



Universidad
Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO:

**DISEÑO DE UNA MAQUINA FRESADORA DE 3 EJES PARA USO
PARTICULAR**

MEMORIA

Autor

Carlos Javier Ostariz Salas

Directores

Paula Canalís Martínez

Javier Abad Blasco



RESUMEN

Este trabajo fin de grado aborda el cálculo, análisis y modelado de una máquina fresadora de 3 ejes para uso particular partiendo desde cero.

Una fresadora de 3 ejes es una máquina de control numérico por computadora (CNC) que puede mover sus herramientas de corte a lo largo de tres ejes lineales. Estos son los ejes X, Y y Z, que son perpendiculares entre sí y permiten que la máquina produzca piezas complejas con precisión. El eje X se mueve horizontalmente, el eje Y se mueve verticalmente y el eje Z se mueve a lo largo del eje del husillo. Esto significa que la máquina puede mover el cortador en cualquier dirección dentro de su espacio de trabajo tridimensional.

El proyecto está estructurado en dos partes correlacionales:

En primer lugar, documentar planos de las piezas, materiales de los distintos componentes, así como los distintos tipos de elementos comerciales utilizados. Detallar las cargas de la máquina herramienta y comprobación analítica de los respectivos ejes.

En segundo lugar, haciendo uso del software de diseño mecánico "SolidWorks 2023", se modelizarán los componentes principales de la máquina fresadora para ver su comportamiento aplicando las cargas que se detallan en los cálculos analíticos obteniendo a través de dicho software tensiones, coeficientes de seguridad y desplazamientos. La modelización en SolidWorks permite conocer de una forma muy visual y esquemática el funcionamiento de la máquina y la forma en que se transmiten las fuerzas de unos elementos a otros.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 TEMA OBJETO DEL PROYECTO	4
1.2 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	5
1.3 CONOCIMIENTOS APLICADOS	6
2. MAQUINA FRESADORA DE 3 EJES	7
2.1 DEFINICION	7
2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA	7
2.1.2 TIPO DE FRESAS UTILIZADAS	11
2.2 DOCUMENTACIÓN	12
3. COMPROBACIÓN ANALITICA	17
4. SELECCIÓN ELEMENTOS COMERCIALES	18
5. SIMULACION SOLIDWORKS	21
6. MOTORES, DRIVERS Y ELECTRONICA	25
7. CONCLUSIONES	26
8. APORTE AL AUTOR	28
9. BIBLIOGRAFIA	29



1. INTRODUCCIÓN

1.1 TEMA OBJETO DEL PROYECTO

El presente trabajo fin de grado tiene como objeto el cálculo, análisis y modelado de una máquina fresadora de 3 ejes cuyo uso principal estaría destinado a un uso particular.

Para dicho análisis se parte de dicha máquina ya construida, pero que carecía de documentación técnica ni diseños ajustados. Dada la escasa documentación previa, se ha procedido a la documentación de los planos a partir de la toma de medidas de las piezas ya existentes, analizando el tipo de esfuerzos a los que estaban siendo sometidos y comprobando que fue construida correctamente en el pasado.

En el proceso de diseño se ha empleado el uso de herramientas CAD / CAE con los siguientes objetivos:

1. Integración del software SolidWorks como herramienta de CAD / CAE
2. Análisis de esfuerzos que soporta la máquina y formas de optimización de esta en caso de que sea necesario.

Se han empleado distintos tipos de catálogos comerciales donde se encuentran todas las dimensiones y características para la correcta selección de los elementos comerciales implementados en la máquina, así como los distintos tipos de rodamientos, motores, máquina herramienta, guías...

La integración de SolidWorks como herramienta de diseño aporta la visualización del diseño mediante los diversos sistemas de modelado y análisis: pudiendo simular el funcionamiento de los 3 ejes, restricciones de movimientos y la deformación producida según el tipo de cargas.



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

1.2 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La elección de este trabajo fin de grado se debe tanto al interés generado en el desarrollo de las asignaturas relacionadas con el diseño de máquinas en la carrera, así como por parte familiar debido a la existencia de este tipo de máquinas en mi casa ya que mi padre siempre ha tenido mucho interés con generar diseños computerizados, corte preciso de plantillas para construir diseños en 3D, así como el tallado de madera.

El objeto de este proyecto se encuentra dentro de las competencias a las que la formación en este Grado habilita. La finalidad de esta máquina es el de un uso particular el cual permite la producción de diversos modelos de piezas que pueden abarcar desde maquetas hasta estructuras de modelismo, así como el tallado y grabado en madera.

El presente modelo presenta un Control Numérico Computerizado que permite un funcionamiento autónomo sin precisar que haya que estar interactuando con la propia máquina durante el proceso de fresado o tallado.



1.3 CONOCIMIENTOS APLICADOS

Los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas durante estos años del Grado en Ingeniería Mecánica se han utilizado a lo largo de esta memoria para alcanzar los objetivos planteados. Estas asignaturas son las que a continuación se mencionan y exponen brevemente:

- **CRITERIOS DE DISEÑO DE MÁQUINAS:** Aplicación de conocimientos de cálculos analíticos tales como selección de perfiles estructurales, uniones atornilladas etc.
- **RESISTENCIA DE MATERIALES:** Aprendizaje de cálculos de barras que están sometidas a diversos esfuerzos como son: tracción, compresión y pandeo.
- **MECÁNICA:** En esta asignatura se adquieren los conocimientos necesarios para la elaboración de diagramas de sólido libre.
- **DIBUJO INDUSTRIAL:** Permite adquirir conocimientos esenciales a la hora de realizar y acotar planos de cada una de las piezas de la maquinaria.
- La utilización del software de elementos finito “SolidWorks” durante las prácticas de diversas asignaturas

2. MAQUINA FRESADORA DE 3 EJES

2.1 DEFINICION

2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA

Una **fresadora** es una máquina que se utiliza para desbastar, cortar o taladrar diferentes materiales sólidos, generalmente madera o metales. Esto se realiza a través del arranque de viruta mediante la rotación a gran velocidad de la fresa y del movimiento de los ejes, ya sea del elemento o del mecanismo.

