

DESARROLLO DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO DE CINCO
EJES TIPO ROUTER QUE CONTRIBUYA A LOS PROCESOS DE
MANUFACTURA DE LA EMPRESA GREEN FISH DE LA CIUDAD DE
POPAYÁN



REALIZADO POR: JAVIER ANDRÉS RODRÍGUEZ PIAMBA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA – UNICOMFACAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA MECATRÓNICA

POPAYÁN, CAUCA

2023

**DESARROLLO DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO DE CINCO EJES
TIPO ROUTER QUE CONTRIBUYA A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA
EMPRESA GREEN FISH DE LA CIUDAD DE POPAYÁN**

REALIZADO POR: JAVIER ANDRÉS RODRÍGUEZ PIAMBA

**ANTEPROYECTO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO MECATRÓNICO**

DIRECTOR: MSC JHON ALEXANDER GUERRERO NARVAEZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA COMFACAUCA – UNICOMFACAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA MECATRÓNICA

POPAYÁN, CAUCA

2023

Índice

Contenido

Resumen.....	11
Introducción.....	12
Planteamiento del problema.....	14
Justificación.....	19
Objetivos	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos.....	21
Metodología	22
Ventajas y desventajas del modelo V	22
Las ventajas del modelo V.....	22
Las desventajas del modelo V.....	23
Fase de antecedentes	24
Fase de diseño	24
Fase de construcción.....	25
Fase de validación.....	25
Materiales a usar	26
Cronograma de actividades	32
Presupuesto del proyecto	33
Presupuesto general.....	34
Productos esperados.....	35
1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y MARCO CONCEPTUAL	35
1.2 Componentes del movimiento de los ejes de una máquina CNC de 5 ejes	36
1.3 Tipos de movimiento de los ejes de una máquina CNC de 5 ejes	37
1.4 máquinas de CNC	38
1.4.1 Máquina CNC para metal	38
1.4.2 Metales más populares para CNC:.....	39
1.4.3 Tipos de metal condensarlos en tabla	42
1.4.4 Algunos ejemplos de maderas para trabajar con CNC son:	43

1.4.5 Consideraciones cruciales al seleccionar la madera ideal para realizar un proyecto.....	46
1.5 Otros materiales	48
(Isaac, 2022).....	48
1.6 Máquina CNC de 5 ejes.....	49
1.6.1 Según la herramienta	49
1.7 Tipos de herramientas para máquinas CNC.....	50
Calculate Chip Load	58
1.8 Parámetros de mecanizado importantes	60
1.9 conceptos para el diseño y desarrollo de una máquina CNC de 5 ejes.....	62
1.9 Antecedentes.....	63
1.10 Vigilancia tecnológica	66
Materiales avanzados.....	68
2.CAPÍTULO II FASE DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA CNC DE CINCO EJES.....	72
2.1 Diseño de bosquejos de prototipos.....	74
2.2 requisición de materiales para fabricación de una máquina de CNC.	75
2.2.1 costos de insumos y materiales para la Máquina cnc de cinco ejes.....	84
2.3 Diseño mecánico CAD de prototipo de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.....	86
2.4 Diseño mecánico CAD de prototipo de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.....	91
2.4 Vista y planos de ingeniería de una máquina de CNC de cinco ejes.....	96
2.5 Simulación CAE de máquina de CNC de cinco ejes.....	96
2.5 Simulación bajo software CURA fabricación de máquina de CNC 5 ejes.....	100
2.6 Código G de las partes de máquina de CNC de cinco ejes.....	101
2.7 diseño de servidor web.....	101
3 CAPÍTULO III FASE DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CNC DE 5 EJES.....	102
3.1 Construcción de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.....	102
3.2 corte por láser de co2 de las partes de la máquina de cnc de 5 ejes	105
Figura 108, base Y dxf(Rodriguez, 2023)	106
3.2 Integración de insumos electrónicos a máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.....	109
3.3 Diseño de programa Visual Script de Mach3 para trayectorias de cambio de herramienta o sistema ATC.....	111

4 CAPÍTULO IV FASE DE VALIDACIÓN DE LA MÁQUINA CNC DE 5 EJES.	111
4.1 Pruebas de los sistemas electrónicos y mecánicos de la máquina.	111
4.2 Generación de cálculos de movimiento de motores de los ejes	112
Cálculo de voltaje de salida para driver A4988 de popolu	118
Calcular voltaje de salida	119
Diagrama del driver A4988	120
Código G y M para uso de CNC para el uso en Gcode	124
4.3 Realizar la fabricación de una pieza para las empresas.....	125
CONCLUSIONES.....	127
TRABAJOS FUTUROS	129
REFERENCIAS.....	130
ANEXOS	132
ANEXO 01.....	132
ANEXO 02.....	138
ANEXO 03.....	147
ANEXO 04.....	155
ANEXO 05.....	164
ANEXO 06.....	173
ANEXO 07.....	182
ANEXO 09.....	185
ANEXO 10.....	185
ANEXO 11	186

Contenido de figuras

Figura 1.metodología (appvizer, 2022).....	23
Figura 2.A4988 (Driver Motores Paso a Paso A4988 VISTRONICA SAS, s. f.)	26
Figura 3.A4988 (Driver Motores Paso a Paso A4988 VISTRONICA SAS, s. f.)	27
Figura 4.mach3,(Controlador CNC MACH 3 Para 5 Ejes, s. f.).....	27
Figura 5.mach3,(Dremel 300-25 Características, s. f.).....	28
Figura 6.mach3, (Controlador CNC MACH 3 Para 5 Ejes, s. f.).....	29
Figura 7.mach3, (Controlador CNC MACH 3 Para 5 Ejes, s. f.).....	30
Figura 8., (Rodamiento Axial Modelo 608ZZ 8mm, s. f.).....	30
FIGURA 9.(Varilla Roscada Trapezoidal 8x300 mm 4 Hilos, s. f.).....	30
Figura 10.(Perfiles: Perfil de aluminio OB2020L para CNC, s. f.).....	31
Figura 11.fresadora cnc 5 ejes, (aliexpress, 2023).....	36
Figura 12.mecanizado,(Armyagov, 2023).....	38
Figura 13.router cnc (STYLECNC, 2022).....	39
FIGURA 14.dibujo fresa 5 ejes (hwlibre, 2022)	49
FIGURA 15,movimiento ejes, (hwlibre, 2022)	49
Figura 16.router cnc, (minimillr, 2020).....	50
FIGURA 17.router con herramienta automática, (stylecnc, 2022)	50
FIGURA 18.herramientas de corte: (Fictiv,2021).....	50
Figura 19.(Fictiv, 2021).....	51
Figura 20.(Fictiv, 2021).....	51
Figura 21.(Fictiv, 2021).....	51
Figura 22.(Fictiv, 2021).....	52
figura 23.(Fictiv, 2021).....	52
Figura 24.(Fictiv, 2021).....	52
Figura 25.(Fictiv, 2021).....	53
Figura 26.(Fictiv, 2021).....	53
Figura 27.(Fictiv, 2021).....	53
Figura 28.(Fictiv, 2021).....	53
Figura 29.(Fictiv, 2021).....	54
Figura 30.(Fictiv, 2021).....	54
Figura 31.(Fictiv, 2021).....	54
Figura 32.(Fictiv, 2021).....	54
Figura 33.mecanizado torno: (vurcon, 2022).....	55
Figura 34.(Machinist,2020).....	56
Figura 35.(sandvik, 2023).....	56
Figura 36.(Camcut, 2023)	56
Figura 37.(vortextoo, 2023).....	57
Figura 38.(fswizard., 2023).....	57
Figura 39.(gdptooling, 2023)	58
Figura 40.(cutter-shop, 2023).....	58
Figura 41.(fswizard, 2023).....	58
Figura 42.(machsupport, 2023).....	59

Figura 43.(linuxcnc, 2023).....	59
Figura 44.(dakeng, 2020).....	59
Figura 45.(github, 2023).....	60
Figura 46.(cncdrive, 2023).....	60
Figura 47.fresa romi cnc (epoch, 2023).....	63
Figura 48.torno cnc (kuzu, 2022).....	65
Figura 49.mini torno cnc(onlineshop, 2023).....	66
Figura 50.Primer versión de la máquina CNC de 5 ejes (Propio).....	74
Figura 51.Segundo diseño (Propio).....	74
Figura 52.Tercer diseño (Propio).....	75
Figura 53.rodamiento lineal (propia).....	75
Figura 54.rodamiento axial (propia).....	76
Figura 55.A4988 (propio).....	76
Figura 56.aluminio 6063-T5 (Propio).....	76
Figura 57.Dremel 300 (Propio).....	77
Figura 58. Tuerca T8 (Propia).....	77
Figura 59.Engrane plástico (Propio).....	77
Figura 60.Engrane plástico (Propio).....	78
Figura 61.Engrane latón (Propio).....	78
Figura 62.Engrane acero (Propio).....	78
Figura 63.Mach3 breakboard (Propia).....	79
Figura 64,Fuente alimentación (Propia).....	79
Figura 65.caja botonera (Propia).....	79
Figura 66.End-stop (Propia).....	80
Figura 67.Contactador eléctrico (Propia).....	80
Figura 68.Disyuntor térmico (Propia).....	80
Figura 69.Bornera eléctrica (Propia).....	81
Figura 70.lamina aluminio (Propia).....	81
Figura 71.Riel DIN (Propia).....	81
Figura 72.esquinero plástico (Propia).....	82
Figura 73.varilla roscada (Propia).....	82
Figura 74.Motor Nema 17 (Propia).....	82
Figura 75.Computador (yanus, 2023).....	83
Figura 76.SK8 (Propia).....	83
Figura 77.MDF (Propia).....	83
Figura 78.mordaza horizontal: (Fuente propia).....	86
Figura 79.Soporte T8: (fuente propia).....	87
FIGURA 80.base quinto eje (fuente propia).....	88
Figura 81.soporte eje x: (fuente propia).....	88
Figura 82.soporte eje Z (Propia).....	89
Figura 83.soporte eje A (Propia).....	90
Figura 84.base eje Y: (Propia).....	90
Figura 85.ensamble X, Y(Propia).....	92

Figura 86.ensamble Z: (Propia)	93
Figura 87.ensamble ejes A y B: (Propia)	94
Figura 88.vista frontal: (Propia)	94
Figura 89.vista lateral: (Propia)	95
Figura 90.vista superior (Propia)	95
Figura 91.vista isométrica: (Propia)	96
Figura 92.perfil 20x20 eje X CAE: (Propia))	97
Figura 93.perfil 20x20 Y CAE: (Propia)	98
Figura 94.base acrílico eje Z CAE: (Propia)	98
Figura 95.mordaza fija CAE: (Propia)	99
Figura 96.mordaza móvil CAE: (Propia)	100
Figura 97.mordaza en cura: (Propia)	100
Figura 98.soporte t8 en cura: (Propia)	101
Figura 99.diagrama de flujo: (Propia)	102
Figura 100.servidor web: (Propia)	102
Figura 101.foto eje Y (Propia)	103
Figura 102.foto eje X (Propia)	104
Figura 103.eje Z Eje cuarto y quinto (Propia)	104
Figura 104.foto eje A y B (Propia)	105
Figura 105. RD Works (RD Works, 2022)	105
Figura 106.parámetros de corte: (Propia)	106
Figura 107.base X dxf(Propia)	107
Figura 108.base z dxf (Propia)	107
Figura 109.base husillo dxf (Propia)	107
Figura 110.base eje A dxf (Propia)	108
Figura 111.base eje A dxf (Propia)	108
Figura 112.soporte eje A (Propia)	108
Figura 113.base eje B dxf (Propia)	109
Figura 114.conexión eléctrica (Propia)	109
Figura 115.conexión pc (Propia)	110
Figura 116.conexión mach3 (Propia)	110
Figura 117.conexión a fuente eléctrica (Propia)	111
Figura 118.tarjeta de control (Propia)	111
Figura 119.test A4988 (Propia)	112
Figura 120.diagrama motor pap (Propia)	113
Figura 121.sistema de cuarto eje (Propia)	115
Figura 122.mach3 motor tuning (Propia)	115
Figura 123.sistema de quinto eje (Propia)	117
Figura 124.(Propia)	121
Figura 125..(Propia)	121
Figura 126..(Propia)	122
Figura 127..(Propia)	122
Figura 128..(Propia)	122

Figura 129..(Propia)	123
Figura 130..(Propia)	123
Figura 131..(Propia)	123
Figura 132..(Propia)	123
Figura 133.pieza de prueba en SolidWorks: (Propia).....	125
Figura 134.pieza de prueba en Mastercam X5 (Propia)	126
Figura 135.pieza siendo mecanizada por Máquina cnc de 5 ejes (Propia)	126
Figura 136.pieza terminada (Propia)	127
Figura 137.plano mordaza móvil: (Propia)	132
Figura 138.plano mordaza fija (Propia)	133
Figura 139.plano soporte T8 (Propia)	133
Figura 140.plano soporte eje A (Propia)	134
Figura 141.plano soporte varilla 8mm (Propia)	134
Figura 142.plano base husillo (Propia)	135
Figura 143.plano base eje A(Propia).....	135
Figura 144.plano base quinto eje (Propia)	136
Figura 145.soporte para mesa (Propia).....	136
Figura 146.plano soporte eje Z (Propia).....	137
Figura 147.plano ensamble total (Propia)	137

Contenido de tablas

Tabla 1.Cronograma de actividades	32
Tabla 2.Presupuesto del proyecto	33
Tabla 3.Presupuesto general.....	34
Tabla 4.Productos esperados.....	35
Tabla 5.metales más populares para CNC	39
Tabla 6.maderas para trabajar con CNC	43
Tabla 7.Tipos de herramientas para máquinas CNC	51
Tabla 8.Parámetros de control CNC.....	56
Tabla 9.Parámetros de mecanizado importantes	60
Tabla 10.Comparativa entre una Máquina CNC de 5 ejes industrial y una domestica ..	69
Tabla 11.máquinas CNC de 5 ejes más reconocidas en el mercado.....	70
Tabla 12.diferencias entre las Máquinas CNC comerciales y las caseras.....	71
Tabla 13.Diseño de bosquejos de prototipos de máquina de cinco ejes con sistema atc	74
Tabla 14.requisición de materiales elementos, insumos, electrónica e instrumentación	75
Tabla 15.costos de insumos y materiales para la Máquina cnc de cinco ejes	84
Tabla 16.mecanizado y corte por láser de co2 de las partes necesarias para la construcción de la máquina de cnc de 5 ejes usando el programa de RD Works.....	105
Tabla 17.Calculo para la relación del sistema del cuarto eje	113
Tabla 18.Calculo para la relación del sistema del quinto eje	116
Tabla 19.Caculo de relación de transmisión para los ejes X, Y, Z	117

Tabla 20.Cálculo voltaje de salida para driver A4988 de popolu	118
Tabla 21.ConFiguración para ejecutar un programa GCODE en Mach3 Software	121
Tabla 22.Código G.....	124
Tabla 23.Código M	125

Resumen

El presente proyecto aborda la necesidad del sector empresarial Colombiano en la integración de la industria del Control Numérico Computarizado (CNC); evidenciando la necesidad de adquisición de tecnología CNC a precios asequibles en las industrias de metalmecánica, electrónica, arte y fabricación digital. Para aportar una solución a esta necesidad, este documento presenta el desarrollo mediante una investigación aplicada en caso de estudio en la empresa Green Fish de una máquina de control numérico de cinco ejes tipo router, se detalla el diseño, simulación y pruebas mecánicas de las piezas, partes, ensambles del chasis y componentes mecánicos de la máquina mediante el uso de herramientas software CAD/CAM /CAE; además, se desarrolla una aplicación software Open Source orientada a la industria 4.0 para la gestión y trazabilidad de los procesos de mecanizado; finalmente, se realiza el proceso de validación mediante el mecanizado de un tornillo helicoidal para dosificación de alimentos en un sistema acuapónico de la empresa Green Fish.

Introducción

Las tendencias en automatización industrial exigen la implementación de tecnologías de vanguardia y el uso de equipo especial para controlar y llevar a cabo los procesos de fabricación o manufactura, conducentes a la mejora de la calidad de los productos finales, el incremento en la flexibilidad de producción, la reducción en tiempos de fabricación y la incorporación de sistemas amigables de operación e interacción con el operario. Esto ha conllevado a la necesidad de realizar mecanizado multiaxial en los procesos de manufactura, impulsando los desarrollos en máquinas de control numérico computarizado (CNC), mediante la integración de procesadores, instrumentación electrónica y neumática, orientados a cubrir los desafíos de los diferentes procesos de mecanizado, usados en el sector industrial de metal mecánica, el sector artesanal y del sector de la fabricación digital.

La industria de Control Numérico Computarizado (CNC) en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la demanda de productos y servicios más precisos y eficientes. La tecnología CNC permite la automatización de la producción de piezas y componentes mediante la utilización de máquinas controladas por un ordenador (ACOF AE, 2019).

Según un informe de la Asociación Colombiana de Fabricantes de Máquinaria y Equipos (ACOF AE), en Colombia existen actualmente más de 200 empresas dedicadas a la fabricación y venta de Máquinarias CNC. Además, se estima que más del 50% de las empresas de la industria manufacturera en el país utilizan algún tipo de tecnología CNC en su proceso productivo (ACOF AE, 2019).

La industria automotriz es una de las principales que utiliza tecnología CNC en Colombia, seguida por la aeroespacial, la electrónica y la metalmecánica. Además, se espera que, en los próximos años, la industria de construcción y la de energías renovables también adoptarán esta tecnología, impulsadas por la necesidad de productos más eficientes y sostenibles (ACOF AE, 2019).

En términos de exportaciones, según el Banco de la República, en el año 2021 las exportaciones de Máquinarias CNC alcanzaron los USD 34 millones, lo que representa un crecimiento del 15% respecto al año anterior. Esto demuestra el potencial de esta industria en Colombia y su capacidad para competir en el mercado internacional (Calderón, 2021).

En resumen, la industria CNC en Colombia se encuentra en pleno crecimiento y tiene un gran potencial de desarrollo en los próximos años. Su adopción por parte de diferentes sectores de la economía y su capacidad para competir en el mercado internacional son indicativos de su importancia y relevancia en el país.

El control numérico computarizado es ampliamente usado en la industria para la creación y moldeado de piezas complejas de manera rápida y precisa, logrando aumentar los índices de productividad y calidad a la vez que se disminuyen los costos de producción, esto lo convierte en una herramienta que debe ser conocida y manejada eficazmente por operadores. No obstante, la utilización de este tipo de máquina herramienta resulta sumamente costosa, la compra, mantenimiento y el entrenamiento para aquellas personas que la utilicen. Es así, como es planteado uno de los objetivos fundamentales de este proyecto, el cual plantea el desarrollo de una máquina CNC de cinco ejes tipo router para procesos de mecanizado en los sectores de metal mecánica, artesanal y de fabricación digital, el cuál minimice los costos antes mencionados y poder a mediano plazo que las pequeñas y medianas empresas dispongan de una máquina herramienta automatizada cuyos costos de construcción, mantenimiento y entrenamiento sean menores que los que actualmente se encuentran en el mercado., Una de las ventajas más destacadas del mecanizado en cinco ejes es que las superficies libres complejas, pueden mecanizarse con una sola configuración. Sin embargo, las máquinas CNC de cinco ejes son muy caras, por lo que su uso está restringido a unas pocas grandes empresas, como una aproximación económica al mecanizado de cinco ejes, el método desarrollado consiste en determinar el número mínimo de configuraciones de piezas y su área de mecanizado potencial libre de interferencias y de colisiones, y generar la trayectoria de mecanizado de cinco ejes para cada configuración de piezas.

Planteamiento del problema

El mercado cada vez es más exigente y competitivo, razón por la cual las empresas siempre deben estar en constante innovación, tanto en los procesos de producción como en la calidad de los productos, por lo que es necesario buscar sistemas automatizados que brinden mejores prestaciones en el sector industrial de metal mecánica, el sector artesanal y del sector de la fabricación digital, entre otros (Xu & Newman, 2006).

En la industria, la demanda por las máquinas herramientas automatizadas, ha llevado a los desarrolladores de ensamblaje, extrusión, corte y mecanizado a dotar sus procesos productivos mediante equipos con sistemas asistidos por ordenador, debido a ello, los operarios, supervisan los procesos de mecanizado modernos en lugar de controlar e interpretar las trayectorias de las máquinas herramienta convencionales, además, con esta tecnología CNC, se pueden mecanizar diferentes diseños siguiendo patrones preconfigurados o de diseño paramétrico, y a su vez configurar los parámetros de corte, herramientas, velocidades de avances de equipos y diferentes operaciones de mecanizado como cajeras, contornos, planeados, rotación y perfilado, dentro de las máquinas o por medio de un software o firmware que se encuentra integrado a las mismas, convirtiéndolo en un sistema completamente automatizado; lo anterior expuesto, no podría realizarse eficientemente y con repetibilidad en la mayoría de las máquinas convencionales, además de disminuir el tiempo de mecanizado y alta exactitud en su área de trabajo, es por eso que es importante el uso o empleo de las máquinas CNC en la industria (SLU, 2020).

En el contexto mundial el sector manufacturero ha presentado una gran evolución en las Máquinarias de producción en serie, específicamente en el área industrial de fabricación de piezas metal-mecánicas, tanto que estas han colaborado con la mano de obra rutinaria por procesos automatizados eficientes. Día a día se fabrican más y más de estos modernos equipos, siendo poco probable entrar a una empresa de producción y no encontrarlos operando. Dichos equipos son muy útiles en la elaboración de trabajos rutinarios y repetitivos, en muchos casos trabajan hasta 24 horas sin descanso, por lo

cual, es inherente que estas requieran de los diferentes tipos de mantenimiento para su normal funcionamiento (Muñoz Montenegro,2019).

La manufactura y producción de la facultad de ingeniería mecánica de la escuela politécnica nacional en Quito Ecuador está usando un método de ingeniería inversa, a través de escáneres 3D, se realiza una proyección virtual de la pieza o componente a copiar por medio de software de realidad virtual llamado 'Geomagic Desing X', para luego llevar la pieza a una fabricación en impresión 3D por medio de una CubePro TRIO, una vez verificada su finalidad, es mecanizada en un torno de marca romí C420 para su producción en serie (Gonzalo, .2019).

En el caso de Colombia, productos que se elaboran a partir de materiales con diferentes formas dependen de la región donde se Máquinan, por ejemplo, en el sur occidente colombiano, se trabajan procesos metal-mecánicos de manera artesanal y rudimentaria, esto genera un aumento en los costos de producción e incrementa el valor final del producto ofrecido, los talleres de equipos convencionales y CNC, respecto a la situación actual de los equipos automatizados, los resultados evidencian ciertas debilidades, por lo cual, las empresas debe tomar acciones con respecto al mantenimiento implementado para mejorar la confiabilidad y aumentar la productividad de los mismos, de igual manera, por esta razón se generan medidas de mantenimiento para el mejoramiento de la Máquinaria automatizada CNC, implementando prácticas modernas de mantenimiento que contribuyan a mantener el correcto funcionamiento de los equipos y a su vez alargar la vida útil de los mismos (Amaya et al., .2019).

Se busca mejorar y ampliar las prestaciones en diversas áreas industriales que abarcan desde la metalmecánica hasta la agrícola, química y alimentaria. La iniciativa se concentra en la región del Eje Cafetero, cubriendo ciudades como Risaralda, Manizales, Quindío y Dos Quebradas. En este contexto, Caldas se destaca como un actor relevante en la economía nacional, según lo reportado por el IDC. Manteniéndose constantemente en el tercer puesto durante los años anteriores, Caldas supera la media nacional con índices que no descienden de 5.77 en innovación y sofisticación, cifras comparables a los logros de Risaralda, que oscilan entre 4.9 y 5.2, El progreso industrial de Manizales es innegable, respaldado por una serie de proyectos y esfuerzos llevados a cabo por la

Secretaría de TIC y Competitividad de la Alcaldía de Manizales y la Cámara de Comercio de Manizales. Estas instituciones están comprometidas con el fortalecimiento del sector Metalmeccánico, implementando el Plan Regional de Competitividad. Dicho plan abarca estrategias que garantizan estabilidad, crecimiento y desarrollo, fundamentados en innovación, tecnología, proyectos de I+D y minimización de impactos, La información recopilada a lo largo de los años revela el impacto económico significativo de los departamentos del Eje Cafetero en el país, contribuyendo al logro de objetivos nacionales. Este éxito es especialmente evidente en Risaralda y Caldas, cuyos avances han sido fruto de la colaboración entre las Cámaras de Comercio de cada departamento, entidades gubernamentales, empresas y universidades. Esta cooperación refleja un enfoque proactivo en superar las expectativas y aprovechar al máximo el potencial de la región (Palacio, 2018).

Los sistemas automatizados previamente mencionados presentan una limitación en el mercado debido a su accesibilidad financiera, especialmente para aquellas empresas con recursos económicos limitados. En el mercado colombiano, las máquinas de este tipo más asequibles son importadas desde China y Japón, lo que ejemplifica la máquina CNC KATANG, equipada con un control Fanuc, dado que muchas de estas máquinas se fabrican en serie y luego se importan a otros países, como ocurre en Colombia, su precio puede aumentar considerablemente, especialmente cuando se destinan a fábricas con altas cargas de producción. Esta dinámica afecta a las industrias de menor envergadura, que carecen de la capacidad económica para acceder a tales equipos, En la actualidad, en medio del constante desarrollo y avance tecnológico en diversos sectores industriales, las empresas manufactureras se ven desafiadas por la creciente demanda de servicios que satisfagan sus requerimientos en el diseño y producción de piezas mecanizadas a costos reducidos y con una optimización más eficiente de los procesos. Esto, a su vez, se traduce en beneficios para estas industrias. Por lo tanto, se hace imperativa la realización de una investigación exhaustiva que emplee recursos metodológicos adecuados para llevar a cabo el desarrollo de proyectos en este ámbito (CNC-Takang, 2022).

Para apreciar los fenómenos económicos, la información está organizada de acuerdo con los grupos que se verán a continuación, los que componen producción en la industria metalmeccánica en su totalidad. Se trata del reordenamiento de la clasificación CIIU de las Naciones Unidas, acogida por el DANE. GRUPO 1 la rama automotriz, produce material para todo tipo de transporte para la realización de partes o repuestos mecánicos, permitiendo realizar componentes de un tamaño específico a través de un mecanizado de 3, 4 y 5 ejes por medio de una enrutadora automatizada. GRUPO 2 equipo para la agricultura, partes móviles para Máquinaria para el cultivo, son realizadas por máquinas de CNC para su distribución y comercialización en los sectores de agro y ganadería. GRUPO 3 máquinas herramientas, son fabricadas con precisión y producción en serie por diferentes tipos de Máquinaria como fresas y tornos para su comercialización. GRUPO 4 Máquinaria y equipo para sectores diversos. Comprende equipo y aparatos no eléctricos que se utilizan en actividades tan diversas como alimentos, bebidas, construcción, textiles, etc., además de sus unidades motrices. GRUPO 5 aparatos industriales eléctricos. GRUPO 6 Electrodomésticos y elementos eléctricos varios. GRUPO 7 Productos metálicos diversos. Es el más tradicional de los grupos de la industria metalmeccánica, con gran variedad de artículos, en donde se incluyen los de la siderurgia no ferrosa, que son realmente bienes intermedios y de consumo, procesados a partir de cobre, aluminio, plomo, etc., con materia prima generalmente importada. Así mismos muebles, tubería, cuchillería, productos de ornamentación, etc. GRUPO 8 Siderurgia del hierro y el acero y por último el GRUPO 9 Material profesional y científico. De otro lado, el posicionamiento, la implantación de esta industria en el país tiene su jerarquía regional. Se destacan naturalmente las principales áreas metropolitanas y sus zonas de influencia circundante, es de resaltar cabe de comprender que todo lo mencionado expuesto anteriormente, se integran el uso de la Máquinaria con control numérico computarizado o de CNC, ya que muchas de las cosas mencionadas se requieren de una alta precisión y calidad en sus procesos de fabricación para su comercialización (Gutiérrez, 2017).

Como ejemplo práctico, la necesidad del sector de la acuaponía, actualmente uno de los problemas más grandes en la alimentación dentro de un sistema acuapónico es la alimentación a los peces de forma manual, sin ningún tipo de medida o porcentaje para la cantidad exacta de alimento que los peces requieren en el estanque, para solventar esta problemática, se propone el desarrollo de una máquina de control numérico computarizado para realizar un tornillo sin fin para una dosificadora o alimentador de peces; ya que es completamente difícil la realización de estos mecanismos a través de máquinas herramientas convencionales, por tal motivo, se pensó en la necesidad del diseño y desarrollo de una fresadora tipo router con control numérico computarizado para facilitar la fabricación de estas piezas mecánicas. Por otra parte, acorde a los requerimientos del sector, es necesario que el diseño de la máquina CNC cuente con una mesa de trabajo estilo marco o base cuadrada para que esta pueda aprovechar el mayor recorrido posible en los ejes ya que en otros tipos de máquinas usan el diseño de fresadora limitando su recorrido.

A pesar de estos avances tecnológicos fundamentales e importantes, en la ciudad de Popayán no han existido soluciones eficientes y aplicables a las Pymes, micros y medianas empresas y PYMES; industrias que desean tecnificar su sistema de producción y se quieren beneficiar de las ventajas que brinda la tecnología CNC a precios accesibles y bajos que permitan al empresario adquirir esta tecnología. Por todo lo anteriormente mencionado, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo suplir la necesidad de fabricación de piezas/partes metalmecánicas, electrónicas y artísticas de diseño complejo especializadas en las pequeñas y medianas empresas del sector industrial de Popayán?

Justificación

El panorama descrito en el resumen revela una creciente y diversificada adopción de tecnología CNC en diversos sectores industriales en Colombia, incluyendo la manufactura, automotriz, aeroespacial, electrónica y metalmecánica. Este avance tecnológico ha demostrado su capacidad para mejorar la productividad, la calidad y reducir los costos de producción en múltiples aplicaciones. Sin embargo, a pesar del amplio potencial y demanda, aún existen desafíos significativos asociados con la accesibilidad, la inversión en compra y mantenimiento, así como la capacitación de operadores (Morales, 2022).

En este contexto, la justificación para el diseño y desarrollo de una máquina CNC de 5 ejes surge como una respuesta lógica y necesaria para abordar las demandas y limitaciones identificadas en la industria colombiana. A continuación, se presentan las razones clave que respaldan esta iniciativa:

Cubrir un Vacío Tecnológico: A pesar de la presencia creciente de tecnología CNC en Colombia, la disponibilidad de máquinas de 5 ejes sigue siendo limitada en comparación con las de 3 ejes. Esto presenta una oportunidad para desarrollar una solución que aborde las necesidades de fabricación más complejas y diversificadas, permitiendo a las empresas colombianas competir a nivel nacional e internacional en la producción de piezas intrincadas y de alta calidad (Morales, 2022).

Mejora de la Precisión y Calidad: Una máquina CNC de 5 ejes ofrece una mayor flexibilidad y capacidad de mecanizado en comparación con máquinas de menor número de ejes. Esto permite la producción de piezas más precisas y complejas, lo que puede ser especialmente valioso para sectores como la aeroespacial y automotriz, donde la calidad y la precisión son fundamentales (Morales, 2022).

Diversificación de Mercado: A medida que la industria de la construcción y las energías renovables también están en proceso de adoptar tecnología CNC, una máquina de 5

ejes puede posicionarse como una solución versátil que satisface las necesidades cambiantes de estos sectores emergentes (Morales, 2022).

Potencial de Exportación: Dado que las exportaciones de Máquinaria CNC están en aumento, la capacidad de desarrollar y exportar máquinas de 5 ejes puede abrir nuevas oportunidades de mercado y contribuir al crecimiento económico del país (Morales, 2022).

Efectividad y Eficiencia: La validación exitosa de la máquina CNC de 5 ejes en los procesos de mecanizado y fabricación de piezas para la empresa Green Fish demuestra su efectividad y capacidad para mejorar la eficiencia operativa. Esto puede llevar a una mayor adopción en la industria y a un impulso en la competitividad de las empresas locales (Morales, 2022).

Formación y Desarrollo de Talento: El proceso de diseño, desarrollo y operación de una máquina CNC de 5 ejes requerirá la formación de operadores y técnicos altamente calificados. Esto contribuirá al desarrollo de un talento local especializado en tecnología CNC, lo que a su vez puede impulsar la innovación y la mejora continua en la industria manufacturera de Colombia (Morales, 2022).

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una máquina CNC de cinco ejes tipo router para procesos de mecanizado en los sectores de metal mecánica, artesanal y de fabricación digital para el caso de estudio en los procesos de manufactura de la empresa Green Fish del municipio de Popayán.

Objetivos específicos

- Diseñar los módulos hardware y software de una máquina CNC de cinco ejes tipo router para la fabricación de procesos de mecanizado acorde a las necesidades del sector manufacturero.
- Implementar los módulos hardware y software diseñados para la fabricación de una máquina CNC de cinco ejes tipo router.
- Validar la máquina CNC de cinco ejes tipo router, en los procesos de mecanizado y fabricación de piezas y/o componentes de Maquinaria de la empresa Green Fish.

Metodología

¿Qué es el modelo V?

El modelo V o modelo de diseño mecatrónico, es un modelo empleado en diversos procesos de desarrollo, por ejemplo, en el desarrollo de software. En los años 90 apareció su primera versión, pero con el tiempo se ha ido perfeccionando y adaptando a los métodos modernos de desarrollo. La idea básica, sin embargo, se remonta a los años 70 y fue concebida como una especie de desarrollo posterior del modelo de cascada.

Además de las fases de desarrollo de un proyecto, el modelo V también define los procedimientos de gestión de la calidad que lo acompañan y describe cómo pueden interactuar estas fases individuales entre sí. Su nombre se debe a su estructura, que se asemeja a la letra V.

La “V” del nombre del modelo hace referencia a la forma como el modelo compara las fases de desarrollo con las fases de control de la calidad correspondientes. El brazo izquierdo de la letra V contiene las tareas de diseño y desarrollo del sistema, y el derecho las medidas de control de calidad de cada fase. En la unión entre los dos brazos, se sitúa la implementación del producto. En los proyectos de software, esto se refiere a la programación del software.

Ventajas y desventajas del modelo V

El motivo principal de la popularidad del modelo V es que garantiza un alto grado de transparencia y propone unos procesos claramente definidos y comprensibles. A continuación, te damos un resumen de las principales ventajas y puntos mejorables.

Las ventajas del modelo V

- Optimización de la comunicación entre las partes involucradas a través de términos y responsabilidades claramente definidos.
- Reducción de riesgos y mejor planificación a través de roles, estructuras y resultados fijos y predeterminados.

- Mejora de la calidad del producto gracias a medidas de control de la calidad firmemente integradas.
- Ahorro de costes gracias al procesamiento transparente a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

En general, el modelo puede ayudar a evitar malentendidos y trabajo innecesario. También garantiza que todas las tareas se completen en el plazo y orden adecuado y mantiene los periodos de inactividad al mínimo.

Las desventajas del modelo V

El modelo en cuatro niveles puede ser demasiado simple para mapear todo el proceso de desarrollo desde el punto de vista de los desarrolladores. Está sobre todo centrado en la gestión de proyectos. Además, su estructura relativamente rígida permite una respuesta poco flexible a los cambios durante el desarrollo, y, por lo tanto, promueve un curso lineal del proyecto. Sin embargo, si el modelo se entiende y se utiliza correctamente, es posible utilizar el modelo V para el desarrollo ágil (Jeff er Sucari,2022).



Figura 1.metodología (appvizer, 2022)

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos de información son bases de datos, patentes, revistas y entidades educativas. Buscando temas relacionados en cuanto al diseño de una máquina de control numérico CNC, al diseño CAD, CAM y a los diferentes tipos o propuestas de diseño para el desarrollo de este prototipo.

El presente proyecto está enfocado en una investigación aplicada, basada en la metodología de diseño mecatrónico, para la investigación se definen 5 fases denominadas, fase de antecedentes, fase de diseño, fase de construcción, fase de

diseño de ambientes controlados para la validación y fase de construcción de ambientes controlados.

Fase de antecedentes

Esta consiste en una ardua búsqueda del estado del arte y vigilancia tecnológica en donde se relacionen máquinas de control numérico de 5 ejes.

