.

5. Selecció dels components

5.1. Programari utilitzat

Per poder realitzar la comunicació amb la màquina tindrem en compte un seguit de factors:

- La facilitat de comunicació entre PC i màquina.
- La compatibilitat amb programes CAM amb format universal.
- L'opció de poder interactuar durant el procés.
- L'opció de realitzar modificacions en el codi.
- Permissivitat d'una configuració adaptada a una màquina específica.
- Suport per part d'una comunitat o empresa que l'avalii.

Tots aquests factors comporten: l'ús d'un programari com Mach3, sota un sistema operatiu Windows Xp, uns requisits mínims de processador Pentium 4 i una memòria ram de 1gb.

Amb el programa obtenim un seguit de beneficis:

- Gestor d'entrades i sortides digitals.
- Seguretats per programa "finals de carrera, aturades d'emergència".
- Control de línia d'execució de programa.
- Visualització del punt en el que es troba el disseny.
- Opció de "Home" per posada a zero de la màquina.
- Moviment manual.

5.2. Materials estructurals

L'estructura planteja unes prestacions demanades com el fresat de materials no ferrosos de duresa mitja i amb una àrea de treball de 400x300x110mm.

Planteja l'ús de ferro estructural fabricat per un procés de laminació amb una aleació A-44b seguint la norma NBE EA-95 [14]. Aquest és utilitzat en construccions reblades, cargolades o amb soldadura clàssica, on el número fa referència a la resistència de tracció

garantida en (kp/mm²). També s'anomena S-275-JR segons la norma de construccions metàl·liques UNE EN 10025, on la lletra seguida dels tres dígitos indica el valor mínim del límit elàstic expressat en N/mm² i amb les dues últimes lletres JR que marquen el grau de soldabilitat.

El tipus de perfil per donar lleugeresa a l'estructura però mantenint la rigidesa, serà de perfil buit conformat en fred. La secció serà tancada, no massissa i amb una espessor petita amb relació a les dimensions i característiques d'aquesta. Fabricat a partir de xapa laminada en calent, mitjançant conformació en fred i soldadura.

Les mesures d'aquest tub seran: un quadrat de 40x40mm, amb 3mm de paret. Marcat com a gruix mínim per la realització de roscat en ferro en M6 segons la norma; un tub rectangular amb el mateix gruix amb les mesures de 80x40mm.

Amb les especificacions mencionades es compleixen els següents punts:

- Lleugeresa i resistència estructural front altres alternatives.
- Fàcil mecanització trepanat i soldadura per elèctrode.
- Preu assequible.
- Fàcil adquisició en el mercat amb obtenció directe sense esperes.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	210000.0031	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	79000	N/mm ²
Densidad de masa	7800	kg/m ³
Límite de tracción	410	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	275	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.1e-005	/K

Tabla 5.1 Propietats acer
Font: SolidWorks

5.3. Transmissió

La transmissió és l'intermediari on el motor aplica la força sobre els carros de desplaçament, implicant la tolerància i la relació de força que rep el carro respecte al motor.

5.3.1. Transmissió lineal

Per la realització de moviment s'implementa un cargol de transmissió a boles SFU1605, complint l'estàndard DIN69051. Les boles es troben sota una càrrega i roden sobre el tall de la ranura entre l'eix i la femella, mentre reben una càrrega axial, es desplacen per la mosca d'un deflector introduït a la femella adjunta, tornant a l'àrea de càrrega tot tancant el circuit.

El model tipus EPB/EBB amb forma de brida, disposa de dos plans respecte al roscat, podent apurar la separació entre carro i base.

El diàmetre exterior de l'eix és de 16mm, amb un pas de 5mm/volta, amb una capacitat de càrrega bàsica de 11,9KN de forma dinàmica i 17,4KN de forma estàtica, referenciat a la Figura 5.1 Cargol a boles.

Els factors tinguts en compte per la selecció han estat:

- La tolerància durant la transmissió.
- La vida útil de l'element.
- La força aplicada.
- El joc en un punt estàtic.

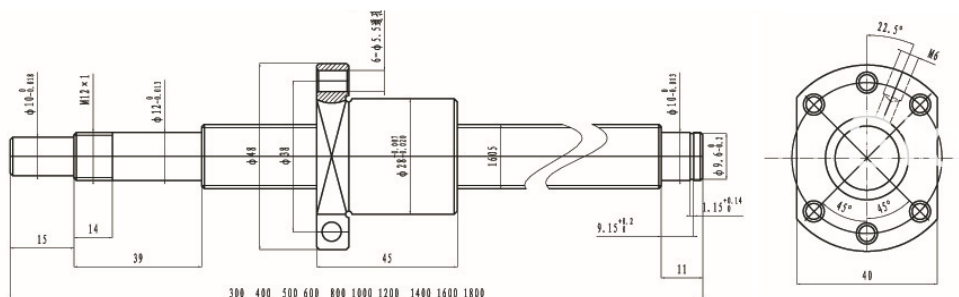


Figura 5.1 Cargol a boles.
Font: wantai

5.3.2. Guies i rodaments

Les guies i rodaments són el punt on descansen els carros tot el seu pes, tenen que realitzar la menor fricció possible per evitar pèrdues d'energia o travaments en els eixos. Mantinent els carros estàtics amb les menors toleràncies possibles.

La guia utilitzada és un suport de rail tipus SBR20-RAIL, realitzat amb acer GCr15, amb una duresa de HRC62 X/-2. Disposa d'una profunditat de trempat efectiu de 0,8-2,5mm, amb una capa de crom de 1.5-2.5 micròmetres. Donant una rugositat de Ra0,1-0,2, per una menor fricció, amb una rodonesa de $<5\mu\text{m}$ d'error per tenir el menor joc possible.

El rodament utilitzat és de tipus SBR20, no disposa de brida, tenint quatre punts de fixació en la part superior de M6, amb un diàmetre d'eix de 20mm, com el diàmetre de la guia mencionada. La terminació SC marca la longitud estàndard de 50mm, és de tipus UU amb obturacions en ambdós costats. Tenint una capacitat de càrrega de 880N en dinàmica i 1400N en estàtica.

Els factors tinguts en compte per la selecció han estat:

- Càrrega suportada.
- Joc que mostra.
- Fricció entre els elements mòbils.

Linear motion ball slide units series
SBR

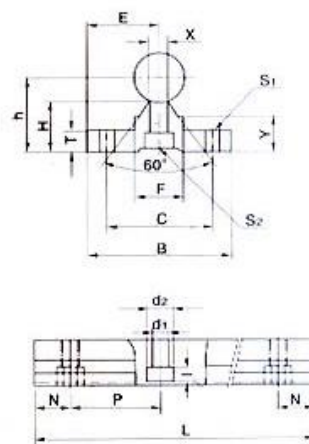


Figura 5.2 Guia i rodament SBR20
Font: Elaboració pròpia

En la següent taula esta especificat totes les mesures del rodament SBR20:

支撑型号 Support Designation	轴径尺寸 Shaft Dimensions	尺寸 Dimensions (mm)										重量 Weight (kg/m)	
		E	h	B	H	T	F	X	Y	C	S ₁		S ₂ d ₁ ×d ₂ ×t
SBR 16	φ16	20	25	40	17.8	5	18.5	8	11.7	30	φ5.5	5.5×9.5×5.4	1.00
SBR 20	φ20	22.5	27	45	17.7	5	19	8	10	30	φ5.5	5.5×9.5×5.4	1.07
SBR 25	φ25	27.5	33	55	21	6	21.5	8	12	35	φ6.6	6.6×11×6.5	1.50
SBR 30	φ30	30	37	60	22.8	7	26.5	10.3	13	40	φ6.6	6.6×11×6.5	1.90
SBR 35	φ35	32.5	43	65	26.5	8	28	13	15.5	45	φ9	9×14×8.6	2.45
SBR 40	φ40	37.5	48	75	29.5	9	38	15.5	17	55	φ9	9×14×8.6	3.25
SBR 50	φ50	47.5	62	95	38.8	11	45	20	21	70	φ11	1×17.5×10.8	5.26

Taula 5.1 Rodament SBR20

Font: wantai

En la següent taula esta especificat totes les mesures de la guia SBR20:

型号 Designation	SBR 16	SBR 20	SBR 25	SBR 30	SBR 35	SBR 40
标准长度 Standard Length L	190	340	250	450	460	460
	340	640	450	850	660	660
	640	940	850	1250	860	860
	940	1240	1250	1450	1060	1060
N	20	20	25	25	30	30
P	150	150	200	200	200	200
最大长度 Max.Length	1390	1390	1850	1850	1860	1860

Taula 5.2 Rail SBR20

Font: wantai

5.4. Actuadors

El motors són la conversió d'un pols elèctric a un moviment mecànic, tenint un control de posició pel retorn d'una lectura de polsos, per tenir un control constant de la posició del motor i un control de l'error acumulat.

5.4.1. Motors

El motor utilitzat és de tipus híbrid ES-M32320 pels casos dels eixos Y i Z, per l'eix X s'opta per un ES-M23480 que disposa de major potència, tots ells mostren les característiques d'un motor pas a pas, amb un control per encoder, sabent la posició mitjançant els polsos tot fent un sistema de llaç tancat.

Els motors de mida de xassís nema 23 tenen un pas per pols de 1.2° , amb una força de 2.0N.m i un encoder de 1000 divisions.

Els motors de mida de xassís nema 34 tenen un pas per pols de 1.8° , amb una força de 8.0N.m i un encoder de 1000 divisions.

Els factors tinguts en compte han sigut:

- Control de posició.
- Torque aplicat.
- Velocitat obtinguda.

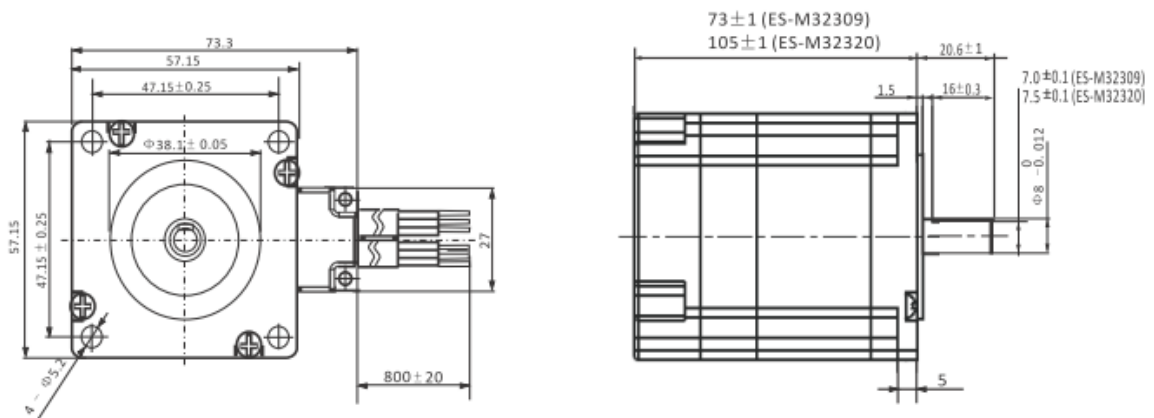


Figura 5.3 NEMA23
Font: leadshine

5.4.2. Controladores

Les controladores fan el control dels polsos i la verificació de la posició. Polaritzen les dues bobines que formen el motor per cada pols rebut, tancant el control per l'encoder on verifica la posició després de rebre el pols.

Les controladores utilitzades parteixen del motor seleccionat per la potència subministrada i la compatibilitat de l'encoder. Pel cas del Nema 23 la controladora és una HSS57H. Aquesta permet una alimentació d'entrada de 24 a 50V DC, amb un corrent de 2,5 ampers RMS. Les entrades són operatives entre 7 i 20mA, permeten una velocitat de

pols de 200Khz. El control de l'encoder és de 1000 divisions per volta amb un control incremental.