Este tipo de tecnología de fabricación de piezas arrancando viruta se denomina mecanizado.

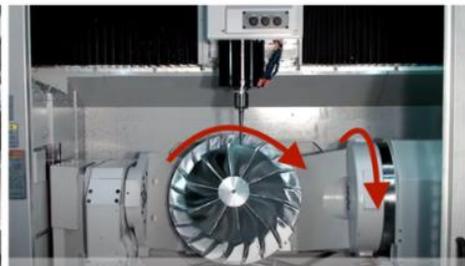
Existen muchos tipos de fresadoras diferentes, dependiendo del número de ejes que tenga. Una fresadora de 3 ejes se diferencia de otros centros de mecanizado CNC en que puede mover sus herramientas de corte a lo largo de tres ejes lineales, mientras que otras fresadoras pueden tener menos o más ejes. Por ejemplo, las fresadoras de 4 o 5 ejes pueden mover sus herramientas de corte a lo largo de ejes adicionales para producir piezas más complejas.



3 ejes



4 ejes



5 ejes

Imagen 1. Distinto número de ejes.

3 ejes. Son las direcciones ortogonales esenciales de una máquina de estas características. Representan los ejes X, Y, Z, para poder mecanizar en las 3 dimensiones del espacio.

4 ejes. Añade a los nombrados la posibilidad de rotar el objeto a mecanizar dentro de la mesa.

5 ejes. Suma a los 3 ejes típicos una mesa capaz de girar en 2 ejes diferentes.

Las ventajas de utilizar una fresadora de 3 ejes incluyen su capacidad para crear formas y piezas complejas con gran precisión, su capacidad para producir piezas de forma rápida y eficiente, y su versatilidad en cuanto a la gama de materiales con los que puede trabajar. Además, las fresadoras de 3 ejes suelen ser más asequibles que las máquinas con más ejes, lo que las convierte en una opción ideal para pequeñas operaciones.

Los componentes principales de una fresadora de 3 ejes incluyen una base (donde se apoya la fresadora), una columna, una mesa de fijación, un husillo y un control CNC. El suelo o la base proporciona una plataforma estable para los demás componentes. La columna es el elemento vertical que soporta el husillo y conecta la base.

El husillo es un eje giratorio que sostiene la herramienta de corte y es accionado por un motor. Finalmente, el control CNC es el sistema que controla el movimiento de todo el conjunto a lo largo de los ejes X, Y y Z.

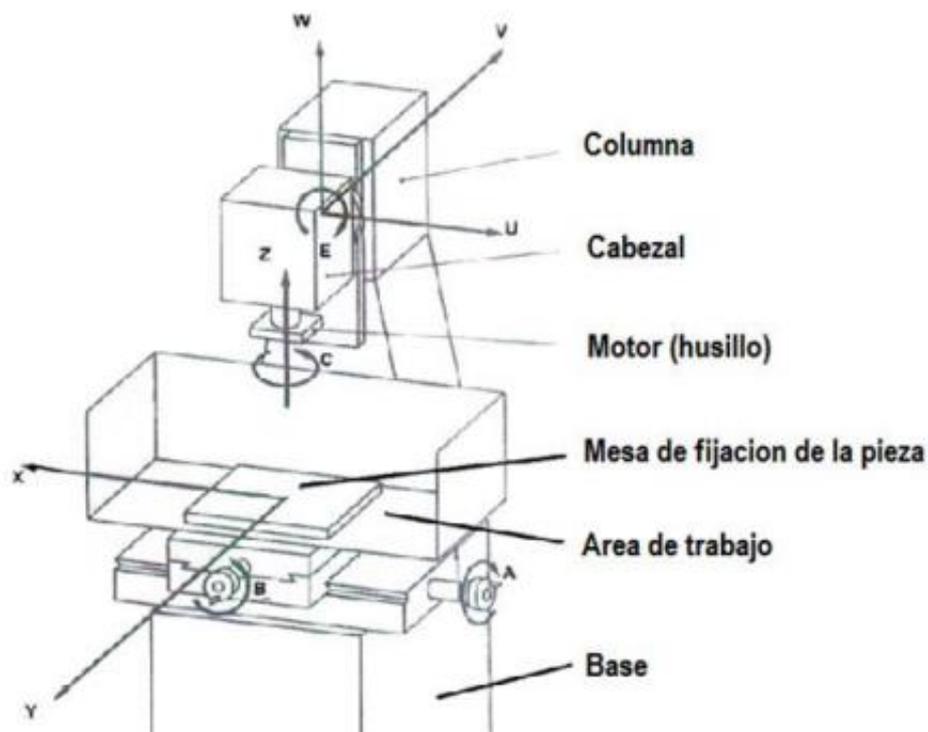


Imagen 2. Partes de una fresadora

El husillo es un componente crítico en una fresadora de 3 ejes, ya que es responsable de hacer girar la herramienta de corte que elimina el material de la pieza de trabajo. Las especificaciones del husillo incluyen su velocidad, la potencia del motor. La velocidad del husillo debe estar alineada con el material mecanizado y el diámetro de la herramienta de corte para lograr el corte deseado.

Los distintos ejes de una fresadora de 3 ejes juegan un papel vital en el proceso de mecanizado. El eje X permite que la pieza de trabajo se mueva transversalmente, el eje Y permite el movimiento horizontal y el eje Z proporciona el movimiento vertical que determina la profundidad de corte. Estos ejes controlan la dirección, la velocidad y la precisión de la herramienta de corte, lo que garantiza un corte, taladrado, roscado y otras operaciones de mecanizado de precisión.

La velocidad del husillo y tasa de alimentación (en el supuesto de fresadoras totalmente automatizadas) de una fresadora de 3 ejes afectan la eficiencia, calidad y precisión del proceso de mecanizado. La velocidad del husillo determina la velocidad de rotación de la herramienta de corte y, por lo tanto, afecta la velocidad a la que se elimina el material (dependiendo del tipo de material esta puede ser mayor o menor). La velocidad de avance determina como de rápido se mueve la herramienta de corte a través del material, lo que afecta a la calidad del corte y la vida útil de la herramienta. La selección adecuada de la velocidad del husillo y la velocidad de avance es crucial para lograr la calidad deseada en el fresado y minimizar el desgaste y la rotura de la herramienta.