- Búsqueda de referentes en bases de datos científicas como: Google scholar, science direct, etc.
- Vigilancia de máquinas de CNC de 5 ejes con atc.
- Análisis, clasificación y ponderación en diagrama comparativo de la información de interés clasificada.

Fase de diseño

Esta consiste en modelar mediante herramientas software CAD CAM CAE las partes, piezas de la máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.

- Diseño de bosquejos de prototipos de máquinas de cinco ejes con sistema ATC
- Generación de requisición de materiales elementos, insumos, electrónica e instrumentación conducentes a la fabricación de una máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Diseño mecánico CAD de prototipo de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Generación de vista y planos de ingeniería de detalle del prototipo de una máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Estudio mediante herramientas software CAE con Simulación de fuerzas de compresión del prototipo de una máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.

- Estudio mediante herramientas software CAE de Simulación de movimiento del prototipo de una máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Diseño CAD de placas geométricas acústicas para máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Generación de vistas de moldes de placas geométricas acústicas de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Obtención de código G de las trayectorias de los partes/piezas moldes de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Diseño de servidor web

Fase de construcción

Esta consiste en la fabricación e integración digital del proceso de construcción de las partes geométricas y del prototipo de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.

- Construcción de prototipo de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Integración de insumos de instrumentación de prototipo a máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Integración de insumos electrónicos a máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.
- Diseño de programa Visual Script de Mach3 para trayectorias de cambio de herramienta o sistema ATC.

Fase de validación

Con el objetivo validar el funcionamiento apropiado de las piezas y estructura para el desarrollo de una máquina de cinco ejes con sistema ATC.

- Realizar pruebas de los sistemas electrónicos y mecánicos de la máquina.
- Generación de cálculos de movimientos de motores de los ejes.

- Realizar la fabricación de una pieza tornillo sin fin para las empresas.

Materiales a usar

A4988 Driver Stepper

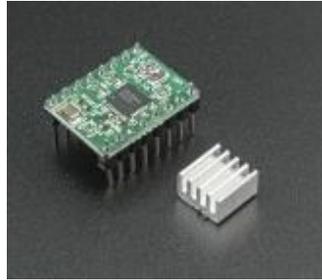


Figura 2.A4988 (Driver Motores Paso a Paso A4988 | VISTRONICA SAS, s. f.)

El A4988 es un completo controlador de motor micro direccional con traductor incorporado para facilitar el funcionamiento. Está diseñado para operar motores paso a paso bipolares en los modos de paso completo, medio, cuarto, octavo y decimosexto paso, con una capacidad de salida de hasta 35 V y ± 2 A.

35 V y ± 2 A. El A4988 incluye un regulador de corriente de tiempo de desconexión fijo tiempo de desconexión fijo, que puede funcionar en modo lento o mixto.

El traductor es la clave para la fácil implementación del A4988. La simple introducción de un pulso en la entrada STEP acciona el motor un micro paso. No hay tablas de secuencia de fase, líneas de control de alta frecuencia o interfaces complejas que programar.

La interfaz del A4988 es ideal para aplicaciones en las que un microprocesador complejo no está disponible o está sobrecargado.

Durante el funcionamiento por pasos, el control de picado del A4988 selecciona automáticamente el modo de decaimiento actual, lento o mixto.

En el modo de decaimiento mixto, el dispositivo se ajusta inicialmente a un decaimiento rápido durante una parte del tiempo de desconexión fijado, y luego a una desconexión lenta durante el resto del tiempo de desconexión.

el resto del tiempo de desconexión. El control de corriente de decaimiento mixto resulta en una reducción del ruido audible del motor, una mayor precisión de los pasos y una menor disipación de energía. (*DESCRIPCIÓN DEL DRIVER A4988 – Electrónica Práctica Aplicada*, s. f.).

Nema 17 alto torque

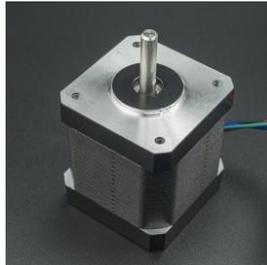


Figura 3.A4988 (Driver Motores Paso a Paso A4988 | VISTRONICA SAS, s. f.)

Son motores paso a paso híbridos NEMA 17 de alto par con una longitud de cuerpo de hasta 60 mm y un par de retención de hasta 0,5 Nm. Los motores paso a paso de alto par producen más par que los motores paso a paso híbridos estándar debido al uso de potentes imanes de tierras raras en lugar de los imanes permanentes tradicionales.

Los motores se pueden fabricar con ángulos de paso de 0,9 grados o 1,8 grados, con un eje de salida estándar o doble o personalizado. Nuestros motores también están disponibles con opciones de codificador óptico y caja de cambios planetaria.(*NEMA 17.pdf*, s. f.).

Mach3 CNC Breakboard 5 ejes

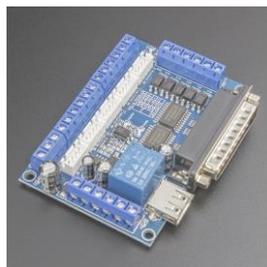


Figura 4.mach3,(Controlador CNC MACH 3 Para 5 Ejes, s. f.)

Mach3 convierte una PC con Windows en un controlador de máquina CNC. Mach3 es muy rico en funciones y proporciona un gran valor para aquellos que necesitan un paquete de software de control CNC. Mach3 funciona en la mayoría de las PC con Windows para controlar el movimiento de los motores (paso a paso y servo) mediante el

procesamiento de G-Code. Aunque incluye muchas características avanzadas, es el software de control CNC más intuitivo disponible. Mach3 es personalizable y se ha utilizado para muchas aplicaciones con numerosos tipos de hardware. El software se ejecutará en modo Demo hasta que se "desbloquee" mediante un archivo de licencia. Mientras se encuentra en el modo Demo, el software se puede probar con las limitaciones enumeradas en la página de detalles completos de los productos.(*Newfangled Solutions Mach3*, s. f.)

Motor tool Dremel 300



Figura 5.mach3,((Dremel 300-25 Características, s. f.)

1 Dremel 3000, 1 maleta con 1 tripa eje flexible (modelo 225), 1 acople guía de lijado y esmerilado (modelo A576), 1 fresa de tallado de punta redonda de 3,2mm para madera, metal, cuero, plástico, goma y cartón (modelo 191), 2 discos de corte de 23,8mm espesor de 1mm para metal (modelo 420), 2 discos reforzados de corte para duración superior de 31,8mm espesor de 1,1mm para metal, madera y plástico (modelo 426), 1 disco de esmerilado de 22,2mm para metal, soldadura, remache y oxidación (modelo 541), 1 piedra formato pera de esmerilado de 4,8mm para vidrio, piedra, cerámica, aluminio y cobre y grabado en vidrio (modelo 84922), 1 piedra formato cuadrado de esmerilado de 9,5mm para metal, soldadura, remache y oxidación (modelo 932), 1 piedra formato oval de punta gruesa de esmerilado de 9,5mm para metal, soldadura, remache y oxidación (modelo 952), 1 cepillo de acero carbono de 19,1mm para remoción de oxidación y componentes eléctricos (modelo 428), 1 cepillo de acero carbono de 12,7mm para remoción de oxidación y componentes eléctricos (modelo 442), 1 disco de fieltro para pulir de 12,7mm para metal, piedras y vidrio (modelo 414), 1 pasta para pulir y limpiar (modelo 421), 1 disco de fieltro para pulir de 25,4mm para metal, piedras y vidrio (modelo

429), 1 mandril vástago adaptador de lijado de 12,7mm con tubo de lija de grano grueso para madera, fibra de vidrio, plástico y goma (modelo 407), 2 tubos de lija de 12,7mm de grano grueso para madera, fibra de vidrio, plástico y goma (modelo 408), 3 tubos de lija de 12,7mm de grano medio para madera, fibra de vidrio, plástico y goma (modelo 432), 2 tubos de lija de 12,7mm de grano fino para madera, fibra de vidrio, plástico y goma (modelo 445), 2 discos de lija de 19,1mm de grano grueso para madera y remoción de pintura (modelo 411), 2 discos de lija de 19,1mm de grano medio para madera y remoción de pintura (modelo 412), 2 discos de lija de 19,1mm de grano fino para madera y remoción de pintura (modelo 413), 1 mandril vástago adaptador para accesorios de fieltro (modelo 401), 1 mandril vástago adaptador para discos (modelo 402), llave, manual(*Kit Mototool Dremel 3000 130W + 2 Aditamentos + Eje Flexible + 30 Accesorios + Maleta - Homecenter.com.co*, s. f.)

Rodamiento lineal sc8uu



Figura 6.mach3, (Controlador CNC MACH 3 Para 5 Ejes, s. f.)

Rodamiento lineal D8mm - SC8UU es ideal para aplicaciones de movimiento/deslizamiento lineal. Trabaja sobre guías lineales de 8mm de diámetro. El rodamiento posee internamente unas hileras donde recirculan unas pequeñas bolas de acero que permiten un movimiento lineal suave y sin juego. Muy utilizado en sistemas CNC como impresoras 3D, plotters, fresadoras y más.

El soporte posee agujeros para 4 tornillos M4, permitiendo acoplar rápidamente a la estructura deslizante.(*Rodamiento Cojinete de Balinera con Soporte SC8UU*, s. f.).

varilla 8mm



Figura 7.mach3, (Controlador CNC MACH 3 Para 5 Ejes, s. f.)

Es una varilla lisa de diámetro de 8mm fabricada en material de acero inoxidable.

Rodamiento de 8mm



Figura 8., (Rodamiento Axial Modelo 608ZZ 8mm, s. f.)

Los rodamientos rígidos de bolas son el tipo de rodamientos más habitual y son especialmente versátiles. Tienen una baja fricción y están optimizados para un nivel de ruido bajo y baja vibración, lo que permite altas velocidades de giro. Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos, son fáciles de montar y requieren menos mantenimiento que otros tipos de rodamientos. (*Rodamientos rígidos de bolas | SKF | SKF, s. f.*)

Varilla trapezoidal roscada de 300mm con tuerca T8



FIGURA 9.(Varilla Roscada Trapezoidal 8x300 mm 4 Hilos, s. f.)

Varilla trapezoidal roscada de 300mm M8 de 4 hilos.

Características:

Longitud: 300mm

- Diámetro: 8mm
- Número de hilos: 4
- Material: Acero inoxidable
- Resistente a la corrosión
- Resiste altas temperaturas

(Varillas y tuercas: Varilla trapezoidal roscada de 1M M8, s. f.)

Perfil de aluminio 20x20 para cnc



Figura 10.(Perfiles: Perfil de aluminio OB2020L para CNC, s. f.)

Descripción:

Perfil de aluminio OB2020L para CNC.

Características:

- Alto: 20mm
- Ancho: 20mm
- Longitud: 1m
- Material: Aluminio

(Perfiles: Perfil de aluminio OB2020L para CNC, s. f.)

Cronograma de actividades

Tabla 1. Cronograma de actividades

No.	ACTIVIDAD	MESES																		
		1			2			3			4			5						
1	investigación				x	x	x													
2	Diseño de bocetos						x	x	x											
3	Diseño CAD							x	x	x										
4	Diseño de placa PCB								x	x	x									
5	Desarrollo de placa PCB										x	x	x							
6	Diseño de interfaz											x	x	x						
7	Montaje de estructura													x	x					
8	Calibración de ejes													X	x	x				
9	Desarrollo de piezas cnc CAM y CAE															X	x	x		
10	Pruebas de desarrollo																	X	x	x

Presupuesto del proyecto

Tabla 2.Presupuesto del proyecto

RUBROS	JUSTIFICACIÓN	FUENTES (en pesos)			
		Recursos propios*	Convocatoria interna**	Contrapartida externa***	Total
A4988	electrónica	50.000			
Mach3 board	electrónica	35.000			
Nema 17	mecánica	380.000			
Varilla roscada t8	mecánica	70.000			
Tuerca t8 antibacklash	mecánica	30.000			
Perfil aluminio 20x20	soporte	150.000			
Rodamiento 8mm	soporte	15.000			
Dremel 300	mecánica	120.000			
Disyuntor 120v	eléctrico	20.000			
Pulsador	eléctrico	10.000			
Contactador 120v	eléctrico	30.000			
Cable	eléctrico	50.000			
computador	control	600.000			
Varilla lisa 8mm	mecánica	15.000			
Rodamiento lineal 8mm	soporte	144.000			
Fuente 12v 10 ^a	Electrónica	80.000			
Soporte para motores nema 17	Electrónica	30.000			

RUBROS	JUSTIFICACIÓN	FUENTES (en pesos)			
		Recursos propios*	Convocatoria interna**	Contrapartida externa***	Total
Chumaceras kp08 mm	Soporte	70.000			
Caja eléctrica	electricidad	120.000			
TOTAL		2'019.000			2'019.000

Presupuesto general

Tabla 3.Presupuesto general

		FUENTES				
	RUBROS	UNICOMFACAUCA		CNC RODRIGUEZ		TOTAL
		EFFECTIVO	ESPECI E	EFFECTIVO	ESPECI E	
1	PERSONAL	\$ 0,00	\$ 552.756	\$ 0,00	\$ 360.000	\$ 912.756,00
2	EQUIPOS	\$ 0,00	\$ 2.595.465	\$ 0,00	\$ 550.000	\$ 3.145.465
3	SALIDAS DE CAMPO	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0	\$ 200.000	\$ 200.000
4	VIAJES	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 200.000	\$ 200.000
5	MATERIALES Y SUMINISTROS	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 4.031.000,00	\$ 0,00	\$ 4.031.000,00

6	MATERIAL BIBLIOGRÁFIC O	\$ 0,00	\$ 189.250	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 189.250
7	SOFTWARE	\$ 0,00	\$ 5.120.00 0	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 5.120.000,0 0
	TOTAL	\$ 0,00	\$ 8.457.47 1	\$ 4.031.000	\$ 1.310.00 0	\$ 13.798.471

Productos esperados

Tabla 4.Productos esperados

Clasificación	Descripción	Producto	<input checked="" type="checkbox"/>
Productos de Generación de Nuevo Conocimiento	Son aquellos aportes significativos al estado del arte de un área de conocimiento, que han sido discutidos, validados que lleguen a ser incorporados a la discusión científica, al desarrollo de las actividades investigativas, académicas y a la práctica tecnológica	Artículos A	<input type="checkbox"/>
		Artículos B	<input type="checkbox"/>
		Artículos C	<input checked="" type="checkbox"/>
		Capítulos en Libros	<input type="checkbox"/>
		Artículos de circulación regional y/o nacional	<input type="checkbox"/>
		Patentes	<input type="checkbox"/>
Productos de Apropiación Social del Conocimiento	La apropiación social del conocimiento se entiende como un proceso y práctica social de construcción colectiva, donde actores que pueden ser individuos, organizaciones o comunidades, se involucran en	Variedad vegetal	<input type="checkbox"/>
		Programas o proyectos de extensión universitaria o de Responsabilidad social	<input type="checkbox"/>
		Proyecto de comunicación del conocimiento	<input type="checkbox"/>
		Generación de contenidos (documentos)	<input type="checkbox"/>
		Generación de contenidos (multimedia)	<input type="checkbox"/>

Clasificación	Descripción	Producto	<input checked="" type="checkbox"/>
	interacciones que les permiten intercambiar saberes y experiencias, donde el conocimiento circula, es discutido, puesto a prueba, usado y llevado a la cotidianidad.	Participación Eventos Científicos	<input checked="" type="checkbox"/>
		Participación Redes de Conocimiento	<input type="checkbox"/>
		Participación Redes de Conocimiento	<input type="checkbox"/>
Otros	Aportes del trabajo realizado en la modalidad de opción de grado: "Proyecto de grado"	Documento entregado	<input checked="" type="checkbox"/>

1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y MARCO CONCEPTUAL

Esta sección aborda tanto los conceptos técnicos fundamentales como los antecedentes relevantes en el ámbito del desarrollo de máquinas CNC de 5 ejes. Además, se lleva a

cabo una exhaustiva revisión del estado del arte y una vigilancia tecnológica en esta temática.

1.1 Máquina con control numérico por computador – CNC: Una máquina CNC (Control Numérico Computarizado) de 5 ejes se utiliza en la fabricación de piezas complejas y formas tridimensionales con alta precisión y repetibilidad. La capacidad de la máquina de controlar cinco ejes de movimiento, incluyendo el movimiento giratorio y de inclinación, permite que la herramienta alcance cualquier punto en el espacio de trabajo. En este documento, se explicará el movimiento de los ejes de una máquina CNC de 5 ejes, incluyendo sus componentes, tipos de movimiento y su aplicación en la industria (Smith, 2018).



Figura 11. fresadora cnc 5 ejes, (aliexpress, 2023)

1.2 Componentes del movimiento de los ejes de una máquina CNC de 5 ejes

Para entender cómo funciona el movimiento de los ejes de una máquina CNC de 5 ejes, es importante conocer sus componentes. En general, los componentes de los ejes son los mismos en todas las máquinas CNC, pero los sistemas de control y la mecánica pueden variar dependiendo del fabricante.

Los componentes principales de los ejes de una máquina CNC de 5 ejes son:

- **Motor:** el motor proporciona la energía necesaria para mover el eje.
- **Husillo:** el husillo es el componente que gira y sostiene la herramienta.

- **Encoder:** es un dispositivo que convierte el movimiento de la máquina en señales eléctricas para que la máquina pueda determinar la posición del eje.
- **Sistema de control:** es el cerebro de la máquina CNC y se encarga de interpretar las instrucciones del programa y enviarlas a los motores y otros componentes (Gonzalez, 2015).

1.3 Tipos de movimiento de los ejes de una máquina CNC de 5 ejes

Los cinco ejes de una máquina CNC de 5 ejes son el eje X, Y, Z, A y B. Los tres primeros ejes (X, Y, Z) se refieren a los movimientos lineales, mientras que los dos últimos (A y B) se refieren a los movimientos rotativos.

- **Eje X:** el eje X se refiere al movimiento horizontal de la herramienta de corte de izquierda a derecha. Este eje controla el movimiento lineal de la herramienta en el plano horizontal y se utiliza para cortar el material a lo largo del ancho de la pieza.
- **Eje Y:** el eje Y se refiere al movimiento horizontal de la herramienta de corte de adelante hacia atrás. Este eje controla el movimiento lineal de la herramienta en el plano horizontal perpendicular al eje X. Se utiliza para cortar el material a lo largo de la longitud de la pieza.
- **Eje Z:** el eje Z se refiere al movimiento vertical de la herramienta de corte de arriba hacia abajo. Este eje controla el movimiento lineal de la herramienta en el plano vertical y se utiliza para cortar el material a lo largo de la profundidad de la pieza.
- **Eje A:** el eje A es el movimiento rotativo de la herramienta alrededor del eje X. Este eje controla el ángulo de inclinación de la herramienta de corte y se utiliza para cortar superficies inclinadas o para realizar operaciones de fresado en 3D.
- **Eje B:** el eje B es el movimiento rotativo de la herramienta alrededor del eje Y. Este eje controla la rotación de la herramienta de corte en un plano

perpendicular al eje X y al eje Z. Se utiliza para cortar superficies inclinadas o para realizar operaciones de fresado en 3D.

Es importante destacar que los ejes A y B no son necesarios en todas las aplicaciones y que su uso depende de la complejidad de la pieza que se está fabricando. Además, la combinación de movimientos de los cinco ejes permite que la herramienta alcance cualquier punto en el espacio de trabajo y pueda trabajar en múltiples ángulos y orientaciones, lo que aumenta la eficiencia y precisión de la máquina CNC.

Las máquinas CNC de 5 ejes se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones en la industria, incluyendo la fabricación de componentes aeroespaciales, piezas para automóviles y moldes para la industria de la fundición. Además, las máquinas CNC de 5 ejes se utilizan en la producción de prótesis médicas personalizadas (Patel, 2020).

1.4 máquinas de CNC



Figura 12.mecanizado,(Armyagov, 2023)

Las máquinas de Control Numérico Computarizado son herramientas de alta precisión que se utilizan para el mecanizado de diversos materiales, como madera, metal, plástico, cerámica y otros.

1.4.1 Máquina CNC para metal

La máquina CNC para metal es aquella cuyas herramientas pueden trabajar con este tipo de materiales y sus aleaciones. La cantidad de materiales metálicos con los que pueda trabajar una máquina dependerá del modelo y de las herramientas que pueda

manejar, pero suelen ser materiales muy empleados para fabricar todo tipo de piezas por sus propiedades mecánicas. Los metales y aleaciones metálicas adecuadas para el mecanizado por CNC deben tener unas propiedades mecánicas específicas que incluyen como la resistencia, flexibilidad, dureza (Isaac, 2022).



Figura 13.router cnc (STYLECNC, 2022)

1.4.2 Metales más populares **para CNC**:

Tabla 5.metales más populares para CNC

Material	Características	Aplicaciones
Aluminio	- Rentable para mecanizado CNC. - Ligero y fácil de mecanizar. - Resistente con diversas aplicaciones.	- Ventanas, puertas, estructuras de vehículos. - Disipadores térmicos.
Aluminio 6061	- Buena resistencia a condiciones climáticas. - Menos resistente a químicos y agua salada.	- Revestimientos, puertas, ventanas.

Aluminio 7075	<ul style="list-style-type: none"> - Dúctil, resistente y resistente a la fatiga. - Usado en vehículos e industria aeroespacial. - Complicado de mecanizar para piezas complejas. 	
Acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> - Menos fácil de mecanizar, pero resistente. - Bajo costo y versatilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revestimientos, electrodomésticos, utensilios de cocina. - Tuberías.
304	<ul style="list-style-type: none"> - Común, aplicaciones domésticas y formalidad. - Buena soldabilidad. 	
303	<ul style="list-style-type: none"> - Resistencia a corrosión, dureza y durabilidad. - Ejes, engranajes, accesorios vehiculares. 	
316	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerte y resistente a corrosión. - Implantes médicos, industria aeroespacial. 	
Acero	<ul style="list-style-type: none"> - Económico, menos resistencia a corrosión. - Propiedades similares al acero inoxidable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción y diversas aplicaciones industriales.

Acero 4140	- Alto resistencia a fatiga, tenacidad e impacto.	- Construcción, aplicaciones industriales.
Titanio	- Caro, pero con baja conductividad térmica y alta resistencia. - No tan fácil de mecanizar.	- Condiciones extremas, implantes médicos, aeroespacial, vehículos de alta gama.
Ti6Al4V (Grado 5)	- Excelente relación resistencia-peso. Resiste químicos y temperatura.	- Condiciones extremas, implantes médicos, aeroespacial, vehículos de alta gama.
Latón	- Fácil mecanizado, dureza media y alta resistencia a tracción.	- Aplicaciones eléctricas, médicas, automotrices.
Cobre	- Excelente mecanizado, alto costo.	- Industria eléctrica, electrónica, térmica.
Magnesio	- Fácil mecanizado, alta conductividad térmica, inflamable.	- Automóvil, aeroespacial.

AZ31	- Excelente para mecanizado, grado aeroespacial.	
Otros	- Varios metales y aleaciones trabajables en CNC.	

Durante el proceso de diseño por CAD de estas piezas metálicas hay que tener en cuenta las características de estos metales. Además, las máquinas CNC para trabajarlos deben tener las herramientas adecuadas y la potencia necesaria para hacerlo. Por otro lado, a la hora de mecanizar un metal por CNC, se deben tener en cuenta algunos factores: uso previsto/propiedades necesarias y coste total (coste de material + coste del mecanizado). También, el objetivo de muchas máquinas CNC es producir una alta cantidad de piezas con el coste más bajo posible y en el menor tiempo posible, mientras más fácil de mecanizar sea el metal, menos tiempo y coste tendrá, aunque esto también dependerá de la complejidad de la pieza.

Por último, se destaca la importancia en el acabado y los procesamientos posteriores que se le pueda dar a los metales tras el mecanizado CNC. Por ejemplo, algunas piezas necesitarán pulidos para eliminar marcas producidas por las herramientas CNC, eliminar las rebabas tras los cortes, tratamientos superficiales (galvanizado, pintado,) para evitar la corrosión o por motivos estéticos, etc (Isaac, 2022).

1.4.3 Tipos de metal condensarlos en tabla

Existen una gran cantidad de maderas disponibles en el mercado, incluso tableros de partículas, MDF, contrachapados, etc. La madera, por lo general, permite un mecanizado bastante fácil, por lo que es muy empleada para el fresado, corte y torneado. Además, es un material relativamente barato, y abundante. Por otro lado, suele ser uno de los

materiales más empleados también para las máquinas CNC domésticas que usan algunos makers y aficionados al DIY o bricolaje (Isaac, 2022).

1.4.4 Algunos ejemplos de maderas para trabajar con CNC son:

Maderas duras: suelen ser maderas exóticas y con una gran durabilidad y calidad. Son caras, pero sus vetas apretadas las hacen muy resistentes para multitud de aplicaciones. Estas necesitan de herramientas más rígidas y duras para trabajarla, y puede llevar un mayor tiempo. Sin embargo, pueden ser mejores que las blandas cuando se trata de tallados complejos o formas intrincadas. Algunos ejemplos habituales son:

Tabla 6. maderas para trabajar con CNC

Madera	Características	Aplicaciones
Fresno	<ul style="list-style-type: none"> - Color claro, pesada, con rigidez y dureza. - Usos en muebles, palos deportivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sillas, mesas, palos de hockey, bates de béisbol, raquetas de tenis.
Haya	<ul style="list-style-type: none"> - Similar al fresno en resistencia pero más flexible. - Ideal para muebles curvados y utensilios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cucharas, platos, vasos, tablas de cortar.
Abedul	<ul style="list-style-type: none"> - Muy duro, resistente, sujeta tornillos. - Refuerzos de estructuras de muebles. 	

Madera	Características	Aplicaciones
Cerezo	<ul style="list-style-type: none"> - Marrón rojizo claro, resistente, fácil de tallar. - Adornos tallados, muebles, instrumentos musicales. 	
Olmo	<ul style="list-style-type: none"> - Marrón rojizo claro-medio, gran dureza. - Tablas de cortar, muebles, paneles decorativos. 	
Caoba	<ul style="list-style-type: none"> - Marrón rojizo intenso, sólida y resistente al agua. - Embarcaciones, muebles, instrumentos. 	
Arce	<ul style="list-style-type: none"> - Madera dura y duradera, no necesita mucho tratamiento. - Escritorios, mesas de trabajo, suelos. 	
Roble	<ul style="list-style-type: none"> - Resistente a roturas, humedad e intemperie. - Muebles de exterior, construcción naval. 	

Madera	Características	Aplicaciones
Nogal	- Caro, marrón fuerte, resistente.	- Culatas, esculturas, muebles.
Cedro	- Aroma agradable, resistente a la intemperie.	- Muebles para exteriores, botes.
Ciprés	- Resistencia a descomposición, blanda.	- Armarios, muebles, ventanas.
Abeto	- Blanda, fácil de trabajar, duradera.	- Muebles, suelos.
Pino	- Barata, pálida, peso ligero.	- Muebles, utensilios.
Secoya	- Rojo, resistente, fácil de mecanizar.	- Tallar, objetos exteriores.

Madera	Características	Aplicaciones
Abeto	<ul style="list-style-type: none"> - De las más duras entre maderas blandas. - Paneles, instrumentos, muebles. 	
MDF	<ul style="list-style-type: none"> - Tablero de fibra de densidad media, fácil de trabajar. - Muebles, puertas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Precaución: Partículas finas dañinas para la salud.
Contrachapado	<ul style="list-style-type: none"> - Múltiples láminas delgadas de madera. - Armarios, proyectos de bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Precaución: Puede astillarse.

También es necesario considerar otros aspectos importantes a la hora de elegir la madera adecuada para tu proyecto (Isaac, 2022).

1.4.5 Consideraciones cruciales al seleccionar la madera ideal para realizar un proyecto

También es necesario considerar otros aspectos importantes a la hora de elegir la madera adecuada para tu proyecto:

- **Tamaño de grano:** el grano fino pertenece a las maderas blandas, el grano grueso a las duras. La de grano fino es más fácil de fresar, pero la de grano grueso ofrece mayor suavidad y mejor acabado.
- **Contenido de humedad:** interfiere en la flexión y durabilidad de la madera, además del acabado durante el tallado y las velocidades de avance que puedes lograr, lo ideal para tallar son maderas entre el 6-8% de humedad. La humedad también determinará la temperatura de la herramienta durante el proceso, y por

cada 1% de humedad que se sube, la temperatura aumentará unos 21°C; además, un bajo grado de humedad puede hacer que la superficie se desgarre excesivamente y demasiada humedad puede causar superficies más difusas.

- **Nudos:** son zonas donde se unen las ramas con el tronco, y suelen tener fibras en diferentes direcciones y son más duras y oscuras. Cuando se está trabajando con una máquina CNC, el cambio repentino de dureza podría producir una carga de choque, por lo que deberías usar parámetros adecuados o usar direcciones en las que se eviten estos nudos.
- **Tasa de avance:** es la velocidad de avance a la que la herramienta pasa sobre la superficie de la pieza. Si es demasiado baja puede causar quemaduras en la superficie de la madera, y si es demasiado alta puede causar astillas. La mayoría de modelos de máquinas suelen tener diferentes ajustes para trabajar con múltiples materiales, otras necesitarán que ajusten manualmente.
- **Herramientas:** además de elegir máquinas CNC con husillos con al menos 1 a 1.5 CV (0.75 a 1.11 kW) para conseguir las velocidades de mecanizado adecuadas para la madera, también es importante la herramienta usada y la sustitución cuando esté desgastada o desafilada.

Corte ascendente: eliminan las virutas en dirección ascendente, y pueden rasgar el borde superior de la pieza.

Corte descendente: empujan la madera cortada hacia abajo, lo que brinda un borde superior liso, aunque puede generar rasgado en el borde inferior.

Corte recto: no están en ángulo con respecto a la superficie de corte, por lo que ofrecen un equilibrio entre las dos anteriores. En contra tienen que la velocidad de eliminación del material no es tan rápida y suelen calentarse más.

Compresión: es un tipo de herramienta que tiene una longitud de pocos milímetros y que puede lograr corte hacia arriba o hacia abajo controlando la profundidad de corte. Esto permite acabados de bordes superiores e inferiores lisos (Isaac, 2022).

1.5 Otros materiales

Por supuesto, existen máquinas CNC que pueden trabajar con múltiples materiales intercambiando las herramientas. También otros tipos de máquinas CNC que van más allá de la madera y el metal, algunos otros ejemplos de materiales aptos para CNC son:

- **Nailon:** un polímero termoplástico de baja fricción que se puede usar como alternativa al metal en algunos casos. Es un material rígido, fuerte, resistente a impactos, con buena resistencia química, y sorprendentemente elástico, se puede emplear para depósitos, piezas para electrónica, engranajes, etc.
- **Espumas:** un material que puede tener diferentes valores de rigidez y es muy ligera y durable.
- **Otros plásticos:** como el POM, PMMA, acrílico, ABS, policarbonato o PC, y polipropileno o PP, poliuretano, PVC, caucho, vinilo, goma...
- **Cerámicas y vidrios:** alúmina, SiO₂, cristal templado, arcilla, feldespato, porcelana, gres, etc.
- **Fibras:** fibra de vidrio, fibra de carbono...
- Multimaterial: ACM o paneles de sándwich.
- Papel y cartón
- Mármol, granito, piedra, silicio, ...

(Isaac, 2022).

1.6 Máquina CNC de 5 ejes

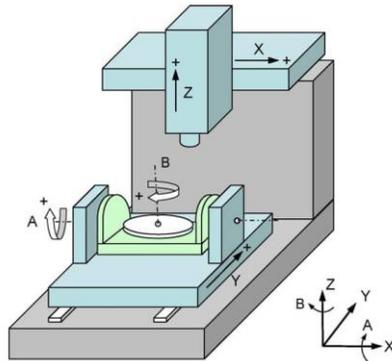


FIGURA 14.dibujo fresa 5 ejes (hwlibre, 2022)

Una máquina CNC de 5 ejes se basa en una herramienta con 5 grados de libertad o direcciones diferentes. Además de los ejes X, Y, y Z, hay que agregar la rotación con el eje A como en la de cuatro ejes, y otro eje adicional denominado eje B. Esto consigue que las herramientas se puedan acercar a la pieza en todas direcciones en una sola operación, sin la necesidad de reposicionar manualmente la pieza entre operaciones. El eje A y B estarán destinados a aproximar la pieza de trabajo a la herramienta que se moverá en los ejes X Y Z.

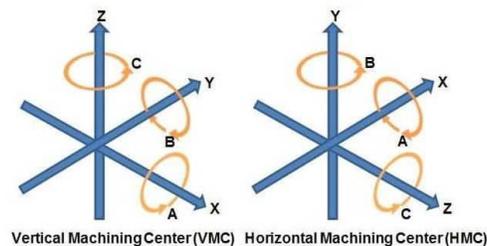


FIGURA 15,movimiento ejes, (hwlibre, 2022)

1.6.1 Según la herramienta

- Sistema de una sola herramienta: En este caso, la máquina está equipada con una única herramienta que puede variar, como una broca para perforación, una fresa o una cuchilla. En algunas ocasiones, estas máquinas son específicas para una tarea en particular y no permiten la sustitución de la herramienta por otra. En otros casos, aunque es posible cambiar la herramienta, este proceso debe realizarse manualmente (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).



Figura 16.router cnc, (minimillr, 2020)

- Sistema de múltiples herramientas automáticas: Estas máquinas cuentan con un cabezal que alberga múltiples herramientas diferentes. De manera automática, pueden cambiar de una herramienta a otra según las necesidades del proceso. Esto permite una mayor flexibilidad y eficiencia en la producción, ya que no es necesario detener la máquina para cambiar las herramientas manualmente (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).



FIGURA 17.router con herramienta automática, (stylecnc, 2022)

1.7 Tipos de herramientas para máquinas CNC



FIGURA 18.herramientas de corte: (Fictiv,2021)

Existen también varios tipos de herramientas para CNC que se pueden montar en los cabezales de trabajo. De ellas dependerá el tipo de mecanizado que puede realizar la máquina CNC, además de la profundidad, radio de acción, velocidad de trabajo, etc. Algunas de las más importantes son:

Tabla 7. Tipos de herramientas para máquinas CNC

Herramienta	Descripción	Imagen
Fresa de cara o de concha	Es bastante común y es buena para eliminar material de un área amplia. Por ejemplo, para el desbaste inicial de una pieza.	
Fresa de punta plana	Otra herramienta estándar que puede verse en diferentes tamaños (diámetros). Puede usarse para trabajar los laterales, la parte superior de una pieza y cortar. También puede usarse para perforar cavidades.	
Fresa de bola	Es completamente redonda en la punta, similar a la de extremo redondeado, pero con una forma más perfecta. Ideal para superficies de contornos 3D sin dejar esquinas afiladas.	

Figura 19.(Fictiv, 2021)

Figura 20.(Fictiv, 2021)

Figura 21.(Fictiv, 2021)

Herramienta**Descripción****Imagen****Broca**

Similar a las de taladro, esta herramienta es utilizada para perforar, hacer orificios roscados, ajustes de precisión, etc. Disponible en varios tamaños.



Figura 22.(Fictiv, 2021)

Machos

Similar a las terrajas para hacer roscas en la superficie externa de una pieza, pero los machos hacen lo mismo por el interior. Pueden crear tuercas.



figura 23.(Fictiv, 2021)

**Fresa de
chaflán**

Similar a la fresa de cara, pero suele ser de menor longitud y más afilada. Tiene una punta en ángulo, según el chaflán deseado. Se emplea para crear chaflanes en las esquinas y para mecanizar avellanados.