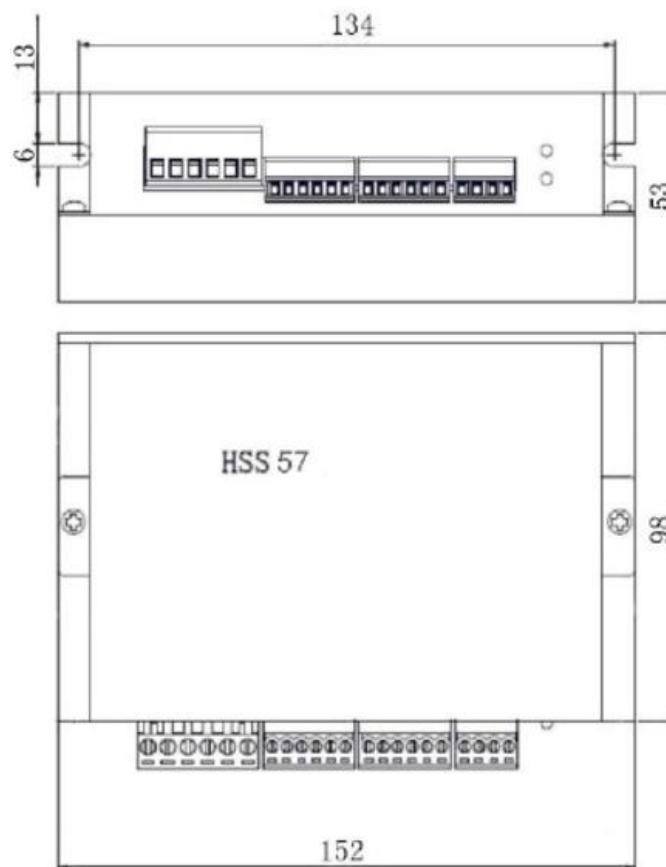


Figura 5.4 Controladora HSS57
Font: leadshine

5.5. Desbast

5.5.1. Mandrino

El mandrino és l'eina que desbasta el material fins donar forma a la peça, per tant, ha de tenir la potència i revolucions per treballar amb els materials que desitja l'usuari.

L'ús d'un mandrino d'altres revolucions tal com el Huajiang HJGS07-80-22ER20 aporta les especificacions necessàries. Disposa d'un motor de 3 fases, amb una tensió de funcionament 220-380, aplicable tant a instal·lacions industrials com a domèstiques. Una potència de 2200 watts, aportant la força necessària per realitzar la feina. La pinça de

fixació d'eina compleix la norma ER, utilitzant el model ER20 pot fixar canyes fins un diàmetre de 13mm. El mandrino té un diàmetre de 80mm i està refrigerat per aire amb un pes de 5.2kg, motiu pel qual el fa manejable i de fàcil adaptació per a una màquina de control numèric.

Els factors tinguts en compte per la selecció han estat:

- Potència del motor.
- Fixació d'eina.
- Manejabilitat.

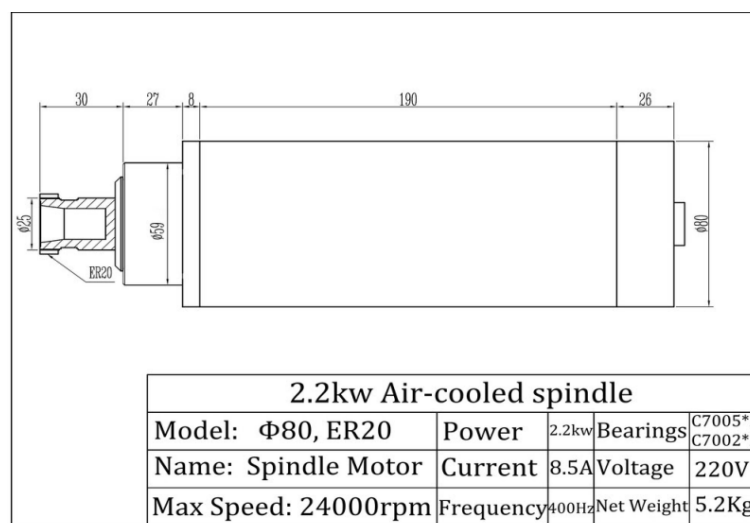


Figura 5.5 Mandrino
Font: Huajiang

5.5.2. Variador

Per poder tenir un control de la velocitat de gir del mandrino i generar la tercera fase en cas d'estar en una xarxa domèstica, s'aplica l'ús d'un variador de freqüència de la marca Huanyang i model HY02D223B. És un variador que permet la tensió monofàsica o trifàsica a 220 volts i 50hz en la seva entrada, aportant una potència al motor de 2.2kw. Permetent mitjançant la modificació de la velocitat a través d'un potenciòmetre i mostrant per pantalla la freqüència actual. Generant una rampa d'acceleració i desacceleració per no realitzar arrencaments forçats que malmetin el mandrino.

Els factors tinguts en compte per la selecció han estat:

- Compatibilitat entre mandrino i xarxa.
- Modificació de freqüència



Figura 5.6 Variador de freqüència
Font: Huanyang

5.6. Alimentacions

L'alimentació dels elements del quadre són variades, partint de 5 volts en continua fins a 220 en alterna. Per poder fer front a tot el conjunt d'alimentacions, s'opta per un transformador de 220 > +24/0/-24, d'aquesta forma s'obté 24 volts entre +24v i 0 o 48v entre +24v i -24v, amb aquestes tensions es poden alimentar les controladores de motors. Per alimentar la Interface s'opta per la integració d'un transformador de 220, amb el seu pont de díodes a 5 volts i un 7805 per l'estabilització de la tensió. El variador de freqüència s'alimenta directament de la xarxa

5.7. Interface

La Interface fa la comunicació entre el quadre elèctric i la computadora, separa el control del circuit de potència, protegint els elements que el formen. La comunicació utilitzada és via port paral·lel, assignant cada pin a una funció en concret.

La placa utilitzada és un circuit personalitzat GRAU de funcionament per mòduls, permetent el control de 4 eixos de moviment, amb els seus respectius sensors de final de cursa i "Home". Aportant una protecció extra, evitant el moviment cap a la direcció del motor on al final de carrera sigui actiu. Utilitzant optoacobladors com a relés d'estat sòlid,

per la transmissió de senyal a les controladores i amb leds com indicadors de senyal per cada una de les sortides i entrades.

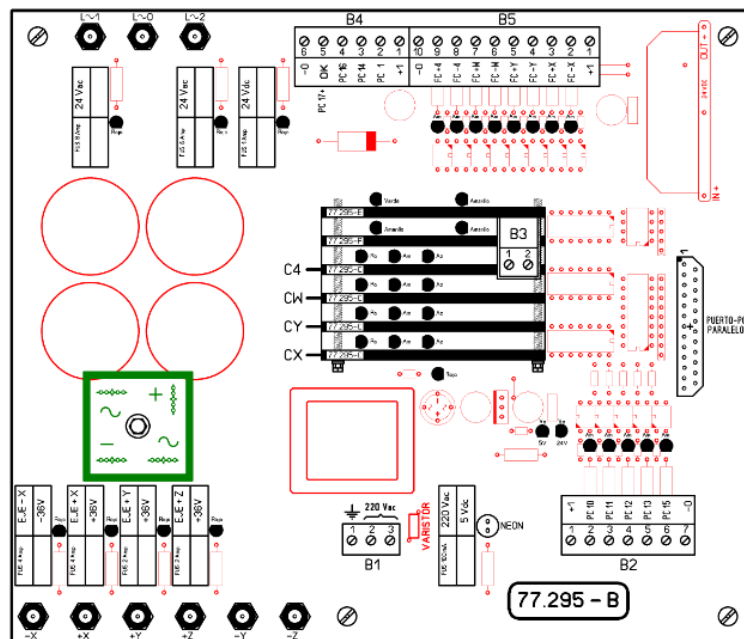


Figura 5.7 Interface

Font: GRAU

5.8. Seguretats

Les seguretats de màquina bàsiques aporten protecció a l'usuari i a la màquina. Tanmateix, a continuació s'expliquen els tipus de seguretats contemplats:

- La disposició d'un xampinyó d'emergència per una aturada instantània, de forma pròxima a l'usuari, connectat directament a un relé de seguretat homologat.
- Uns topes mecànics en cas de sobre desplaçament dels eixos bloquejant el seu avanç.
- Seguretats electro-mecàniques com a final de carrera en ambdós sentits en els eixos.
- Seguretat electrònica mitjançant placa, bloquejant el sentit de moviment del final de carrera actiu.
- Seguretat de programa amb rearmament, definició de recorregut màxim i velocitat de seguretat a prop de final de cursa.
- Per sobretensions s'incorpora fusibles per cada uns dels elements que formen el quadre, amb neó per mostrar el fusible fos.

6. Disseny de la màquina.

El disseny de la màquina implica tenir en compte un seguit de factors més enllà de la duresa estructural que pot mostrar com són: la instal·lació del cablejat, la mobilitat dels eixos, la protecció a elements perjudicials i la facilitat per realitzar manteniments i reparacions. Tots aquests són factors que guanyen pes quan es dissenya una màquina amb tants elements mòbils.

La màquina es basa en un seguit d'estructures formades per l'acer del punt 5.2, amb un seguit d'elements mecànics que formen la part mòbil i d'unió entre elles. I uns motors que fan d'actuadors per desplaçar els elements.

Cada eix està format per un carro i tot està suportat per una base que fa, a la vegada, de bancada de treball.

6.1. Base

La base és l'estructura més externa del CNC, suporta la bancada i té contacte directe sobre el Carro X. Disposa d'una àrea que indica la zona de treball i la limitació de moviment de la màquina, màxim a nivell mecànic. Aquesta àrea està realitzada amb MDF de 10mm, fixada directament sobre l'estructura tubular i rectificada amb el pla de l'eina, per retirar les deformacions degudes a l'estructura i amb una xapa de ferro superficial, amb forats roscats, en matriu per la fixació del material.

Està formada per una estructura tubular, amb tub quadrat de 80x40mm pel quadrat superior. Les columnes amb combinació de tub quadrat de 40x40mm pel quadrat inferior. Tot això amb un gruix de 3mm. Les unions tubulars estan realitzades per soldadura d'elèctrode de 2,5mm.

- 2 tubs de 80x40x1200mm.
- 2 tubs de 80x40x700mm.
- 4 tubs de 80x40x 500mm.
- 1 tub de 80x40x 780mm.

- 2 tubs de 40x40x1200mm.
- 2 tub de 40x40x 780mm.

Com a elements mecànics i actuadors disposa de guies lineals SBR20-RAIL, amb 1 metre de desplaçament i un cargol de transmissió SFU1605 de 1050mm de longitud. Amb un mecanitzat en els extrems per la fixació de la transmissió, amb un BF12 i com a punt de recolzament un BK12. Empra un motor nema 34 per realitzar el moviment horitzontal.

Elements que el formen:

- 2 guies lineals SBR20-RAIL 1000mm.
- 1 cargol de transmissió SFU1605 1050mm.
- 1 rodament BK12.
- 1 rodament BF12.
- 1 Motor nema 34 hibrid closed-loop.

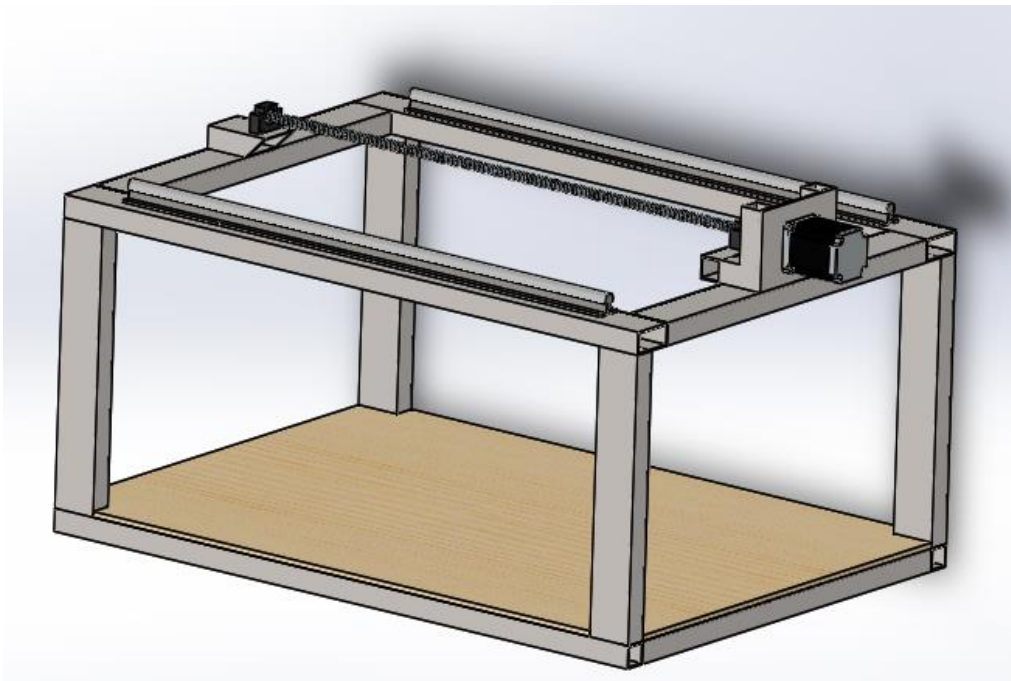


Figura 6.1 Base
Font: Elaboració pròpia

6.2. Carro X

El carro X és el portador dels carros Y i Z, es desplaça de forma lineal al llarg del eix X . És una estructura de tipus pont suportat pels dos extrems del carro, amb una amplada de 700mm entre extrems, aportant una profunditat per la separació de rodaments de 350mm i una alçada de 450mm.