Existen varios tipos de fresadoras de 3 ejes: fresadoras verticales, fresadoras horizontales, fresadoras CNC de escritorio. El caso de nuestra máquina de estudio, es una fresadora vertical.

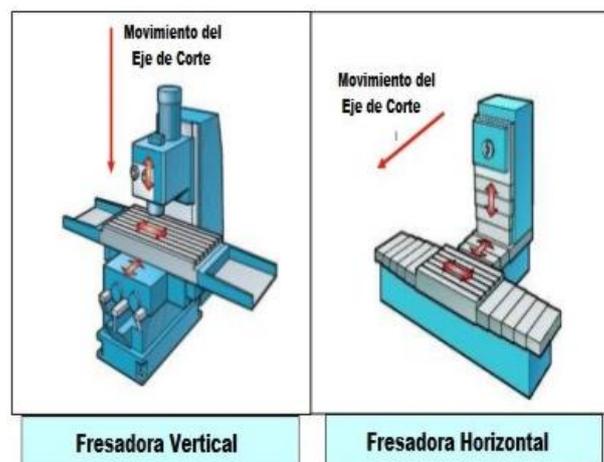
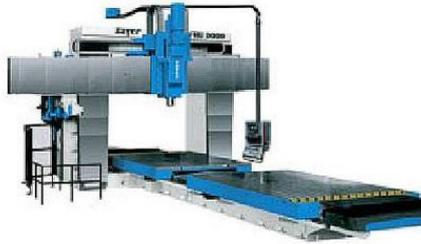


Imagen 3. Diferencias vertical y horizontal

Fresadora puente



Fresadora vertical Fresadora horizontal



Imagen 4. Tipos de fresadoras

Las fresadoras verticales son el tipo más utilizado de fresadoras de 3 ejes. Estas máquinas tienen un husillo vertical que sube y baja dándole el movimiento a la herramienta de corte. Son más adecuadas para realizar fresados en grandes superficies verticales, como las que se encuentran en componentes de máquinas, moldes y matrices. Con las fresadoras verticales, los operadores pueden ajustar el ángulo y la posición del husillo para crear diferentes geometrías de corte, lo que las hace muy versátiles.

Las fresadoras verticales pueden fresar diferentes piezas con distintas geometrías y formas. También son relativamente fáciles de manejar y requieren un tiempo de configuración mínimo. Sin embargo, pueden tener dificultades para mecanizar las piezas con dimensiones muy grandes debido a las limitaciones del husillo vertical, y pueden ser difíciles de configurar para algunas operaciones de corte.



2.1.2 TIPO DE FRESAS UTILIZADAS

La fresa es la herramienta de corte que se emplea en las fresadoras. Una fresa contiene uno o varios filos, bordes cortantes arrancan virutas de metal cuando gira la herramienta. Existen muchos tipos de fresas diferentes, dependiendo del tipo de operación que se vaya a hacer sobre la pieza



Imagen 5 . Fresa punta de bola, acero rápido (HSS) Radio punta 1,5mm – 2 labios



Imagen 6. Fresa punta plana, carburo (HRC 50) 8mm de diámetro, 40mm de corte, 100mm de longitud – 2 labios



Imagen 7. Fresa punta plana, carburo 6mm de diámetro, 40mm de corte, 100mm de longitud -
- 4 labios



2.2 DOCUMENTACIÓN

La máquina de estudio de este trabajo tiene las siguientes características:

Ejes de Movimiento:

Eje X: Movimiento horizontal de adelante hacia atrás.

Eje Y: Movimiento horizontal de izquierda a derecha.

Eje Z: Movimiento vertical hacia arriba y hacia abajo.

Estructura:

-Mesa de trabajo: Superficie plana donde se fija el material a trabajar. A menudo tiene ranuras en T o una superficie perforada para sujetar las piezas de trabajo, en este caso la superficie es de aluminio y sujeción mediante tornillos. Se encuentra unida a la base de la estructura.

- Base: Formada por dos placas que forman el apoyo donde está alojado el husillo de bolas encargado de transmitir el movimiento en el eje X, este husillo es accionado mediante un motor paso a paso colocado en la parte delantera de la máquina, en los laterales de esta se encuentran dos guías lineales soportadas para acompañar el movimiento, donde irá alojado el puente de la máquina.

-Puente: Parte de la estructura que se mueve a lo largo del eje X, formado por dos placas laterales unidas entre sí, con 3 alojamientos, uno central, el cual es donde va alojado el husillo de bolas encargado de transmitir el movimiento en el eje Y, este también accionado por un motor paso a paso situado a un lateral. Los agujeros superior e inferior sirven de alojamiento para dos ejes guía que sirven de apoyo para acompañar el movimiento y a su vez forman los apoyos para sujetar la estructura que albergará el eje Z.

Sobre los ejes guía mencionados y el husillo, mediante rodamientos va conectada la base de la estructura donde irán alojados la herramienta de corte y el husillo de bolas encargado de transmitir el movimiento vertical, es decir, el eje Z; accionado por un motor paso a paso ubicado en la parte superior de este.



En el “Anexo I. Descripción general de la máquina fresadora “. Se exponen los 3 materiales con los que está conformada nuestra máquina y su descripción siendo:

- ACERO 1045
- ALEACION ALUMINIO 6082
- ALEACION ALUMINIO 5083

A continuación, se procede a enumerar los correspondientes elementos comerciales empleados cuya selección ha sido explicada y detallada en el “Anexo 2. Selección y dimensionamiento de componentes”.

Motores paso a paso

Eje X: 103H7124-0110 46 mm sq, 1.8 °, 4.8 V DC conectado mediante un acoplamiento al husillo.