Figura 24.(Fictiv, 2021)

Herramienta	Descripción	Imagen
Cuchilla dentada	Tipo de fresa en forma de disco de corte que puede servir para hacer socavados duros, ranuras e incluso muecas en forma de T pasando a través de la pieza.	 <p data-bbox="1133 667 1461 697">Figura 25.(Fictiv, 2021)</p>
Sierra de corte longitudinal	Similar a la cuchilla dentada, pero con un disco más fino para cortar ranuras profundas o dividir piezas. Suele tener un diámetro superior.	 <p data-bbox="1133 1115 1461 1144">Figura 26.(Fictiv, 2021)</p>
Escariador	Herramienta para ensanchar agujeros ya existentes y darles un diámetro exacto. Deja un buen acabado y tiene mejor tolerancia que las brocas.	 <p data-bbox="1133 1465 1461 1495">Figura 27.(Fictiv, 2021)</p>
Cortador de mosca	Tipo de fresa que solo tiene una hoja de corte montada en una barra. La barra se puede desplazar para crear un diámetro de corte mayor o menor.	 <p data-bbox="1133 1797 1461 1827">Figura 28.(Fictiv, 2021)</p>

Herramienta	Descripción	Imagen
Cortador de radio externo	Herramienta especial para agregar un radio en un borde externo.	
Herramienta de grabado	Sirve para grabar imágenes, texto o contornos en la superficie de una pieza.	
Herramienta de avellanado	Se utiliza para el avellanado o para crear chaflanes.	
Cortador de cola de milano	Herramienta con una forma especial que puede realizar un socavado en un material.	

Parámetros de control CNC

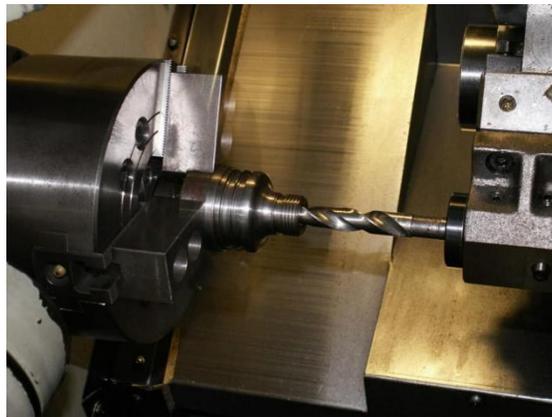


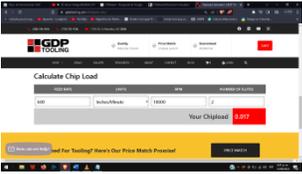
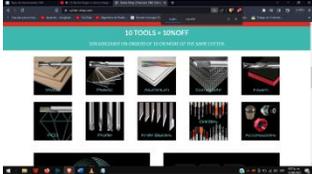
Figura 33.mecanizado torno: (vurcon, 2022)

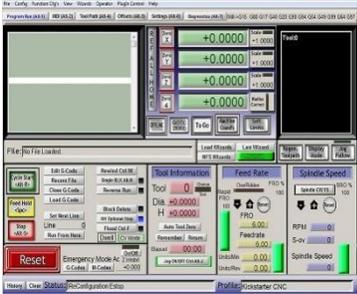
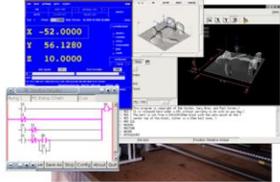
Por último, también es importante conocer los parámetros de mecanizado que interfieren en el control de estas máquinas CNC. Si es deseado realizar cálculos, deberías saber que existen multitud de recursos que te pueden ayudar, desde apps para dispositivos móviles, hasta software para PC, pasando por algunas calculadoras online. Algunos ejemplos que usar para los ajustes apropiados de tus herramientas CNC son:

Tabla 8. Parámetros de control CNC

Nombre	Tipo de Plataforma	Imagen
Calculadora CNC	Android	 <p data-bbox="997 779 1377 814">Figura 34. (Machinist, 2020)</p>
Machining Calculator	Android	 <p data-bbox="1003 1234 1370 1270">Figura 35. (sandvik, 2023)</p>
Camcut	Android	 <p data-bbox="1003 1669 1370 1705">Figura 36. (Camcut, 2023)</p>

Nombre	Tipo de Plataforma	Imagen
Vortex Tool	Android	 <p data-bbox="992 695 1382 737">Figura 37.(vortextoo, 2023)</p>
FSWizard	Android	 <p data-bbox="992 1241 1382 1283">Figura 38.(fswizard., 2023)</p>

Nombre	Tipo de Plataforma	Imagen
Calculate Chip Load	Calculadora en línea	 <p data-bbox="987 695 1386 730">Figura 39.(gdptooling, 2023)</p>
CutterShop	Calculadora en línea	 <p data-bbox="980 1083 1393 1119">Figura 40.(cutter-shop, 2023)</p>
FSWizard para Chrome	Calculadora en línea	 <p data-bbox="1000 1612 1373 1648">Figura 41.(fswizard, 2023)</p>

Nombre	Tipo de Plataforma	Imagen
Mach3	Software CNC para PC	 <p>Figura 42.(machsupport, 2023)</p>
Linux CNC	Software CNC para PC	 <p>Figura 43.(linuxcnc, 2023)</p>
TurboCNC	Software CNC para PC	 <p>Figura 44.(dakeng, 2020)</p>

Nombre	Tipo de Plataforma	Imagen
Grbl	Software CNC para PC	 <p data-bbox="1016 688 1357 726">Figura 45.(github, 2023)</p>
Uccnc	Software CNC para PC	 <p data-bbox="1000 1094 1373 1131">Figura 46.(cncdrive, 2023)</p>

1.8 Parámetros de mecanizado importantes

En cuanto a **los parámetros que deberías conocer** a la hora de controlar una máquina CNC están:

Tabla 9.Parámetros de mecanizado importantes

Parámetro	Definición	Unidades
N	Número de revoluciones, es decir, los giros por minuto durante el proceso de mecanizado. En máquinas profesionales suele estar entre 6000 y 24000 RPM. Se calcula con la fórmula: $n = (V_c \cdot 1000) / (\pi \cdot D)$	RPM

Parámetro	Definición	Unidades
D	Diámetro de corte, es decir, el mayor diámetro de la herramienta que está en contacto con la pieza en el momento de corte.	mm
Vc	Velocidad de corte. Es la velocidad con la que la máquina (torno, taladro, fresa...) corta la viruta durante el mecanizado (a mayor D, mayor Vc). Se calcula mediante la fórmula: $Vc = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000$. No se debería sobrepasar la velocidad máxima especificada por el fabricante de la herramienta.	m/min (o m/s)
Fz	Avance por diente o Carga de Viruta (también conocido como chip o Chip load). Es decir, es la cantidad o espesor del material que arranca cada diente, filo o labio de la herramienta. Para aumentar Fz se debe aumentar Vc, disminuir RPM o usar una fresa de menos dientes. Para disminuir Fz se debe disminuir Vf, aumentar RPM o usar más dientes. Para calcular Fz, puedes usar la fórmula: $Fz = Vf / (z \cdot n)$. Y si se quiere calcular el avance por revolución: $F = Fz \cdot z$.	mm
Vf	Velocidad de avance. Es la longitud recorrida por la herramienta sobre la pieza por unidad de tiempo. La fórmula es: $Vf = F \cdot n$. La velocidad de avance se debe controlar.	mm/min (o m/min)
Z	Número de dientes de la fresa o herramienta.	-
Ap	Profundidad de corte, profundidad axial o profundidad de pasada (también puede aparecer como wc). Hace referencia a la profundidad que consigue la herramienta con cada pasada. Una menor profundidad obligará a realizar más pasadas. Depende de altura máxima de corte (LC o I), el diámetro de la fresa (S o D). Y se puede controlar, por ejemplo, para duplicar la profundidad de corte hay que reducir un 25% la carga de viruta.	mm
Ae	Ancho de corte, o profundidad corte radial. Similar al anterior.	mm

(Tecnocorte2, 2021)

1.9 conceptos para el diseño y desarrollo de una máquina CNC de 5 ejes.

- **Perfiles:** Los perfiles son componentes estructurales esenciales para construir el marco y la estructura del router CNC. Estos proporcionan la base sólida sobre la cual se montarán todos los demás componentes. La elección de perfiles adecuados garantiza la estabilidad y precisión del sistema.
- **Motores:** Los motores son responsables de proporcionar el movimiento a los ejes del router CNC. En un router de 5 ejes, se requieren motores potentes y precisos para controlar los movimientos multidireccionales. Motores paso a paso o servomotores son comunes en este tipo de máquinas.
- **Husillo:** El husillo es la parte que sostiene y gira la herramienta de corte. En un router CNC, el husillo juega un papel crucial en la calidad del mecanizado. Debe ser capaz de girar con alta precisión y mantener una velocidad constante para obtener resultados de corte precisos y suaves.
- **Control:** El sistema de control es el cerebro de la máquina. Permite programar y controlar los movimientos de los ejes y las velocidades del husillo. Un controlador CNC de calidad asegura una operación fluida, precisa y segura del router.
- **CAD/CAM/CAE:** Estas siglas se refieren a herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), fabricación asistida por computadora (CAM) y análisis de ingeniería asistido por computadora (CAE). Son esenciales para diseñar las piezas, generar las rutas de herramientas y simular el proceso de mecanizado antes de llevarlo a cabo físicamente.
- **Servidor web:** para el almacenamiento de archivos, como imágenes documentos de texto, pdf, entre otros, verlos y descargarlos desde cualquier parte del mundo.
- **Impresión 3D:** La impresión 3D puede ser utilizada para fabricar componentes personalizados, como soportes de herramientas o piezas de montaje. Esto agiliza el proceso de desarrollo y permite una mayor adaptabilidad en el diseño.

- **Máquina láser:** Si el router CNC se utiliza para grabado o corte láser, la máquina láser se vuelve fundamental. Proporciona una forma adicional de procesar materiales, como madera, acrílico o metal, permitiendo una mayor versatilidad en la aplicación (Gutiérrez, 2017).

1.9 Antecedentes.

La Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH) actualmente dispone de máquinas herramientas para la realización de prácticas de laboratorio por parte de los estudiantes en su formación académica, entre ellas existen máquinas de operación manual y máquinas de control numérico computarizado (CNC), las cuales para su operación requieren la generación de bloques de programa a través de códigos de letras que se establecen de forma secuencial. La máquina de electroerosión, la prensa excéntrica y la máquina fresadora Router CNC 5 ejes HY-3040 China Mini están disponibles en los talleres de la facultad de mecánica de la ESPOCH, con estas máquinas se tiene por objeto realizar varios procesos tales como: electroerosión, mecanizado de superficies, de contorno, mecanizado circular, taladrado y mecanizado completo de una pieza. La máquina fresadora Router CNC 5 ejes HY-3040 China Mini es empleada para ejecutar las operaciones inherentes al diseño y manufactura asistida por computador (CAD/CAM), que es una disciplina orientada a la creación de elementos mecánicos y bienes en serie, con base en la automatización de los procesos de producción de mecanizado (Caluña, 2023.).



Figura 47.fresa romi cnc (epoch, 2023)

La utilización de softwares de alta gama para el desarrollo de la simulación, debido a su elevado costo es escaso, además de cuenta con el personal calificado para el manejo de la tecnología multi eje. En la industria ecuatoriana ha crecido la demanda de componentes mecánicos que por su geometría no es posible realizarlo con máquinas convencionales. Con un centro de mecanizado 5 ejes y un software apropiado es posible desarrollar piezas con formas complejas, en una variedad de aplicaciones en la industria como máquinas, biomecánica, moldes de inyección, industria aeronáutica, etc., En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se dispone de un centro de mecanizado CNC de 5 ejes, ha sido limitado el uso de esta tecnología por la falta de conocimiento tanto de la máquina como del software que permita realizar la simulación del proceso con su respectivo post procesador que sea capaz de reconocer el código. El principal objetivo de este trabajo de titulación es realizar el mecanizado haciendo uso de las herramientas disponibles y recursos tanto físicos y tecnológicos (Moreno - 2023).

La optimización del plan de procesos en los centros de mecanizado con sistemas CNC y otros sistemas de manufactura automatizada. Se mencionan en varios modelos de optimización desarrollados por diferentes autores, que se centran en la minimización de costos, maximización de ganancias o minimización del tiempo de ejecución del proceso. Sin embargo, la mayoría de estos modelos tienen limitaciones en cuanto a la secuenciación de mecanizado y la selección de herramientas y piezas. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es presentar un modelo MILP que permita la optimización de la secuencia de mecanizado y la selección de herramientas y piezas, de manera que se minimice el tiempo total de ejecución del proceso. Este modelo también permite incorporar más alternativas de mecanizado a las opciones que se consideran en la práctica, lo que acelera el proceso de definición de la secuencia. El modelo MILP se evalúa en dos máquinas diferentes: una fresa con CNC y un centro de mecanizado. En definitiva, el artículo presenta una metodología para la optimización de procesos en la manufactura automatizada que puede ayudar a mejorar la eficiencia y reducir costos (Guala et al,2021).

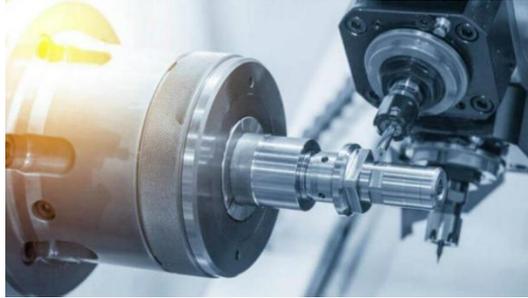


Figura 48.torno cnc (kuzu, 2022)

Las aplicaciones de los sistemas de automatización y control desempeñan un papel fundamental en el ámbito profesional de los Ingenieros Mecatrónicos. En un contexto de constante avance tecnológico en sistemas de automatización y control automático, y considerando la creciente integración entre la mecánica, la electrónica y los sistemas eléctricos, resulta evidente la importancia de adaptarse a estas transformaciones (Ocampo, 2022).

Particularmente, la evolución tecnológica ha elevado la relevancia de migrar de máquinas herramienta manuales a sistemas de control numérico por computadora (CNC). Un ejemplo concreto es la conversión de una mini-fresadora operada manualmente hacia un enfoque CNC. En este escenario, se implementan motores en los ejes "X" e "Y", que están vinculados a una tarjeta lógica controlada mediante un software de programación basado en código "G"(Ocampo, 2022).

La automatización de esta fresadora manual brinda un apoyo significativo para llevar a cabo trabajos que exigen precisión, exactitud y la producción de grandes volúmenes de piezas u objetos. Además, esta experiencia también aporta una comprensión sólida de conceptos básicos en control automático, los cuales encuentran aplicación en equipos convencionales de la industria. Esta transformación no solo abre oportunidades para ampliar conocimientos técnicos, sino que también promueve una mentalidad orientada hacia la innovación y la mejora continua (Ocampo, 2022).

En este contexto, los Ingenieros Mecánicos deben estar preparados para asumir roles multidisciplinarios que abarquen tanto la mecánica tradicional como las tecnologías emergentes de automatización y control. La adaptación a estas dinámicas cambiantes es esencial para asegurar un desempeño profesional eficaz y para contribuir al avance de la industria en un mundo cada vez más interconectado y tecnológicamente avanzado (Ocampo, 2022).



Figura 49. mini torno cnc (onlineshop, 2023)

En la industria, la demanda por las máquinas herramientas automatizadas, ha llevado a los desarrolladores de ensamblaje, extrusión, corte y mecanizado a dotar sus procesos productivos mediante máquinas herramienta con sistemas asistidos por ordenador, debido a ello, los operarios, supervisan los procesos de mecanizado modernos en lugar de controlar e interpretar las trayectorias de las máquinas herramienta convencionales, además, con esta tecnología CNC, se pueden mecanizar diferentes diseños siguiendo patrones prefigurados o de diseño paramétrico, y a su vez configurar los parámetros de corte, herramientas, velocidades de avances de máquina y diferentes operaciones de mecanizado como cajeras, contornos, planeados, rotación y perfilado, dentro de las máquinas o por medio de un software o firmware que se encuentra integrado a las mismas, convirtiéndolo en un sistema completamente automatizado; lo anterior expuesto, no podría realizarse eficientemente y con repetibilidad en la mayoría de las máquinas convencionales, además de disminuir el tiempo de mecanizado y alta exactitud en su área de trabajo, es por eso que es importante el uso o empleo de las Máquinas CNC en la industria (SLU, 2020).

1.10 Vigilancia tecnológica

La tecnología de máquinas de CNC de 5 ejes ha experimentado un importante desarrollo en los últimos años, lo que ha llevado a una mayor precisión, velocidad y eficiencia en los procesos de mecanizado (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

permite conocer las últimas tendencias y avances en la materia, así como las innovaciones más relevantes en términos de maquinaria, software y herramientas de mecanizado (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

Entre las principales tendencias en la tecnología de máquinas de CNC de 5 ejes, destacan los siguientes puntos:

- **Mayor precisión**

Las últimas máquinas de CNC de 5 ejes cuentan con sistemas de medición y compensación de errores que permiten obtener una mayor precisión en los procesos de mecanizado. Esto se logra mediante el uso de tecnologías de escaneo en 3D y sistemas de corrección de errores en tiempo real (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

- **Mejoras en la velocidad de mecanizado**

permiten un mayor control de la velocidad y aceleración de los ejes, lo que permite una mayor velocidad de mecanizado y una reducción en los tiempos de producción (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

- **Automatización**

cuentan con sistemas automatizados de cambio de herramientas (ATC), lo que permite un cambio rápido y sencillo de herramientas durante el proceso de mecanizado. Esto se traduce en una mayor eficiencia en la producción y una reducción en los tiempos de inactividad (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

- **Integración con software CAD/CAM**

Las últimas máquinas de CNC de 5 ejes están diseñadas para integrarse con software de diseño y programación CAD/CAM, lo que permite una mayor flexibilidad en el diseño y programación de piezas complejas (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

Materiales avanzados

los ejes permiten trabajar con una amplia variedad de materiales avanzados, como metales duros, materiales compuestos y cerámicas (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

- **Tecnología de simulación**

Las últimas máquinas de control numérico cuentan con sistemas avanzados de simulación, que permiten evaluar y optimizar los procesos de mecanizado antes de ejecutarlos en la máquina real. Esto permite reducir los tiempos de prueba y error, así como la posibilidad de errores costosos (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

En resumen, la vigilancia se centra en conocer las últimas tendencias y avances en la tecnología, lo que permite a los fabricantes y empresas de mecanizado estar a la vanguardia en cuanto a maquinaria, software y herramientas de mecanizado. Con esto, se pueden mejorar los procesos de producción, reducir los tiempos de inactividad y aumentar la eficiencia en la producción de piezas complejas (Llopis, J., & Tarí, J. J, 2016.).

Tabla 10.Comparativa entre una Máquina CNC de 5 ejes industrial y una domestica

Comparativa entre una Máquina CNC de 5 ejes industrial y una domestica		
Características	Máquina CNC de 5 ejes Industrial	Máquina CNC de 5 ejes Casera
Precio	Alto	Bajo
Precisión	Alta	Baja
Tamaño	Grande	Pequeño
Capacidad de producción	Alta	Baja
Flexibilidad	Baja	Alta
Mantenimiento	Requiere mantenimiento especializado	Mantenimiento sencillo
Complejidad	Alta	Baja
Durabilidad	Alta	Baja
Software	Profesional	Gratuito (Freeware)
Soporte técnico	Profesional	Limitado

En este diagrama, se ha clasificado las características y diferencias más relevantes de las máquinas de CNC de 5 ejes industriales y caseras. Se ha comparado la precisión, el tamaño, la capacidad de producción, la flexibilidad, el mantenimiento, la complejidad, la durabilidad, el software y el soporte técnico de ambas máquinas.

Se ha observado que este tipo de máquinas industriales tienen un precio alto, una precisión alta, un tamaño grande, una capacidad de producción alta, una flexibilidad baja, requieren mantenimiento especializado, tienen una complejidad alta, una durabilidad alta, un software profesional y un soporte técnico profesional.

En cambio, las máquinas de CNC de 5 ejes caseras tienen un precio bajo, una precisión baja, un tamaño pequeño, una capacidad de producción baja, una flexibilidad alta, requieren un mantenimiento sencillo, tienen una complejidad baja, una durabilidad baja, un software de licencia gratuita y un soporte técnico limitado.

En conclusión, ambas máquinas tienen sus propias ventajas y desventajas. La elección de una máquina de CNC de 5 ejes dependerá de las necesidades y presupuesto de cada usuario. Si se busca una alta precisión y capacidad de producción, una máquina de CNC de 5 ejes industrial sería la mejor opción, mientras que, si se busca una máquina más flexible y asequible para pequeñas y medianas empresas, una máquina de CNC de 5 ejes casera podría ser la elección adecuada.

Tabla 11. máquinas CNC de 5 ejes más reconocidas en el mercado

Marca y Modelo	Descripción	Precio comercial
Haas UMC-750	Centro de mecanizado universal de 5 ejes con cambio automático de herramientas, mesa giratoria de 630 mm, control CNC Haas y velocidad de husillo de hasta 12,000 rpm.	\$150,000 - \$200,000 USD
DMG Mori DMU 50	Centro de mecanizado de 5 ejes con cambio automático de herramientas, mesa giratoria de 500 mm, control CNC Siemens y velocidad de husillo de hasta 18,000 rpm.	\$200,000 - \$250,000 USD
Okuma MU-5000V	Centro de mecanizado vertical de 5 ejes con cambio automático de herramientas, mesa giratoria de 500 mm, control CNC Okuma OSP y velocidad de husillo de hasta 15,000 rpm.	\$250,000 - \$300,000 USD
Mazak Variaxis i-500	Centro de mecanizado de 5 ejes con cambio automático de herramientas, mesa giratoria de 500 mm, control CNC Mazak y velocidad de husillo de hasta 12,000 rpm.	\$300,000 - \$350,000 USD
Fadal 5-Axis VMC 4020FX	Centro de mecanizado vertical de 5 ejes con cambio automático de herramientas, mesa giratoria de 500 mm, control CNC Fadal y velocidad de husillo de hasta 12,000 rpm.	\$100,000 - \$150,000 USD

Marca y Modelo	Descripción	Precio comercial
Axiom Precision AR8 Pro+	Fresadora CNC de escritorio de 5 ejes con mesa giratoria de 200 mm, control CNC Mach 3 y velocidad de husillo de hasta 24,000 rpm.	\$12,000 - \$15,000 USD
Pocket NC V2-50	Fresadora CNC de escritorio de 5 ejes con mesa giratoria de 50 mm, control CNC Pocket NC y velocidad de husillo de hasta 10,000 rpm.	\$7,000 - \$8,000 USD
Nomad 883 Pro	Fresadora CNC de escritorio de 3 ejes con mesa de trabajo de 200 mm x 200 mm, control CNC Carbide Motion y velocidad de husillo de hasta 10,000 rpm. (Puede añadir un 4º eje con una modificación adicional)	\$3,500 - \$4,000 USD

Tabla 12.diferencias entre las Máquinas CNC comerciales y las caseras.

Característica	Máquinas CNC de 5 ejes comerciales	Router CNC caseras
Estructura	Suelen tener una estructura robusta y rígida para manejar piezas de gran tamaño y peso	Por lo general, utilizan estructuras más ligeras y menos resistentes debido a su construcción casera
Precisión	Las máquinas CNC de 5 ejes comerciales suelen tener una mayor precisión debido a su construcción y calibración profesional	La precisión de las router CNC caseras puede variar, dependiendo de la calidad de los materiales y la precisión en el ensamblaje
Velocidad	Las máquinas CNC de 5 ejes comerciales suelen ser más rápidas en el procesamiento de piezas y movimientos debido a la potencia de	Las router CNC caseras pueden tener limitaciones en la velocidad de procesamiento debido a su construcción y componentes

Característica	Máquinas CNC de 5 ejes comerciales	Router CNC caseras
	sus motores y la calidad de sus componentes	
Tamaño de piezas	Las máquinas CNC de 5 ejes comerciales suelen tener capacidad para manejar piezas de gran tamaño debido a su estructura y capacidad de movimiento en varios ejes	Las router CNC caseras pueden tener limitaciones en el tamaño de piezas que pueden manejar debido a las dimensiones de la máquina
Precio	Las máquinas CNC de 5 ejes comerciales suelen ser muy costosas debido a su construcción y componentes de alta calidad	Las router CNC caseras pueden ser mucho más económicas debido a su construcción casera y componentes más accesibles

Es importante señalar que estas son solo algunas de las diferencias más comunes, y que pueden variar dependiendo de los modelos y marcas específicos de las máquinas CNC de 5 ejes comerciales y router CNC caseras.

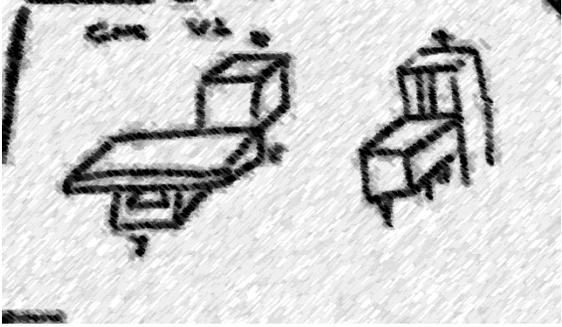
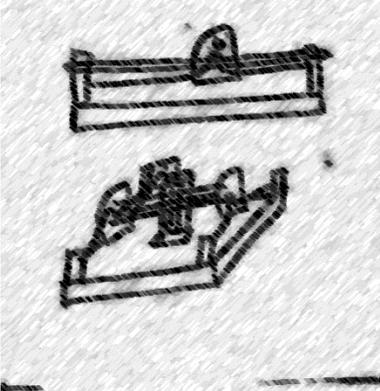
2.CAPÍTULO II FASE DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA CNC DE CINCO EJES

Descripción de las fases de diseño de una máquina CNC de cinco ejes, con un enfoque en los tres bocetos y la selección del tercero como el diseño elegido, La elección del

tercer boceto se basó en su capacidad para superar las limitaciones identificadas en los diseños anteriores y ofrecer una solución más completa y eficiente. Con este diseño, se logró una máquina CNC de cinco ejes capaz de realizar mecanizados precisos, versátiles y eficaces, lo que brindó un importante avance en la capacidad de producción y las posibilidades de mecanizado.

2.1 Diseño de bosquejos de prototipos.

Tabla 13. Diseño de bosquejos de prototipos de máquina de cinco ejes con sistema atc

Bocetos	Descripción
 <p>Figura 50. Primera versión de la máquina CNC de 5 ejes (Propio)</p>	<p>Esta versión fue rechazada debido a la limitación en el recorrido del eje Y. Además, se identificó que el sistema mecánico para el quinto eje estaría sometido a grandes esfuerzos, lo que podría causar sobrecalentamiento de los motores.</p>
 <p>Figura 51. Segundo diseño (Propio)</p>	<p>Este diseño también fue descartado, ya que el sistema de movimiento de los ejes (X, Y) se basaba en una correa dentada GT2, la cual no generaba la suficiente fuerza. Además, el diseño ocupaba mucho espacio estéticamente y la correa necesitaba tensarse periódicamente.</p>

Bocetos	Descripción
 <p data-bbox="266 877 724 911">Figura 52.Tercer diseño (Propio)</p>	<p data-bbox="797 543 1487 869">Este diseño fue la mejor opción elegida. El sistema de movimiento de los ejes (XYZ) se basa en varillas roscadas trapezoidales de 4 entradas, lo que ofrece mayor precisión y fuerza para los mecanizados. Además, los ejes A y B se encuentran sobre la base de la cama, lo que reduce el esfuerzo de la máquina. También se implementó un sistema de agarre mecánico para las herramientas.</p>

2.2 requisición de materiales para fabricación de una máquina de CNC.

Tabla 14.requisición de materiales elementos, insumos, electrónica e instrumentación

Componente	Descripción
 <p data-bbox="248 1465 756 1499">Figura 53.rodamiento lineal (propia)</p>	<p data-bbox="829 1226 1427 1310">Bloque de deslizamiento lineal, diámetro interno 8mm</p> <ul data-bbox="878 1335 1252 1528" style="list-style-type: none"> • Diámetro interno: 8mm • Longitud: 30mm • Ancho: 34mm • Material: Aluminio <p data-bbox="829 1554 1427 1638">Rodamiento radial, diámetro interno 8mm, baja fricción, alto rendimiento, larga vida.</p> <p data-bbox="829 1703 1052 1736"><u>Características:</u></p> <ul data-bbox="878 1761 1276 1839" style="list-style-type: none"> • Diámetro interno: 8mm • Diámetro externo: 22mm



Figura 54. rodamiento axial (propia)

- Espesor: 7mm
- Material: Acero al carbono

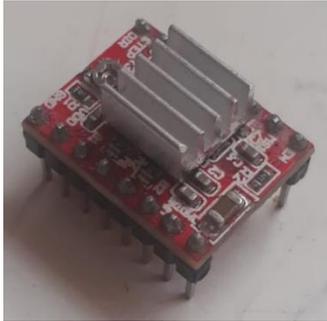


Figura 55. A4988 (propio)

tarjeta controladora para motores paso-paso. Contiene disipador de calor.

Características:

- Voltaje de entrada: 3.3 a 35V
- Voltaje lógico: 3.3/5V
- Microsteps: hasta 1/16 de paso
- Con regulador de corriente



Figura 56. aluminio 6063-T5 (Propio)

Perfil de aluminio OB2020 V slot para rueda deslizadora mini V.

Características:

- Alto: 20mm
- Ancho: 20mm
- Longitud: 1m
- Material: Aluminio



Figura 57. Dremel 300 (Propio)

Dremel 300 Moto tool

- 120v ac 10.000 rpm
- Usa para el mecanizado del material a usar, como madera, icopor, plástico., otros.



Figura 58. Tuerca T8 (Propia)

Tuerca T8 2mm x 8mm para varilla trapecoidal de 4 hilos.

Características:

- Diámetro: 8mm
- Material: Acero inoxidable
- Para varilla trapecoidal de 4 hilos.



Figura 59. Engrane plástico (Propio)

Engrane transmisor

- Diámetro del eje 5 mm
- Diámetro externo 51 mm
- Material de plástico color blanco
- Usado para el quinto eje

Engrane conducido

- Diámetro del eje 8 mm
- Diámetro externo 100 mm
- Material plástico color blanco



Figura 60. Engrane plástico (Propio)

- Usado para la mordaza



Figura 61. Engrane latón (Propio)

Engrane transmisor

- Diámetro del eje 5 mm
- Diámetro externo 9 mm
- Material de latón
- Usado para el cuarto eje



Figura 62. Engrane acero (Propio)

Engrane transmisor

- Diámetro del eje 8 mm
- Diámetro externo 52 mm
- Material acero usado para mover el sistema del quinto eje.

Tarjeta de interface de 5 ejes para control de motor. Principal uso para CNC. Soporta el software MACH3 y otro

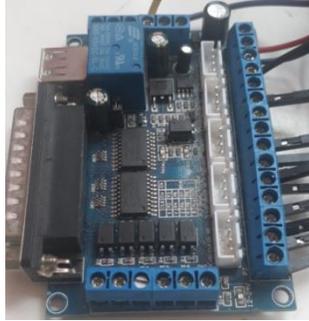


Figura 63.Mach3 breakboard (Propia)

software para el control del puerto paralelo.

Características:

- Voltaje: 12V
- Entradas aisladas ópticamente
- Circuito de conversión de PWM a 0 ~ 10V
- Número de puertos: 17

Fuente 12V - 10A.



Figura 64,Fuente alimentación (Propia)

Entrada: 100 ~ 264VAC

- Frecuencia: 47 a 63Hz
- Salida: 12VDC
- Corriente promedio: 10A
- Potencia: 120W
- Eficiencia: 82%

Caja eléctrica con botonera

Características

- Pulsador rojo
- Pulsador verde
- Interruptor e-stop
- Llave selectora



Figura 65.caja botonera (Propia)



Figura 66.End-stop (Propia)

Pulsador end-stop

- color Verde
- entrada abierta entrada cerrada y común
- sistema electromecánico
- usado para los límites físicos de la Máquina



Figura 67.Contactor eléctrico (Propia)

Contactador AC industrial, con voltaje de bobina de 110V, tipo normalmente abierto. Conexión estable, de alta conductividad. Utilizado en aplicaciones de distribución y energía.

- Tensión de la bobina: 110VAC
- Corriente nominal (I): 18A
- Corriente térmica convencional (I_{th}): 32 A
- Voltaje de aislamiento nominal (U_i): 690VAC
- Frecuencia: 50/60Hz
- Número de contactos: 3 polos
- Tipo de contacto: normalmente abierto (NA)



Figura 68.Disyuntor térmico (Propia)

Disyuntor térmico 110v/220V AC doble canal

Usado para dar el paso de corriente eléctrica al sistema electrónico y eléctrico, como la computadora y los controladores de la máquina.



Figura 69. Bornera eléctrica (Propia)

Regleta eléctrica 110v/220v AC color negro

Usada para compartir varias líneas de energía conectadas desde un solo punto



Figura 70. lamina aluminio (Propia)

Perfil aluminio

Usado para soporte Kp08 5mm para soporte de base de este.



Figura 71. Riel DIN (Propia)

Riel din para red eléctrica

Usada para soporte del contactor eléctrico y el disyuntor térmico de 110 voltios

Angulo en L plástico para soporte de 90 grados.

Soporte para el perfil de aluminio 20x20 de la estructura de la máquina.



Figura 72.esquinero plástico (Propia)



Figura 73.varilla roscada (Propia)

Varilla trapezoidal roscada de 300mm, M8
paso de 2mm 4 Hilos.

- Longitud: 300mm
- Diámetro: 8mm
- Número de hilos: 4
- Material: Acero inoxidable
- Resistente a la corrosión
- Resiste altas temperaturas
- Paso 2mm



Figura 74.Motor Nema 17 (Propia)

Motor NEMA 17

- Tamaño: 42.3mm x 42.3mm x 48mm
- Diámetro de eje: 5mm
- Pasos por revolución: 200
- Consumo de corriente: 1.2A por bobina
- Modelo STEPPER MOTOR



Figura 75.Computador (yanus, 2023)

Computador genérico con puerto paralelo para la conexión de la tarjeta mach3 con el quipo

- 2GB de ram
- Procesador atlon 4 nucleos
- 500 GB disco duro

Soporte para eje lineal de 8mm.

Características:

- Diámetro interno: 8mm
- Alto: 32.8mm
- Longitud: 42mm
- Material: Aluminio



Figura 76.SK8 (Propia)

Base de madera de 10 mm de grosor para Máquina cnc

Material MDF, usada para base de mesa para poner el material a mecanizar.



Figura 77.MDF (Propia)

2.2.1 costos de insumos y materiales para la Máquina cnc de cinco ejes

Tabla 15.costos de insumos y materiales para la Máquina cnc de cinco ejes

Tipo de Material	Cantidad	Precio Unidad	Total
Materiales de Estructura			
Perfil de aluminio 2020	4	40,000	120,000
Rodamiento sk8	3	3,000	9,000
Chumacera kp08	2	30,000	60,000
Soporte SK8	8	8,000	64,000
Varilla roscada 8mm trapezoidal T8	3	30,000	90,000
Varilla lisa 8mm	6	30,000	180,000
Rodamiento lineal SCS8UU	12	14,000	168,000
Nema 17 motor Stepper	3	90,000	280,000
EMB Stepper motor	2	40,000	80,000
Acople flexible 8mm	3	5,000	15,000
Dremel 300 Mototool	1	280,000	280,000
Acrílico 8mm	1	40,000	40,000

Tipo de Material	Cantidad	Precio Unidad	Total
Polímero 10mm	1	60,000	60,000
Soporte para nema 17	2	12,000	24,000
Tornillería		50,000	50,000
Materiales de Corte			
Kit fresas de corte 3.175 mm	1	60,000	60,000
Fresa de corte madera	1	10,000	10,000
Fresa punta espada para pcb	1	6,000	6,000
Electrónica y Componentes			
Instrumentación			
Placa controladora Mach3 5 ejes	1	40,000	40,000
Fuente 12v 10 a	1	70,000	70,000
Caja eléctrica con botonera	1	150,000	150,000
Driver A4988	5	8,000	40,000
Driver pwm 10v			
Elementos electrónicos		20,000	20,000

Tipo de Material	Cantidad	Precio Unidad	Total
Computador con monitor		600,000	600,000
Total			2,600,000

2.3 Diseño mecánico CAD de prototipo de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.

- **Prensa horizontal**

La pieza se diseña en el software SolidWorks como una prensa horizontal para el agarre de piezas sobre el cuarto y quinto ejes de la Máquina con unas dimensiones de 45x45 milímetros

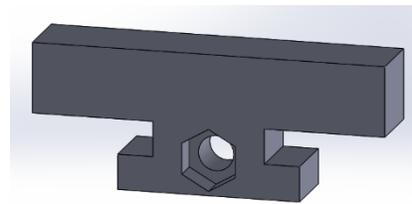
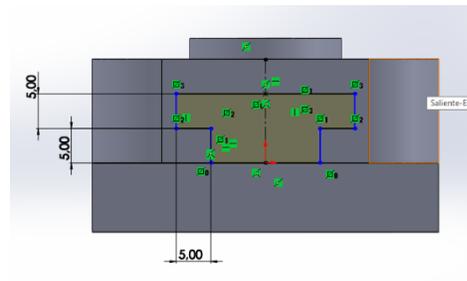
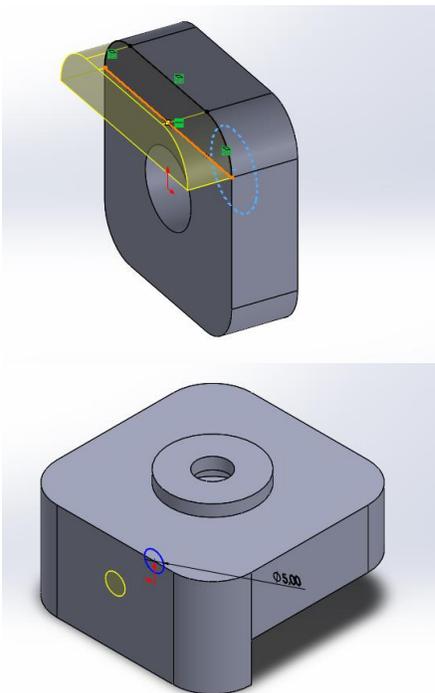


Figura 78.mordaza horizontal: (Fuente propia)

- **soporte T8 para varilla roscada 8mm**

pieza diseñada como base de soporte para la tuerca T8, con el objetivo de que los ejes (X, Y, Z) logren moverse, a través de su área de trabajo a lo largo, ancho y alto.