Combina l'ús de tub quadrat i xapa, utilitzant tub de 80x40mm i tub de 40x40mm amb un gruix de 3mm. Per formar el marc superior consta de dos tubs de 350mm, un tub de unió de 680mm d'amplada per 80x40mm en un extrem, i un segon de la mateixa amplada de 40x40 en l'invers. Els pilars estan formats per dos tubs de 80x40, soldats en paral·lel amb una ranura de 310mm i 45mm de profunditat.

La xapa disposa de plecs de 45mm a la part superior i a la part inferior, aportant un nervi estructural evitant les deformacions. Travessa el pont unint els dos pilars subjectats per 4 cargols de M10 per la fixació.

Elements que el formen:

- 2 tubs de 80x40x350mm.
- 4 tubs de 80x40x450mm.
- 1 tubs de 80x40x680mm
- 1 tubs de 40x40x680mm
- 1 xapa 400x680mm

Per la part mecànica té 4 rodaments lineals SBR20, on s'aploma el pes de tot el carro sobre la base. Sobre la xapa munta guies lineals SBR20-RAIL, amb 600mm de desplaçament i un cargol de transmissió SFU1605 de 650mm de longitud. Amb un mecanitzat en els extrems per la fixació de la transmissió, amb un BF12 i com a punt de recolzament un BK12. Té un motor nema 23 per realitzar el moviment horitzontal.

Elements que el formen:

- 4 rodaments SBR20.
- 2 Guies lineals SBR20-RAIL 600mm.

- 1 cargol de transmissió SFU1605 650mm.
- 1 rodament BK12.
- 1 rodament BF12.
- 1 Motor nema 23 híbrid closed-loop.

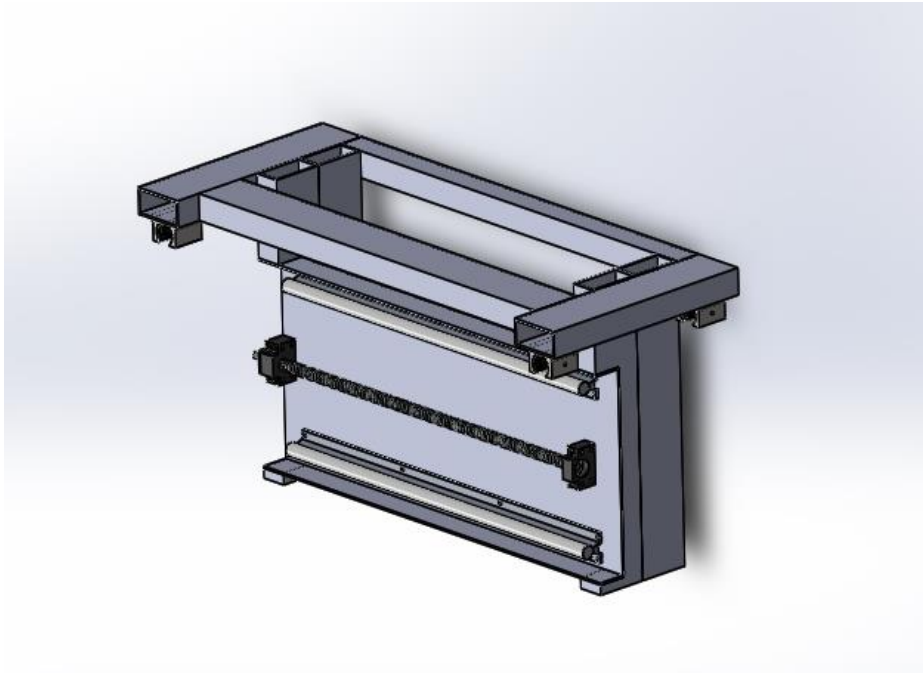


Figura 6.2 Carro X
Font: Elaboració pròpia

6.3. Carro Y

El Carro Y es mou de forma perpendicular al Carro X per les guies instal·lades en la xapa del pont del Carro X. Suporta el pes del Carro Z. Té una amplada de 200mm, format per dues xapes soldades perpendicularment formant una L inversa.

La primera xapa està col·locada de forma vertical suportant les guies, té una mesura de 370mm x 200mm, amb dues ales en cada un dels extrems laterals que fan de nervi. Tenen una alçada de 30mm.

La segona xapa és de 200mm x 200mm, amb dues ales laterals que fan de nervi amb una alçada de 30mm. Suporta el motor i a la vegada fa la funció de bloqueig mecànic si hi ha un sobre desplaçament del carro.

Elements que el formen:

- 1 xapa de 370x260mm.
- 1 xapa 200x260mm.

Per la part mecànica té 4 rodaments lineals SBR20, on s'aploma el pes del carro sobre l'eix X. A la xapa de 370mm x 260mm munta guies lineals SBR20-RAIL, amb 300mm de desplaçament i un cargol de transmissió SFU1605 de 350mm de longitud. Té un mecanitzat en els extrems per la fixació de la transmissió, amb un BF12 i com a punt de recolzament un BK12, amb un motor nema 23 per realitzar el moviment horitzontal.

Elements que el formen:

- 4 rodaments SBR20.
- 2 Guies lineals SBR20-RAIL 350mm.
- 1 cargol de transmissió SFU1605 350mm.
- 1 rodament BK12.
- 1 rodament BF12.
- 1 Motor nema 23 hibrid closed-loop.

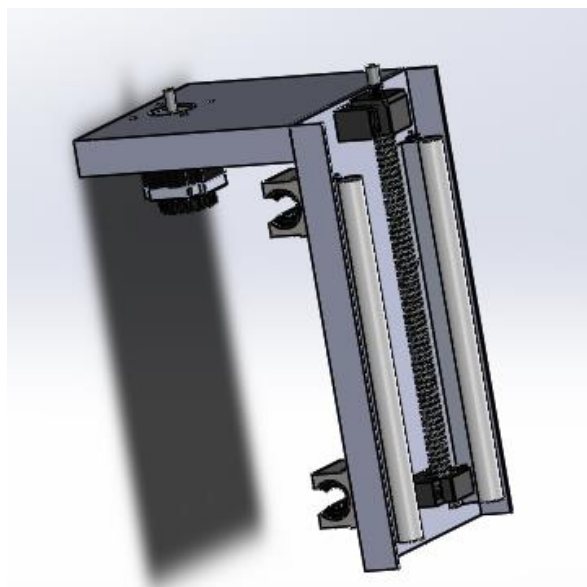


Figura 6.3 Carro Y
Font: Elaboració pròpia

6.4. Carro Z

El Carro Z és el carro més lleuger perquè no es portador de cap altre carro. Té un desplaçament de forma vertical en el pla Z. Està format per una única xapa de 216mm x 370mm, amb dues ales en cada un dels extrems laterals que fan de nervi, amb una alçada de 45mm. L'amplada superior a la xapa del Carro Y es deguda al sobremuntament per disposar d'una ala més llarga i evitar l'entrada d'encenalls dins de l'eix.

Elements que el formen:

- 1 xapa de 370x306mm.

Per la part mecànica té 4 rodaments lineals SBR20, que fan de guia vertical ja que el pes s'aploma en el cargol de transmissió del carro Z. Disposa d'una pinça d'alumini per la fixació del mandrino i un mandrino de 5.2kg cilíndric.

Elements que el formen:

- 4 rodaments SBR20.
- 1 mandrino 2.2kw Air-cooled.
- 1 pinça de 80mm de tancament.

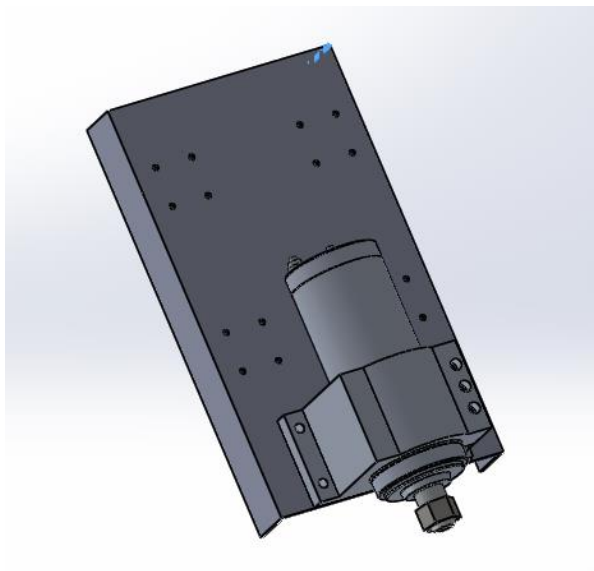


Figura 6.4 Carro Z
Font: Elaboració pròpia

6.5. Assemblatge del conjunt

La fresadora CNC amb tots els components assemblats permet un desplaçament sobre tres eixos en l'espai, mantenint sempre l'eina en angle vertical de l'àrea de treball. Té una superfície de 1200mm de llarg, 860mm d'amplada i 800mm d'alçada. Encara que disposi de desplaçament d'eixos, el volum de la fresadora no creix ni decreix, degut a que tots els eixos es desplacen per l'interior de la base.

Els quatre elements que formen la màquina CNC amb els tres eixos:

- Base.
- Carro X.
- Carro Y.
- Carro Z.

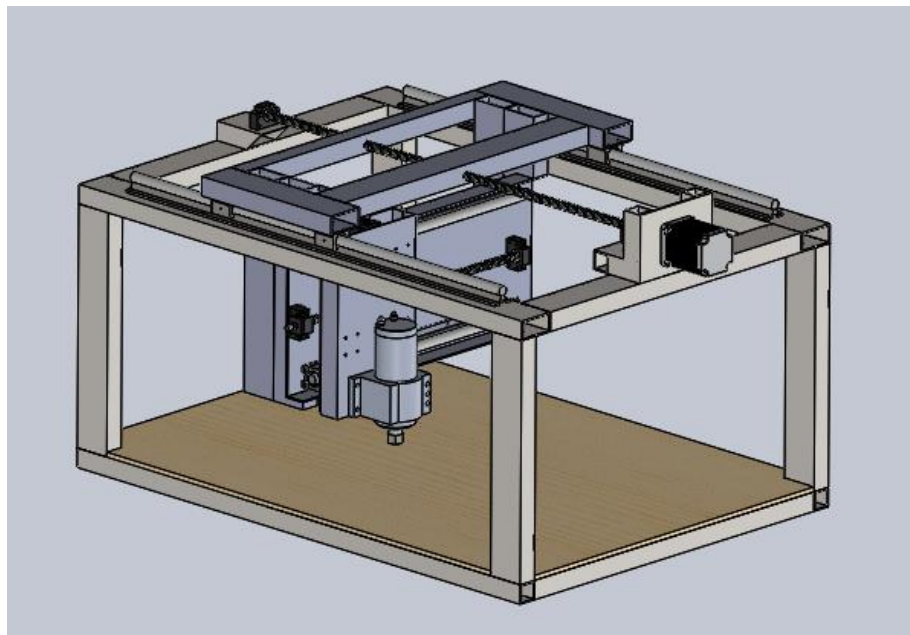


Figura 6.5 Fresadora completa
Font: Elaboració pròpia

7. Disseny del quadre elèctric

El quadre elèctric està dimensionat segons els actuadors, control i seguretats que s'inclouen en la màquina designada. Per tant, es necessari tenir unes nocions prèvies del disseny de la màquina per tenir un dimensionament idoni.

7.1. Servodriviers

Els actuadors seleccionats han estat un 57HSE2N i un 86HSE8N, al ser motors de tipus híbrid estan condicionats a una controladora de control de motors amb encoder amb una potència símil a la del motor.

7.1.1. Servodriver HSS87

La controladora HSS57 té un voltatge operatiu entre 24 i 50 volts en continua poden arribar a tenint un pic de 6 Ampers a 24 volts, per tant, amb una potència puntual de 144w. Essent la controladora ideal tenint compatibilitat amb el motor 57HSE veure Taula 7.1.