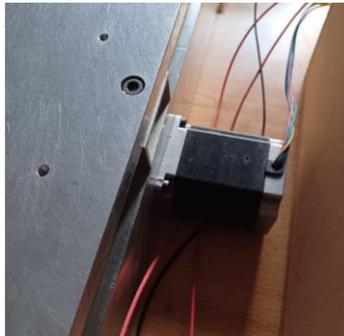


Imagen 8. Detalle de la posición del motor

Eje Y: ACT 23HS2430 Stepper motor, 4 pole, 1.8 °, 4.8 V DC conectado mediante un acoplamiento al husillo.

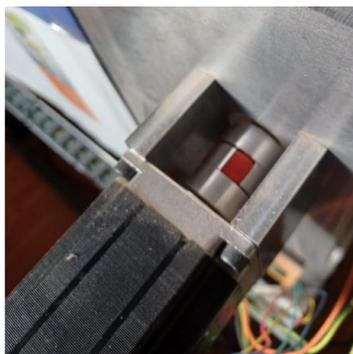


Imagen 9. Detalle de la posición del motor



Eje Z:

103H7124-0110 46 mm sq, 1.8 °, 4.8 V DC DC conectado mediante un acoplamiento al husillo.



Imagen 10. Detalle de la posición del motor

Rodamientos

Eje X:

Rodamiento lineal de bolas abierto estándar LSE16UU-OP (jaula de plástico) alojados en los ejes guía, 4 en total, habiendo dos de ellos en cada eje, y unidos a la base del puente de la estructura.

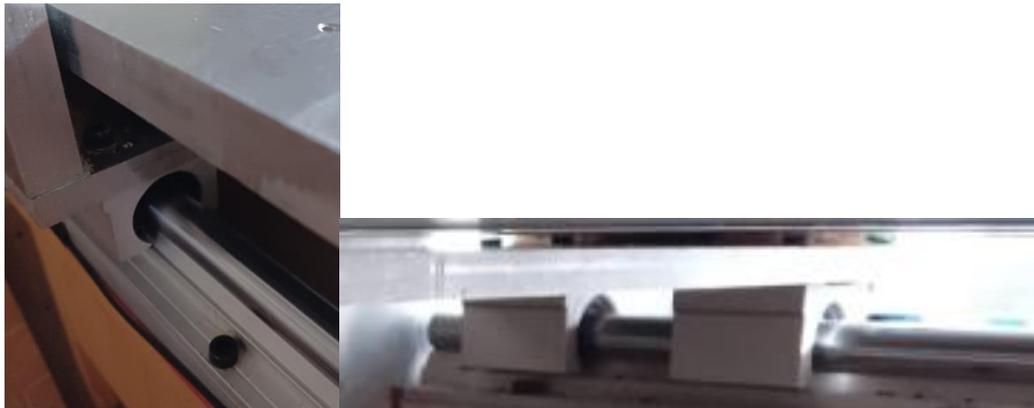


Imagen 11. Detalle de los rodamientos

Rodamiento lineal de bolas estándar BBE20 (jaula de plástico), situado en el alojamiento del husillo con la parte trasera de la máquina.



Eje Y:

Soporte cerrado para casquillo de bolas estándar, cerrado, LSE16UU (jaula de plástico), situados en los ejes guía, 4 en total, habiendo 2 en cada uno de los ejes, y unidos a la estructura que hace de soporte para el eje Z.



Imagen 12. Detalle de los rodamientos

Rodamiento lineal de bolas estándar, cerrado, de la marca NTN, BBE20 (jaula de plástico), situado en el alojamiento de los ejes guías con los laterales del puente.

Eje Z:

Guías lineales Hiwin MGN12, colocadas en los laterales, acompañan el movimiento y están conectadas con el soporte de la herramienta de mecanizado



Imagen 13. Detalle de los rodamientos

Soporte husillo eje Z:

Soporte BK12+BF12, colocados en los extremos del husillo

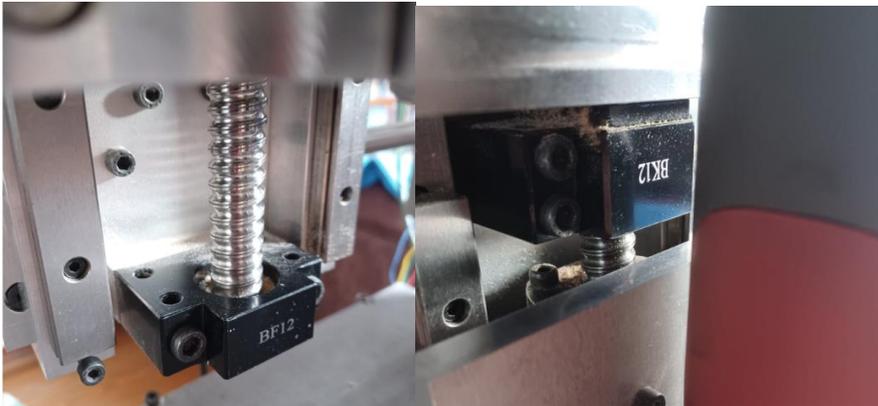


Imagen 14. Detalle de los soportes

LISTADO DE PLANOS DE LAS PIEZAS QUE COMPONEN LA MAQUINA

En la siguiente tabla se recogen los planos de las piezas ubicadas en el “Anexo VI”.

Nº de Plano	Descripción
1	Soporte delantero motor
2	Placa central Eje X
3	Apoyo mesa de trabajo
4	Mesa de trabajo
5	Ejes guías eje Y
6	Placa unión trasera
7	Placa lateral puente
8	Placa base Eje Z

Tabla 1. Listado de planos



3. COMPROBACIÓN ANALÍTICA

Los cálculos analíticos realizados sobre la maquina se han expuesto en el “Anexo II. Selección y dimensionamiento de componentes “. Mediante los diagramas de sólido libre de cada una de las piezas principales de la estructura se obtendrán las reacciones y así conocer los esfuerzos a los que están sometidas cada una de dichas piezas.

En primer lugar, se parte del cálculo de la fuerza de corte que produce el husillo, que sumado al peso de la estructura genera los principales esfuerzos.

Se han realizado cálculos en dos situaciones, trabajando madera, y la más desfavorable, la mecanización de aluminio. De este último caso se han utilizado los resultados a la hora de hacer comprobaciones de los elementos comerciales, al ser el caso más restrictivo.