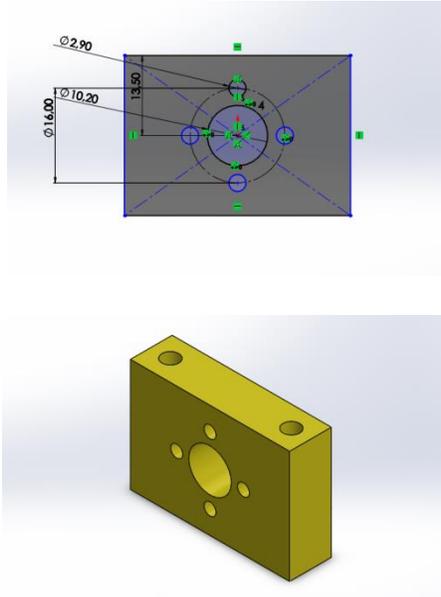
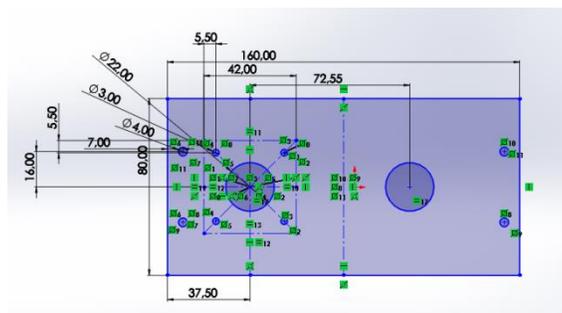


Figura 79. Soporte T8: (fuente propia)

- **Diseño del Quinto eje (eje B)**

Se diseñó la pieza en base al boceto seleccionado, con unas dimensiones de 160x80x5 milímetros, para soporte del motor del quinto eje y su sistema mecánico, además como soporte para la mordaza.



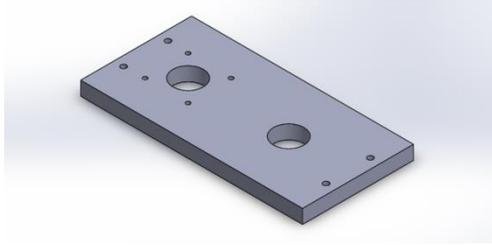


FIGURA 80.base quinto eje (fuente propia)

la pieza se diseñó con unas dimensiones de 114x80x10 milímetros, para que soporte del motor del eje x y el sistema del eje z junto con el husillo.

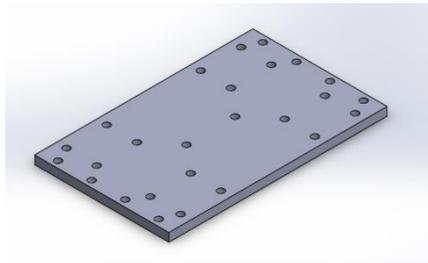
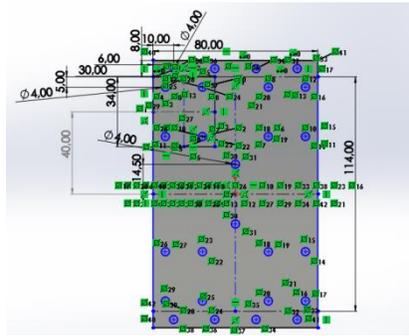


Figura 81.soporte eje x: (fuente propia)

- **Soporte del eje Z**

Esta pieza se diseñó con unas dimensiones de 80x50x10 milímetros, la cual soporta el motor del eje Z y el sistema del husillo de la Máquina cnc de cinco ejes

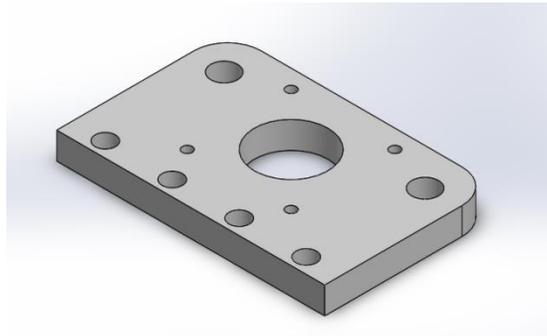
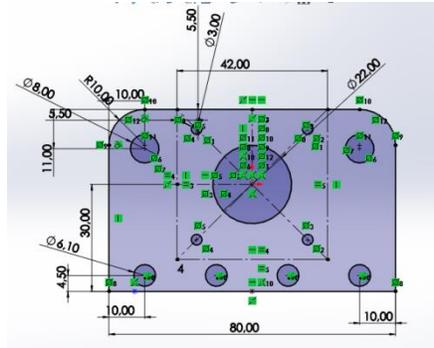
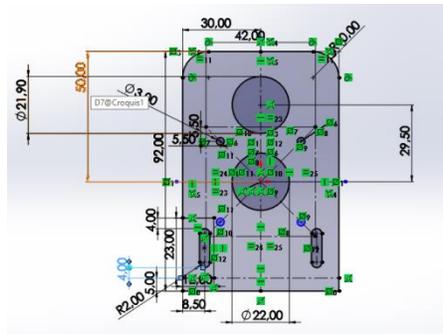


Figura 82.soporte eje Z (Propia)

- **Pieza lateral para el cuarto eje**

Se diseña la pieza en software de SolidWorks, con unas dimensiones de 92x50x8 milímetros, la cual soportara el peso del motor del cuarto eje y el sistema del quinto eje.



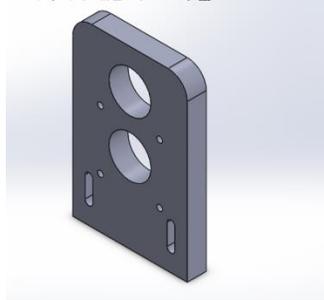


Figura 83.soporte eje A (Propia)

Diseño pieza para el eje Y

Se diseña la pieza con unas dimensiones de 260x200x5 milímetros, que soportara el sistema de el cuarto y el quinto eje, desplazándose de manera lineal.

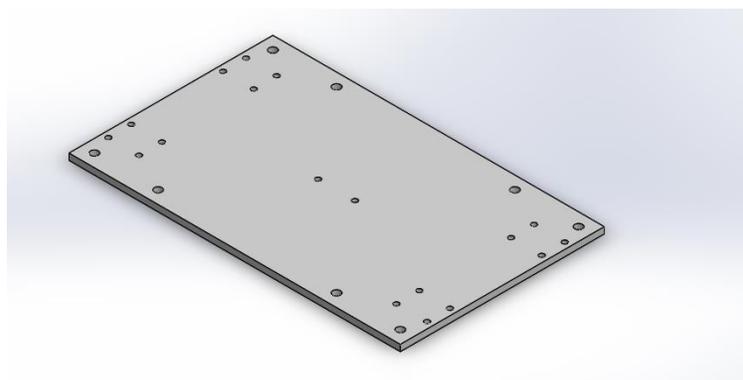
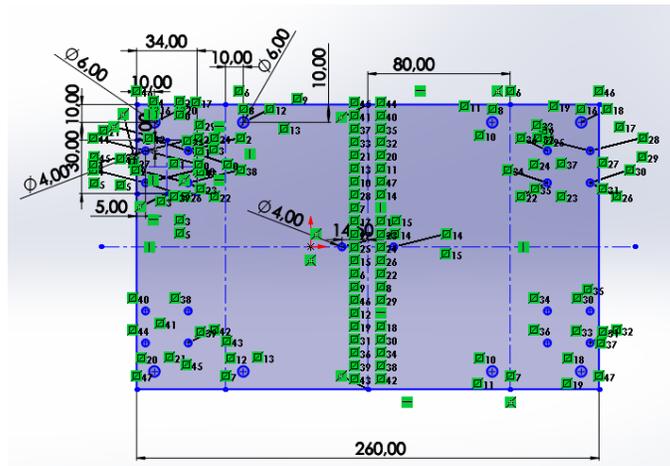


Figura 84.base eje Y: (Propia)

2.4 Diseño mecánico CAD de prototipo de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.

Este apartado se describe el proceso de diseño de una máquina router CNC de 5 ejes utilizando el software SolidWorks para el modelado en 3D, Cura y para la fabricación y RD Works para los cortes con láser co2.

La fase de diseño para una máquina CNC de 5 ejes implica varios pasos cruciales. En primer lugar, es importante tener una idea clara de las especificaciones requeridas para la máquina, como su tamaño, tolerancias, velocidad de corte y tipo de materiales que se procesarán. A continuación, se deben crear archivos CAD detallados que muestren las piezas individuales de la máquina y cómo se ensamblarán.

Una vez que se han creado los archivos CAD, se pueden utilizar programas CAM para traducir el diseño en código de máquina que la máquina CNC pueda entender. El software CAM también permite la simulación de la operación de la máquina y ayuda a detectar posibles problemas durante el proceso de mecanizado.

En esta fase de diseño, es importante considerar la ergonomía de la máquina y la facilidad de uso para el operador. También se deben tener en cuenta los sistemas de seguridad y los requisitos de mantenimiento preventivo para garantizar la seguridad y la durabilidad de la máquina.

En resumen, la fase de diseño para una máquina CNC de 5 ejes implica una planificación cuidadosa, la creación de archivos CAD detallados y la utilización de programas CAM para traducir el diseño en código de máquina. La atención a la ergonomía, la seguridad y el mantenimiento preventivo son claves para una máquina eficiente y segura.

A continuación, los archivos CAD para la base de la máquina los cuales se montarán las guías para los ejes X, Y.

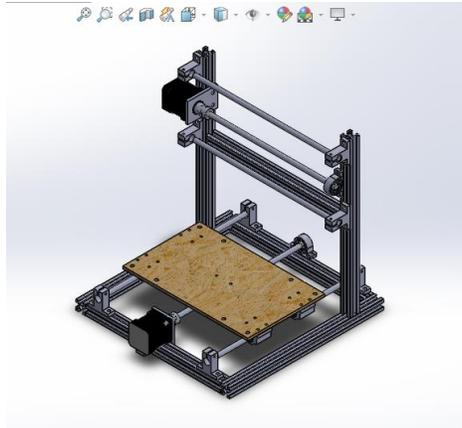


Figura 85.ensamble X, Y(Propia)

Los ejes X e Y son componentes cruciales de una máquina CNC de 5 ejes. El eje X se refiere al movimiento horizontal de la herramienta de corte, mientras que el eje Y se refiere al movimiento vertical de la herramienta. Juntos, estos dos ejes permiten que la herramienta se mueva en una superficie bidimensional.

El eje X y el eje Y son controlados por motores paso a paso bipolares y sistemas de guías lineales de 8mm para garantizar un movimiento preciso y sin vibraciones. Los motores y las guías se seleccionan cuidadosamente para garantizar que puedan soportar la carga de la herramienta y las fuerzas ejercidas en los procesos de mecanizado.

Es importante tener en cuenta que el movimiento del eje X y el eje Y es interdependiente, lo que significa que deben coordinarse y sincronizarse para garantizar un mecanizado preciso y uniforme. Los programas CAM se utilizan para generar trayectorias de herramientas que optimizan el movimiento de los ejes X e Y y minimizan el tiempo de mecanizado.

El eje Z y el husillo son componentes igualmente importantes en una máquina CNC de 5 ejes. El eje Z se refiere al movimiento vertical de la mesa de trabajo, mientras que el husillo es la herramienta de corte que se utiliza para realizar el mecanizado.

El eje Z está controlado por un motor eléctrico y un sistema de guías lineales para garantizar un movimiento preciso y sin vibraciones de la mesa de trabajo. Es importante

que el eje Z pueda soportar el peso de las piezas que se están mecanizando y las fuerzas de corte asociadas.

El husillo, en este caso un Dremel 300, es un motor eléctrico que acciona una herramienta de corte rotativa. El husillo debe ser seleccionado cuidadosamente para garantizar que pueda soportar la carga de trabajo y que su velocidad de rotación se pueda ajustar para adaptarse a diferentes tipos de materiales y procesos de mecanizado.

El husillo se mueve a lo largo del eje Z para permitir que la herramienta de corte se acerque a la pieza de trabajo y realice el mecanizado. El movimiento preciso del husillo y el control de velocidad son esenciales para garantizar un mecanizado de alta calidad y evitar la deformación de la pieza de trabajo.

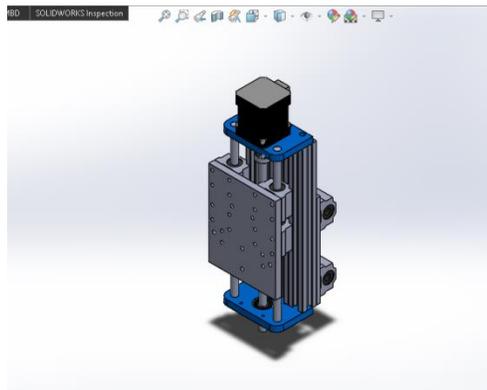


Figura 86.ensamble Z: (Propia)

El cuarto y quinto eje permiten el movimiento rotativo de la herramienta de corte. El cuarto eje se conoce comúnmente como un eje de rotación y puede girar la pieza de trabajo en cualquier ángulo. El quinto eje, también conocido como eje de inclinación, permite el movimiento de la herramienta de corte a través de un rango de ángulos, es decir que, el cuarto y quinto eje son partes importantes de una máquina CNC de 5 ejes y permiten el movimiento rotativo en la mesa de trabajo.

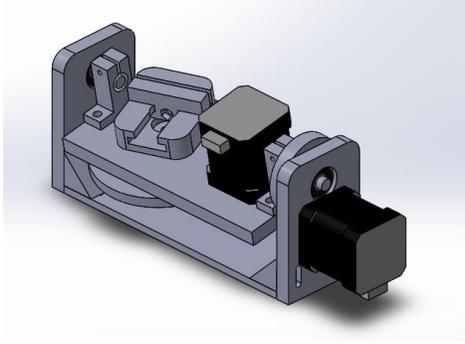


Figura 87.ensamble ejes A y B: (Propia)

- **Vista frontal**

En la vista frontal de la máquina CNC de 5 ejes, se observarían los componentes principales dispuestos en el plano vertical. La estructura de la máquina estaría visible, incluyendo la columna vertical que sostiene el cabezal de mecanizado. El panel de control o la interfaz de programación estarían ubicados en esta vista, permitiendo a los operadores ingresar los datos de mecanizado y controlar las operaciones de la máquina.

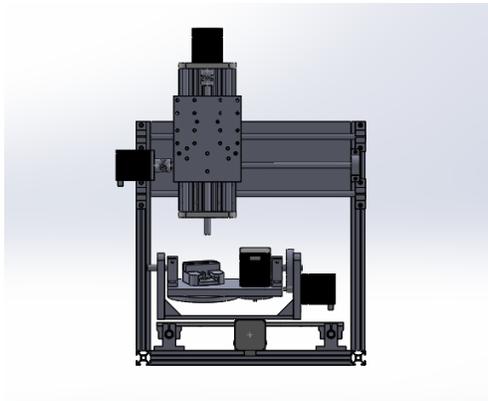


Figura 88.vista frontal: (Propia)

- **Vista lateral:**

En la vista lateral, se vería la máquina desde un ángulo que muestra tanto la columna vertical como la mesa de trabajo. La mesa estaría dispuesta en un plano horizontal y sería ajustable en diferentes direcciones para permitir un posicionamiento preciso de la pieza a mecanizar. También sería visible el cabezal

de mecanizado, que puede inclinarse y girar para realizar operaciones en diferentes ángulos.

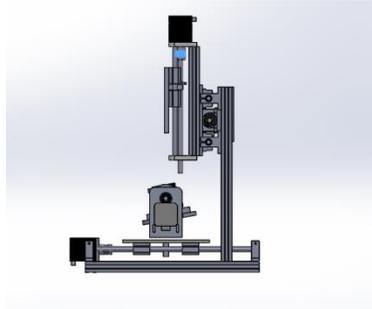


Figura 89.vista lateral: (Propia)

- **Vista superior:**

En la vista superior, se apreciaría la mesa de trabajo en su totalidad, así como los sistemas de sujeción utilizados para fijar la pieza que se está mecanizando. Los ejes lineales y rotativos estarían dispuestos de manera visible en esta vista, permitiendo que la herramienta de corte se mueva en las cinco direcciones para lograr un mecanizado tridimensional completo y preciso.

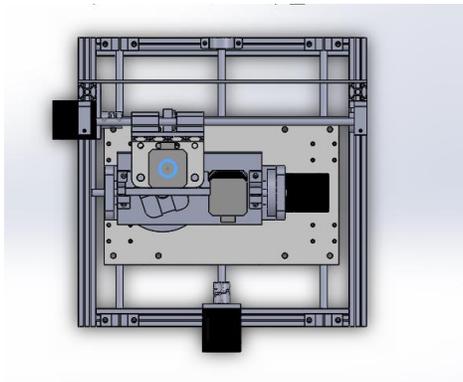


Figura 90.vista superior (Propia)

- **Vista isométrica:**

La vista isométrica es una representación tridimensional en la que se observa la máquina CNC de 5 ejes desde un ángulo que muestra sus tres dimensiones: largo, ancho y alto. En esta vista, se podrían apreciar todos los detalles de la máquina, como la disposición de los ejes, la estructura de soporte, el cabezal de mecanizado y la mesa de trabajo. Esta vista proporcionaría una comprensión más

completa de cómo se integran los diferentes componentes para permitir un mecanizado altamente versátil y preciso.

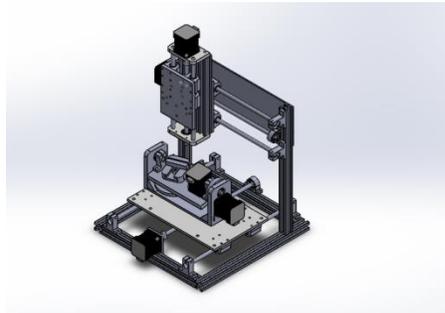


Figura 91.vista isométrica: (Propia)

2.4 Vista y planos de ingeniería de una máquina de CNC de cinco ejes.

El diseño de las piezas, partes y componentes a la fabricación de una cnc de 5 ejes se proponen los siguientes planos de ingeniería de detalles los cuales pueden estudiarse en el ANEXO 01.

Cuando se crean planos en SolidWorks, se pueden detallar estos componentes en vistas ortogonales (vista frontal, superior) y también en vistas isométricas para una comprensión tridimensional más completa. Los detalles, dimensiones, tolerancias y notas se agregan en los planos para garantizar que la máquina se construya y opere con precisión.

2.5 Simulación CAE de máquina de CNC de cinco ejes.

Dentro de un conjunto de 45 piezas, hay 5 piezas específicas que estarán sometidas a esfuerzos debido al uso de la máquina. Estas piezas son aquellas que experimentarán cargas y tensiones significativas durante el funcionamiento normal de la máquina. Analizar estas 5 piezas es fundamental para asegurarse de que puedan soportar los esfuerzos sin fallar y garantizar un funcionamiento seguro y duradero de la máquina.

- **Perfil de aluminio para eje X**

al perfil de aluminio 6063-t5 del eje X, se le aplico una fuerza de tantos 39.2266 N, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 62 que garantiza que la pieza no se va a fracturar, los datos completos del estudio se encuentran en el ANEXO 02

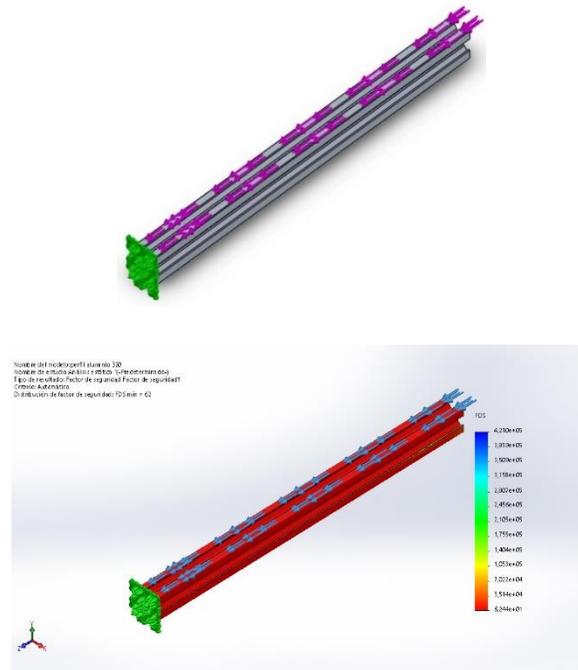
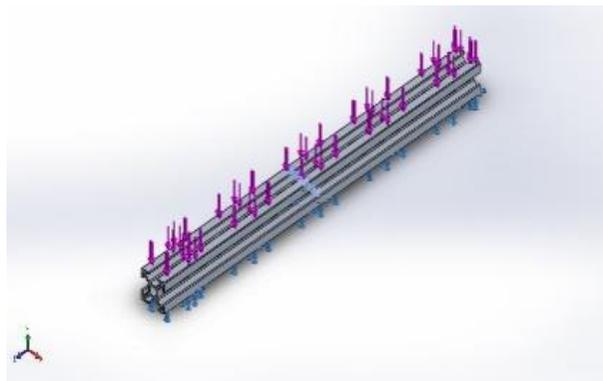


Figura 92.perfil 20x20 eje X CAE: (Propia))

- **Perfil de aluminio para eje Y**

al perfil de aluminio 6063-t5 del eje Y, se le aplico una fuerza de tantos **58,8399 N**, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 93 que garantiza que la pieza no se va a fracturar, los datos completos del estudio se encuentran en el ANEXO 03.



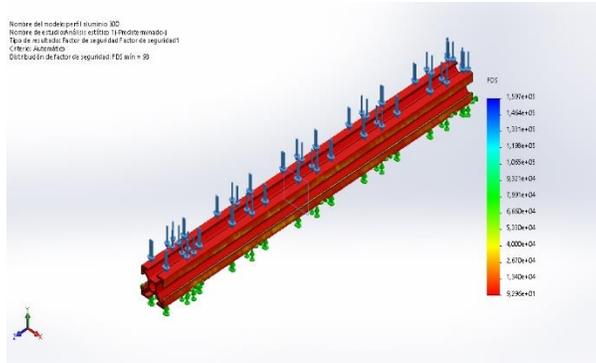


Figura 93.perfil 20x20 Y CAE: (Propia)

- **soporte en acrílico para eje Z**

al perfil de acrílico del eje Z, se le aplico una fuerza de tantos **2,45166 N**, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 3.2, que garantiza que la pieza no se va a fracturar, los datos completos del estudio se encuentran en el ANEXO 04.

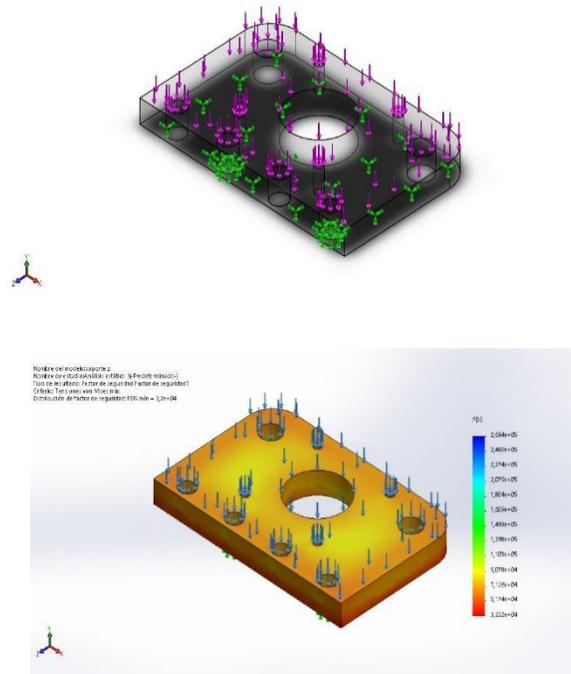


Figura 94.base acrílico eje Z CAE: (Propia)

- **mordaza para el quinto eje**

la mordaza, se le aplico una fuerza de tantos **9,80665 N**, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 4.7, que garantiza que la pieza no se va a fracturar, los datos completos del estudio se encuentran en el ANEXO 05.

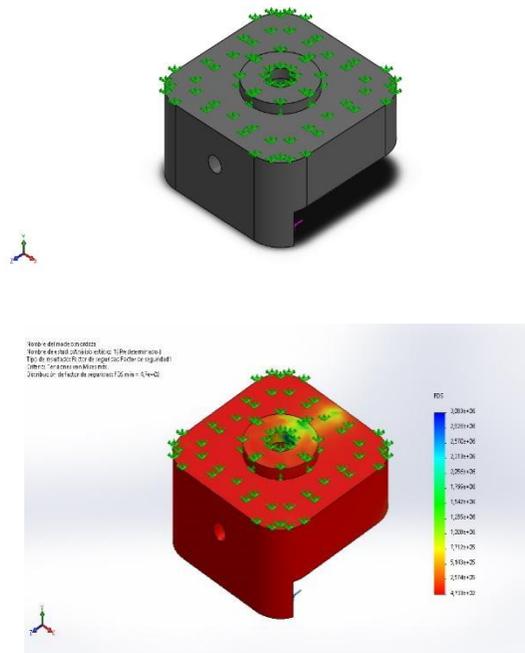


Figura 95.mordaza fija CAE: (Propia)

- **pieza móvil de la mordaza**

la pieza móvil de la mordaza, se le aplico una fuerza de tantos **9,80665 N**, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 60, que garantiza que la pieza no se va a fracturar, los datos completos del estudio se encuentran en el ANEXO 06.

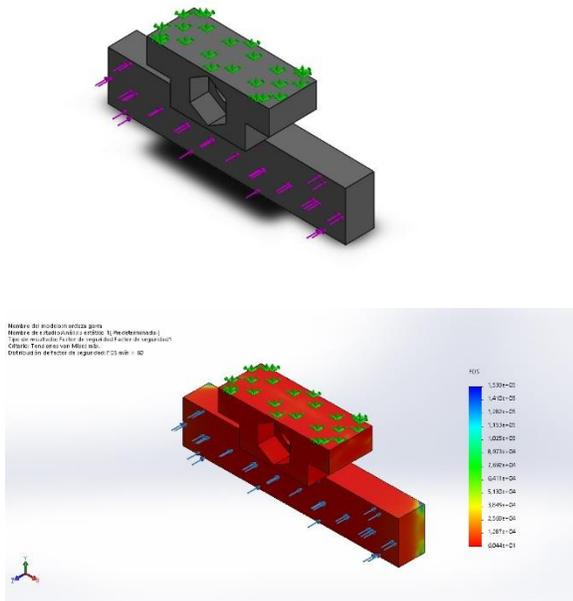


Figura 96.mordaza móvil CAE: (Propia)

2.5 Simulación bajo software CURA fabricación de máquina de CNC 5 ejes.

- **Pieza mordaza**

En una la simulación de pieza mordaza se hizo en software cura se configura la impresora 3d Ender 3 plus, a una temperatura de 210 grados Celsius, con un relleno de 100% y una velocidad de impresión de 100%, una altura de capa de 0.2mm, con una temperatura de cama de 70 grados Celsius y con una malla cubico truncado y peinada lineal para mejor adherencia del material PLA, con un tiempo de dos horas tres minutos.

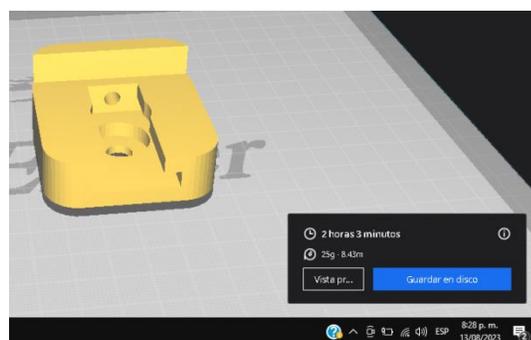


Figura 97.mordaza en cura: (Propia)

- **Soporte T8**

En una la simulación de la pieza del soporte T8 se hizo en software cura se configura la impresora 3d Ender 3 plus, a una temperatura de 210 grados Celsius, con un relleno de 100% y una velocidad de impresión de 100%, una altura de capa de 0.2mm, con una temperatura de cama de 70 grados Celsius y con una malla cubico truncado y peinada lineal para mejor adherencia del material PLA, con un tiempo de cuarenta y ocho minutos.

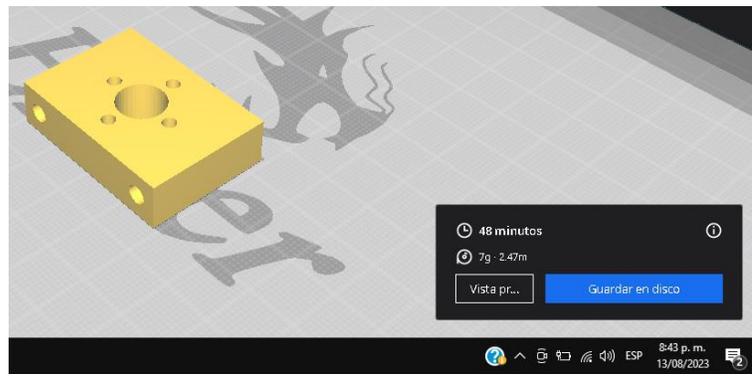


Figura 98.soporte t8 en cura: (Propia)

2.6 Código G de las partes de máquina de CNC de cinco ejes.

el código G obtenido por el software CURA de la impresora 3D Ender 3 plus se encuentra en el anexo 07.

2.7 diseño de servidor web

- **Diagrama de flujo del servidor web**

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del servidor web.

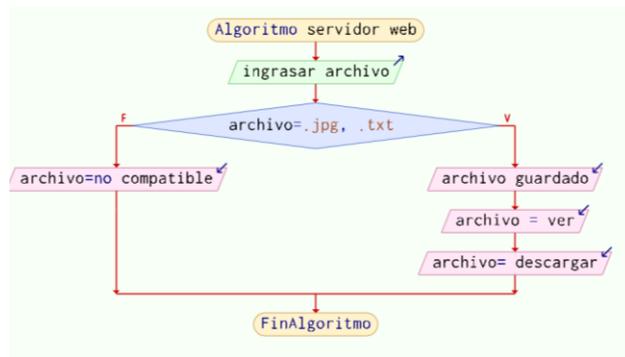


Figura 99.diagrama de flujo: (Propia)

El código del servidor web fue escrito en lenguaje de HTML, PHP, anexo 08.



Figura 100.servidor web: (Propia)

3 CAPÍTULO III FASE DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CNC DE 5 EJES.

3.1 Construcción de máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC

La fase de construcción es una etapa crucial en el proceso de fabricación de cualquier objeto o producto. Esta fase consiste en la creación física de las partes geométricas y del prototipo de una máquina de CNC (Control Numérico por Computadora) de cinco ejes.

Para llevar a cabo esta fase, se requiere una cuidadosa planificación, así como una amplia gama de habilidades técnicas y conocimientos especializados en áreas como la ingeniería mecánica, la programación y la robótica.

La fabricación e integración digital es un proceso que implica el uso de tecnología de última generación, como el modelado en 3D y el mecanizado, para crear prototipos y piezas precisas y detalladas.

- **Eje Y**

La construcción del eje Y se realizó con materiales como el acrílico transparente, rodamiento lineal de 8mm y varilla lisa de 8mm, soporte T8 fabricado en PLA y varilla lisa de 8mm junto con un motor Nema 17 STEPPER, con una dimensión de 320x320 milímetros como se muestra en la imagen.

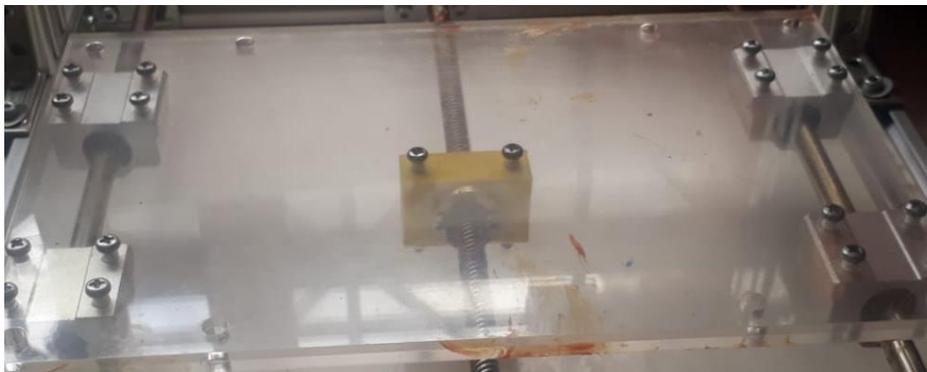


Figura 101.foto eje Y (Propia)

- **Eje X**

La construcción de eje X se usaron materiales, perfil de aluminio 20x20, chumacera Kp08, rodamiento lineal, soporte T8 fabricado en PLA y varilla lisa de 8mm junto con un motor Nema 17 STEPPER, con una dimensión de 320x320 milímetros como se muestra en la imagen.



Figura 102.foto eje X (Propia)

- **Eje Z**

La construcción de eje X se usaron materiales, perfil de aluminio 20x20, rodamiento lineal, soporte T8 fabricado en PLA y varilla lisa de 8mm junto con un motor Nema 17 STEPPER, con una dimensión de 114x80 milímetros, además se usa un motor tool dremel 300 como husillo como se muestra en la imagen.



Figura 103.eje Z Eje cuarto y quinto (Propia)

Para este sistema mecánico se usa material de acrílico transparente de 8 milímetros, se usan dos motores Nema 17 STEPPER, para el cuarto eje se usan dos engranes metálicos, y para el quinto eje se usaron dos engranes plásticos y para la mordaza se realizó en material PLA, como se muestra en la imagen.