Voltage range	DC24~50V
Peak current	Peak 6.0A (current change according to load)
Logic input current	7~20mA
frequency	0~200KHz
Suitable motor	57HSE
Encoder lines	1000
Insulation resistance	>=500M Ω

Taula 7.1 Servodriver HSS57
Font: Elaboració pròpia

Les mesures de la carta són 150mm de llargada, 53mm d'amplada i 97'5mm d'alçada, tal com marca la figura 7.1. Es recomana tenir en compte l'espai de refrigeració entre cartes, aquest espai serà un 20% més que l'àrea de la base, de manera que s'aplica la següent fórmula:

$$117mm + 20\% = 140,4mm \text{ llargada}$$

$$35mm + 20\% = 42mm \text{ amplada}$$

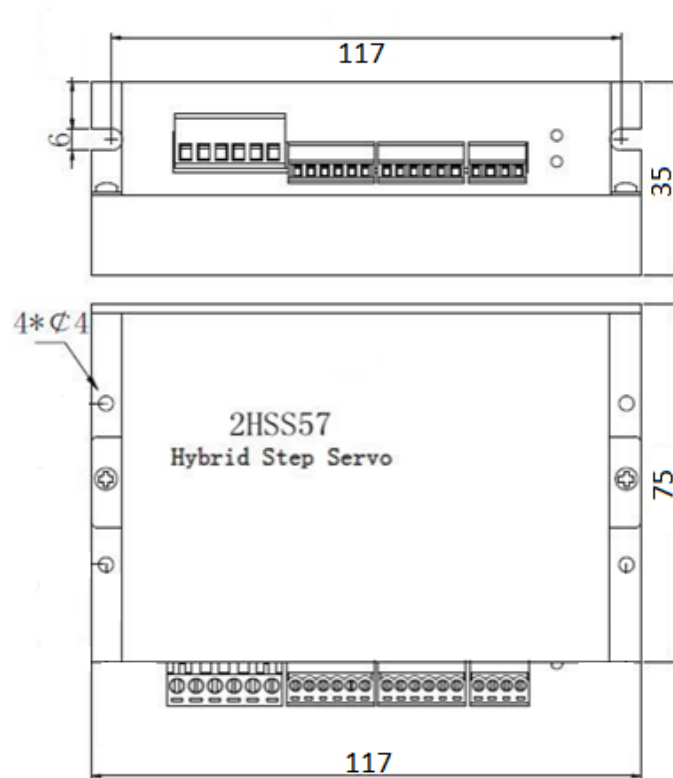


Figura 7.1 Servodriver HSS57
Font: Elaboració pròpia

7.1.2. Servodriver HSS86

La controladora HSS86 té un voltatge operatiu entre 30 i 110 volts en continua, podent arribar a tenir un pic de 8 Ampers a 30 volts, per tant, amb una potència puntual de 240w. Essent la controladora ideal tenint compatibilitat amb el motor 86HSE8N veure Taula 7.2.

Voltage range	AC20~80V or DC30~110V
Peak current	Peak 8.0A (current variable according to load)
Logic input current	7~20mA
frequency	0~200KHz
Suitable motor	86HSE12N, 86HSE8N, 86HSE4N
Encoder lines	1000
Insulation resistance	$\geq 500M\Omega$

Taula 7.2 Servodriver HSS86
Font: Elaboració pròpia

Les mesures de la carta són 153mm de llargada, 53mm d'amplada, 98mm d'alçada com marca la figura 7.2. Es recomana tenir en compte l'espai de refrigeració entre cartes, aquest espai serà un 20% més que l'àrea de la base, de manera que s'aplica la següent fórmula:

$$153\text{mm} + 20\% = 183.6\text{mm llargada}$$

$$53\text{mm} + 20\% = 63.2\text{ mm amplada}$$

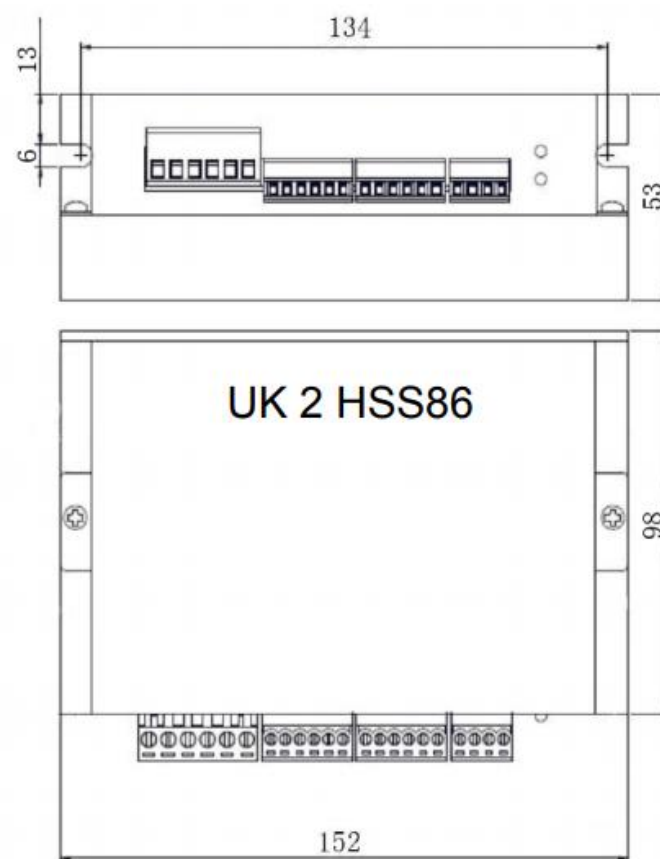


Figura 7.2 Servodriver HSS86
Font: Elaboració pròpia

7.2. Variador de freqüència

El variador de freqüència és l'element que permet una variació de velocitat del mandrino, treballa directament en alterna i té un consum acord a la potència del motor que suporta.

El variador seleccionat té una potència de sortida de 2200 watts, a una tensió de 220 volts d'entrada necessita un corrent de 11 ampers segons el fabricant. Això vol dir que hi ha 1 amper en pèrdues de calor.

Les mesures del variador són 180mm de llargada, 150mm d'amplada i 160mm de profunditat, es recomana deixar un marge d'un 20% d'espai per la circulació de l'aire, s'aplica la següent fórmula:

$$180mm + 20\% = 216mm \text{ llargada}$$

$$150mm + 20\% = 180mm \text{ amplada}$$

7.3. Transformador

El transformador és una bobina que per corrents de flux realitza conversions de tensió sempre amb la mateixa relació. La conversió no es pura, per tant, hi ha pèrdues que es tradueixen en calor i vibracions.

Les mesures del transformador són de 120mm d'amplada per 120 d'alçada, es recomana deixar un marge d'un 20% d'espai per la circulació de l'aire, per tant, s'aplica la següent fórmula:

$$110mm + 20\% = 132mm \text{ llargada}$$

$$110mm + 20\% = 132mm \text{ amplada}$$

7.4. Control

7.4.1. Interfície

La interfície utilitza connexions en els quatre costats de la carta. La electrònica que utilitza es de control i, per tant, no genera grans masses de calor. Està distribuïda de tal forma que facilita el cablejat i la instal·lació.

Els costats tenen que estar lliures d'elements que bloquegin el pas del cablejat però si poden estar amb contacte directament amb la canal.

Té unes mesures de 200x170mm i no es necessari deixar espai per la circulació de l'aire.

7.4.2. Relé de seguretat i fusibles

El relé de seguretat es muntat sobre guia DIN, pot estar adossat a elements elèctrics de forma paral·lela sempre que el superior i el inferior quedi lliure per l'entrada de cables.

Té unes mesures de 99mm d'alçada, 114mm de profunditat i 22,5mm de gruix.

El porta fusibles amb carril DIN és un element que pot estar adossat a altres components elèctrics de forma paral·lela, sempre deixant lliure la cara superior i l'inferior per el cablejat.

Té unes mesures de 38 d'alçada amb la tapa tancada però es necessari una alçada de 73mm per el canvi de fusibles. Fa 83mm d'amplada i 17,5 de gruix.

Amb el dimensionament del quadre elèctric es marca la necessitat d'instal·lar 5 porta-fusibles més el relé de seguretat, per tant ,el conjunt ocuparà:

$$22,5mm + 17,5mm * 5 \text{ fusibles} = 110mm \text{ de carril DIN}$$

7.4.3. Carta de relés

La carta de relés té una mesura de 55d'alçada per 85mm d'amplada, disposa d'entrades per la part superior i inferior. Aquesta carta no utilitza grans potències a dissipar, per tant, no es necessari radiar el calor que genera.

7.4.4. Carta de finals de cursa

La carta de finals de cursa utilitza totes les seves connexions per la part frontal. Utilitza connectors que simplifiquen el connexionat.

Aquesta placa fa 90mm d'amplada i 60mm d'alçada, sense necessitar radiar calor per treballar amb senyals de baixa potència.

7.5. Armari elèctric

L'armari és la caixa on contindrà tota la part de control i potència elèctrica de la màquina, és un element indispensable ja que actúa com intermediari entre les decisions a fer i el moviment físic.

L'armari elèctric seleccionat és un armari de 600mm d'alçada, 590mm d'amplada i 300mm de profunditat. Té una IP54 per tenir protecció contra pols, sediments i aigua polvoritzada.

També consta de preses a terra en totes les parts mòbils com són la porta, la caixa i el quadre per un bon aïllament elèctric en cas de fuga.

La distribució del quadre ubica els elements que generen més calor a la part superior. Ja que el calor tendeix a pujar i així evitar transmetre temperatura als elements pròxims.

El connexionat entra en conjunt i agrupat per famílies a un regleter per la part inferior del quadre, distribuïnt tot el cablejat mitjançant canaleta.

El quadre queda distribuït amb potència a l'esquerra acaparant més de la meitat del quadre. El control a la part dreta sobrant i un petit tram inferior. La de connexionats regleta queda ubicada a la part inferior com es veu a la figura 7.3

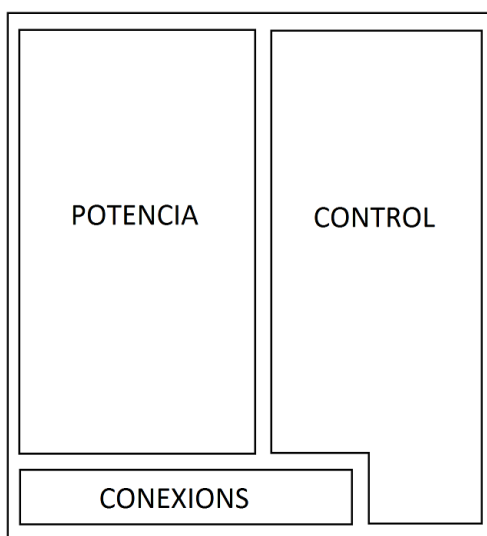


Figura 7.3 Quadre
Font: Elaboració pròpia

7.5.1. Potència

Dins del grup de potència s'ubica el derivador de freqüència i el transformador com elements d'alterna, al tenir senyals d'entrada de la mateixa tensió que la línia, s'agrupen

en un mateix bloc sempre tenint la mesura mínima de llargada, la mesura de l'element més llarg.

Les mesures dels elements contemplant l'àrea de circulació de l'aire són:

- Transformador 1 unitat 110x110mm real, 132x132mm amb circulació d'aire
- Variador 1 unitat 180x150mm real, 216x180mm amb circulació d'aire

Se li assigna un àrea de 210x300mm per al conjunt. Ja que per temes d'espai no es disposa de més àrea. Queda distribuït com la figura 7.4

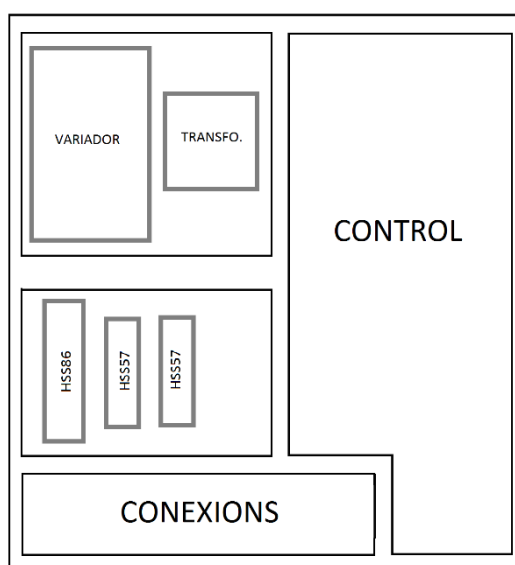


Figura 7.4 Quadre Potència
Font: Elaboració pròpia

Els segons elements a contemplar en el grup de potència són els servodriviers, com elements de continua. Estan agrupats tots en un mateix grup, a prop de la interfície per ser l'intermediari entre control i potència.

- HSS57 2 unitats 117x35mm real, 140,4X42mm amb circulació d'aire
- HSS86 1 unitat 153x53mm real, 183,6X63,2mm amb circulació d'aire

Se li assigna un àrea de 170x200mm per al conjunt. Queda distribuït com la figura 7.4

7.5.2. Control

Dins del bloc de control es contempla tant les cartes de comunicació amb el processador i servomotors, com les seguretats elèctriques i electròniques. Es divideix en quatre blocs que són:

Seguretats elèctriques.