Comparación de la fuerza y potencia de corte necesaria:

	Madera	Aluminio
Fuerza de corte (N)	52,52	827,264
Potencia de corte (W)	101,206	437,636

Tabla 2. Fuerza y potencia

Dimensiones de los ejes necesarias para soportar los esfuerzos:

Diametro mínimo necesario (mm)	Aluminio
Eje coordenada Z	11,2
Ejes guía coordenada Y	11,33
Ejes guía coordenada X	11,54
Husillo coordenada X	13,36
Husillo coordenada Y	12,8

Tabla 3. Dimensiones de cada eje

4. SELECCIÓN ELEMENTOS COMERCIALES

Los elección y justificación de elementos comerciales se exponen en el “Anexo II. Selección y dimensionamiento de componentes”.

Se definen y justifican las capacidades mecánicas de cada elemento, mediante el cálculo y comprobaciones que el propio fabricante aporta en su respectivo catálogo

Motores paso a paso

103H7124-0110 46 mm sq, 1.8 °, 4.8 V DC

Model number		Holding torque at 2-phase energization [N·m (oz·in) min.]	Rated current A/phase	Wiring resistance Ω/phase	Winding inductance mH/phase	Rotor inertia [$\times 10^{-4}$ kg·m ² (oz·in ²)]	Mass (Weight) [kg (lbs)]	Motor length (L) mm (in)
Single shaft	Dual shaft							
103H7121-0140	103H7121-0110	0.39 (55.2)	1	4.8	8	0.1 (0.55)	0.47 (1.04)	41.8 (1.65)
103H7121-0440	103H7121-0410	0.39 (55.2)	2	1.25	1.9	0.1 (0.55)	0.47 (1.04)	41.8 (1.65)
103H7121-0740	103H7121-0710	0.39 (55.2)	3	0.6	0.8	0.1 (0.55)	0.47 (1.04)	41.8 (1.65)
103H7123-0140	103H7123-0110	0.83 (117.5)	1	6.7	15	0.21 (1.15)	0.65 (1.43)	53.8 (2.12)
103H7123-0440	103H7123-0410	0.83 (117.5)	2	1.6	3.8	0.21 (1.15)	0.65 (1.43)	53.8 (2.12)
103H7123-0740	103H7123-0710	0.78 (110.5)	3	0.77	1.58	0.21 (1.15)	0.65 (1.43)	53.8 (2.12)
103H7124-0140	103H7124-0110	0.98 (138.8)	1	7	14.5	0.245 (1.34)	0.8 (1.76)	63.8 (2.51)

Tabla 4. Características del motor

ACT 23HS2430 Stepper motor, 4 pole, 1.8 °, 4.8 V DC

Electrical Specifications:

Series Model	Step Angle (deg)	Motor Length (mm)	Rated Current (A)	Phase Resistance (ohm)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N·cm Min)	Detent Torque (N·cm Max)	Rotor Inertia (g·cm ²)	Lead Wire (No.)	Motor Weight (g)
23HS8404	1.8	76	4.2	0.6	1.8	180	6.0	440	4	1050
23HS1430	1.8	100	3.0	1.4	5.5	250	10	680	4	1250
23HS1410	1.8	100	4.2	0.8	3.0	250	10	680	4	1250
23HS2430	1.8	112	3.0	1.6	6.8	280	12	800	4	1400

Tabla 5. Características del motor

Rodamientos

Rodamiento lineal de bolas abierto estándar LSE16UU-OP

Dimensiones [mm]				Capacidad de carga dinámica [N]	Capacidad de carga estática [N]	Peso [g]	Referencia
M	P	K	S				
M5	8	11	4,2	416	784	175	LSE12UU
M6	10	13	5,2	432	892	260	LSE16UU

Referencia	Dimensiones [mm]										
	Ød	ØD H6	H ^{+0,01} / _{-0,02}	W	L +0,3	F	G	Y	B	C	
LSE12UU	12	22	18	43	39	35	25	10	32	23	
LSE16UU	16	26	22	53	43	42	30	12	40	26	

Tabla 6. Dimensiones y referencias

Rodamiento lineal de bolas estándar BBE20

Referencia				Dimensiones [mm]							
Estándar		Resistente a la corrosión		Ød	Tolerancia	ØD	Tolerancia	L	Tolerancia	B	Tolerancia
Jaula de plástico	Jaula de acero	Jaula de plástico	Jaula de acero inox								
BBE3	BBE3A	BBES3	BBES3A	3	+0,008 0	7	0 -0,008	10	0 -0,012	-	-
BBE4	BBE4A	BBES4	BBES4A	4		8		-		-	
BBE5	BBE5A	BBES5	BBES5A	5		12		14,5			
BBE8	BBE8A	BBES8	BBES8A	8		16	16,5				
BBE10	BBE10A	BBES10	BBES10A	10		19	22	0		0	
BBE12	BBE12A	BBES12	BBES12A	12		22	22,9	-0,2		-0,2	
BBE16	BBE16A	BBES16	BBES16A	16		26	24,9				
BBE20	BBE20A	BBES20	BBES20A	20		32	31,5				

Tabla 7. Dimensiones y referencias

Soporte cerrado para casquillo de bolas estándar, cerrado, LSE16UU

Referencia	Dimensiones [mm]									
	Ød	ØD H6	H ^{+0,01} / _{-0,02}	W	L +0,3	F	G	Y	T	B
LSE12UU-OP	12	22	18	43	39	28	23,5	8	16,65	32
LSE16UU-OP	16	26	22	53	43	35	30	12	22	40

Dimensiones [mm]						Capacidad de carga dinámica [N]	Capacidad de carga estática [N]	Peso [g]	Referencia
C	M	P	K	S	R +0,6				
23	M5	8	11	4,2	7	416	784	145	LSE12UU-OP
26	M6	10	13	5,2	9,4	432	892	218	LSE16UU-OP