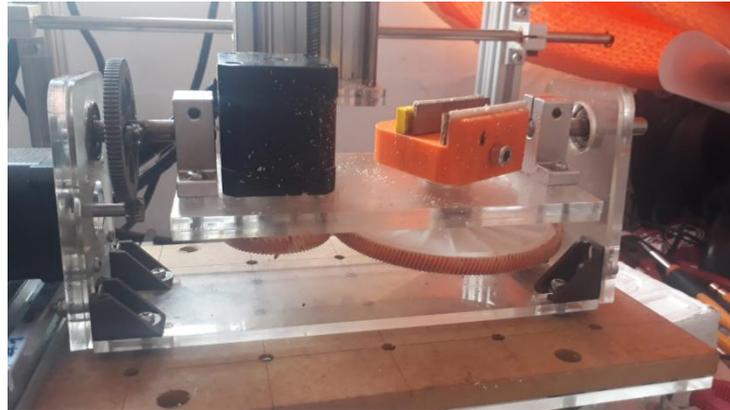


Figura 104.foto eje A y B (Propia)

3.2 corte por láser de co2 de las partes de la máquina de cnc de 5 ejes

Tabla 16.mecanizado y corte por láser de co2 de las partes necesarias para la construcción de la máquina de cnc de 5 ejes usando el programa de RD Works

Imágenes

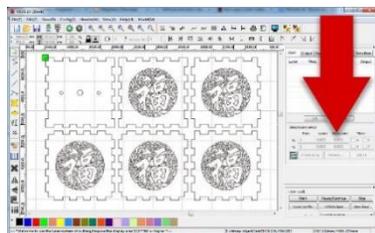


Figura 105. RD Works (RD Works, 2022)

descripción

Para el corte por láser debemos configurar la potencia y velocidad de cortadora laser co2 para un material de 5mm de grosor como muestra la imagen de la izquierda, a continuación, se presentarán los archivos importados en el software RD Works.

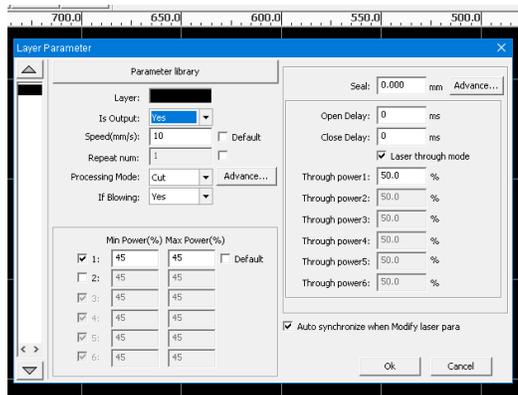


Figura 106. parámetros de corte: (Propia)

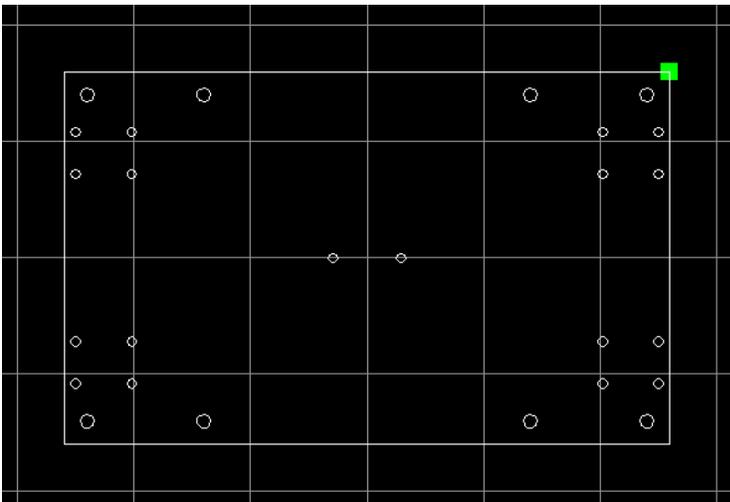


Figura 108, base Y dxf(Rodriguez, 2023)

Base para eje Y para corte laser en acrílico de 10mm.

La cual tiene unas dimensiones 260x200x5 mm, en material de acrílico, cortado con potencia de laser del 45%, y una velocidad de 10%

Base para eje X para corte laser en acrílico de 10mm.

La cual tiene unas dimensiones de 114x80x10 mm, en material de acrílico, cortado con potencia de laser del 45%, y una velocidad de 10%

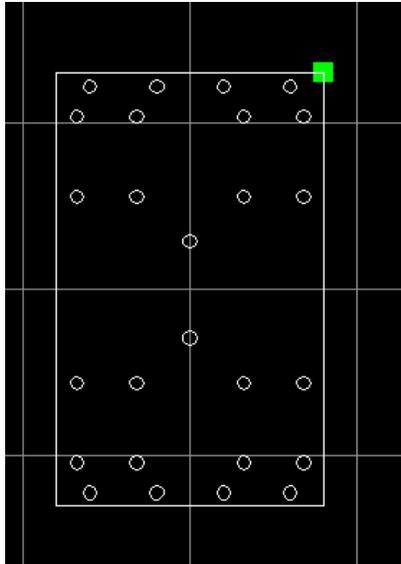


Figura 107.base X dxf(Propia)

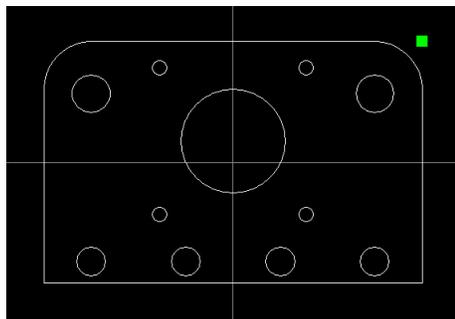


Figura 108.base z dxf (Propia)

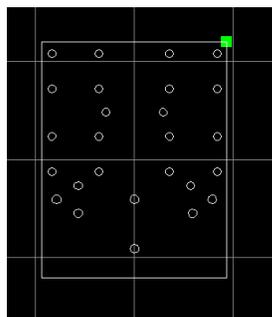


Figura 109.base husillo dxf (Propia)

Base para eje z para corte laser en acrílico de 10mm.

La cual tiene unas dimensiones de 80x50x10 mm, en material de acrílico, cortado con potencia de laser del 45%, y una velocidad de 10%

Base para base del husillo para corte laser en acrílico de 10mm.

La cual tiene unas dimensiones de 114x80x10 mm, en material de acrílico, cortado con potencia de laser del 45%, y una velocidad de 10%

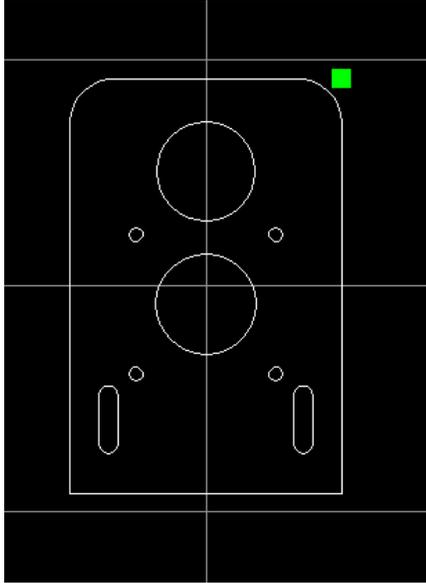


Figura 110.base eje A dxf (Propia)

Base para eje A para corte laser en acrílico de 10mm.

La cual tiene unas dimensiones de 92x50x8 mm, en material de acrílico, cortado con potencia de laser del 45%, y una velocidad de 10%

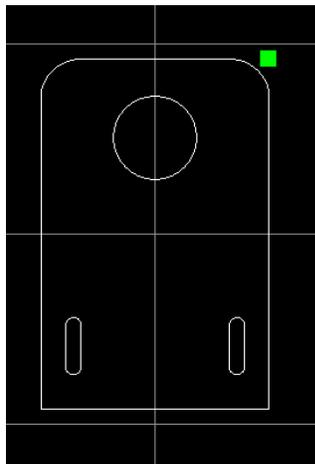


Figura 111.base eje A dxf (Propia)

Base para eje A para corte laser en acrílico de 10mm.

La cual tiene unas dimensiones de 92x50x8 mm, en material de acrílico, cortado con potencia de laser del 45%, y una velocidad de 10%

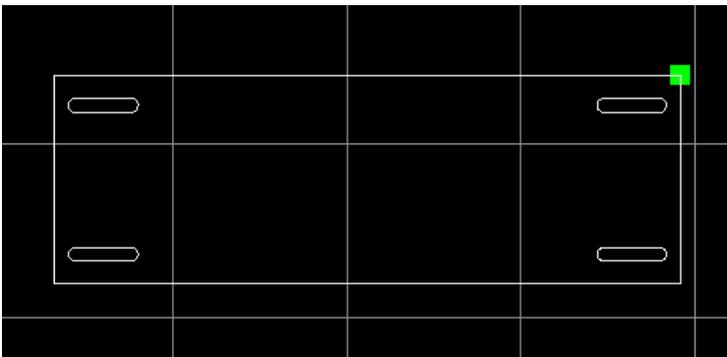


Figura 112.soporte eje A (Propia)

Base que sostiene el eje A para corte laser en acrílico de 5mm

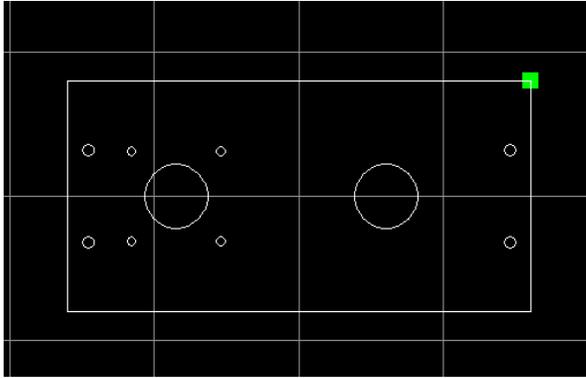


Figura 113.base eje B dxf (Propia)

Base para eje b para corte laser en acrílico de 10mm.

La cual tiene unas dimensiones de 190x60x8 mm, en material de acrílico, cortado con potencia de laser del 45%, y una velocidad de 10%

3.2 Integración de insumos electrónicos a máquina de CNC de cinco ejes con sistema de ATC.

- **Conexiones electrónicas**

Se realizan las conexiones que permitirán el funcionamiento de la Máquina cnc de 5 ejes.

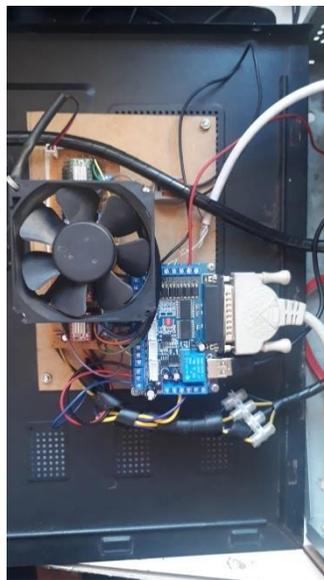


Figura 114.conexión eléctrica (Propia)

- **Conexión eléctrica**

Conexión del sistema de marcha y paro y conexión del computador

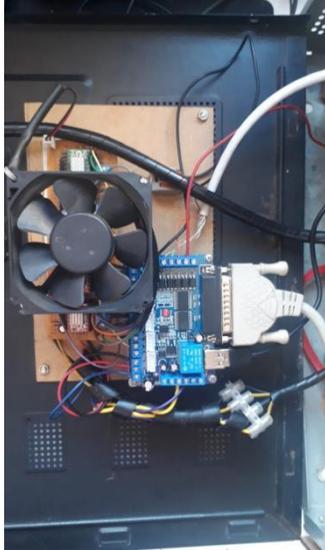


Figura 115.conexión pc (Propia)

- **Conexión del mach3 cnc**

Se realiza la conexión electrónica con el mach3 y la tarjeta de control.

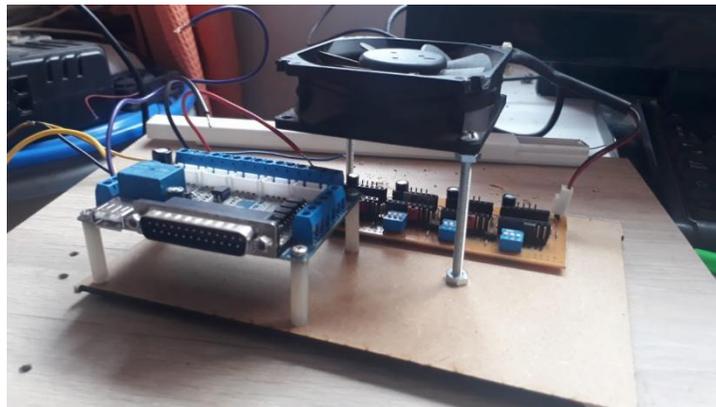


Figura 116.conexión mach3 (Propia)

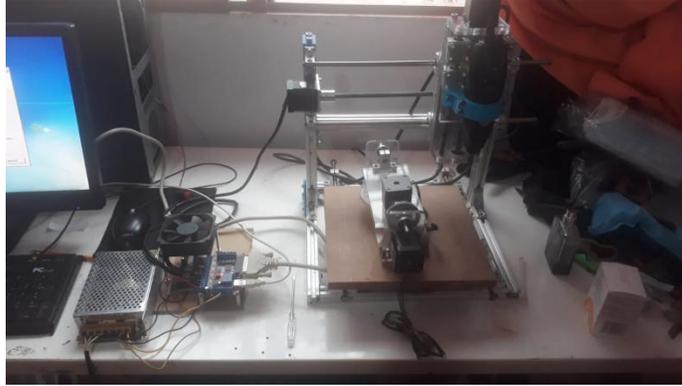


Figura 117.conexión a fuente eléctrica (Propia)

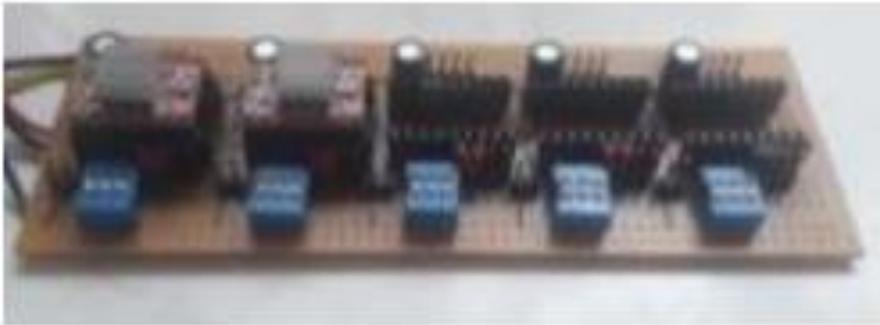


Figura 118.tarjeta de control (Propia)

3.3 Diseño de programa Visual Script de Mach3 para trayectorias de cambio de herramienta o sistema ATC.

El código completo se encuentra en el anexo 09.

4 CAPÍTULO IV FASE DE VALIDACIÓN DE LA MÁQUINA CNC DE 5 EJES.

4.1 Pruebas de los sistemas electrónicos y mecánicos de la máquina.

De acuerdo a los cálculos obtenidos se configura el driver a4988 con el valor de voltaje de salida.

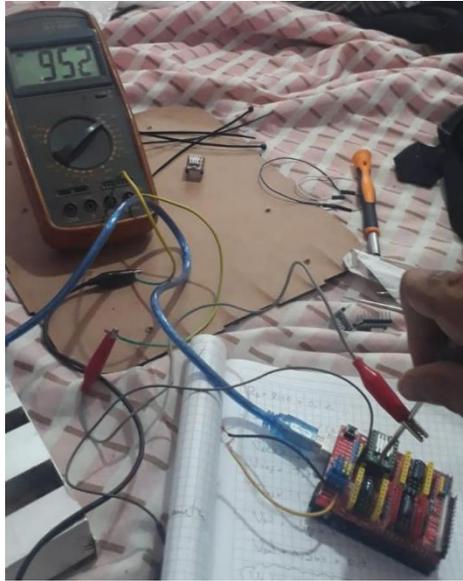


Figura 119.test A4988 (Propia)

4.2 Generación de cálculos de movimiento de motores de los ejes

Estudio para el movimiento de los ejes del router cnc

El diseño y cálculo de engranajes es una parte esencial en la construcción de una máquina CNC de 5 ejes, ya que estos componentes son los encargados de transmitir el movimiento y la potencia de los motores a los ejes y herramientas de corte. En este sentido, un estudio de cálculos de engranajes y relaciones para el movimiento de los ejes es fundamental para asegurar un funcionamiento preciso y confiable de la máquina.

Calculo para la relación del sistema del cuarto eje

En primer lugar, se deben determinar las relaciones de engranajes adecuadas para cada eje, teniendo en cuenta la velocidad y la precisión requerida para el movimiento. Se puede utilizar software especializado para el diseño de engranajes y cálculo de relaciones, como, por ejemplo, Spur Gear Generator. Estos programas permiten simular el movimiento de los ejes y verificar la precisión y suavidad de la transmisión de potencia.

Tabla 17. Calculo para la relación del sistema del cuarto eje

Diagrama del motor PaP

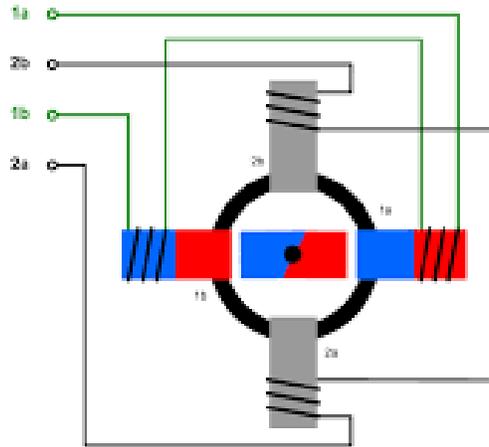


Figura 120. diagrama motor pap (Propia)

Engrane 1	Engrane 2
Z= 16	Z=96
Di=5mm	Di=8mm
Relación de transmisión	
$i = \frac{Z2}{Z1}$ $i = \frac{96}{16}$ $i = 6$	
Distancia entre centros	
$Dc = \frac{M(Z1 + Z2)}{2}$ $Dc = \frac{0.5(16 + 96)}{2}$ $Dc = 28 \text{ mm}$	

Cálculo para la relación de pasos del cuarto eje

Relación de nema 17

$$P_m = \frac{360}{\alpha}$$

$$P_m = \frac{360}{1.8}$$

$$P_m = 200$$

Cálculo para relación de pasos del cuarto eje

$$P_{\text{sistema}} = \frac{\left(\frac{360}{\alpha}\right)(vmp)\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}{360}$$

$$P_{\text{sistema}} = \frac{\left(\frac{360}{1.8}\right)(1)\left(\frac{96}{16}\right)}{360}$$

$$P_{\text{sistema}} = \frac{(200)(1)(6)}{360}$$

$$P_{\text{sistema}} = 3.333333333 \text{ pasos}$$

Imagen CAD del sistema de transmisión por spur Gear Generator

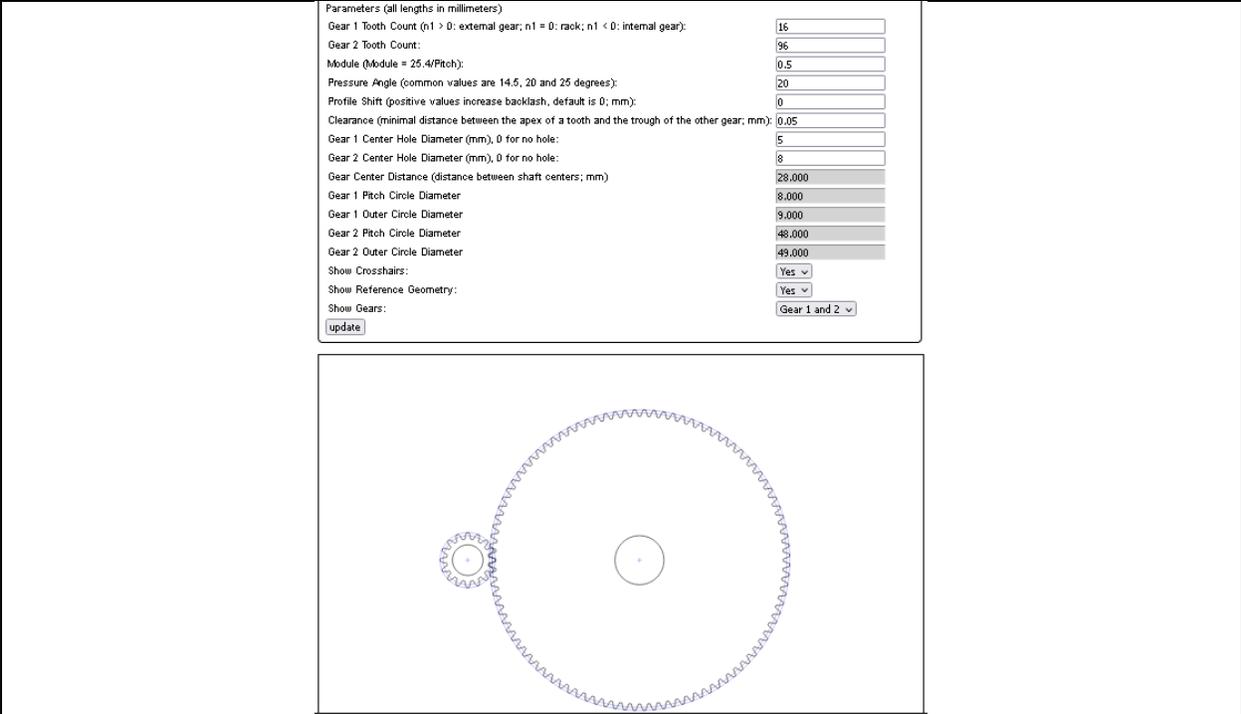


Figura 121.sistema de cuarto eje (Propia)

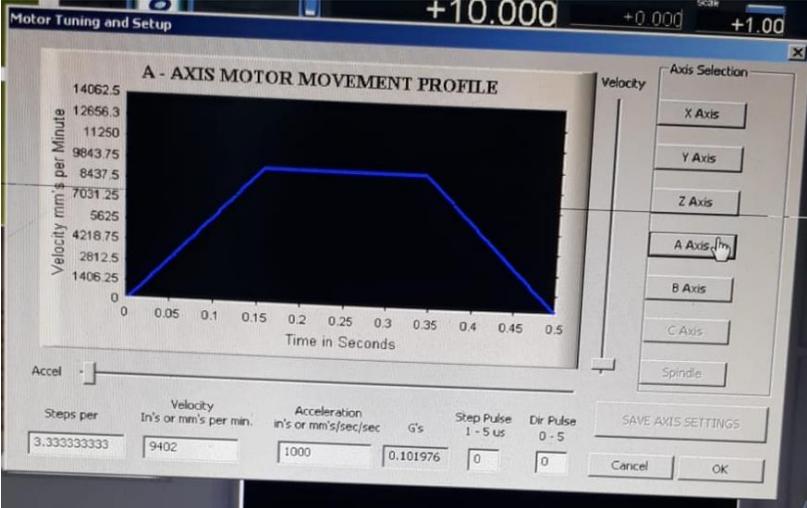


Figura 122.mach3 motor tuning (Propia)

Tabla 18. Cálculo para la relación del sistema del quinto eje

Engrane 1	Engrane 2
Z= 83	Z=200
Di=5mm	Di=8mm
<p>Relación de transmisión</p> $i = \frac{Z_2}{Z_1}$ $i = \frac{200}{83}$ $i = 2.40$	
<p>Distancia entre centros</p> $D_c = \frac{M(Z_1 + Z_2)}{2}$ $D_c = \frac{0.5(83 + 200)}{2}$ $D_c = 70.75 \text{ mm}$	
<p>Cálculo para la relación de pasos del cuarto eje</p> <p>Relación del nema 17</p> $P_m = \frac{360}{\alpha}$ $P_m = \frac{360}{1.8}$ $P_m = 200$	
<p>Cálculo para relación de pasos del cuarto eje</p> $P_{\text{sistema}} = \frac{\left(\frac{360}{\alpha}\right)(v_{mp})\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}{360}$ $P_{\text{sistema}} = \frac{\left(\frac{360}{1.8}\right)(1)\left(\frac{200}{83}\right)}{360}$ $P_{\text{sistema}} = \frac{(200)(1)(2.40)}{360}$	

Psistema = 1.333333333 *pasos*

Imagen CAD del sistema de transmisión por spur Gear Generator

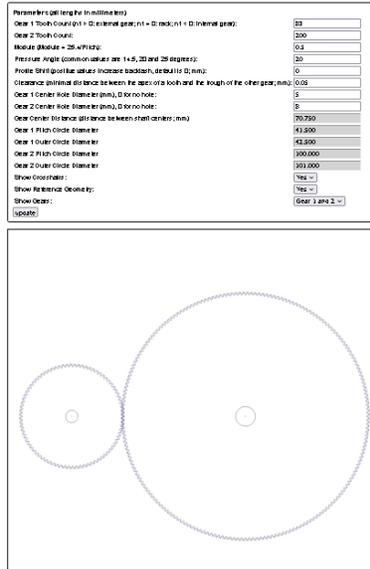


Figura 123. sistema de quinto eje (Propia)

Configuración en motor tunning del software MACH3

Tabla 19. Caculo de relación de transmisión para los ejes X, Y, Z

Varilla roscada trapezoidal de 8mm	Motor PaP Nema 17
Pitch = 2 mm	Angulo de paso (α) = 1.8°
Z = 4	
Calcular paso del motor PaP	
$pm = \frac{360^\circ}{\alpha}$ $pm = \frac{360^\circ}{1.8^\circ}$ $pm = 200 \text{ pasos}$	

relación de la varilla roscada trapezoidal de 8mm

$$psistema = \frac{(\frac{360^\circ}{\alpha})(vmp)}{(pitch)(Z)}$$

$$psistema = \frac{(200)(1)}{(2)(4)}$$

$$psistema = 25.0 \text{ pasos}$$

- **Calibración del driver A4988**

Al configurar el driver A4988, se pueden ajustar diferentes parámetros que afectan el funcionamiento del motor, como por ejemplo la corriente de los bobinados, la velocidad de los pasos, la relación de microstepping, entre otros. Estos ajustes deben realizarse de manera cuidadosa y precisa, para lograr un funcionamiento óptimo de la máquina.

Por ejemplo, si la corriente de los bobinados es demasiado alta, se podría dañar el motor o incluso quemar el driver A4988. Si la velocidad de los pasos es muy alta, se podría afectar la precisión del movimiento, ya que los pasos no tendrían tiempo suficiente para posicionarse correctamente. Si la relación de microstepping no es la adecuada, el movimiento podría ser inestable o poco preciso.

Tabla 20. Cálculo voltaje de salida para driver A4988 de popolu

Cálculo de voltaje de salida para driver A4988 de popolu	
Rs = R100	Valor = 0.1 Ω
Imax = 1.7 A	V fuente= 12v 10A
Calcular voltaje de referencia	
$I_{max} = \frac{V_{ref}}{(8)(R_s)}$ $V_{ref} = (I_{max})((8)(R_s))$ $V_{ref} = (1.7A)((8)(0.1 \Omega))$	

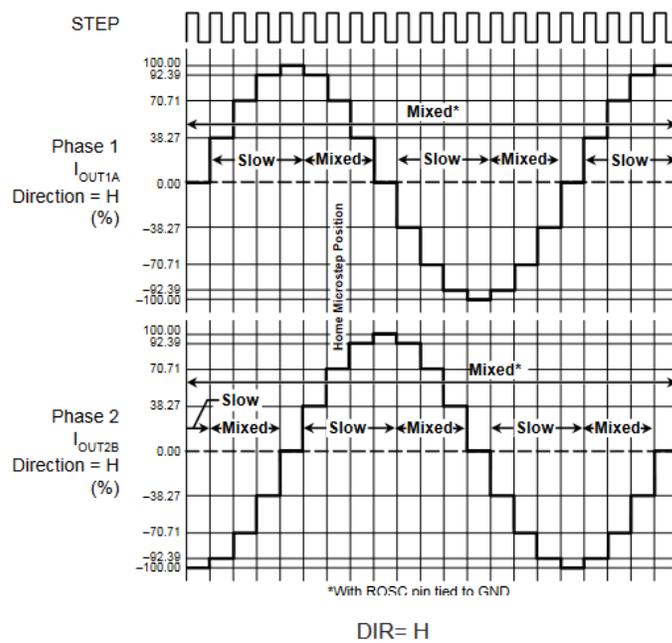
Vref = 1.36v

Calcular voltaje de salida

$$V_{\text{salida}} = (v_{\text{ref}})(\%mp)$$

$$V_{\text{salida}} = (1.36v)(70\%)$$

$$V_{\text{salida}} = 0.952v$$



Al usar el 70%, aseguramos que el motor trabaje con su máxima fuerza o torque como indica la imagen, ya que estamos usando una resolución de micro pasos el step full

Table 1: Microstepping Resolution Truth Table

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution	Excitation Mode
L	L	L	Full Step	2 Phase
H	L	L	Half Step	1-2 Phase
L	H	L	Quarter Step	W1-2 Phase
H	H	L	Eighth Step	2W1-2 Phase
H	H	H	Sixteenth Step	4W1-2 Phase

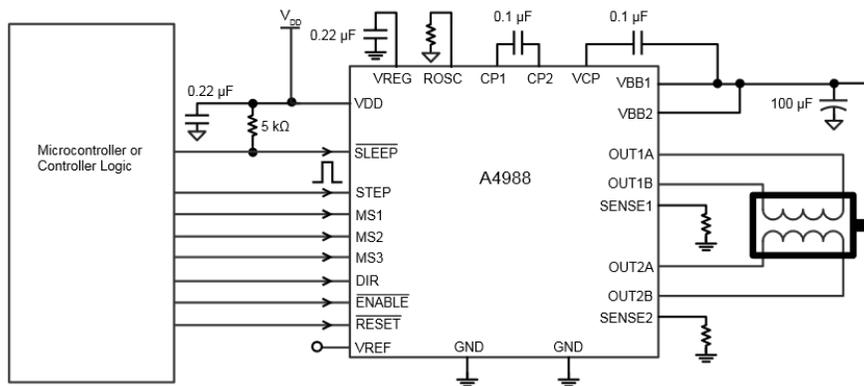
Diagrama del driver A4988



Approximate size

Continued on the next page...

Typical Application Diagram



4988-DS, Rev. 5

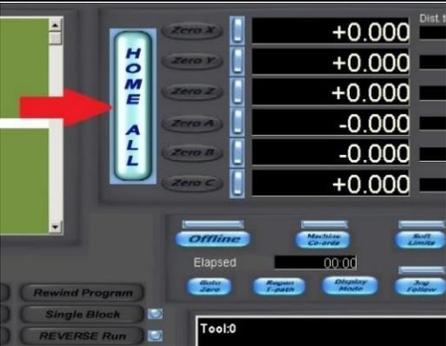
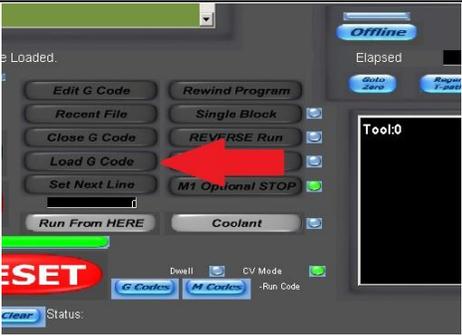
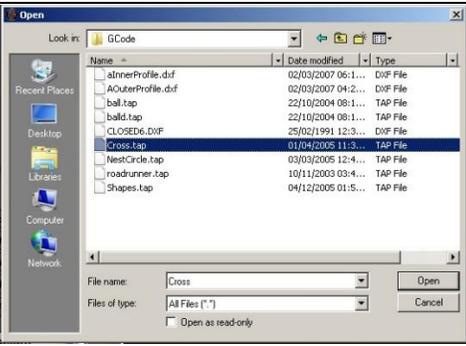
- **Configuración para ejecutar un programa GCODE en Mach3 Software**

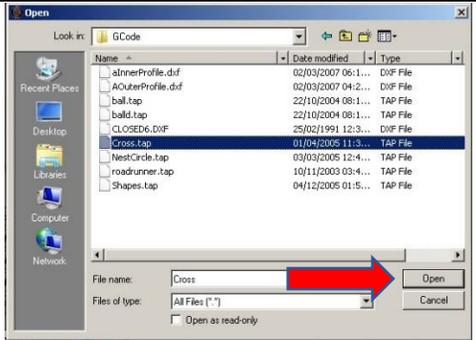
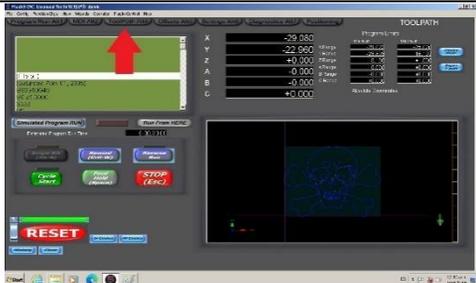
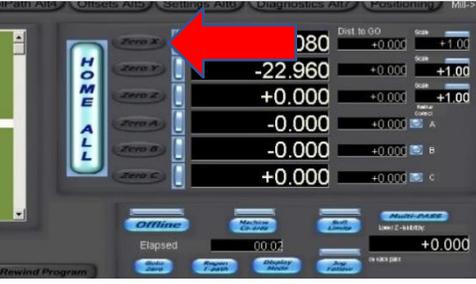
La carga de archivos Gcode en Mach3 v3 es un proceso fundamental para el funcionamiento de este software de control numérico de máquinas CNC. Con la capacidad de interpretar y ejecutar instrucciones de código G, Mach3 v3 permite automatizar operaciones y llevar a cabo proyectos de mecanizado con precisión.

Siguiendo estos pasos, los usuarios podrán cargar y ejecutar con éxito sus archivos Gcode en Mach3 v3, aprovechando al máximo las capacidades de este software de control CNC. Cabe mencionar que, dependiendo de la versión específica de Mach3 utilizada, la interfaz y los detalles pueden variar ligeramente sea para torno, fresa, corte plasma, pero los conceptos básicos y los pasos fundamentales se mantendrán.

Tabla 21. Configuración para ejecutar un programa GCODE en Mach3 Software

Paso	Paso a Paso	Imagen de Muestra
1.	Abre el software Mach3 v3 en tu computadora "Mach3 Mill".	 <p>Figura 124.(Propia)</p>
2.	Dar clic en botón Reset para desbloquear programa	 <p>Figura 125..(Propia)</p>

Paso	Paso a Paso	Imagen de Muestra
3.	Dar clic el Home All para iniciar Zero máquina.	 <p>Figura 126..(Propia)</p>
4.	Ve al menú "File" (Archivo) y selecciona "Load Gcode" (Cargar Gcode).	 <p>Figura 127..(Propia)</p>
5.	Navega a la ubicación donde se encuentra el archivo Gcode que deseas cargar y selecciónalo.	 <p>Figura 128..(Propia)</p>

Paso	Paso a Paso	Imagen de Muestra
6.	Haz clic en "Open" (Abrir) para cargar el archivo Gcode en Mach3 v3.	 <p data-bbox="987 573 1271 615">Figura 129..(Propia)</p>
7.	Aparecerá la vista previa del programa Gcode en la pantalla de Mach3 v3. Verifica que la configuración y las trayectorias sean las correctas.	 <p data-bbox="987 919 1271 961">Figura 130..(Propia)</p>
8.	Marcar el zero pieza o G54	 <p data-bbox="987 1308 1271 1350">Figura 131..(Propia)</p>
9.	Si estás satisfecho con la configuración y el programa Gcode, haz clic en el botón "Cycle Start" (Inicio del Ciclo) para comenzar la ejecución del programa.	 <p data-bbox="987 1770 1271 1812">Figura 132..(Propia)</p>

Código G y M para uso de CNC para el uso en Gcode

Código G

Estos son solo algunos ejemplos de códigos G básicos utilizados en programación CNC. Hay muchos más códigos disponibles que permiten realizar diferentes funciones y operaciones.

Tabla 22.Código G

Código G	Descripción
G0	Movimiento rápido. Se utiliza para mover rápidamente la herramienta a una posición específica sin realizar mecanizado.
G1	Movimiento lineal. Se utiliza para realizar un movimiento lineal controlado de la herramienta de un punto a otro, mientras realiza el mecanizado.
G2	Movimiento circular en sentido horario. Se utiliza para realizar movimientos circulares en sentido horario alrededor de un punto de referencia especificado.
G3	Movimiento circular en sentido antihorario. Se utiliza para realizar movimientos circulares en sentido antihorario alrededor de un punto de referencia especificado.
G4	Tiempo de espera. Se utiliza para pausar el programa durante un período de tiempo específico antes de continuar con el siguiente comando.
G20	Unidad de medida en pulgadas. Indica que las dimensiones y las coordenadas se expresan en pulgadas.
G21	Unidad de medida en milímetros. Indica que las dimensiones y las coordenadas se expresan en milímetros.
G28	Movimiento al punto de referencia. Se utiliza para mover la herramienta a la posición de referencia predeterminada (home).
G90	Modo de coordenadas absolutas. Indica que las coordenadas se especifican en relación con el origen absoluto de la máquina.
G91	Modo de coordenadas relativas. Indica que las coordenadas se especifican en relación con la posición actual de la herramienta.