Són el conjunt de cinc fusibles (variador, transformador, un general) i un relé de seguretat per aturades d'emergència. Són l'entrada directa de la tensió des de la línia.

El variador de freqüència utilitza dos per l'entrada de tensió i el neutre

El transformador utilitza dos per l'entrada de tensió i el neutre

L'últim fusible esta assignat a la sortida del transformador connectat a la interface com a seguretat de la rectificació de la tensio.

Els fusibles protegeixen de sobre consums de la línia mentre el relé de seguretat està connectat directament amb el xampinyó per realitzar un tall de tensió general.

S'assigna una àrea de 110x170mm per la instal·lació del conjunt, aquest elements munten sobre guia DIN ocupant 110mm, per tant s'incorpora una guia de 170mm de forma horitzontal al quadre per la seva fixació.

Carta de relés.

La carta de relés actua com a un conjunt de contactors entregant una sortida de 24 volts amb una entrada des de la senyal de la interfície.

Disposa de dos reles assignats al variador de freqüència. Un per el rearmament i el segon per l'alimentacio.

Un altre relé es assignat als finals de carrera. Al entrar la maquina en error obre el circuit dels finals de carrera aturant la maquina en sec

S'incorpora una guia DIN per la instal·lació de contactors o fusibles en cas de substitució de la carta.

Té assignat una àrea de 90x170mm amb la guia DIN traspasant per sota de la carta.

Interfície

Aquesta carta és la comunicació entre el PC i el quadre elèctric, disposa de relés d'estat sòlid per l'aïllament entre els elements.

Està dotada de subcartes amb funcions específiques com són el control de 4 eixos i una subcarta de sortides per actuar amb la carta de relés.

Inclou l'alimentació rectificada a corrent continua des del transformador i sortint als servodriviers i s'alimenta a 220 volts des del fusible.

Té una mesura de 200x170mm i té assignat la mateixa mesura dins del quadre.

Finals de cursa

Aquesta carta realitza el bloqueig d'eixos cap a la direcció on el final de carrera estigui accionat. És un element de seguretat electrònic inclòs entre els finals de carrera i la carta d'interfície.

Té una superfície assignada de 125x85mm.

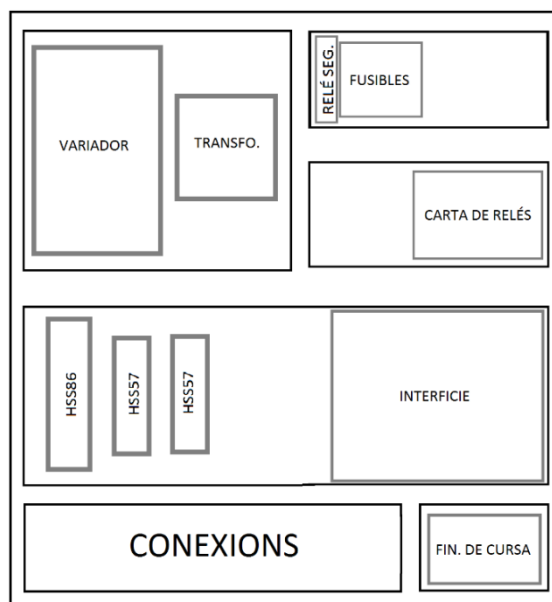


Figura 7.5 Quadre control
Font: Elaboració pròpia

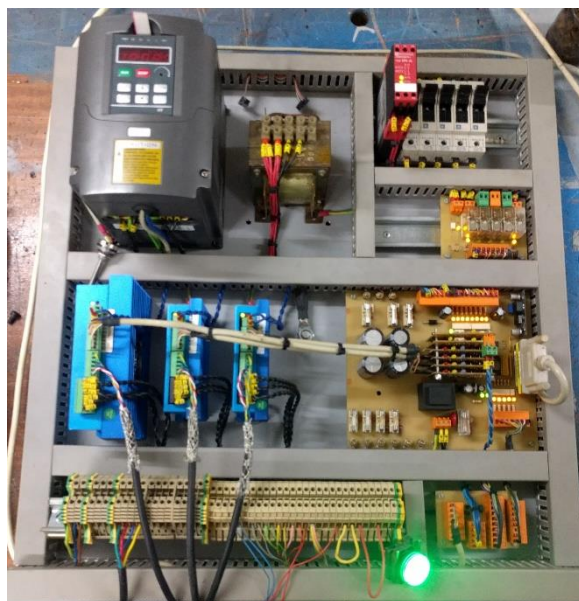


Figura 7.6 Quadre real
Font: Elaboració pròpia

8. Manual de funcionament CNC

En aquest manual s'explicarà la configuració necessària inicial i la posada en marxa de la fresadora CNC.

8.1. Mach 3

Mach 3 és un software que corre sota un PC. Tornant-lo un controlador de màquina potent i econòmic. La comunicació és realitzada via port paral·lel (connector de impressora) amb db29 en els dos extrems. La interfície accepta una senyal a polsos de pas i de direcció.

És un programa molt flexible dissenyat per controlar màquines con fresadores de dos o tres eixos perpendiculars.

És un software distribuït per ArtSoft Corp. Mitjançant un arxiu autoinstal·lable de 6Mb de volum. Quan el arxiu es descarregat pot ser executat immediatament amb el botó obrir. Per la instal·lació no es necessari tenir connectat la fresadora fins estar completat. Després de la instal·lació es necessari un reinici de PC.

Un cop reiniciat el PC apareix en l'escriptori uns icones per als programes principals. Mach3.exe és la interfície principal d'usuari, els altres dos icones són específics per torn i fresa.

Executant Mach.exe apareix la pantalla principal coma la figura 8.1. Està dissenyat de manera que sigui fàcil i intuïtiu configurar les finestres d'especificacions amb un entorn molt visual.

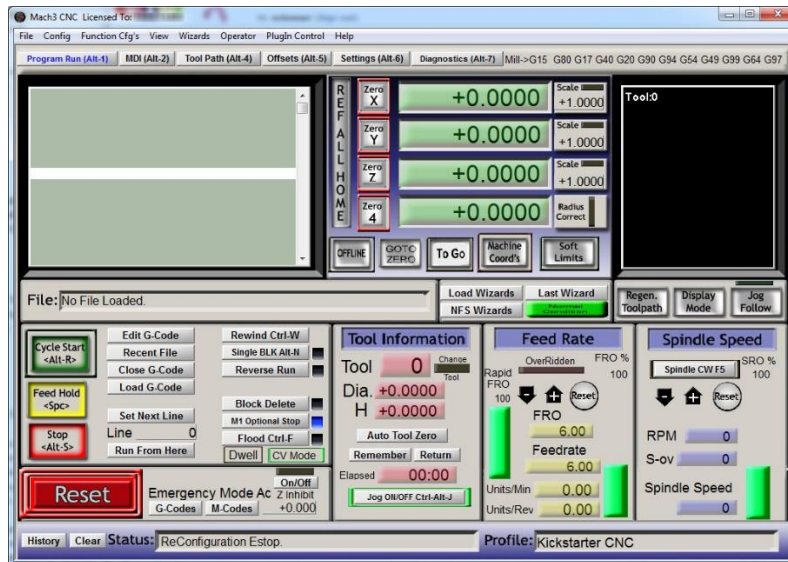


Figura 8.1 Mach3
Font: Mach3

8.1.1. Configuració inicial

Per la configuració inicial s'entra a "Config/ports and pins" des de la capçalera de la pantalla principal figura 8.2



Figura 8.2 Mach3 capçalera
Font: Mach3

Apareixerà la finestra "Engine Configuration... Ports and Pins", aquesta finestra disposa de diverses pestanyes, a la figura 8.3 es veu la pestanya inicial.

- En el requadre "Port #1", fa referència al connector de sortida del PC, per defecte és el 0x378 de tipus paral·lel.
- En el requadre "Port #2", hi ha l'opció d'incorporar un segon port paral·lel. Per saber la direcció del segon port paral·lel, s'executa des del botó d' inici de Windows, "panell de control/sistema/hardware/administrar dispositius" i dins de l'arbre "ports (COM & LPT)" apareixen les direccions dels ports assignats.

- En el requadre “Kernel Speed”, et permet modificar la velocitat de transmissió des d’una freqüència de 25.000Hz fins a 100Khz depenen de la velocitat del processador i altres programes carregats mentre s’executa Mach3

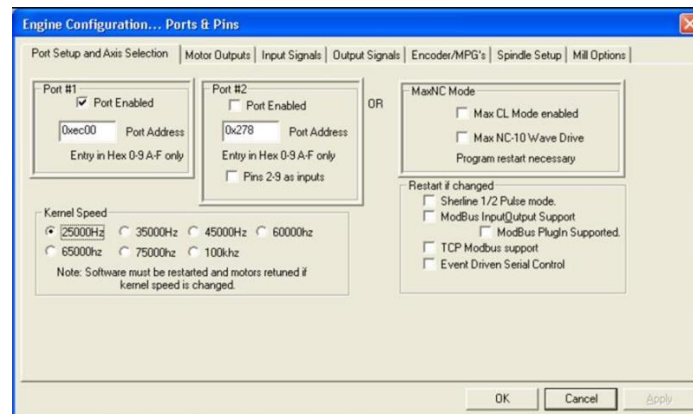


Figura 8.3 Mach3 configuració
Font: Mach3

Per definir les entrades i sortides que s'utilitzaran s'entra a la pestanya “Motor Outputs” on es visualitzarà la figura 8.4, on es definiran els pins en els que estan connectats els polsos de marxa i direcció. Activant-los amb el tic verd de la columna “enable” i marcant la lògica positiva o negativa en la columna “Lowactive”.

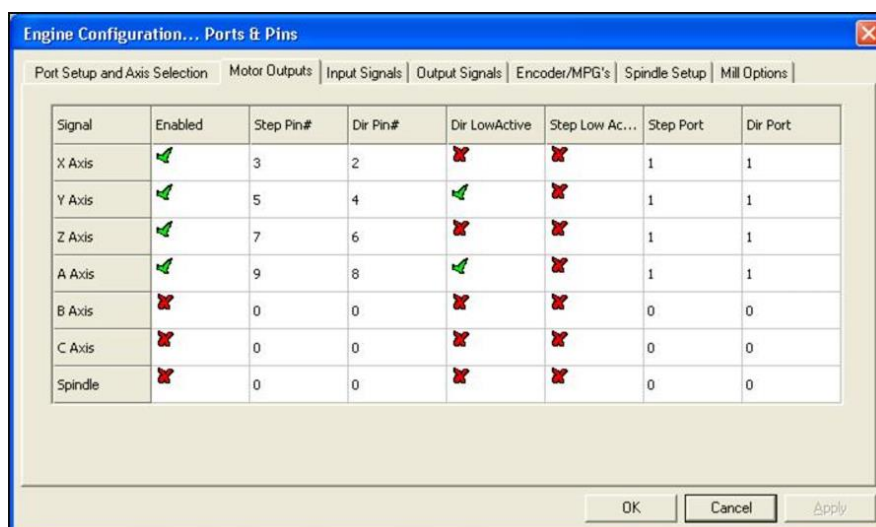


Figura 8.4 Mach3 ports motors
Font: Mach3

Les senyals d'entrada es defineixen en la pestanya "Input Signals" de la figura 8.5. Aquí es defineix els finals de carrera màxims i mínims, els pins de la posició "Home" i les aturades d'emergència. S'activen marcant en verd la casella "enable", es defineixen el port de entrada i el pin d'entrada en les dues columnes següents. Permet l'opció de la simulació assignant una tecla a la columna "HotKey"

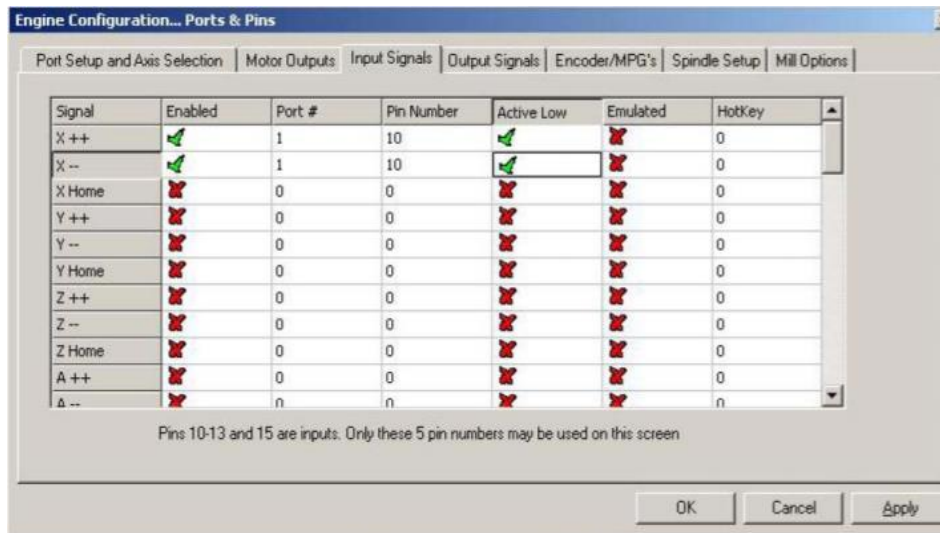


Figura 8.5 Mach3 ports limits
Font: Mach3

Un vegada configurats tots els punts anteriors, es clica Ok per sortir de la configuració

8.1.2. Configuració de motors

Per la configuració de motors s'entra a "Config/Motor tuning" des de la capçalera de la pantalla principal. La figura 8.6 mostra la finestra oberta.

