



**AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO MAHO - 600
MEDIANTE EL USO DEL EJE A PARA SU MEJORAMIENTO**

**DIEGO LUIS GUERRA AGRESOTT
RUBEN DARIO GUTIERREZ ZAPATA
JUAN JOSE MARTINEZ GOMEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS
MEDELLÍN**

2024

**AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO MAHO - 600
MEDIANTE EL USO DEL EJE A PARA SU MEJORAMIENTO**

**DIEGO LUIS GUERRA AGRESOTT
RUBEN DARIO GUTIERREZ ZAPATA
JUAN JOSE MARTINEZ GOMEZ**

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Sistemas Electromecánicos

Asesor

Karen Lemmel Vélez

Magister en Automatización y Control Industrial

Arley Fernando Villa Salazar

Magister en Ingeniería

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS
MEDELLÍN**

2024

Contenido

1.	Planteamiento del problema.....	16
1.1	Descripción.....	16
1.2	Formulación.....	19
2.	Justificación.....	21
3.	Objetivo.....	24
3.1	Objetivo general.....	24
3.2	Objetivo específico.....	24
4.	Marco teórico.....	25
4.1	Motor paso a paso.....	25
4.1.1	Definición:.....	25
4.1.2	Funcionamiento:.....	26
4.1.3	Electromagnetismo:.....	28
4.1.4	Ley de faraday:.....	29
4.1.5	Principios de acción y reacción:.....	30
4.1.6	Controlador:.....	30
4.1.7	Tipos de motores:.....	30
4.2	Eje A:.....	31
4.2.1	Definición:.....	31
4.2.2	Funcionamiento:.....	32
4.2.3	Ventajas del eje A:.....	32
4.3	Sensores de posición:.....	32
4.3.1	Definición:.....	32
4.3.2	Funcionamiento:.....	32
4.3.3	Sensores ópticos:.....	33

4.3.4	Sensores magnéticos:.....	33
4.3.5	Sensores ultrasónicos:.....	34
4.3.6	Sensores capacitivos:.....	34
4.3.7	Sensores de efecto hall:	35
4.4	Automatización:	36
4.4.1	Definición:	36
4.4.2	Tipos de automatización:	36
4.4.3	Ventajas:.....	36
4.4.4	Desafíos de la automatización:	36
4.4.5	Automatización del futuro:	37
4.5	Efecto económico de una maquina CNC:	37
4.5.1	Definición:	37
4.5.2	Funcionamiento:.....	37
4.5.3	Unidades de medición en CNC:	38
4.5.4	Definición:	38
4.5.5	Funcionamiento:.....	38
4.6	Suministro de energía a máquina CNC:.....	39
4.6.1	Definición:	39
4.6.2	Funcionamiento:.....	40
4.6.3	Tipos de suministro de energía:	40
4.7	Operación de maquina CNC:	43
4.7.1	Definición:	43
4.7.2	Funcionamiento:.....	43
4.8	Tornillo sin fin corona:.....	44
4.8.1	Definición:	44

4.8.2	Funcionamiento:.....	44
4.9	Sensores finales de carrera:	46
4.9.1	Definición:	46
4.9.2	Funcionamiento:.....	47
4.9.3	Tipos de finales de carrera:	47
4.10	Servomotor:.....	49
4.10.1	Definición:	49
4.10.2	Funcionamiento:.....	50
4.11	Maquina fresadora:.....	51
4.11.1	Definición:	51
4.11.2	Funcionamiento:.....	51
4.11.3	Fresadora vertical:.....	52
4.11.4	Fresadora horizontal:	52
4.11.5	Fresadora universal:	52
4.12	Control numérico computarizado:	53
4.12.1	Definición:	53
4.12.2	Funcionamiento:.....	53
4.12.3	Ventajas y desventajas:	54
4.13	Estado de la técnica:.....	54
5.	Metodología	60
5.1	Tipo de proyecto	60
5.2	Método.....	60
5.3	Población y muestra.....	61
5.4	Instrumento de recolección de información.....	61
5.4.1	Fuentes primarias.....	61

6.	Resultados.....	62
6.1	Adaptación de la máquina de control numérico Maho - 600 mediante el ensamble del eje A para su mejoramiento.....	62
6.2	Programación de un nuevo botón en la máquina mediante el software establecido para la visualización del funcionamiento del eje A.....	65
6.3	Validación del funcionamiento del eje A adaptado en la máquina mediante pruebas pilotos para su correcta disposición.....	71
6.3.1	Pruebas manuales:.....	71
6.3.2	Pruebas automático:.....	71
6.3.3	Pruebas y Verificación:.....	71
7.	Conclusiones.....	72
8.	Recomendaciones.....	73
9.	Referencias bibliográficas.....	74

Lista de figuras.