- Código M

Estos son solo algunos ejemplos de códigos M básicos utilizados en programación CNC. Cada código M tiene una función específica y puede variar según el controlador de la máquina y la configuración

Tabla 23.Código M

Código M	Descripción
M0	Parada o detención del programa. Se utiliza para detener la ejecución del programa en un punto específico.
M2	Fin del programa. Se utiliza para indicar el final del programa y puede incluir un mensaje opcional al operador.
M3	Encendido del husillo en sentido horario. Se utiliza para activar el husillo en sentido horario a una velocidad específica.
M4	Encendido del husillo en sentido antihorario. Se utiliza para activar el husillo en sentido antihorario a una velocidad específica.
M5	Apagado del husillo. Se utiliza para detener el husillo y apagarlo.
M6	Cambio de herramienta. Se utiliza para indicar un cambio de herramienta durante el mecanizado, generalmente seguido por un número de herramienta.
M8	Encendido del refrigerante. Se utiliza para activar el sistema de refrigeración o lubricación de la máquina.
M9	Apagado del refrigerante. Se utiliza para detener el sistema de refrigeración o lubricación de la máquina.
M30	Fin del programa con reinicio. Se utiliza para indicar el final del programa y reiniciar el programa desde el principio.
M48	Habilitar la retroalimentación de velocidad. Se utiliza para activar la retroalimentación de velocidad para controlar la velocidad de avance.

4.3 Realizar la fabricación de una pieza para las empresas

Pieza realizada de prueba para el mecanizado en máquina de cnc casera.

- Imagen en SolidWorks

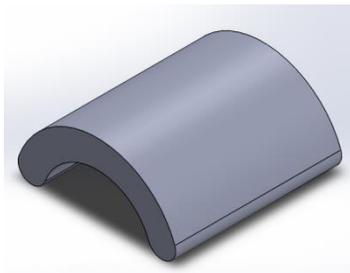


Figura 133.pieza de prueba en SolidWorks: (Propia)

- **Imagen en Mastercam X5**

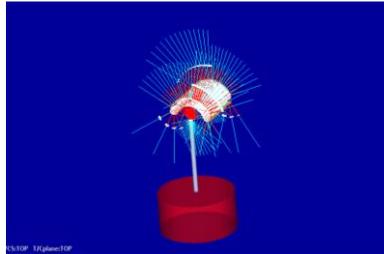


Figura 134.pieza de prueba en Mastercam X5 (Propia)



Figura 135.pieza siendo mecanizada por Máquina cnc de 5 ejes (Propia)



Figura 136.pieza terminada (Propia)

Código G del programa se encuentra en el anexo 11.

CONCLUSIONES

En conclusión, este trabajo de grado ha demostrado de manera exitosa que la utilización de una máquina CNC de 5 ejes, controlada por el software Mach3, representa un avance significativo en la fabricación de piezas de alta complejidad. La versatilidad y precisión que ofrece esta combinación tecnológica abren las puertas a la creación de componentes que anteriormente serían difíciles de producir de manera eficiente y precisa. La capacidad de la máquina CNC de 5 ejes para ejecutar movimientos en múltiples direcciones, junto con la interfaz intuitiva proporcionada por el software Mach3, ha permitido a los operadores llevar a cabo tareas que van más allá de las capacidades de las máquinas de ejes limitados.

La optimización de los procesos de fabricación, la reducción de errores y la posibilidad de llevar a cabo diseños más complejos son solo algunas de las ventajas que se han evidenciado en este estudio. Además, la elección de utilizar Mach3 como sistema de control ha demostrado ser acertada debido a su capacidad para gestionar de manera eficiente los movimientos y operaciones precisas requeridas en una máquina de 5 ejes.

En un mundo donde la demanda de piezas intrincadas y personalizadas está en constante crecimiento, la combinación de una máquina CNC de 5 ejes y el control mediante Mach3 emerge como una solución prometedora. A medida que la tecnología continúa

evolucionando, se espera que esta configuración siga desempeñando un papel crucial en la fabricación avanzada y la ingeniería de precisión. Sin lugar a dudas, la integración de estas dos innovaciones marca un hito en la manufactura moderna y sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la mecanización de alta complejidad.

En conclusión, los objetivos específicos planteados para el diseño, desarrollo e implementación de una máquina CNC de cinco ejes tipo router han sido alcanzados de manera exitosa. Los componentes tanto a nivel hardware como software han sido diseñados y ensamblados de manera integrada, ajustándose a las necesidades precisas del sector manufacturero.

En adición a lo mencionado previamente, es crucial resaltar las especificaciones técnicas clave de la máquina CNC de 5 ejes desarrollada en este estudio. Con un generoso espacio de trabajo de 320x320x320 milímetros, esta máquina proporciona un entorno versátil para la fabricación de piezas de diversos tamaños y formas. La capacidad de movimiento a lo largo de cinco ejes, junto con la adición de un husillo de alta velocidad con 33000 revoluciones, amplía las posibilidades de mecanizado, permitiendo la creación de detalles intrincados y superficies complejas con una precisión excepcional.

En términos de rendimiento, la máquina CNC de 5 ejes exhibe un avance de 1000 RPM y puede alcanzar velocidades de hasta 5000 m/s, lo que demuestra su capacidad para ejecutar operaciones de corte, fresado y tallado de manera eficiente y rápida. Estas características técnicas resaltan la adaptabilidad de la máquina para cumplir con los requisitos de proyectos tanto a pequeña como a gran escala, y su capacidad para manejar una amplia gama de materiales con una calidad de acabado excepcional.

Al considerar estas características técnicas junto con la capacidad de control proporcionada por el software Mach3, se establece una sinergia poderosa que abre nuevas oportunidades en la producción de piezas altamente complejas y personalizadas. La combinación de un área de trabajo generosa, una alta velocidad de husillo y una interfaz de control intuitiva demuestra el compromiso de este trabajo de grado en la exploración y la promoción de tecnologías avanzadas en el ámbito de la manufactura. En definitiva, la máquina CNC de 5 ejes con su configuración técnica precisa y el uso del software Mach3 marcan un hito en la innovación de la mecanización moderna y se anticipa que influirán significativamente en la evolución futura de la industria.

La validación de la máquina en los procesos de mecanizado y fabricación de piezas y componentes para la empresa Green Fish ha proporcionado resultados positivos y concluyentes. La obtención de piezas de alta calidad durante la producción atestigua la eficacia de la máquina CNC de cinco ejes en el cumplimiento de los requisitos específicos de la empresa.

TRABAJOS FUTUROS

Considerando el exitoso desarrollo de una máquina CNC casera de 5 ejes, existen varias direcciones en las que podrían emprenderse trabajos futuros para mejorar y expandir aún más su funcionalidad y aplicaciones. Algunas áreas a considerar incluyen:

Mejora de la Precisión y Resolución: Siempre hay margen para mejorar la precisión y la resolución de los movimientos de la máquina. Esto podría lograrse mediante la utilización de componentes de mayor calidad, sistemas de medición más precisos, y algoritmos de control avanzados.

Optimización de Velocidad: Buscar formas de aumentar la velocidad de los movimientos sin comprometer la precisión podría ser un objetivo. Esto implica la evaluación y mejora de los sistemas de accionamiento, motores y controladores para permitir operaciones más rápidas sin sacrificar la calidad.

Aumento de la Capacidad de Carga: Si se desea mecanizar piezas más grandes o más pesadas, sería necesario aumentar la capacidad de carga de la máquina. Esto puede requerir mejoras en la estructura mecánica y la selección de componentes más robustos.

Implementación de Detección de Colisiones: Integrar sensores y algoritmos para detectar colisiones podría evitar daños a la máquina y al material procesado. Esto permitiría realizar operaciones más seguras y sin la necesidad de una supervisión constante.

Automatización y Programación Avanzada: Desarrollar software de programación más intuitivo y avanzado podría simplificar la generación de rutas y secuencias de mecanizado complejas. La automatización de ciertos procesos también podría reducir la intervención manual.

Integración de Tecnologías de Escaneo 3D: La incorporación de escaneo 3D podría permitir la reproducción de objetos físicos en la máquina CNC, lo que abriría puertas a la replicación de formas y detalles complejos.

REFERENCIAS

Caluña, A. I. C. (s. f.). *FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL*.

CNC-Takang. (2022). *CNC-TAKANG | Heavy Duty CNC Lathes | CNC Lathe Manufacturer*. CNC-TAKANG CO., LTD. <https://cnctakang.com.tw/milling-machine/vertical-machining-center/vmc-1100s.html>

Guala et al. - OPTIMIZACION DE MECANIZADO CNC MEDIANTE TÉCNICA.pdf. (s. f.).

Gutiérrez, J. A. (2017). La productividad en la industria metalmecánica colombiana. *Innovar*, 7, Article 7.

Isaac. (2022, mayo 3). Todos los tipos de máquinas CNC según el uso y características. *Hardware libre*. <https://www.hwlibre.com/tipos-Máquinas-cnc-usos/>

Moreno—2023—Machining technology for complex geometry elements.pdf. (s. f.).

Ocampo et al. - SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA.pdf. (s. f.).

ScienceDirect Snapshot. (s.f.). Recuperado 12 de marzo de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296316302375?via%3Dihub>

SLU, M. I. (2020, julio 9). *QUE ES LA METALMECANICA*. *inter2000mecanizados*. <https://www.inter2000mecanizados.com/post/que-es-la-metalmecanica>

Tecnocorte2, P. por. (2021, abril 12). Velocidad de corte y de avance en fresadora CNC: Como calcularlas fácilmente. *Tecnocorte*. <https://tecnocorte.com/blog/fresadora-cnc-calcular-velocidad-de-corte-y-de-avance/>

Armyagov, A. (2023). https://support.google.com/websearch/answer/9789430?visit_id=638163337888470632-3958096660&p=image_info&rd=1. Obtenido de https://support.google.com/websearch/answer/9789430?visit_id=638163337888470632-3958096660&p=image_info&rd=1

epoch. (2023). <https://epoch.edu.ec/index.php/component/k2/item/1472-esepoch-pone-en-funcionamiento-Máquina-de-control-n%C3%BAm%C3%A9rico-computarizado-cnc.html>. Ecuador .

hwlibre. (2022). *hwlibre*. Obtenido de https://www.hwlibre.com/tipos-Máquinas-cnc-usos/#Máquina_CNC_de_5_ejes

kuzu. (2022). <https://kuzudecoletaje.es/que-es-el-mecanizado-y-que-beneficios-tiene/>.

megalaser. (15 de 05 de 2022). <https://megalaser.com.ar/descargas/>. Obtenido de <https://megalaser.com.ar/descargas/>: <https://megalaser.com.ar/descargas/>

onlineshop. (2023). <http://shopbsen.off-69.gq/ProductDetail.aspx?iid=31748433&pr=73.88>.

Rodriguez, J. (2023). *fuentes propia*. popayan.

zurcon. (2022). www.zurcon.com. Obtenido de zurcon.com/es/descubre-las-caracteristicas-de-un-torno-cnc/

ANEXOS

ANEXO 01

PLANOS DE DETALLE DE INGENIERÍA

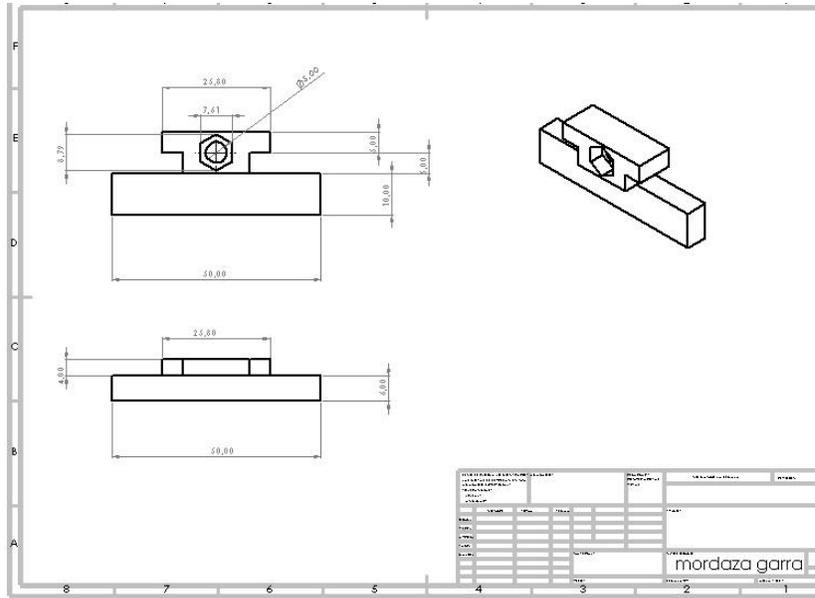


Figura 137.plano mordaza móvil: (Propia)

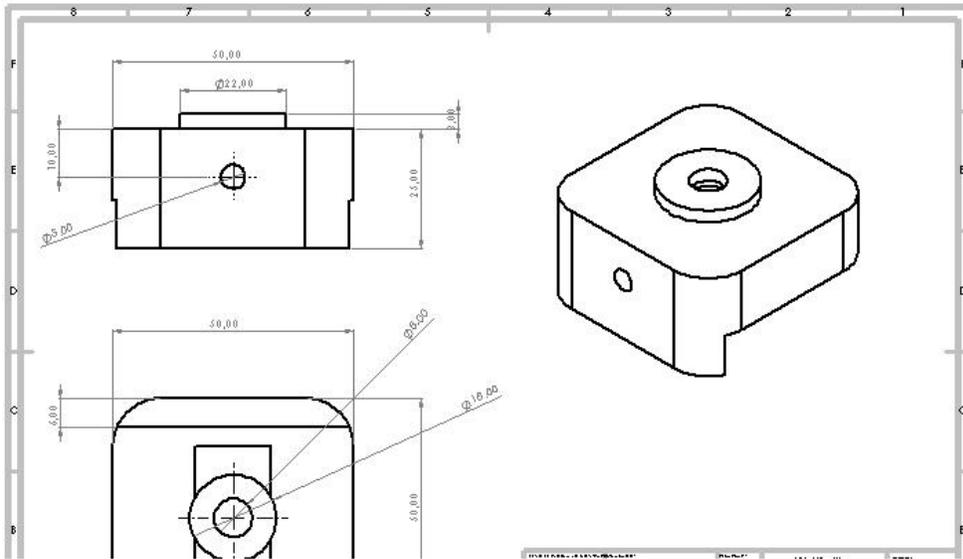


Figura 138.plano mordaza fija (Propia)

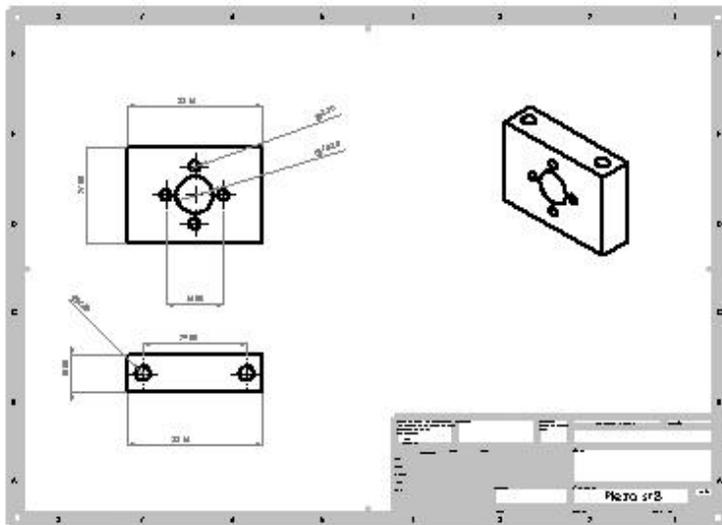


Figura 139.plano soporte T8 (Propia)

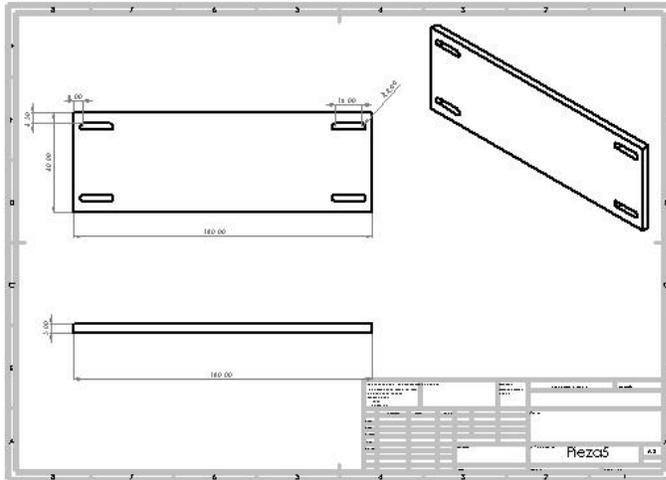


Figura 140.plano soporte eje A (Propia)

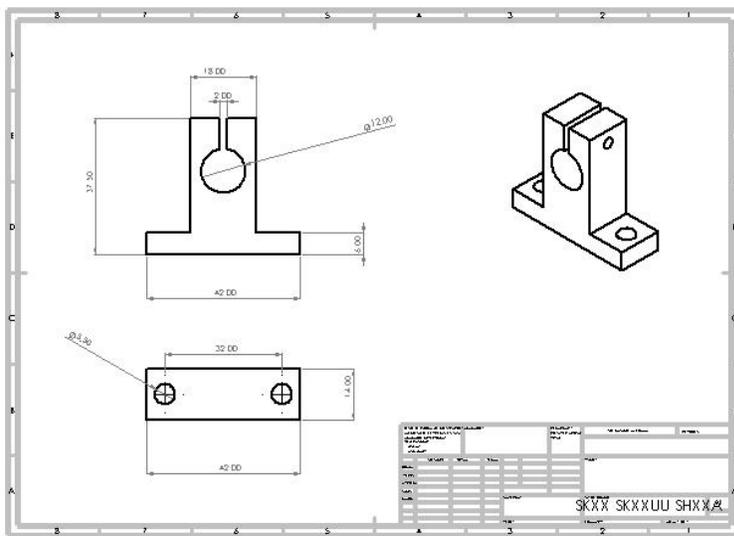


Figura 141.plano soporte varilla 8mm (Propia)

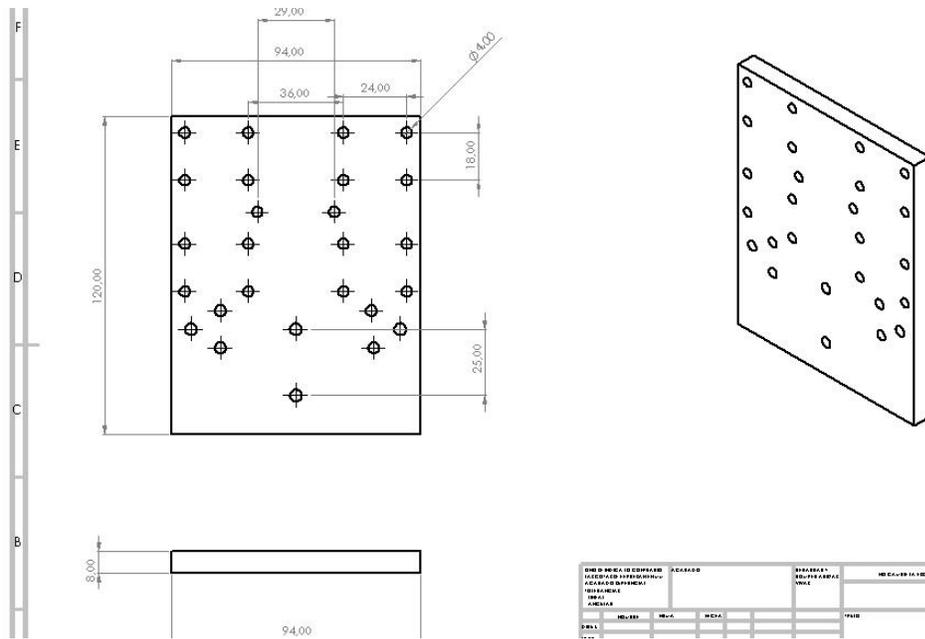


Figura 142.plano base husillo (Propia)

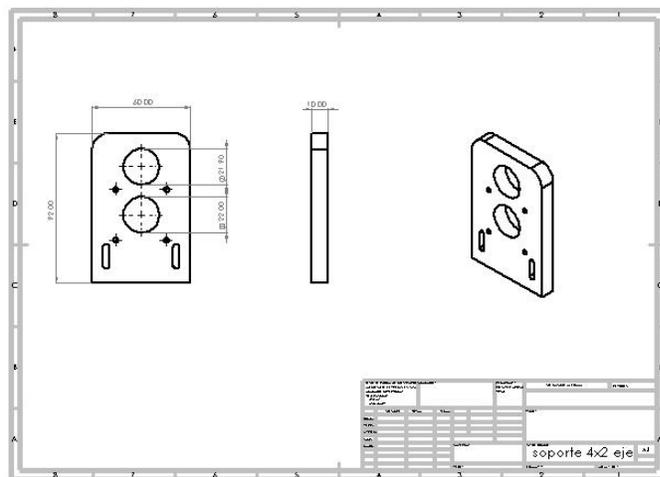


Figura 143.plano base eje A(Propia)

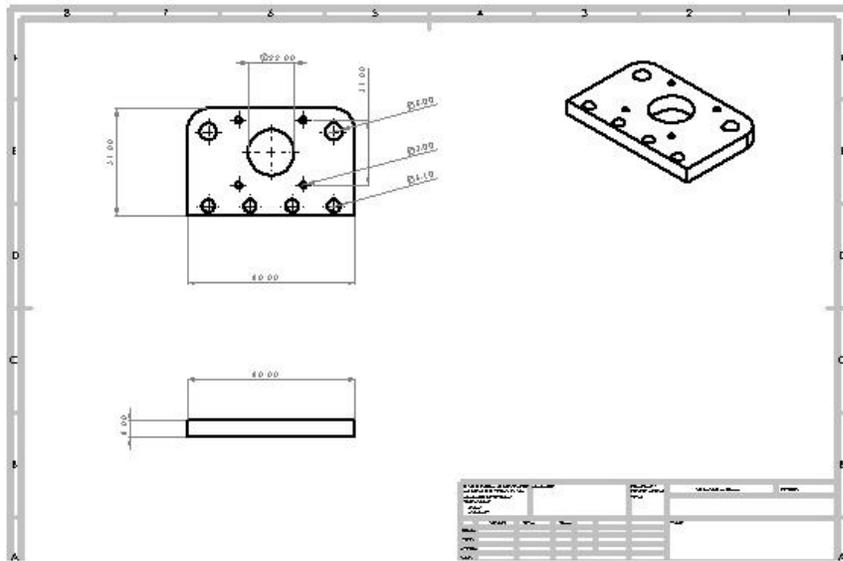


Figura 146.plano soporte eje Z (Propia)

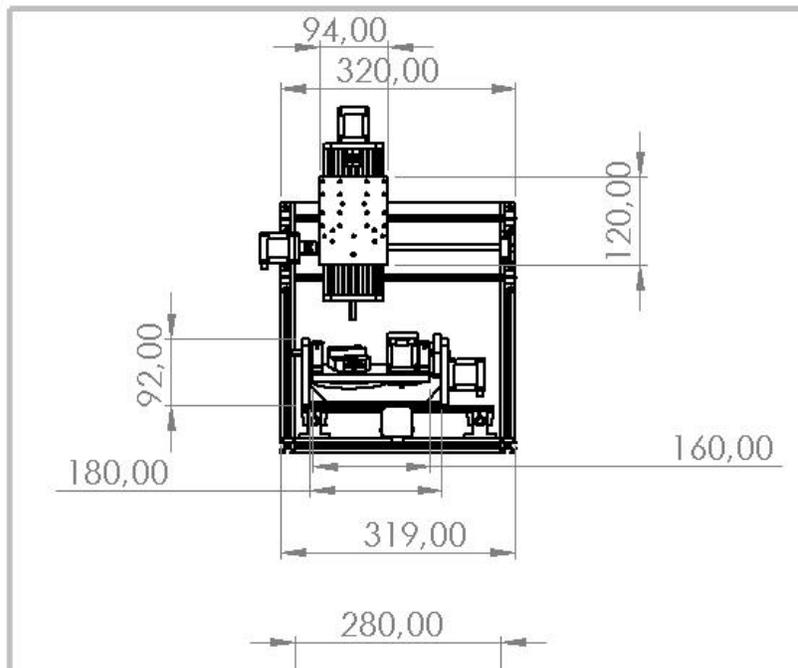


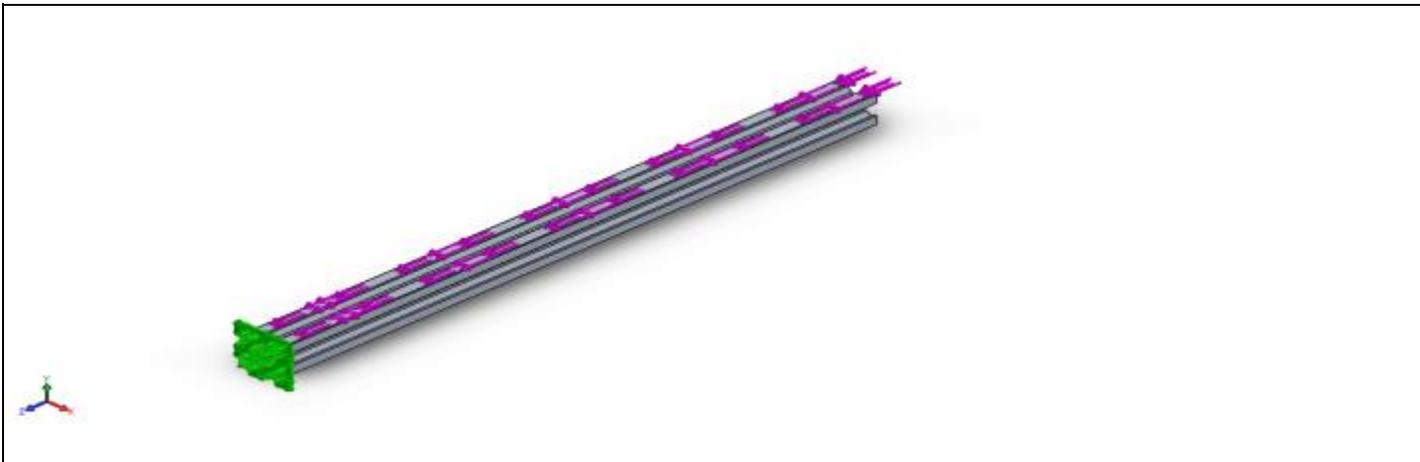
Figura 147.plano ensamble total (Propia)

ANEXO 02

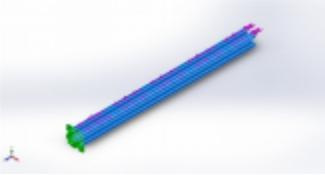
Simulación CAE para perfil de aluminio para el eje X



formación de modelo



Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar

Tipo de solver	Automático		
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar		
Muelle blando:	Desactivar		
Desahogo inercial:	Desactivar		
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático		
Gran desplazamiento	Desactivar		
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar		
Fricción	Desactivar		
Utilizar método adaptativo:	Desactivar		
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6)		
Nombre del modelo: perfil aluminio 320			
Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,109721 kg Volumen:4,06373e-05 m ³ Densidad:2.700 kg/m ³ Peso:1,07526 N	C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6\perfil aluminio 320.SLDPRT Apr 27 16:00:13 2023

Propiedades de estudio

Unidades

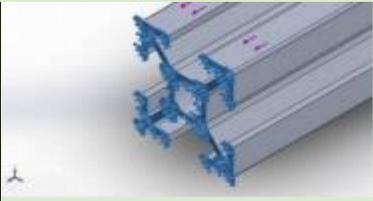
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: 6063-T5	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(perfil aluminio 320)
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico: 1,45e+08 N/m ²	
	Límite de tracción: 1,85e+08 N/m ²	
	Módulo elástico: 6,9e+10 N/m ²	
	Coeficiente de Poisson: 0,33	
	Densidad: 2.700 kg/m ³	
	Módulo cortante: 2,58e+10 N/m ²	
	Coeficiente de dilatación térmica: 2,34e-05 /Kelvin	
Datos de curva:N/A		

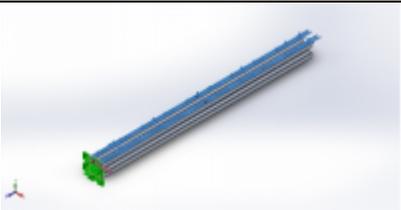
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción

Fijo-1		Entidades:	1 cara(s)
		Tipo:	Geometría fija

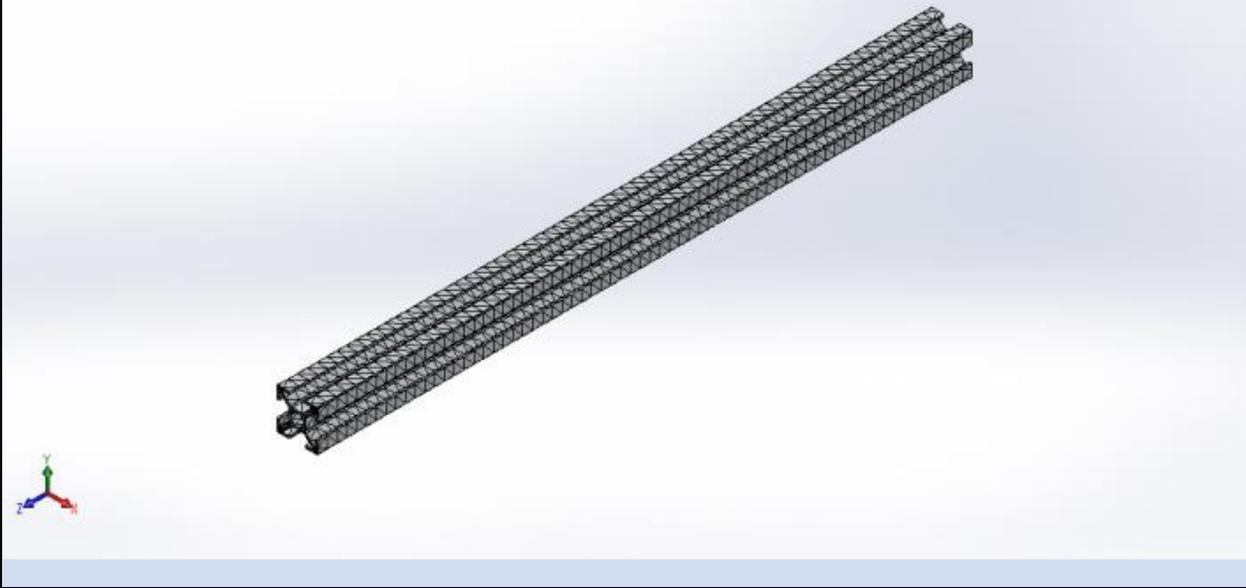
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0,00260792	-0,00649788	-78,4502	78,4502
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Fuerza-1		Entidades:	2 cara(s), 1 plano(s)
		Referencia:	Alzado
		Tipo:	Aplicar fuerza
		Valores:	---; ---; 39,2266 N

Número total de nodos	33747
Número total de elementos	18012
Cociente máximo de aspecto	28,601
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	12,1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	17,8
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:13
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo: perfil aluminio 320
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(- Predeterminado-)
 Tipo de malla: Malla sólida



información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4,784 mm
Tolerancia	0,2392 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

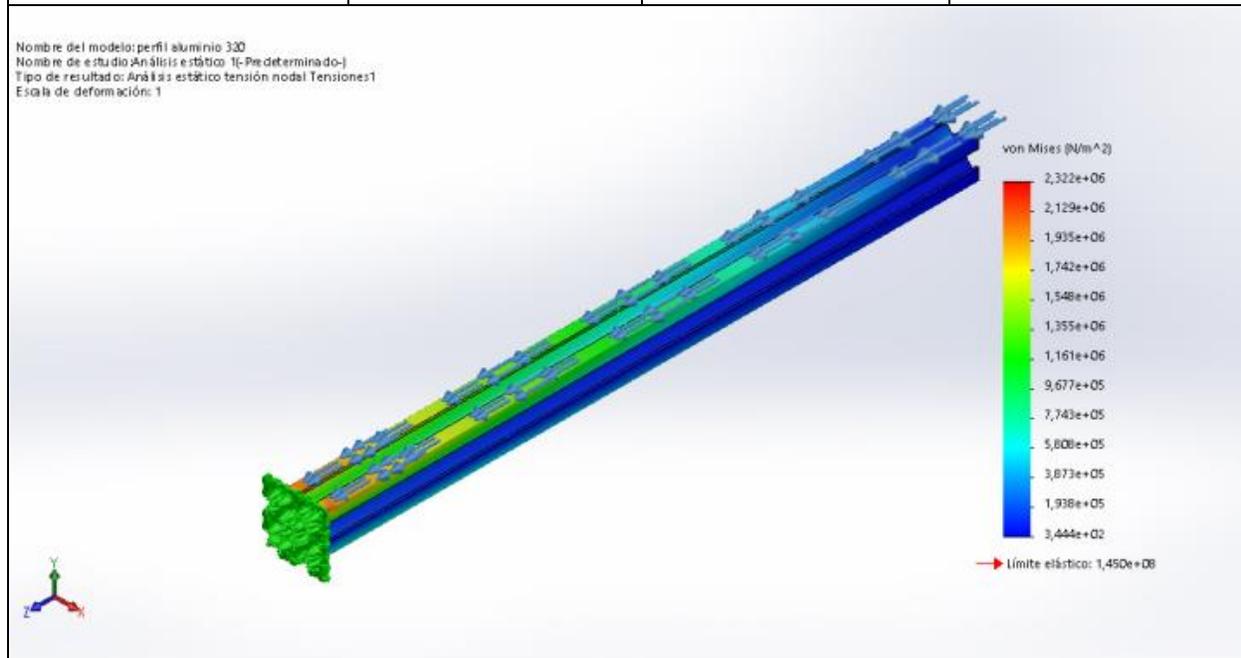
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,00260792	-0,00649788	-78,4502	78,4502