A la dreta apareixen els motors col·locats en columna. Clicant sobre un d'ells surt la configuració d'aquell eix.

- "Steps per", és el numero de polsos del motor per volta
- "Velocity", és la velocitat màxima permesa per la màquina.
- "Acceleration", marca la velocitat d'arrancada i frenada per rampa.

Els dos últims punts poden ser modificats també mitjançant els cursors lliscants que apareixen al voltant de la gràfica, on podem veure un dibuix de la configuració establerta. Aquest cursors modifiquen a temps real el quadre de l'acceleració i de la velocitat.

Abans de modificar qualsevol altre motor o tancar la pestanya es necessari pitjar en “save axis Settings” o del contrari es descartaran els canvis.

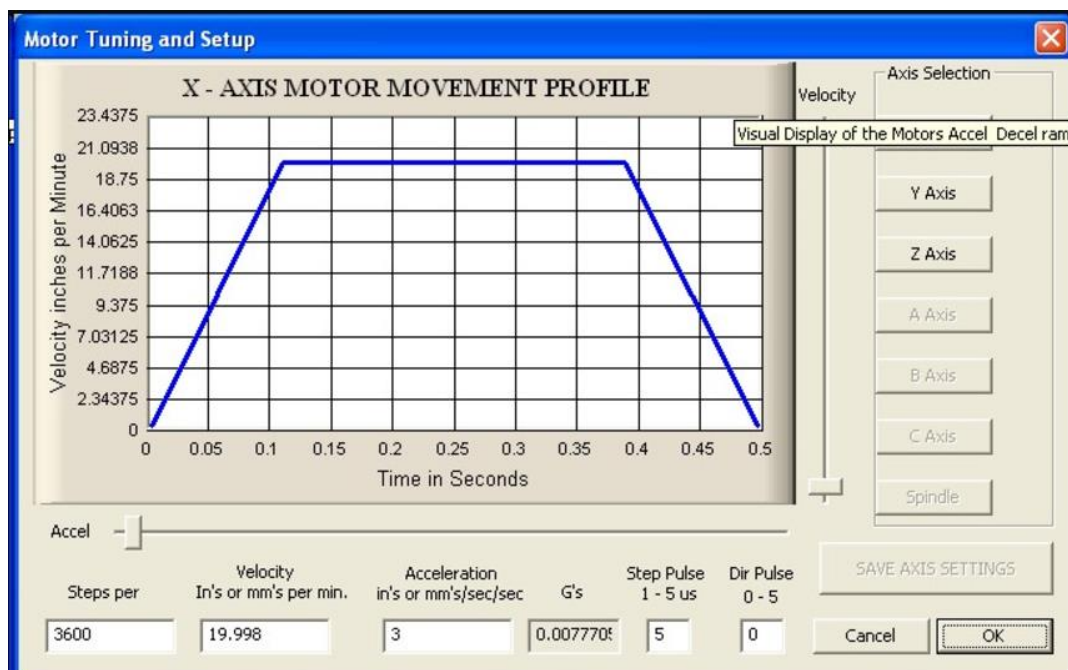


Figura 8.6 Mach3 motors
Font: Mach3

8.1.3. Configuració de límits

Per la configuració de límits s'entra a “Config/Home/softlimits” des de la capçalera de la pantalla principal. La figura 8.7 mostra la finestra oberta dels finals de cursa per programa.

Aquesta finestra permet definir tot el que succeeix quan una operació de referència “G28” o un botó per pantalla es accionat. És utilitzada per evitar el xoc d'un eix a tota velocitat per la recerca d'un final de carrera de referència.

Dins d'aquesta finestra Apareix una matriu on les columnes son les funcions i les files els eixos afectats, les funcions que apareixen son:

- “Reversed”: inverteix la direcció dels finals de cursa.
- “Softmax”: és el màxim recorregut per programa permès.
- “Softmin”: és el mínim recorregut per programa permès.
- “Slow Zone”: és la distància de recorregut lent fins arribar al fi de cursa.
- “Home Off”: és el marge fora d'eixos disponible.
- “Home Neg”: activa la lògica negada.
- “Auto Zero”: contempla aquest eix com a eix de Zero.
- “Speed”: marca la velocitat de desplaçament dels eixos al buscar els finals de cursa.



Figura 8.7 Mach3 limits
Font: Mach3

8.1.4. Execució de programa

Des de la pantalla principal figura 8.8 es visualitzen tots els elements de control d'ús comú. Estan agrupats per famílies formant quadres amb el seu contingut

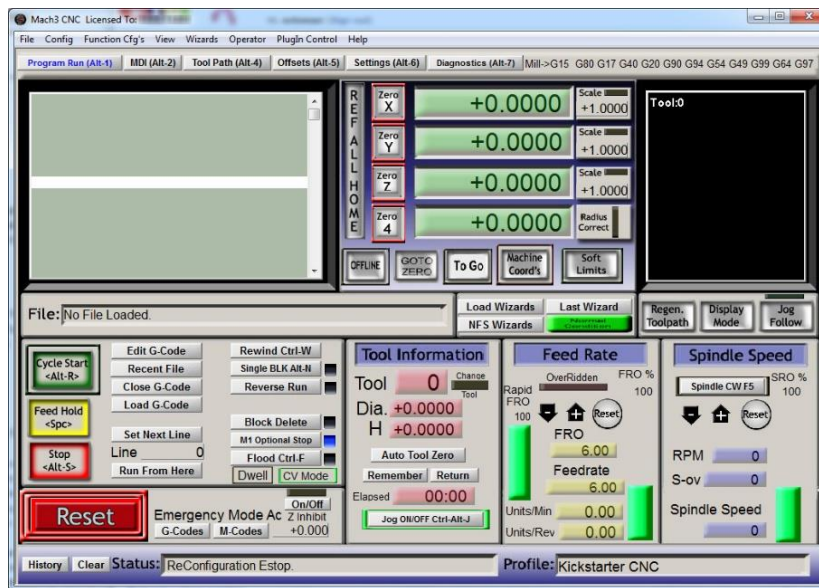


Figura 8.8 Mach3 principal
Font: Mach3

El primer element per tenir la màquina activa es el rearmament de programa. Està ubicat a la cantonada inferior esquerra de la figura 8.8. Apareix un botó en vermell anomenat RESET. Si està verd-vermell parpellejant significa que està en posició de rearmament. Pitjant el botó canvia a color verd marcant la màquina a punt.

Referenciar la màquina

Un cop la màquina està activa, no té referència de la ubicació en la que es troba, per tant, es realitzarà un “home” per dimensionar la màquina. Aquesta funció s’activa amb el botó “REF ALL HOME” ubicat en mig de la pantalla principal com la figura 8.9



Figura 8.9 Mach3 eixos de coord.
Font: Mach3

Carregar codi

Referenciada la màquina es pot carregar el codi G per la fresadora CNC. El quadre està ubicat al mig del lateral esquerra de la pantalla d'inici com la figura 8.10, es carrega pitjant el botó de “Load G-code”.



Figura 8.10 Mach3 panell de codi
Font: Mach3

Un cop carregat el programa apareix el codi en el quadre superior esquerre, com la figura 8.11.

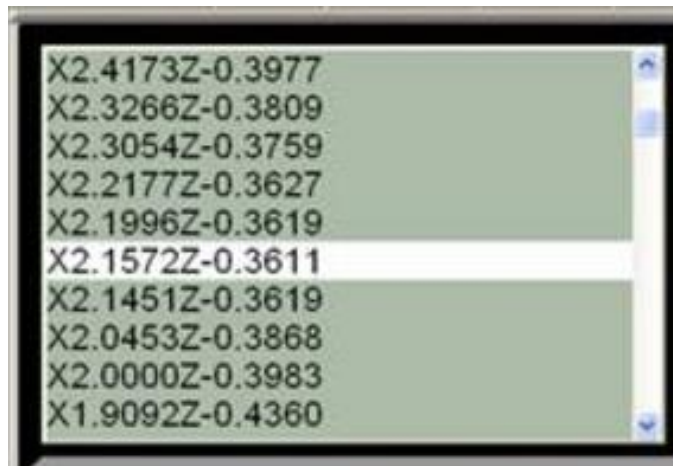


Figura 8.11 Mach3 visualització de codi
Font: Mach3

Podent editar el programa amb el botó “Edit G-code” Obre un editor de text per fer les modificacions pertinents. Un cop acceptat apareixerà en el quadre superior.

Per iniciar el programa es pot clicar el botó verd de la figura 8.10 que té escrit “Cycle Start” o amb el teclat pitjant “alt+R” i veurem executar el codi a temps real.

El botó “Feedhold” atura l’execució del programa tan aviat com sigui possible d’una forma controlada, així pot seguir més endavant sense tenir cap línia sense acabar.

El botó “Stop” atura el moviment de l’eix pràcticament instantani. Però pot provocar la pèrdua de passos de codi i un reinici no arreglaria res.

El botó “Rewind” torna el codi a la línia inicial, té com a tecla ràpida “alt+w”

El botó “Single BLK” executa la pròxima línia de comandament

El botó “Reverse Run” està pensat després de l’ús d’un FeeHold, farà que el programa s’executi marxa enrere. Això és útil per recuperar una condició perduda per trencament d’eina.

El botó “set Next Line” salta a la línia següent de codi

El botó “Run from here” corre el programa des de la línia de codi seleccionada

8.2. Quadre elèctric

Per arrencar la part elèctrica de la màquina s'acciona l'interruptor vermell ubicat al costat de l'armari elèctric. Veure figura 8.12



Figura 8.12 Interruptor
Font: Elaboració pròpia

8.2.1. Marxa

Un cop encesa, s'observa l'indicador del frontal amb una llum vermella, indicarà que l'equip té alimentació però està pendent de rearmament.

L'indicador de rearmament s'activa per:

- Arrancada de màquina.
- Pitjar qualsevol emergència.
- Activació de fi de cursa.
- Pèrdua de passos dels motors.
- Fallo d'alimentació.

El botó ubicat a la part inferior de l'indicador realitza el rearmament canviant el color de l'indicador de vermell a verd com mostra la figura 8.13. També és necessari el rearmament de programa per tenir la màquina activa explicat en el punt 8.1.4

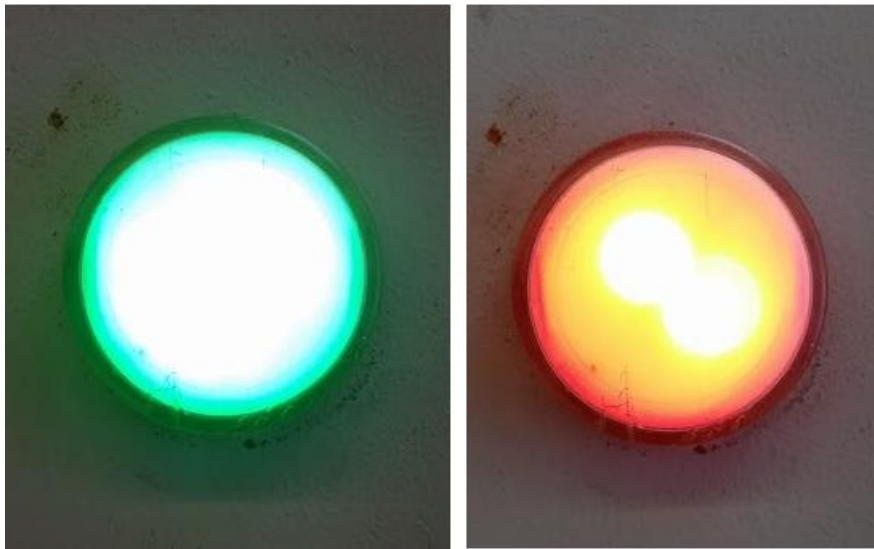


Figura 8.13 Indicador
Font: Elaboració pròpia

8.2.2. Variador de freqüència

En el frontal de la màquina hi ha el control per el variador de freqüència, mostra a través d'un display de 5 matrius de 8 segments els Hertz aplicats sobre el motor i un potenciòmetre al seu costat que permet la variació de la velocitat de forma instantània variant entre 4000 a 20.000 rpm en l'eix del mandrino.