Tabla 8. Dimensiones y referencias



Guías lineales Hiwin MGN12

Tabla 3.84 DIMENSIONES DEL PATÍN

Series / tamaño	Dimensiones instalación (mm)			Dimensiones del patín (mm)											Capacidades de carga (N)		Peso (kg)
	H	H _r	N	W	B	B ₁	C	L ₁	L	G	G _r	M × l	H ₂	C _{dyn}	C ₀		
MGN05C	6	1.5	3.5	12	8	2.0	-	9.6	16.0	-	∅0.8	M2 × 1.5	1.0	540	840	0.008	
MGN05H							-	12.6	19.0	-	-	-	-	-	-	670	1.080
MGN07C	8	1.5	5.0	17	12	2.5	8	13.5	22.5	-	∅ 1.2	M2 × 2,5	1,5	980	1.245	0.010	
MGN07H							13	21,8	30,8	-	-	-	-	-	-	1.372	1.960
MGN09C	10	2.0	5.5	20	15	2.5	10	18,9	28,9	-	∅ 1,4	M3 × 3	1,8	1.860	2.550	0.020	
MGN09H							16	29,9	39,9	-	-	-	-	-	-	2.550	4.020
MGN12C	13	3.0	7.5	27	20	3.5	15	21,7	34,7	-	∅ 2	M3 × 3,5	2,5	2.840	3.920	0.030	
MGN12H							20	32,4	45,4	-	-	-	-	-	-	3.720	5.880

Tabla 9. Dimensiones y referencias

5. SIMULACION SOLIDWORKS

El modelado y cálculo realizado sobre la fresadora se han expuesto en el “Anexo III. Simulación mediante SolidWorks “. El software CAD SolidWorks es una aplicación de automatización de diseño mecánico que permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados.

El orden en el que se han realizado las fases de modelado y definición han sido:

1. Asignación de materiales

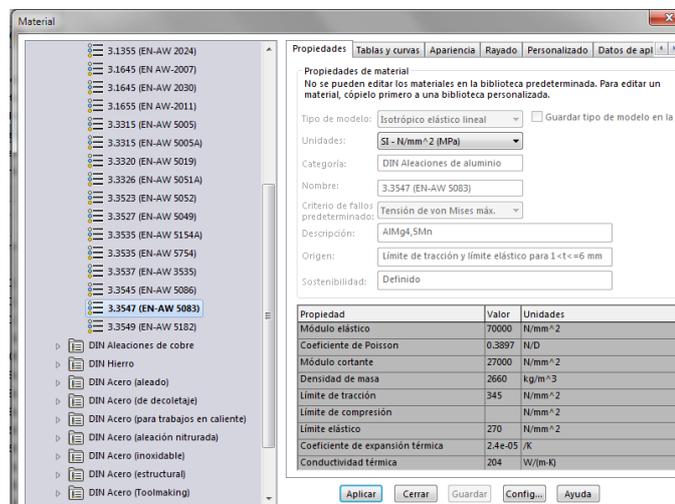


Imagen 15. Material

2. Definir las conexiones y contacto entre los componentes

3. Definir las cargas y su posición



Imagen 16. Cargas

4. Establecer restricciones de movimiento y apoyos entre piezas

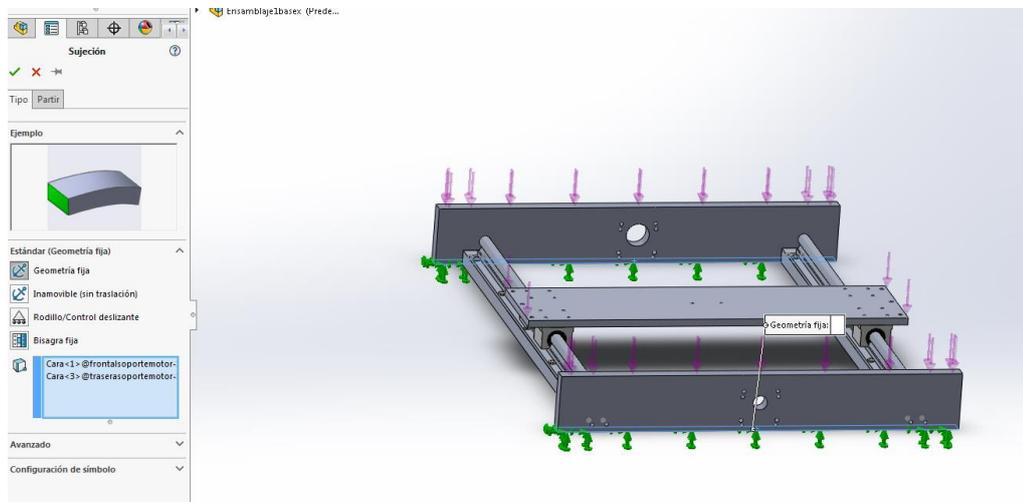


Imagen 17. Apoyos

5. Mallado

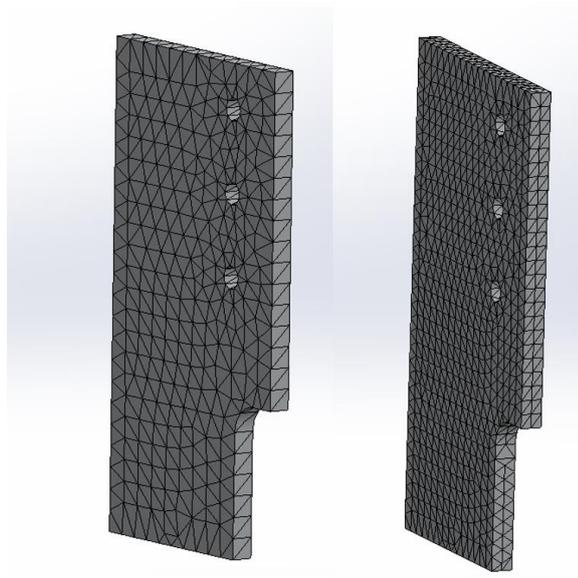


Imagen 18. Mallado

RESULTADOS SIMULACIÓN

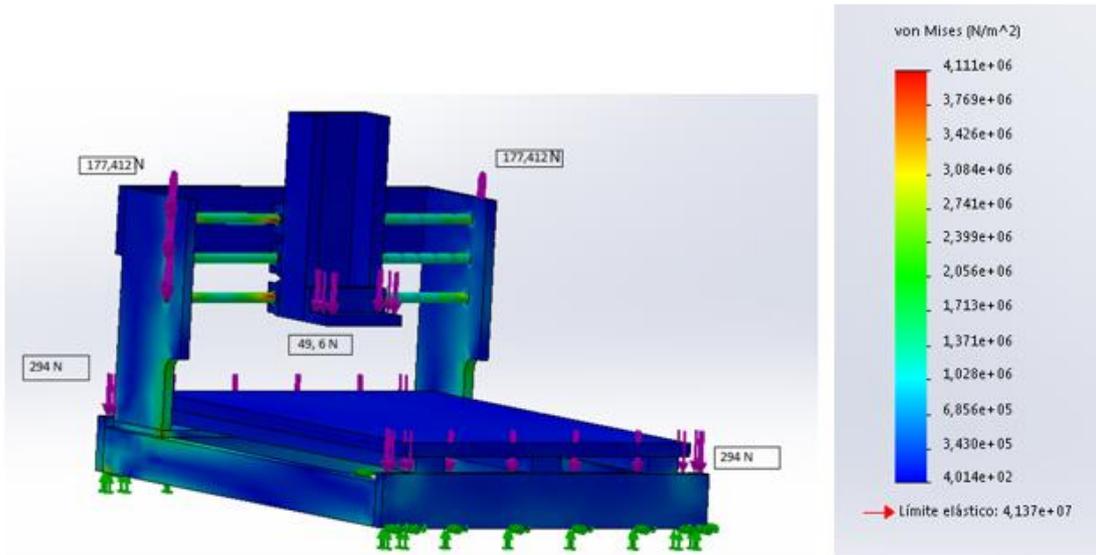


Imagen 19. Tensiones

Gran parte de las tensiones las reciben los ejes guía del eje Y, encontrándose su valor máximo en las zonas de unión con los laterales y cerca del punto de contacto de los rodamientos que soportan el eje Z con un valor máximo de $4.111e+06 \text{ N/m}^2 = 4.11 \text{ MPa}$, muy por debajo del límite elástico del material.

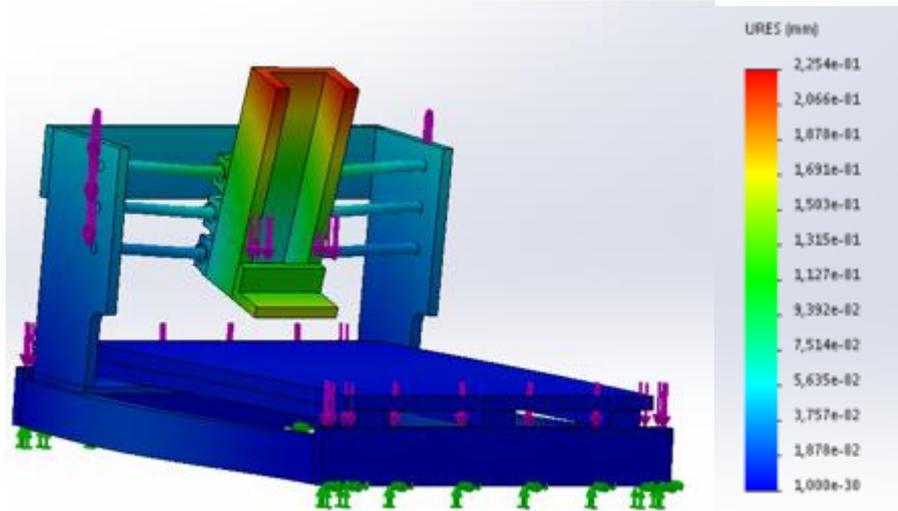


Imagen 20. Desplazamientos

Los desplazamientos prácticamente se producen en el soporte del eje Z, tomando valores máximos en las zonas en las que se aloja la herramienta que mecaniza el material siendo la mayor deformación 0,225 mm. Estas deformaciones son asumibles ya que, al no tratarse de una herramienta de precisión, ni se necesita mecanizar formas demasiado complejas, no impiden ni dificultan el correcto trabajo y comportamiento de la máquina.

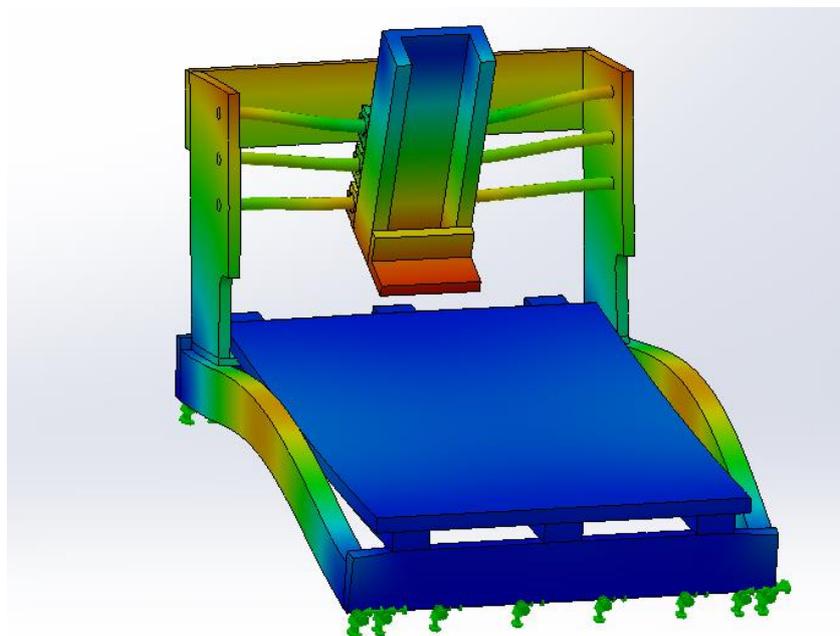


Imagen 21. Deformaciones



6. MOTORES, DRIVERS Y ELECTRONICA

En el Anexo IV se detalla brevemente los drivers que controlan los motores y la electrónica que hay detrás de todo el proceso del funcionamiento correcto de nuestra máquina 3 ejes.