Momentos de reacción

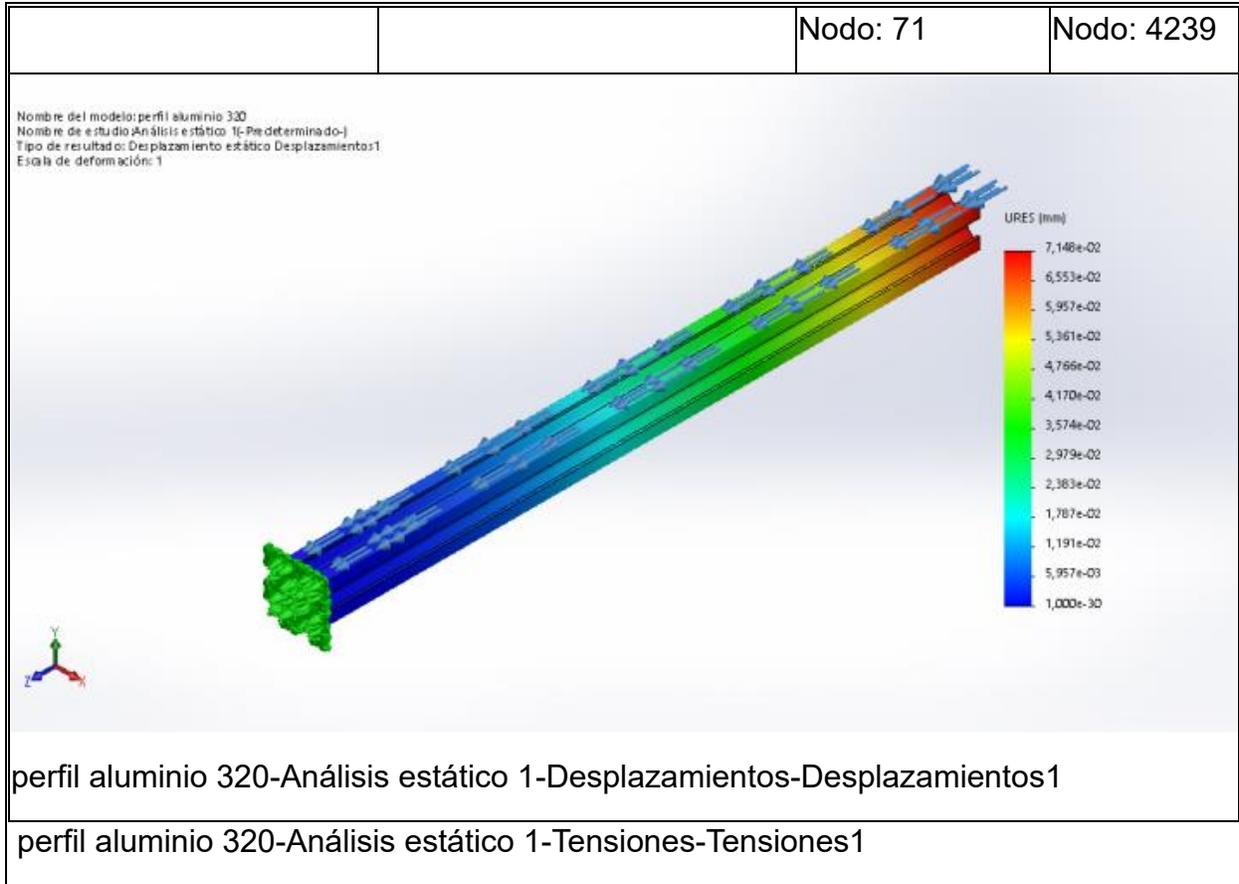
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3,444e+02 N/m ² Nodo: 16409	2,322e+06 N/m ² Nodo: 20391

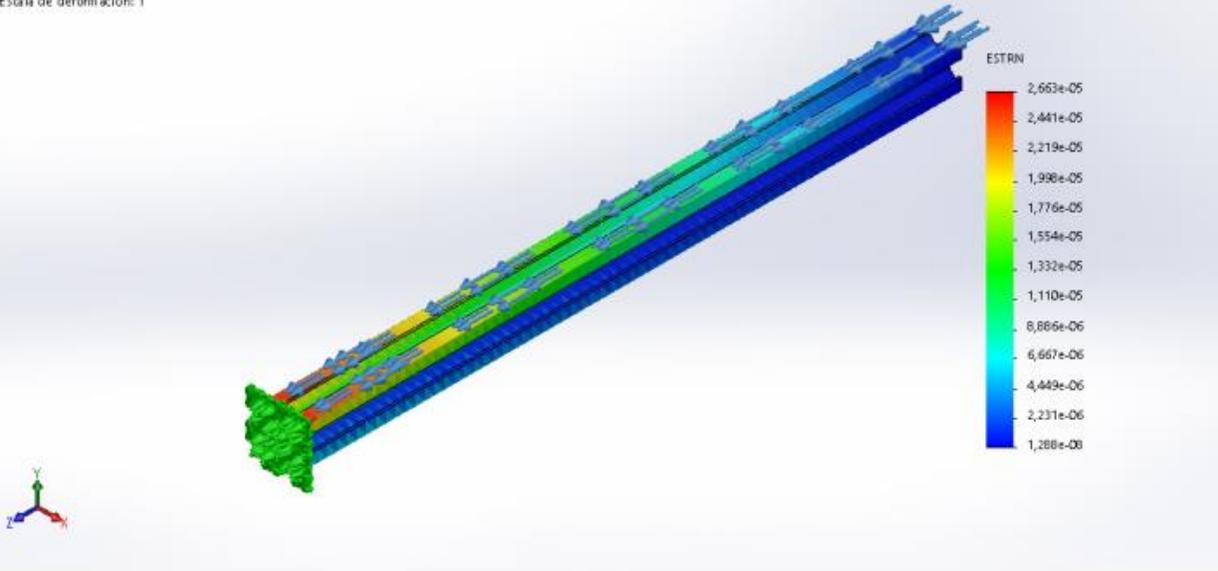


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm	7,148e-02 mm



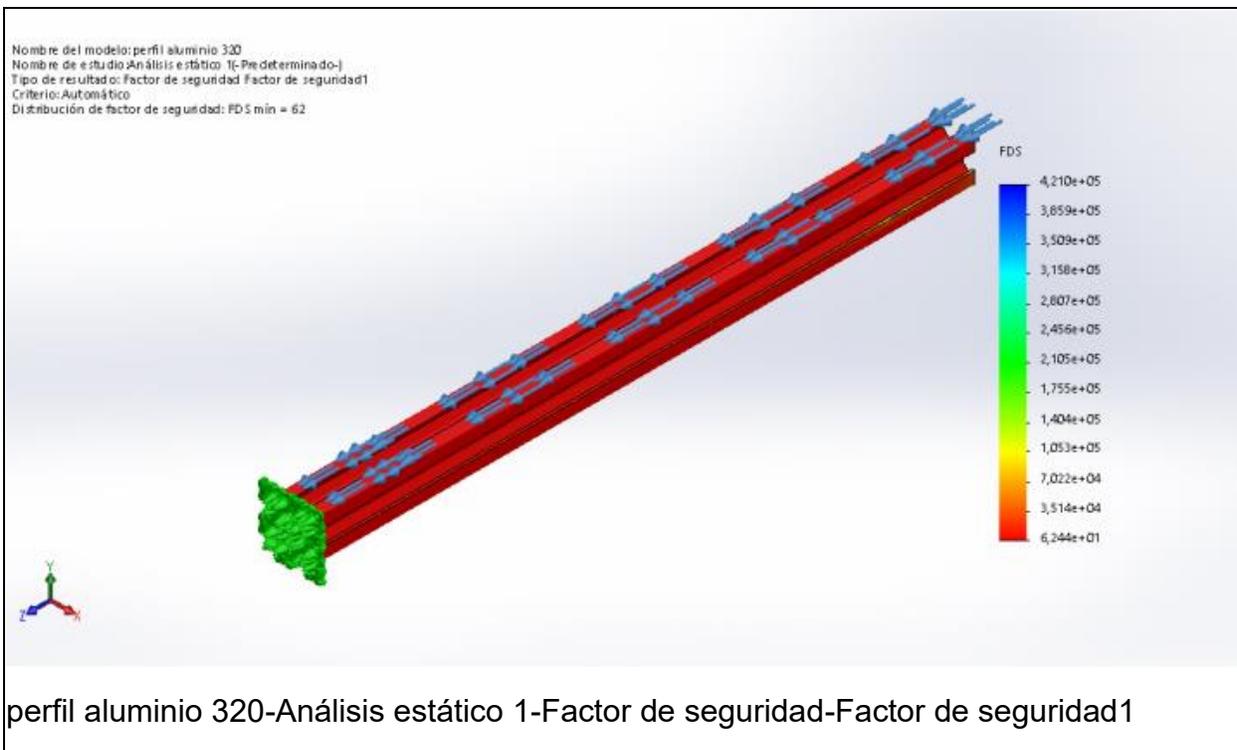
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1,288e-08 Elemento: 1295	2,663e-05 Elemento: 16320

Nombre del modelo: perfil aluminio 320
 Nombre de estudio: Análisis estático 1-[Pre determinado-]
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1



perfil aluminio 320-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	6,244e+01	4,210e+05
		Nodo: 20391	Nodo: 16409



Conclusión

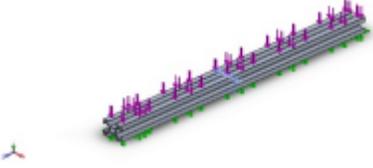
al perfil de aluminio 6063-t5 del eje X, se le aplicó una fuerza de tantos 39.2266 N, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 62 que garantiza que la pieza no se va a fracturar.

ANEXO 03

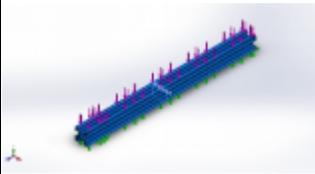
Sistema CAE para el perfil de aluminio del eje Y



Información de modelo



Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus

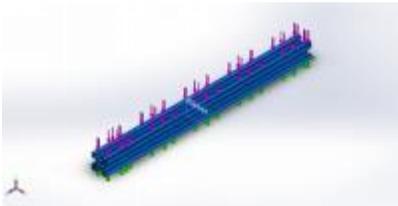
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar		
Muelle blando:	Desactivar		
Desahogo inercial:	Desactivar		
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático		
Gran desplazamiento	Desactivar		
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar		
Fricción	Desactivar		
Utilizar método adaptativo:	Desactivar		
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6\stl)		
Nombre del modelo: perfil aluminio 300			
Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0,0960057 kg Volumen:3,55577e-05 m^3 Densidad:2.700 kg/m^3 Peso:0,940856 N	C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6\stl\perfil aluminio 300.SLDPRT Apr 27 18:10:47 2023

Propiedades de estudio

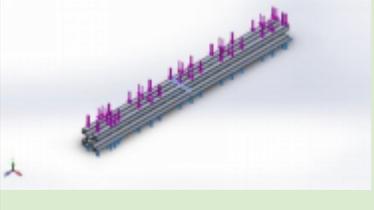
Unidades

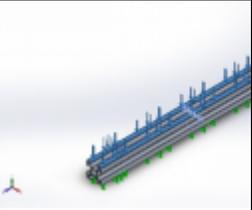
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

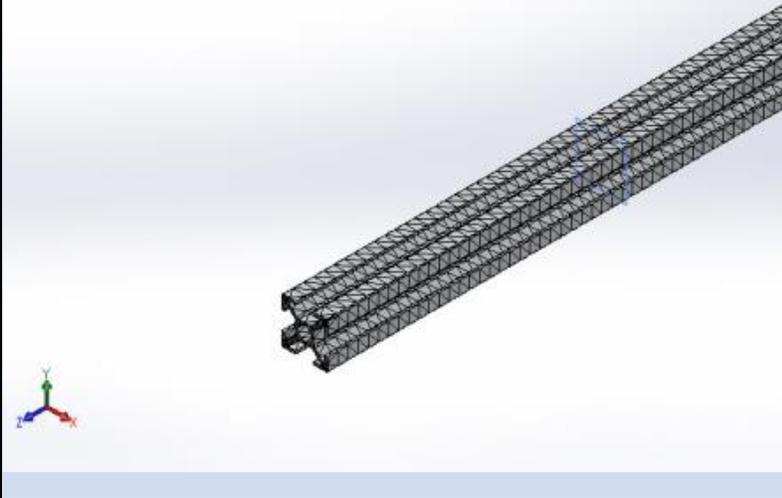
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: 6063-T5	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(perfil aluminio 300)
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico: 1,45e+08 N/m ²	
	Límite de tracción: 1,85e+08 N/m ²	
	Módulo elástico: 6,9e+10 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson: 0,33	
	Densidad: 2.700 kg/m ³	
	Módulo cortante: 2,58e+10 N/m ²	
	Coefficiente de dilatación térmica: 2,34e-05 /Kelvin	
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0,0102791	117,658	0,00271078	117,658
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga		Cargar imagen	Detalles de carga
Número total de nodos	31650		Entidad 2 des: cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 58,8399 N
Número total de elementos	16839		
Cociente máximo de aspecto	25,091		
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	15,3		
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	17,4		
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0		
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:10		
Nombre de computadora:			

Nombre del modelo: perfil aluminio 300
 Nombre de estudio: Análisis estático 1[-Pre determinado-]
 Tipo de malla: Malla sólida



Fuerza-1

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	4,47644 mm
Tolerancia	0,223822 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

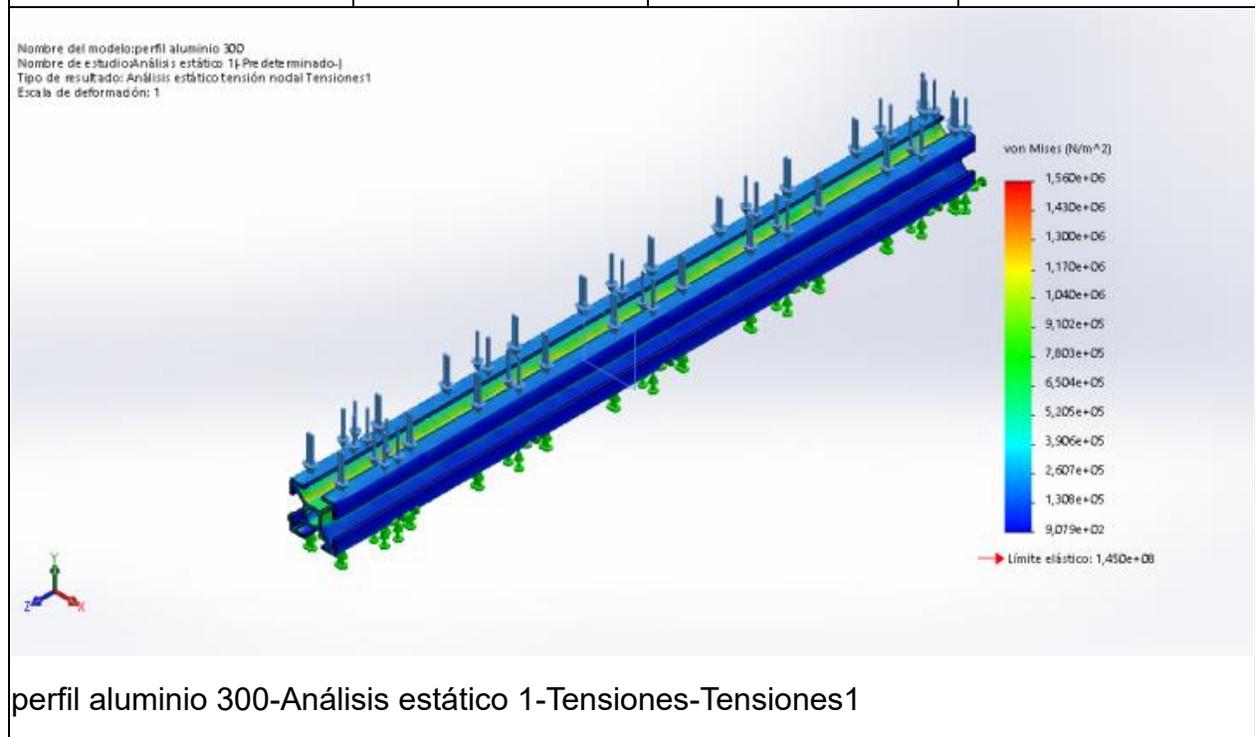
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,0102791	117,658	0,00271078	117,658

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio

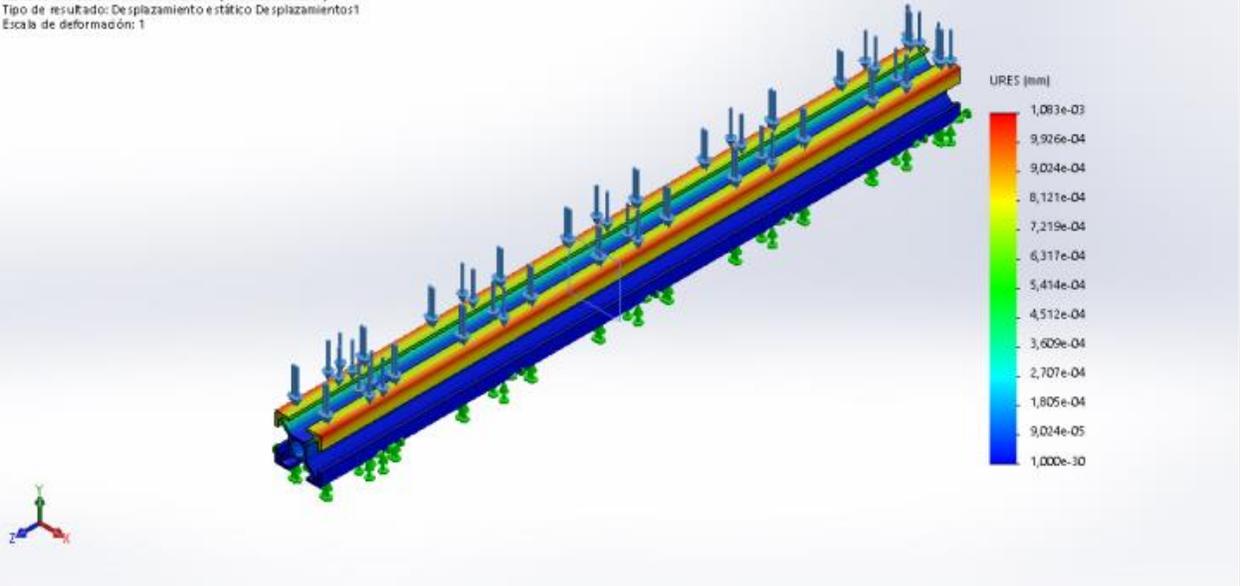
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	9,079e+02 N/m ² Nodo: 26946	1,560e+06 N/m ² Nodo: 1858



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
--------	------	------	------

Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 2377	1,083e-03 mm Nodo: 3936
------------------	-----------------------------------	----------------------------	----------------------------

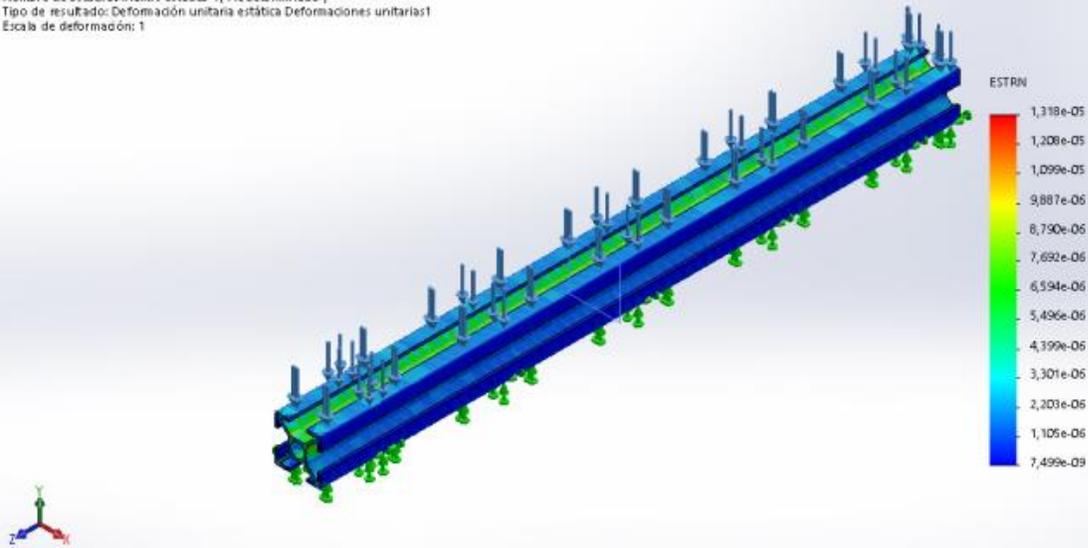
Nombre del modelo: perfil aluminio 300
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre determinado)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1



perfil aluminio 300-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	7,499e-09 Elemento: 4736	1,318e-05 Elemento: 13136

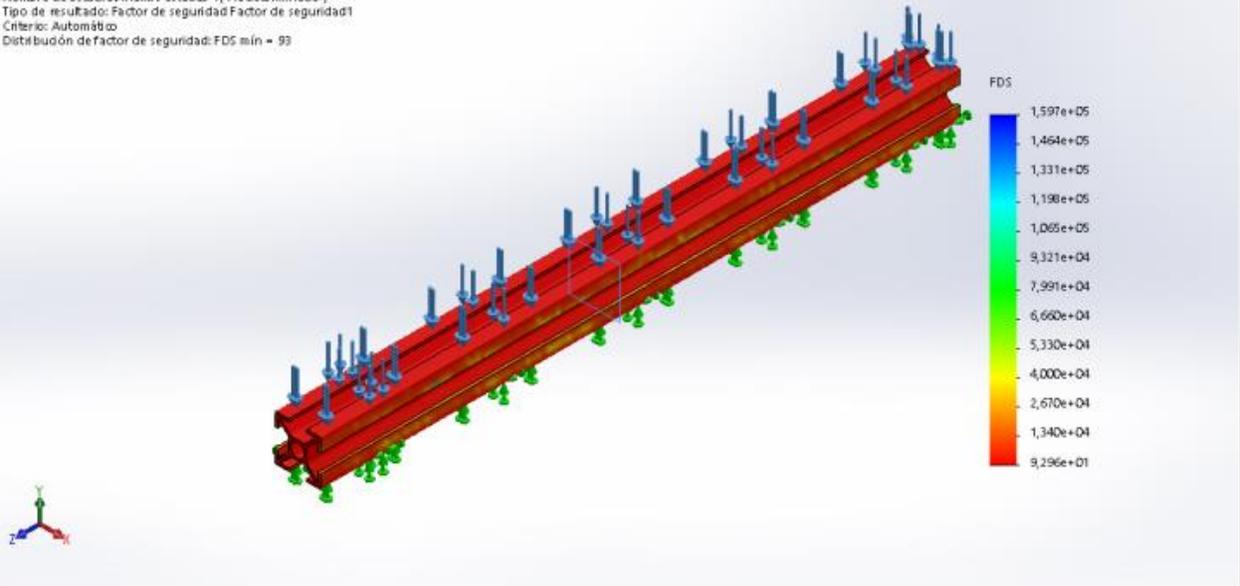
Nombre del modelo: perfil aluminio 300
 Nombre de estudio: Análisis estático 1- Pre determinado-1
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1



perfil aluminio 300-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	9,296e+01	1,597e+05
		Nodo: 1858	Nodo: 26946

Nombre del modelo: perfil aluminio 300
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre determinado)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 93



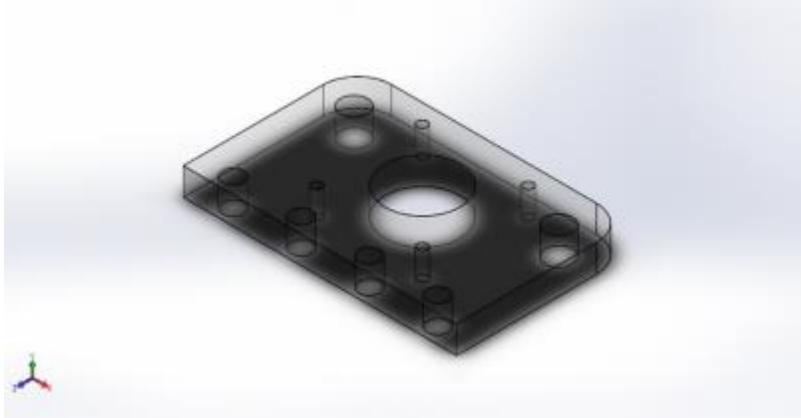
perfil aluminio 300-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Conclusión

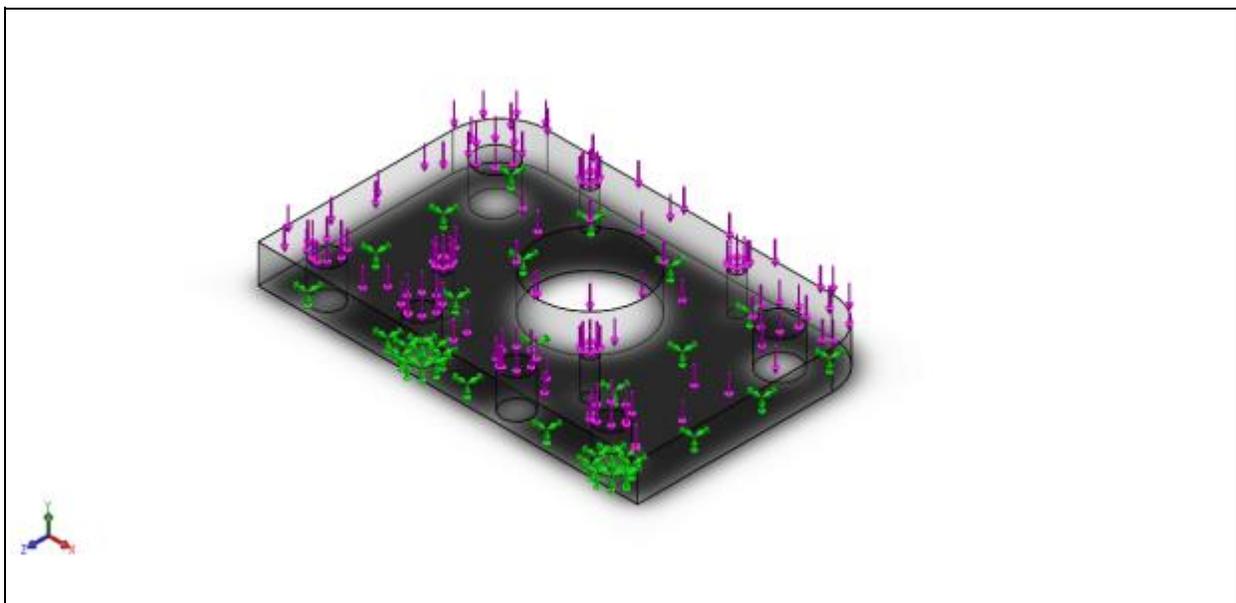
al perfil de aluminio 6063-t5 del eje Y, se le aplicó una fuerza de tantos 58,8399 N, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 93 que garantiza que la pieza no se va a fracturar

ANEXO 04

Sistema CAE del soporte en acrílico para eje Z



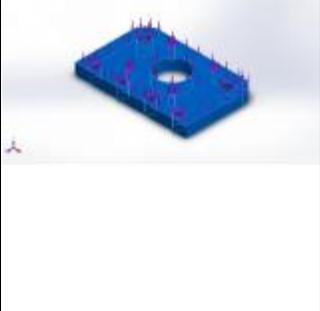
Información de modelo



Nombre del modelo: soporte z

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:0,0327479 kg	C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6\soporte z.SLDPRT Mar 26 16:27:11 2023

	<p>Volumen:2,72899e-05 m³</p> <p>Densidad:1.200 kg/m³</p> <p>Peso:0,32093 N</p>	
---	---	--

Propiedades de estudio

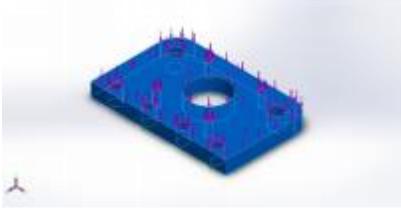
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar

Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6)
------------------------------	---

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

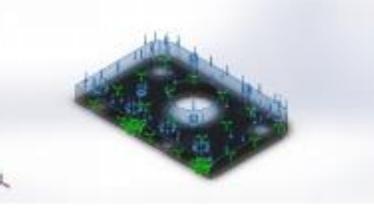
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acrílico (Impacto medio-alto)	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(soporte z)
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico: 4,5e+07 N/m ²	
	Límite de tracción: 7,3e+07 N/m ²	
	Módulo elástico: 3e+09 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson: 0,35	
	Densidad: 1.200 kg/m ³	
	Módulo cortante: 8,9e+08 N/m ²	
	Coefficiente de dilatación térmica: 5,2e-05 /Kelvin	

Datos de curva:N/A

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	1,16348e-06	2,45165	2,85159e-07	2,45165
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 2,45166 N		

Información de malla

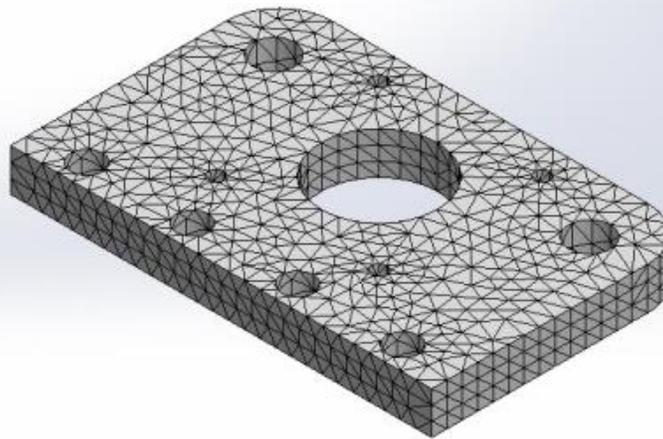
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar

Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	3,01176 mm
Tolerancia	0,150588 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	15605
Número total de elementos	9512
Cociente máximo de aspecto	4,5092
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99,1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo: soporte z
Nombre de estudio: Análisis estático 1[-Pie determinado-]
Tipo de malla: Malla sólida



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

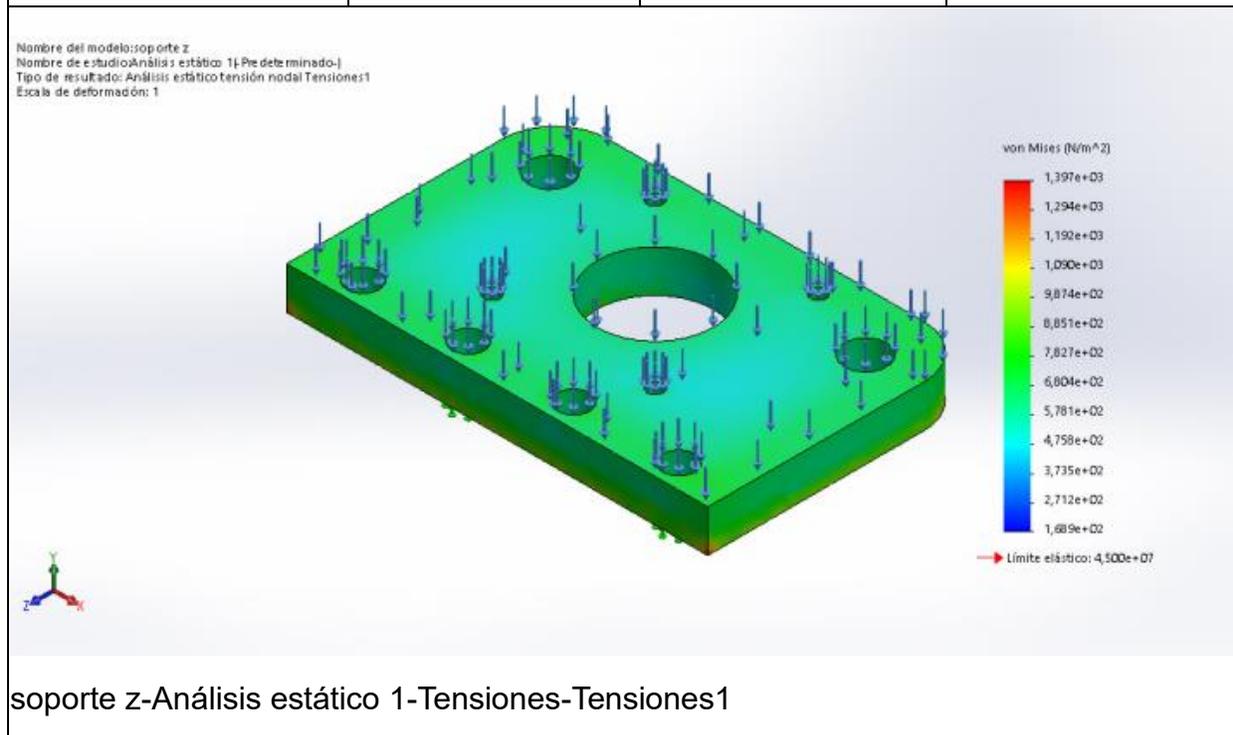
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	1,16348e-06	2,45165	2,85159e-07	2,45165

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio

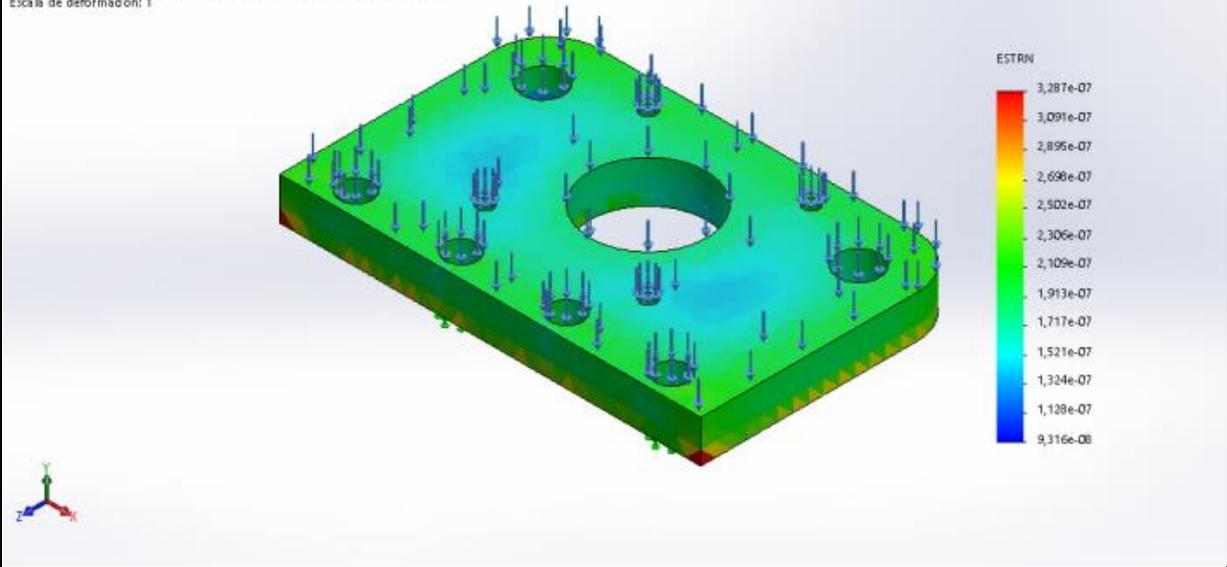
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1,689e+02 N/m ² Nodo: 129	1,397e+03 N/m ² Nodo: 820



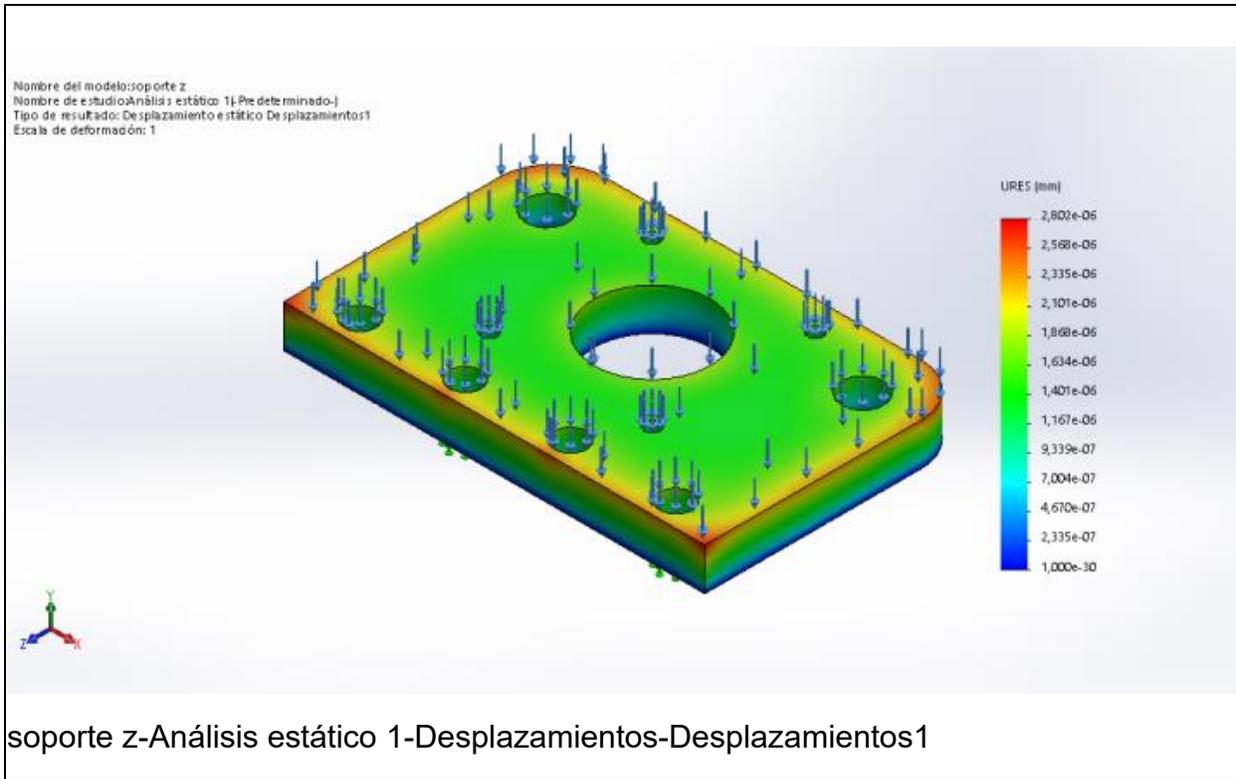
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 7	2,802e-06 mm Nodo: 331