Per arrencar l'eina es necessari pitjar el botó verd del control i en cas de voler aturar-ho amb el botó vermell de "Stop", tant l'arrencada com la frenada no son en sec, tenen una rampa d'acceleració i desacceleració per no malmetre el Mandrino. Es pot veure a la figura 8.13.



Figura 8.14 Variador
Font: Elaboració pròpia

8.2.3. Mandrino

El mandrino utilitza un eix cònic amb un porta pinces ER20. L'eix del motor disposa de dos plans paral·lels i està roscat en el seu extrem. Una femella hexagonal fa de capçal per la fixació de l'eina, mitjançant la compressió de la pinça dins de la conicitat de l'eix, utilitzant claus fixes entre la femella i els plans de l'eix. Veure figura 8.14

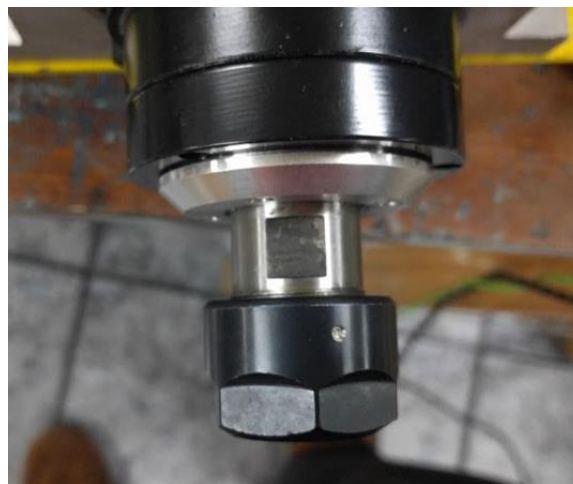


Figura 8.15 Mandrino
Font: Elaboració pròpia

Advertència: caldrà canviar sempre l'eina amb el mandrino aturat i assegurant la bona fixació de la canya.

9. Planificació

Aquesta es la taula de tasques que té la planificació:

Codi	Nom de la tasca	Duració	Inici	Final	Predecessores
A	Recerca materials en el mercat	5 días	mié 01/03/17	mar 07/03/17	
B	Disseny	36 días	mié 08/03/17	mié 03/05/17	A
C	Fabricació de l'estructura	35 días	jue 04/05/17	mié 21/06/17	B
D	Fabricació quadre elèctric	54 días	jue 04/05/17	mar 25/07/17	B
E	Programació	5 días	mié 26/07/17	mar 01/08/17	D
F	Pintat	14 días	mié 26/07/17	lun 14/08/17	D
G	Posada en marxa	14 días	mar 15/08/17	jue 14/09/17	F
H	Informe	90 días	mié 01/03/17	mar 30/05/17	A
I	Preparació de l'exposició	15 días	jue 21/09/17	mié 11/10/17	H

Taula 9.1 Tasques de la Planificació.
Font : Elaboració pròpia

Cada punt de la taula es explicat en detall a continuació:

Recerca materials en el mercat: Estudi de tots els elements existents que poden ser implementats en una fresadora CNC com a possibles implementacions en el disseny del projecte.

Disseny: disseny mecànic de la estructura dels eixos (15 dies) amb verificació d'assemblatge (2 dies). Posteriorment el disseny del quadre elèctric (10 dies) amb les simulacions i correcció d'errors (4 dies). Amb els dissenys realitzats es realitzen els càlculs finals (10 dies) per el dimensionament i selecció de components (5 dies) determinant la seguretat de tot el conjunt (5 dies)

Fabricació de l'estructura: Primerament es realitza la compra de components mecànics (15 dies), amb el contratemps de la caiguda de la maquina eina Plegadora que comporta (3 dies) per realitzar el tall del tub (3 dies) i el plegat (2 dies). La realització de la soldadura implica (4dies) i amb el conjunt soldat es por realitzar els taladrats (3 dies) i mecanitzats (5 dies) amb tot enllestit l'assemblatge (10 dies) queda enllestida l'estructura.

Fabricació del quadre elèctric: El primer punt es la compra dels components Elèctrics que van suposar (40 dies) per una problemàtica amb el distribuïdor i el departament de compres de la universitat. Un cop adquirit es realitza la preparació de la caixa (2 dies), la presentació del quadre (1 dies) i la fixació de lla canal i electrònica. Amb els punts anteriors enllestits nomes queda el cablejat fins el regleter que ocupa (8 dies)

Programació: la preparació tant de hardware com de software de un PC ocupa el llarg de (2 dies) per poder instal·lar i configurar el Mach3 consumint (3 dies)

Pintat: Per realitzar el pintat es necessari el desmuntat de tot el conjunt (2 dies) dos capes d'imprimacio amb un dia de secat entre capes (5 dies). Quan la imprimació esta seca cal el mateix procediment amb la pintura final (5 dies) i per acabar el muntatge de tots els elements acabats.

Posada en marxa: el cablejat de quadre a maquina implica (5 dies) quan tot queda conectat es prepara el control (2 dies) i es realitzen les primeres probes de funcionament (2dies) per posteriorment realitzar mecanitzats (5 dies).

Informe: Es planteja una planificació de l'execució (4 dies) i un estudi econòmic (4 dies) durant tot el procés es realitza la documentació i tancament del projecte (90 dies).

Preparació de l'exposició: És la maquetació de la documentació (4 dies) per la realització de un enquadernament tipus llibre (5 dies) finalment es realitza una preparació de l'exposició del projecte de cara un jurat.

A continuació s'exposarà primer la planificació que es va fer durant l'avantprojecte en el apartat 7.2 del avantprojecte i després el plano d'execució. Com es pot comprovar hi ha diferències entre els dos.

Han agut diferències degudes als imprevistos amb el distribuïdor de material que ha implicat un redisseny de la maquina i una espera de distribució de material. Això acompanyat de imprevistos com la inutilització de maquines i el començament del estiu han desviat el projecte 2 mesos de la previsió original

Tot i els imprevistos el projecte s'ha pogut dur a terme, amb la reparació dels elements afectats i la modificació i muntatge del conjunt.

Per la realització d'aquest projecte s'ha utilitzat jornades de 6 hores treballant de dilluns a divendres. Tenint en conta dies festius i una setmana de vacances al juliol.