Drivers utilizados para el control de los distintos motores:

Modelo Leadshine 542A

Características más importantes:

DM542A es un driver de 2 fases híbrido para motores paso a paso.

Parameters	DM542			
	Min	Typical	Max	Unit
Output Current	1.0	-	4.2 (3.0 RMS)	A
Input Voltage	+20	+36	+50	VDC
Logic Signal Current	7	10	16	mA
Pulse input frequency	0	-	200	kHz
Pulse Width	2.5	-	-	uS
Pulse Voltage	5	-	24	VDC
Isolation resistance	500			MΩ

Tabla 16. Características



7. CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto es la documentación, modelado y comprobación de los componentes fundamentales de una maquina fresadora de 3 ejes para uso doméstico tanto de forma analítica como con la integración de herramientas CAD / CAE como es "SolidWorks".

En primer lugar, mediante la toma de medidas de forma manual utilizando elementos de medición como el calibre pie de rey o el metro se ha generado un plano para cada una de las piezas que conforman toda la estructura, así como detallar paso a paso el ensamblaje progresivo de cada elemento, desde la base de la estructura que corresponde al eje X, hasta el soporte que sostiene el husillo de corte, en el eje Z.

Posteriormente, se han realizado una serie de cálculos analíticos analizando varias cargas de trabajo, utilizando la más desfavorable (fresado de aluminio) como punto de partida, para detallar las dimensiones correctas que debe cumplir los elementos para hacer frente a los esfuerzos de forma segura.

Por último, se ha modelado mediante el software "SolidWorks" los elementos que componen el sistema tomando como referencia las medidas obtenidas en los cálculos analíticos. El modelado en 3D ha permitido realizar el análisis de tensión de Von Mises, desplazamientos y factor de seguridad del sistema. Mediante la herramienta Simulation del programa SolidWorks se ha podido representar los puntos de mayor tensión o más desfavorables de cada uno de los componentes de la fresadora.



POSIBLES MEJORAS ESTRUCTURALES

La base de la estructura, concretamente la parte relacionada con el eje X, consta de 2 guías laterales y el tornillo de potencia en el centro encargándose de llevar el movimiento de todo el eje Y a través del motor.

Esto produce pequeñas oscilaciones en las guías y podría acabar provocando problemas de torsión; por lo que se ha optado por una posible alternativa que consiste en añadir una tercera guía justo en el centro de la estructura, añadiendo 2 rodamientos extra; y entre estas guías añadir un husillo adicional.

A nivel tensional, recae menos esfuerzo en cada uno de los husillos encargados del movimiento; y al estar cerca de los extremos laterales, evitan prácticamente el problema de la torsión y las pequeñas oscilaciones que pudiesen ocurrir en las guías laterales.

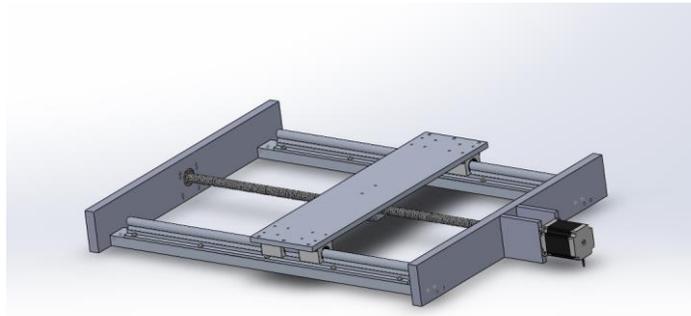


Imagen 22. Eje X original

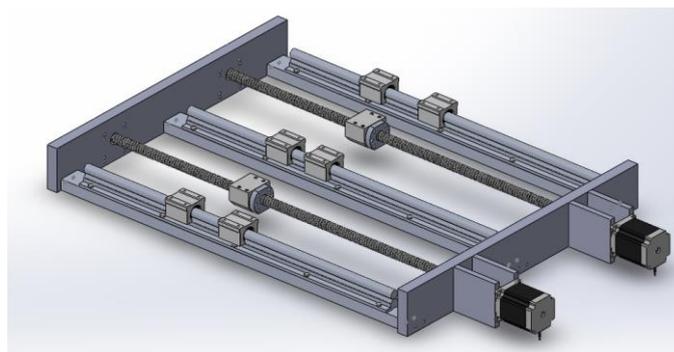


Imagen 23. Nuevo eje X



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

8. APOORTE AL AUTOR

La realización presente trabajo de fin de grado ha supuesto un reto a nivel personal, así como una experiencia de poder documentar una máquina “real”. Al no tener prácticamente documentación de partida, más allá de algún catalogo comercial, comparar distintas fuentes para recabar información considero que me será útil a futuro el conocer de forma más práctica algo que, durante el Grado hemos estado tratando desde un punto mucho más teórico.

Como conclusión final, el desarrollo del presente me ha aportado una visión más técnica y crítica ya que, es una prueba de que la experiencia en un sector muchas veces es más importante que tener conocimientos avanzados, ya que la fresadora se hizo mucho más resistente para que no hubiese problemas a futuro sin saber exactamente que esfuerzos soportaba. He sido consciente de las dificultades que surgen a lo largo de la elaboración de un proyecto tan complejo y las posibles formas de afrontar los problemas.



Universidad
Zaragoza



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

9. BIBLIOGRAFÍA

Apuntes de la asignatura “Criterios de diseño de máquinas” (2020) Zaragoza: Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza.

SOLIDWORKS EDUCATION. Guía del estudiante para el aprendizaje del software SolidWorks. (2019)

<https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/procesos-fabricacion/mecanizado/arranque-de-viruta/fresado>

<https://repositorio.utn.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/7479/2/04%20MEC%20097%20ARTICULO.pdf> . Artículo sobre máquina CNC (Control Numérico Computarizado) de 3 ejes para el grabado de placas conmemorativas

Catálogo de rodamientos lineales de bolas NTN

https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2017-04/ball_bushings_es.pdf

Información técnica de los materiales utilizados:

<https://monpex.com/wp-content/uploads/GrupoMonpex-AleacionAluminio5083.pdf>