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	9,316e-08 Elemento: 6887	3,287e-07 Elemento: 1371

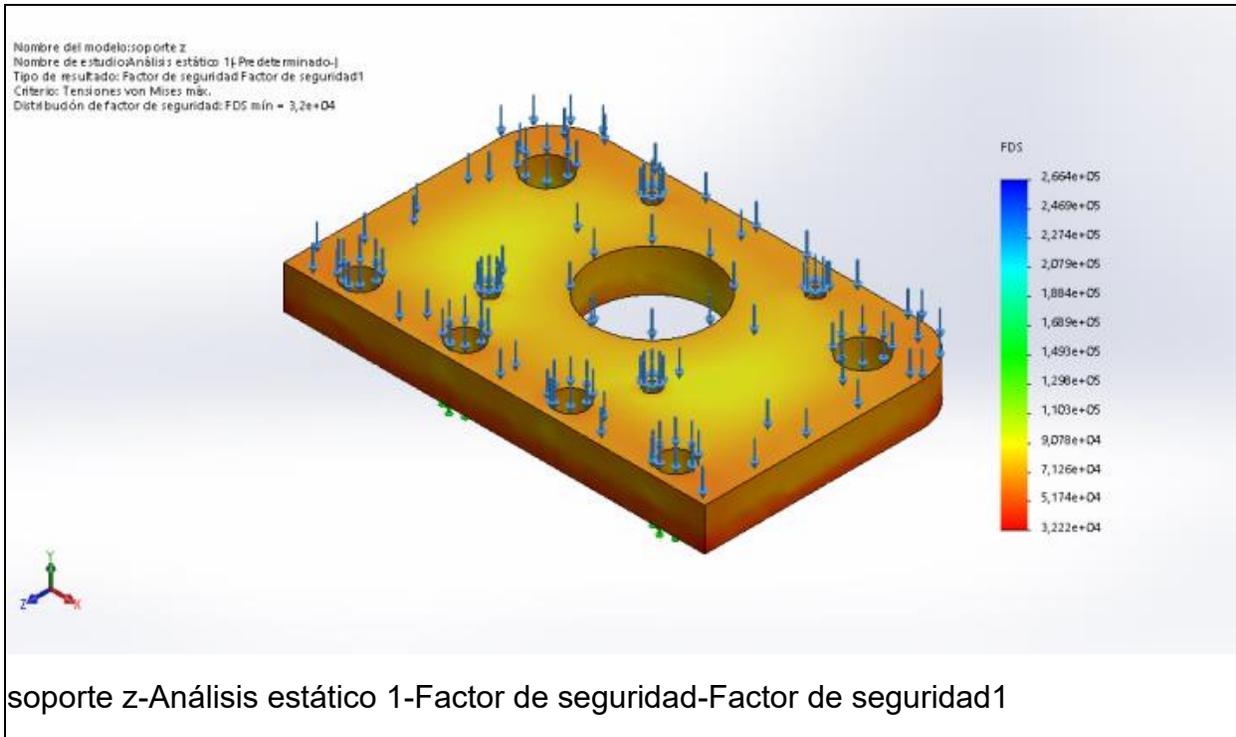
Nombre del modelo: soporte z
Nombre de estudio: Análisis estático 1 [Pre determinado]
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



soporte z-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	3,222e+04 Nodo: 820	2,664e+05 Nodo: 129



Conclusión

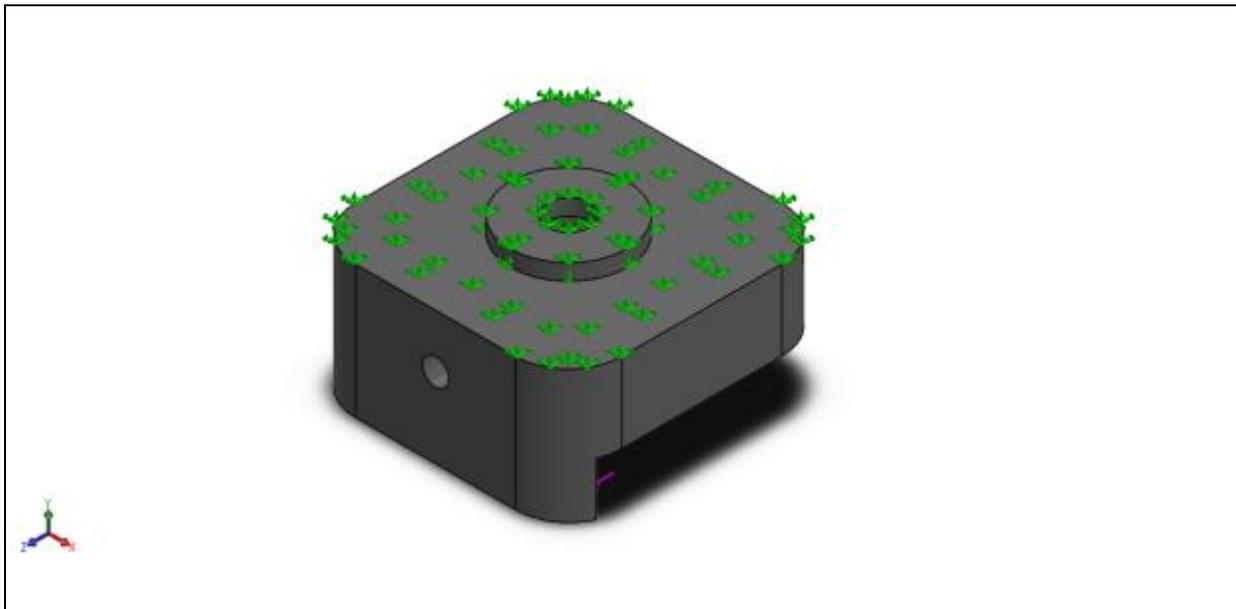
al perfil de acrílico del eje Z, se le aplicó una fuerza de tantos 2,45166 N, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 3.2, que garantiza que la pieza no se va a fracturar,

ANEXO 05

Sistema CAE de la mordaza para el quinto eje



Información de modelo



Nombre del modelo: mordaza

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado o como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir10	Sólido	Masa:0,0335332 kg	C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6\mordaza.SLDPRT

	Volumen:2,99403e-05 m ³ Densidad:1.120 kg/m ³ Peso:0,328625 N	Apr 23 21:04:06 2023
---	---	----------------------

Propiedades de estudio

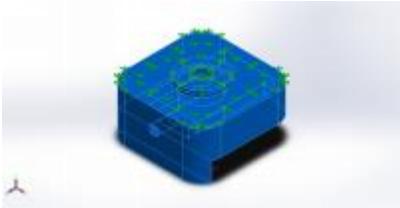
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar

Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6)
------------------------------	---

Unidades

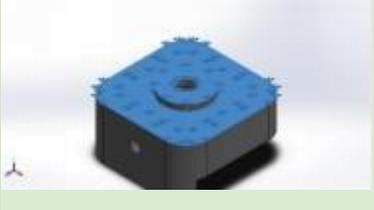
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

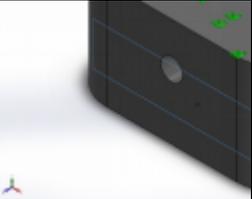
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: PA Tipo 6	Sólido 1(Cortar-Extruir10)(mordaza)
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico: 1,03649e+08 N/m ²	
	Límite de tracción: 9e+07 N/m ²	
	Módulo elástico: 2,62e+09 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson: 0,34	
	Densidad: 1.120 kg/m ³	
Módulo cortante: 9,704e+08 N/m ²		

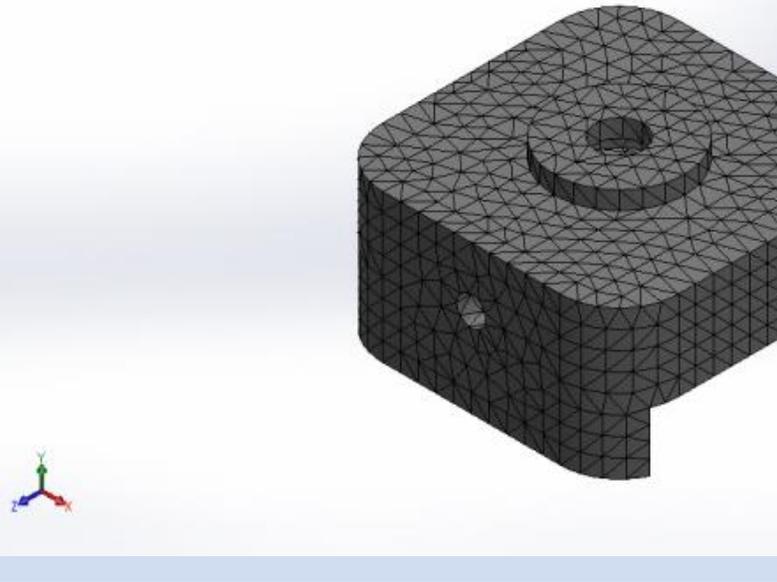
Datos de curva:N/A

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0,000190677	-0,00029791	-9,80658	9,80658
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga		Cargar imagen	Detalles de carga
Número total de nodos	13674		Entida 1 des: cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 9,80665 N
Número total de elementos	8386		
Cociente máximo de aspecto	3,5138		
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99,8		
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0		
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0		
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09		
Nombre de computadora:			

Nombre del modelo: ordaza
 Nombre de estudio: Análisis estático 1[-Pie determinado-]
 Tipo de malla: Malla sólida



Fuerza-1

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	3,10625 mm
Tolerancia	0,155312 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

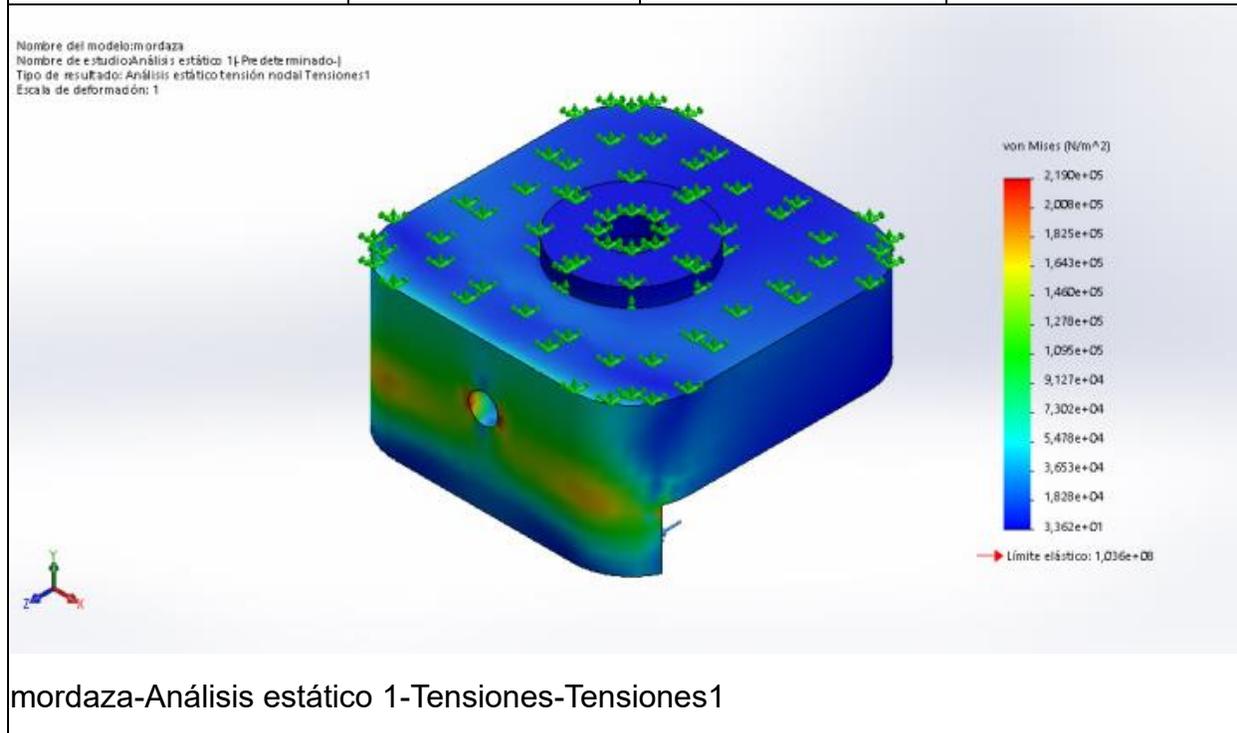
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,000190677	-0,00029791	-9,80658	9,80658

Momentos de reacción

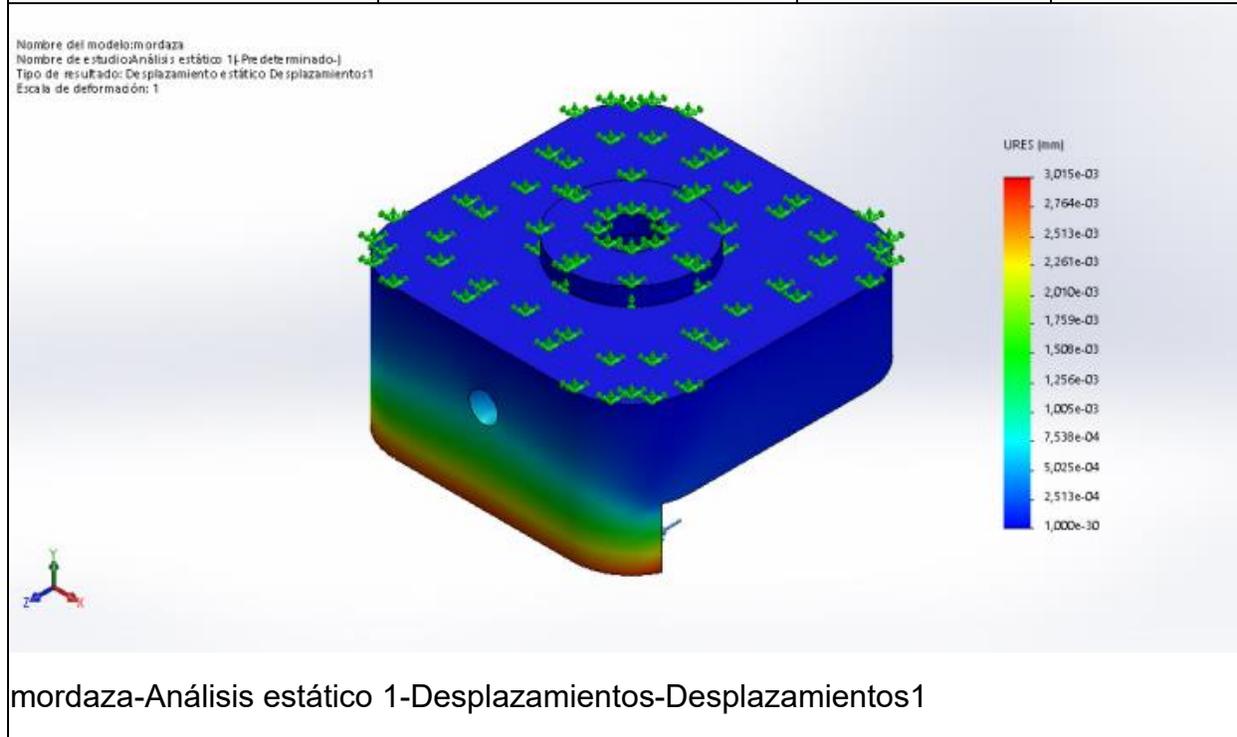
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3,362e+01 N/m ² Nodo: 13412	2,190e+05 N/m ² Nodo: 13543

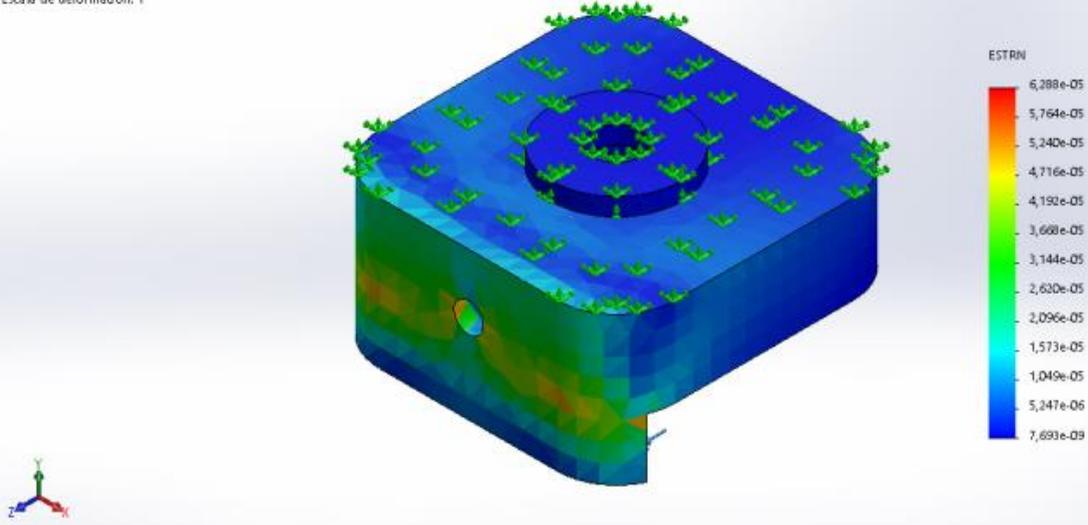


Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 30	3,015e-03 mm Nodo: 341



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	7,693e-09 Elemento: 3318	6,288e-05 Elemento: 8224

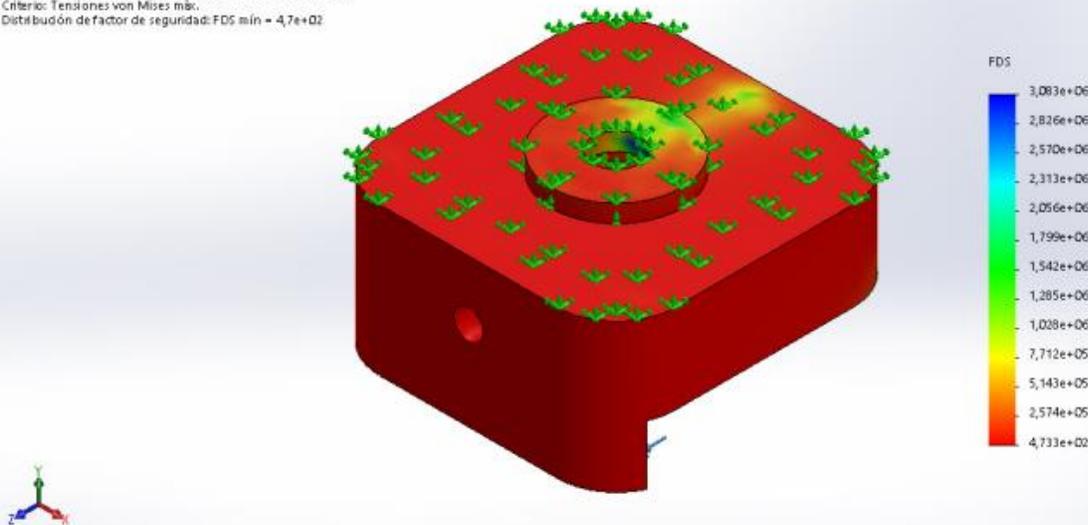
Nombre del modelo:mordaza
 Nombre de estudio:Análisis estático 1-[Pre determinado-]
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1



mordaza-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	4,733e+02 Nodo: 13543	3,083e+06 Nodo: 13412

Nombre del modelo:mordaza
 Nombre de estudio:Análisis estático 1-[Pre determinado-]
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Tensiones von Mises máx.
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 4,7e+02

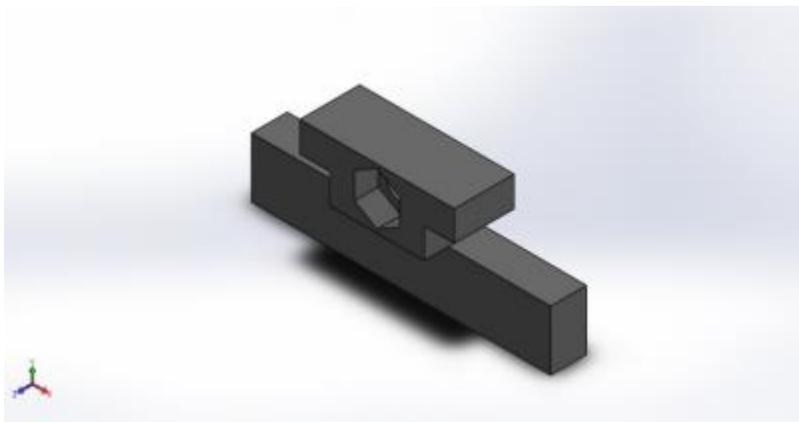


Conclusión

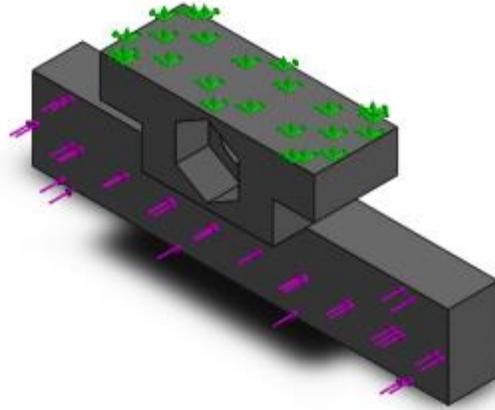
la mordaza, se le aplicó una fuerza de tantos 9,80665 N, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 4.7, que garantiza que la pieza no se va a fracturar

ANEXO 06

Sistema CAE para la parte móvil de la mordaza



Información de modelo



Nombre del modelo: mordaza garra

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado o como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Cortar-Extruir2	Sólido	Masa:0,00533314 kg Volumen:4,76173e-06 m ³ Densidad:1.120 kg/m ³ Peso:0,0522647 N	C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6\mordaza garra.SLDPRT Apr 23 21:05:51 2023

Propiedades de estudio

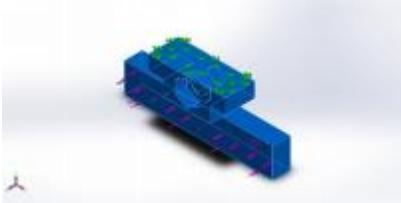
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida

Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Javier_CNC\Documents\cnc-v6)

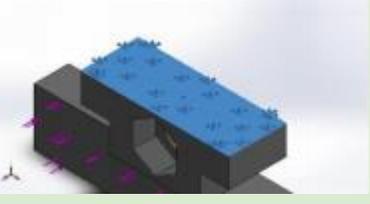
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

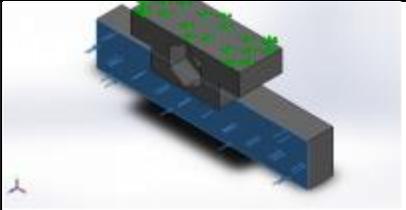
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: PA Tipo 6	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(mordaza garra)
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.	
	Límite elástico: 1,03649e+08 N/m ²	
	Límite de tracción: 9e+07 N/m ²	
	Módulo elástico: 2,62e+09 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson: 0,34	
	Densidad: 1.120 kg/m ³	
Módulo cortante: 9,704e+08 N/m ²		
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	9,03457e-05	0,00025516	9,8066	9,8066	

Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

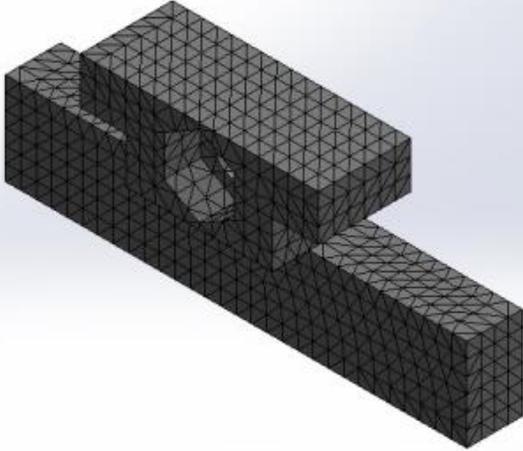
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 9,80665 N

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1,68306 mm
Tolerancia	0,0841529 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	13062
Número total de elementos	8127
Cociente máximo de aspecto	3,8624
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99,6

% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	
<p>Nombre del modelo: mordaza_garra Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Pre determinado-) Tipo de malla: Malla sólida</p> 	

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	9,03457e-05	0,00025516	9,8066	9,8066

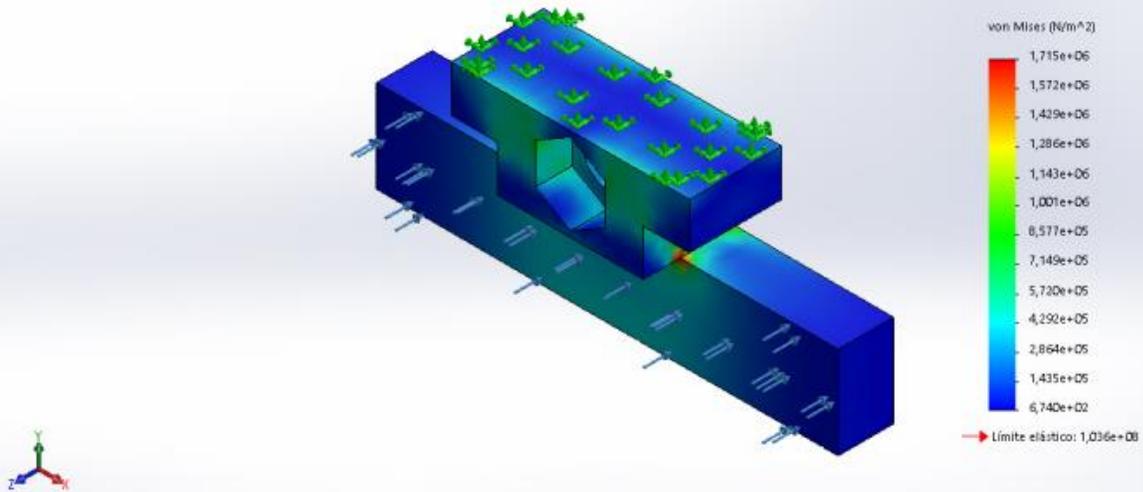
Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6,740e+02 N/m ² Nodo: 12088	1,715e+06 N/m ² Nodo: 473

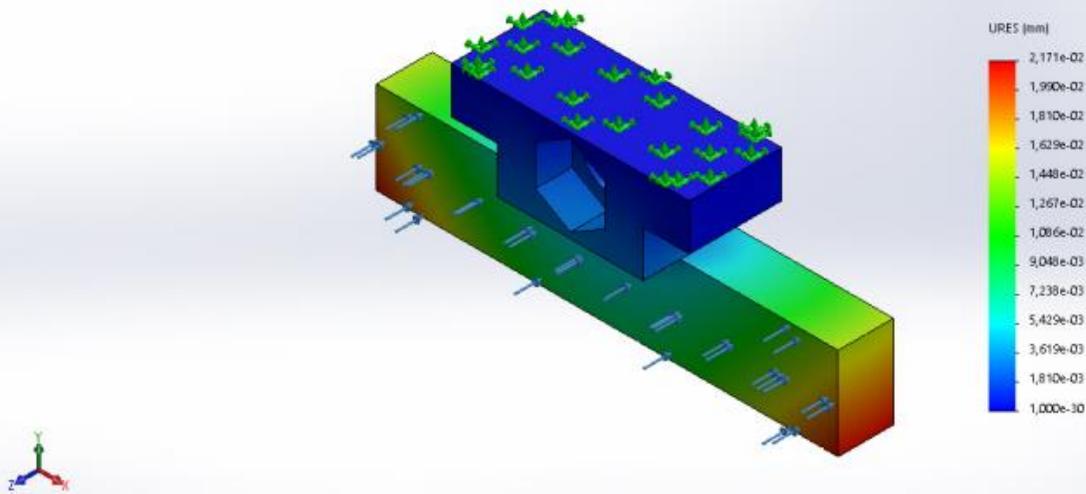
Nombre del modelo:mordaza garra
Nombre de estudio:Análisis estático 1-[Pre determinado-]
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1



mordaza garra-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 71	2,171e-02 mm Nodo: 152

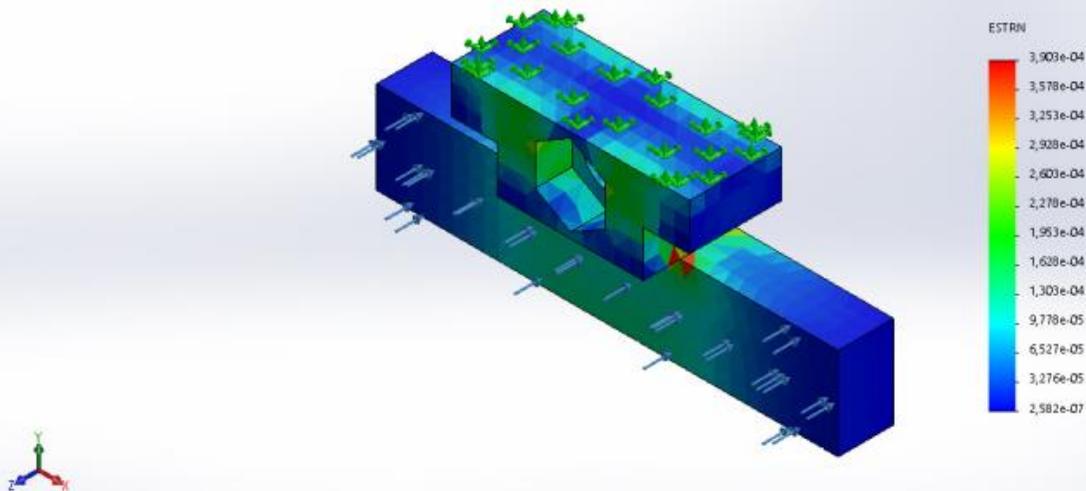
Nombre del modelo:mordaza garra
 Nombre de estudio:Análisis estático 1-[Pre determinado-]
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1



mordaza garra-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2,582e-07	3,903e-04
		Elemento: 4395	Elemento: 497

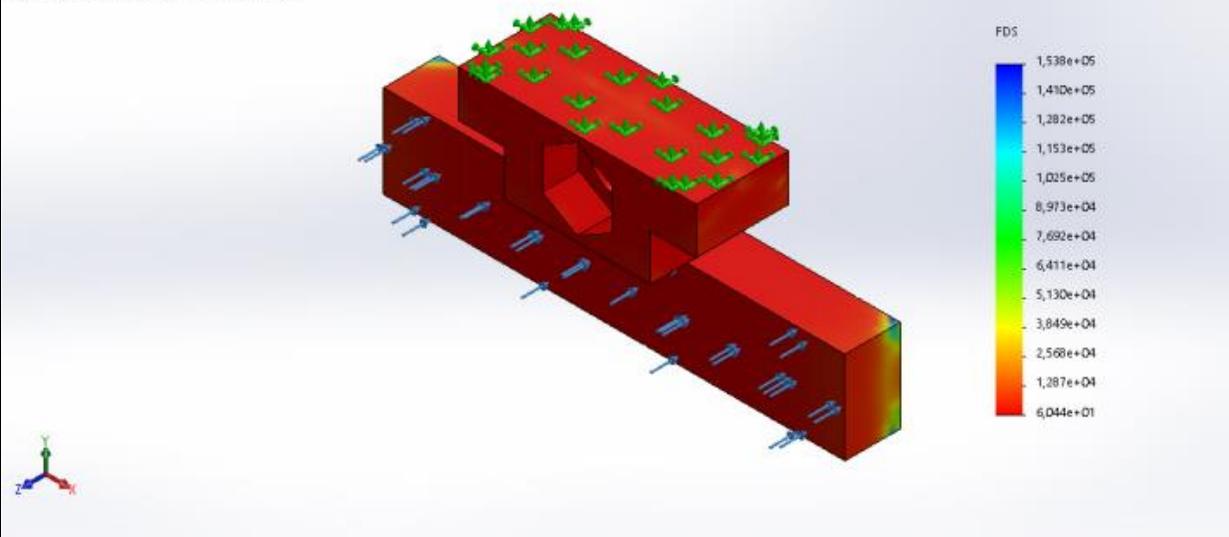
Nombre del modelo:mordaza garra
 Nombre de estudio:Análisis estático 1-[Pre determinado-]
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
 Escala de deformación: 1



mordaza garra-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	6,044e+01 Nodo: 473	1,538e+05 Nodo: 12088

Nombre del modelo:mordaza garra
 Nombre de estudio:Análisis estático 1-[Predeterminado-]
 Tipo de resultado:Factor de seguridadFactor de seguridad1
 Criterio: Tensiones von Mises máx.
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 60



mordaza garra-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Conclusión

la pieza móvil de la mordaza, se le aplicó una fuerza de tantos 9,80665 N, se le hizo un análisis de Von Mises de SolidWorks para un análisis mecánico y se obtuvo que un factor de seguridad de 60, que garantiza que la pieza no se va a fracturar

ANEXO 07

El código G del soporte T8 se encuentra en el archivo “código del programa del soporte T8.pdf”.

Código HTML y PHP para servidor web

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.0-
alpha1/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet" integrity="sha384-
GLhITQ8iRABdZLI6O3oVMWSktQOp6b7In1Zl3/Jr59b6EGGo1aFkw7cmDA6j6gD"
crossorigin="anonymous">
  <title>Document</title>
</head>
<body>
<div class="container">
  <div class="row">
```

```

        <div class="offset-xl-3 col-xl-6 py-5">
<div class="card text-center">
    <div class="card-header">
        <h1> Servidor web v1.8 </h1>
        <h4>by Javier Andres Rodriguez Piamba</h4>

    </div>
    <div class="card-body">

        <form action="upload.php" method="post" enctype="multipart/form-data">
        Selecciona un archivo para subir:
        <input type="file" name="fileToUpload" id="fileToUpload"><br><br>
        <input class="btn btn-success" type="submit" value="Subir archivo"
name="submit">

    </form>
</div>
<div class="card-footer text-muted">
    Archivos subidos al servidor web...

    <?php
    $dir = "uploads/";
    echo "<table>";

// Open a directory, and read its contents
if (is_dir($dir)){
    if ($dh = opendir($dir)){

```

```

while (($file = readdir($dh)) !== false){
    if($file != "." && $file != ".."){
        echo "<tr>
            <td>
                $file
            </td>
            <td>
                <a href='$dir/$file'>Ver</a>
                <a href='$dir/$file' download>Descargar</a>
            </td>
        </tr>";
    }
}
closedir($dh);
}
}
echo "</table>";
?>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</div>
</body>
</html>

```

ANEXO 09

Código para cambio de herramienta

```
tool = GetSelectedTool()  
SetCurrentTool( tool )  
  
GageH = GetOEMDRO(1001)  
  
Code"G0 G53 Z0"  
  
Xpos = GetUserDro(1200)  
Ypos = GetUserDro(1201)  
Code"G0 X" & Xpos & "Y" & Ypos
```

```
cr = Chr(13)  
msg = "Please Change The Tool" & cr & cr & "Then Press [ Set Tool Length ]" & cr  
msg = msg & "-----" & cr & cr  
msg = msg & "Then Press Green Button"  
MsgBox(msg)
```

ANEXO 10

El código G de la mordaza se encuentra en el CD del proyecto, en el archivo "código del programa de prueba.pdf".

ANEXO 11

El código G de la mordaza se encuentra en el CD del proyecto, en el “código del programa de prueba.pdf”.