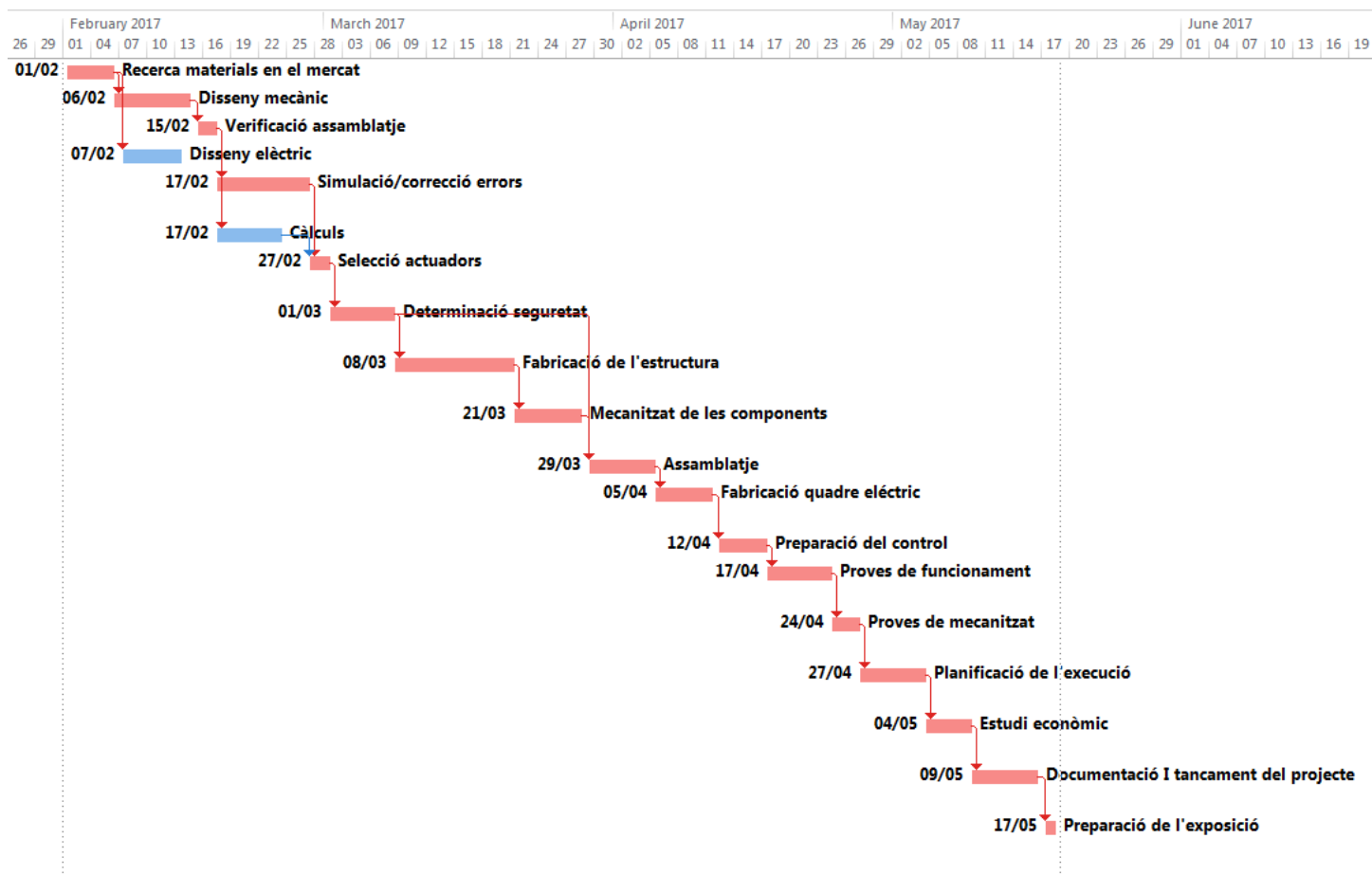


Figura 9.1 Planificació

Font: Elaboració pròpia

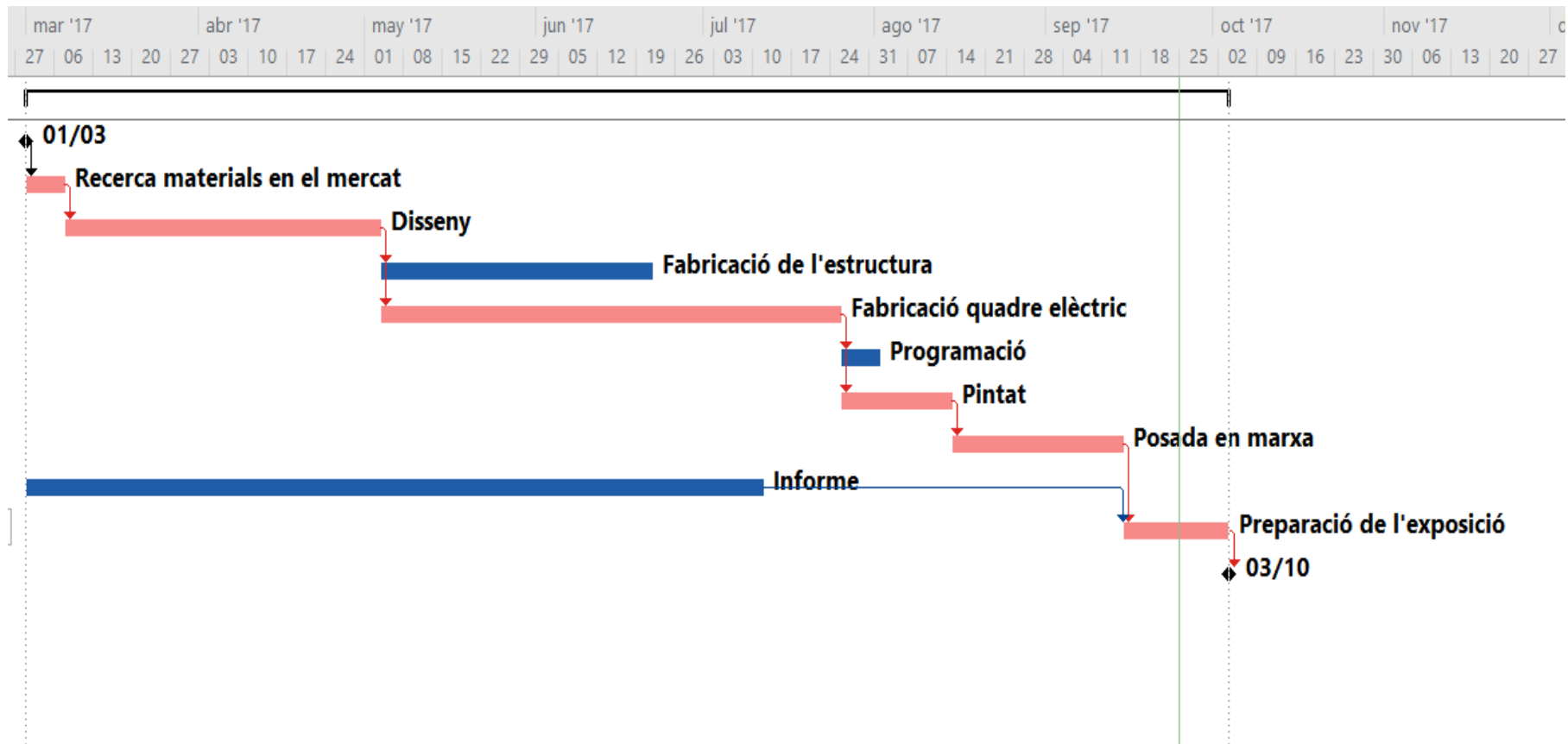


Figura 9.2 Diagrama d'execució

Font: Elaboració pròpia

10. Impacte mediambiental

Aquest projecte compta amb un impacte mediambiental durant la fase de construcció amb els residus elèctrics, electrònics i mecànics. També durant la fase de producció degut als encenalls provocats pel desvastament del material.

Durant la fase de construcció de la màquina, es generen residus amb forma de restes d'acer i retalls per la fabricació de l'estructura, elements elèctrics o electrònics per la fabricació del quadre i líquids com dissolvents per la neteja i pintat de la màquina.

Durant la primera fase de la fabricació de la màquina, el Real decret 208/2005 i la directiva 2012/19/UE defineix que són aparells elèctrics de baixa tensió amb un màxim de 1000v en corrent alterna i 1500v en corrent continua. Aquest Real decret estableix que quan un aparell elèctric o electrònic ja no és útil pel consumidor i desitja desfer-se d'ells, és necessària una bona gestió per reduir el volum de residus. Aconseguint una reutilització, reciclatge o valorització.

La UNE 36199:2013 fa referència al reciclat d'acer estructural amb la tècnica i procediment adequat.

Per al tractament de líquids perjudicials com dissolvents s'atén amb el Real Decreto 1481/2001.

Seràn agrupats per als mateixos tipus per ser recollits i tramitats facilitant des de l'estat punts de recollida. Aportant disponibilitat i accessibilitat per al seu reciclatge segons la densitat de població.

Per la fase de producció, els residus tant orgànics (fusta, cartró) com inorgànics (alumini, nylon) tindran que ser tramitats en àrees de reciclat especials per la seva destrucció o reutilització.

S'ha fet l'estudi a partir de les taules d'impacte medi ambiental seguint les taules que s'adjunten en el annex I del avantprojecte, s'incorpora la taula on fa referència als factors esmentats.

Accions Impactants		Observacions
Fase de Construcció o Execució	Acústiques	Sorolls produïts per la màquinaria en la fabricació de l'estructura i mecanitzat de les components.
	Visual	Pèrdua d'espai temporal en el taller per l'emmagatzematge de tot el material.
	Generació de residus	Generació de partícules resultants dels processos de fabricació com: ferritja, pols, taladrina residual i olis.
Fase de Funcionament o Explotació	Visual	Espai ocupat per l'equip.
	Acústiques	Arrencament d'encenall durant el funcionament de la màquina.
	Generació de residus	Generació de partícules resultants dels processos de prova de mecanització i funcionament, com: ferritja, pols, taladrina residual i olis.
Fase d'Ús	Acústiques	Sorolls produïts pels motors durant el seu ús.
	Visual	Espai ocupat per l'equip.
	Generació de residus	Restes com: encenall de fusta i ferritja.

Taula 10.1 Taula impacte mediambiental

Font: Elaboració pròpia

11. Conclusions i desviacions

És un projecte de gran cabal pel fet d'abastar múltiples temes de l'enginyeria, com són:

- L'electrònica, per tots els circuits incorporats amb els seus components i fabricació de PCB o senyals gestionades tant d'entrada o sortida des del PC o finals de carrera.
- Electricitat, com són els contactors, variadors de freqüència, controladores de servos, servomotors, transformadors. Aquests venen a ser els elements que formen part del quadre elèctric.
- Mecànica, amb el disseny de l'estructura, amb parts mòbils, límits mecànics, eixos de moviments i la seva posterior fabricació. Així com també la preparació de peces amb soldadura o mecanitzades. Finalment l'assemblatge de tot el conjunt amb els seus encaixos, ajustaments mecànics i engreixaments.
- Programació, amb la preparació d'un software capaç de comunicar-se amb la màquina, adaptant el programa als requisits, com són: les mesures dels eixos i la resolució dels motors amb els encoders. També permetent la importació de programes 3D dissenyats per altres vies i convertits en format normalitzat.

11.1. Desviacions

Com a desviacions de planificació i pressupost s'analitza el capítol 9 i 10 de la memòria, respecte al capítol 7 i 8 de l'avantprojecte. Per extreure conclusions de les desviacions del projecte portat a la pràctica.

11.1.1. Desviació de planificació

Han hagut desviacions per imprevistos que no han sigut possibles de contemplar com són:

- La caiguda d'una de les màquines-eina que és la plegadora per realitzar els plecs i nervis per les xapes de ferro. Que va suposar la recol·locació i reparació prèvia per realitzar els plegats.
- La lentitud del procediment de compres per part del departament de compres de la universitat, que va generar posposar l'obtenció d'alguns elements necessaris per la fabricació.
- El fora estoc del distribuïdor, forçant la substitució de components per altres models. Obligant a un remodelament dels plànols per ajustar les noves mesures.

11.1.2. Desviació de pressupost

El mercat actual canvia constantment fluctuant els preus dels materials. A més a més la disponibilitat dels mateixos varia segons el moment del mercat.

S'han modificat els elements fins a poder fer front a les dates d'entrega del projecte, buscant alternatives de menor cost i fàcil adquisició. Ja que degut a temps d'entrega s'han descartat alternatives amb altres prestacions.

11.2. Conclusions finals

S'ha pogut realitzar amb èxit la fabricació d'una fresadora CNC amb el seu correcte funcionament.

Aquest projecte conté tot lo necessari per fabricar un CNC des de zero, aportant: especificacions tècniques de cada un dels components; plànols de la fabricació i mecanització; escomeses de cablejat elèctric; plànols del quadre elèctric incloent el cablejat per canal i etiquetatge; i finalment, proteccions de seguretat i emergències per la seguretat de l'usuari i la màquina.

Es recomana de cara a l'usuari la lectura complerta de la memòria per la utilització de la fresadora CNC i coneixement de les parts que la formen en cas de reparació o manteniments futurs.

Cal esmentar la dedicació necessària per la realització d'aquest projecte en temps. Com es la maquinaria especialitzada utilitzada per la fabricació de cada un dels components. També els coneixements d'ús per operar amb elles. Incloent els coneixements dels múltiples àmbits de l'enginyeria que contempla tot el procés. Fent aquest projecte complexa i de gran dedicació per obtenir uns resultats satisfactoris.

La formació d'alumnes en disseny CAM i conversió amb postprocesador MACH 3 permetran incorporar els dissenys a la fresadora per la seva fabricació, obtenint experiència pràctica en el mecanitzat i una eina de treball.

12. Futures línies de treball

Degut a no disposar d'un temps il·limitat apareixen línies de millora per actualitzar la màquina fent-la més segura, òptima i pràctica:

- Implementació d'un sistema d'extracció d'encenall per no embotir l'eina de treball. Embussar ventiladors de refrigeració, guies lineals clavant els rodaments, taponant el cargol de transmissió o embrutar el greix utilitzat per lubricar. A més a més, permetria tenir una àrea de treball neta per poder fixar noves peces sense tenir que realitzar una neteja prèvia. Com a millora visual permetria veure l'element mecanitzat sense tenir grans concentracions d'encenall tapant l'objecte.
- Instal·lació de portes amb tancaments per evitar la introducció de qualsevol element aliè durant el procés de mecanització. També permet un control sobre l'encenall reduint-lo a que es depositi únicament a l'interior de la màquina. Un altre benefici acústic seria la reducció del soroll al fer de pantalla del mandrino.
- Incloure elements d'alta seguretat amb les portes que permetin una alerta en cas d'apertura de les portes de la màquina aturant-la en sec i obligant a un rearmament per procedir amb el mecanitzat.
- Instal·lar sistemes d'engreixament de guies automàtic com ràcords amb pistola d'engreixament per facilitar i accelerar la lubricació i allargar la vida útil de la màquina.
- Instal·lar silenblocks per no transmetre les vibracions de l'eina de treball i el desplaçament d'eixos a la taula, generant sorolls i vibracions. Aquest element també compliria la funció de regular l'alçada des dels quatre extrems, permetent anivellar tot el conjunt.

13. Referències

- [1] Legislació de riscos laborals en àmbits industrials. Disponible a:
<http://www.màquinariamadrid.com/docs/ley%20de%20prevencion%20riesgos%20laborales.pdf> (Gener 2017)
- [2] Legislació normes de seguretat per màquines eina. Disponible a:
<https://sites.google.com/site/jnmv2107f9/normas-de-seguridad-en-el-trabajo-con-fresadora> (Gener 2017)
- [3] Legislació normes de seguretat per màquina nova. Disponible a:
<http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/775A941B-AFBA-4A8E-AA9B-8E84507C12C4/145904/SeguridadMàquinas.pdf> (Gener 2017)
- [4] Legislació normes de prevenció de riscos en equips de treball. Disponible a:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/equipo1.pdf> (Gener 2017)
- [5] Evolució i avanços del CNC. Disponible a:
<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/130346-La-evolucion-del-CNC.html> (Gener 2017)
- [6] Empreses en el sector Metramah. Disponible a:
<http://www.metramh.com/en/152709/Thecompany.htm> (Gener 2017)
- [7] Empreses en el sector Lagun. Disponible a:
http://www.lagun.com.es/datos/subfamilia/documento3/1-1016_low.pdf (Gener 2017)
- [8] Empreses en el sector Zayer. Disponible a:
<http://www.zayer.com/es/aplicaciones/mecanizadogeneral/6> (Gener 2017)
- [9] Empreses en el sector Grupocaman. Disponible a:
<http://grupocarman.com/blog/tipos-de-control-numericoparte-i/> (Gener 2017)
- [10] Aleacions d'acer i ferro. Disponible a:
<http://www.ingemecanica.com/aceros/aceros01.html#seccion2> (Gener 2017)

[11] Sistemes de control per CNC de Universidad del Ejercito camino a la Excelencia.

Disponible a: <http://es.slideshare.net/VinicioAcuna/cadcamcaecnc> (Gener 2017)

[12] Tipus de CNC segons el seu control. Disponible a:

<http://kuzudecoletaje.es/tipos-de-control-numeric-cnc/> (Gener 2017)

[13] Tipus de CNC. Disponible a:

http://www.perezcampos.com/es/tipos-de-strong-fresas-para-cnc-strong_8229 (Gener 2017)

[14] Normativa d'acer estructural disponible a:

https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas_Edificacion/NBE-EA95.pdf (setembre 2017)

[15] Normativa productes laminats en calent disponible a:

<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codio=N0010561#.Wbu6tshJZPY> (setembre 2017)

[16] Institut d'estadística espanyol disponible a:

http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736143952&menu=ultiDatos&idp=1254735576715 (setembre 2017)

[17] Empreses del sector del mecanitzat disponible a:

<http://empresite.economista.es/Actividad/MECANIZADO/> (setembre 2017)

[18] Taules CIRSOC acer, disponible a:

<https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/tablas.pdf> (setembre 2017)

[19] Forces de fresat de la universitat UMH, disponible a:

<http://isa.umh.es/assignaturas/tf/tema5.pdf> (setembre 2017)