	Pag.
Figura 1 servomotor	27
Figura 2.Electromagnetismo	28
Figura 3. Ley de faraday.....	29
Figura 4. Eje A	31
Figura 5.Sensor ópticos	33
Figura 6.Sensor magnético	34
Figura 7.sensor ultrasonico.....	34
Figura 8.Sensor capacitivo	35
Figura 9.Sensor hall.....	35
Figura 10. Suministro eléctrico convencional	41
Figura 11.Generador eléctrico	41
Figura 112. Sistema UPS.....	42
Figura 13. Tornillo sin fin corona.	46
Figura 14. Sensor final de Carrera.....	47
Figura 15. Interruptor Mecánicos.	48
Figura 16. Sensor Óptico.....	48
Figura 17. Sensor inductivo.....	49
Figura 18. Servomotor.....	51
Figura 19. Maquinas fresadora.....	52
Figura 20. Control numérico computarizado.....	53
Figura 21.Desarrollo del proyecto.....	60
Figura 22.Desarme del eje A.....	62
Figura 23.Desmante de bujes de bancada	63
Figura 24.Plano del eje A	64
Figura 25.Servomotor model 34HS5435B	65
Figura 26.Fuente.....	66
Figura 27.Arduino uno	67
Figura 28.Driver	68

Figura 29.Control y potencia.....	69
Figura 30.Placa o soporte del motor.....	70

Abstract

The automation of the A axis of the maho-600 machine was performed since this automation allows the manufacture of complex parts achieving greater precision and repeatability in the operations.

For that it was necessary to disassemble the machine bed to identify the conditions of the operation of the A axis, then, we proceeded to the automation using the arduino one in conjunction with the DM860 drive, a 24V and 15 A source and a servomotor model 34HS5435B with a voltage of 5.6A with a torque of 12Nm with a resistance of 1.6Ohms, In addition, two sensors end of strokes.

The programming of a new button on the machine using the software established for the visualization of the operation of the A axis is a strategic measure that enhances the efficiency and usability of the numerical control machine. By incorporating this functionality, operators have the ability to monitor and control A-axis operation in a more intuitive and direct manner, making it easier to make adjustments and optimizations in real time. This improvement contributes to reducing setup and set-up times for machining processes, as well as minimizing human error, which translates into higher productivity and quality in production.

In conclusion, the implementation of this modification improves the functionality and overall performance of the machine, which can translate into an improvement in the quality of the manufactured products.

Resumen

Se realizó la automatización del eje A de la máquina maho – 600 dado que esta automatización permite la fabricación de piezas complejas logrando una mayor precisión y repetitividad en las operaciones.

Para eso fue necesario desarmar la bancada de la máquina para identificar las condiciones del funcionamiento del eje A, luego, se procedió a la automatización utilizando el arduino uno en conjunto con el drive DM860, una fuente 24V y 15 A y un servomotor modelo 34HS5435B con un voltaje de 5.6A con un torque de 12Nm con una resistencia de 1,6Ohms, Además, de dos sensores finales de carreras.

La programación de un nuevo botón en la máquina mediante el software establecido para la visualización del funcionamiento del eje A es una medida estratégica que potencia la eficiencia y la usabilidad de la máquina de control numérico. Al incorporar esta funcionalidad, los operadores tienen la capacidad de monitorear y controlar el funcionamiento del eje A de manera más intuitiva y directa, lo que facilita la realización de ajustes y optimizaciones en tiempo real. Esta mejora contribuye a reducir los tiempos de configuración y puesta en marcha de los procesos de mecanizado, así como a minimizar los errores humanos, lo que se traduce en una mayor productividad y calidad en la producción.

En conclusión, la implementación de esta modificación mejora la funcionalidad y el rendimiento general de la máquina, lo que puede traducirse en una mejora en la calidad de los productos fabricados.

Glosario

Incorporar: proceso de agregar algo a un grupo, sistema o entidad existente.

Contribuir: aportar o colaborar con algo, ya sea con recursos, ideas, esfuerzo o cualquier otra forma de apoyo que ayude a avanzar hacia un objetivo común.

Mercantilizar: convertir algo en un producto o servicio comercializable, es decir, adaptarlo o ponerlo en el mercado para su venta o intercambio con fines lucrativos.

Prolongar: extender la duración o el tiempo de algo más allá de su término original.

Admisión: aceptar a alguien en un grupo, institución, organización o lugar específico.

Tridimensionales: algo que tiene tres dimensiones: largo, ancho y alto. En el contexto de la geometría y la física, se utiliza para describir objetos que tienen volumen y ocupan espacio en tres direcciones diferentes.

Eficiencia: capacidad de realizar una tarea o alcanzar un objetivo utilizando la menor cantidad de recursos posible.

Manufactura: proceso de producción de bienes mediante la transformación de materias primas o componentes en productos terminados. Este proceso implica una serie de pasos que pueden incluir diseño, fabricación, ensamblaje, prueba y empaquetado, entre otros.

CNC: Control numérico computarizado sistema automatizado utilizado en la fabricación industrial para controlar maquinaria, como fresadoras, tornos y cortadoras láser, mediante la programación de comandos precisos en un software.

Engranaje: componente mecánico que consiste en una serie de dientes que se entrelazan con los de otro engranaje, una cremallera o una cadena, con el propósito de transmitir movimiento y fuerza de un eje a otro.

Introducción

La máquina MAHO 600 es una fresadora CNC (Control Numérico Computarizado) reconocida por su precisión y versatilidad en el mecanizado de piezas complejas. Sin embargo, es esencial mejorar y optimizar sus capacidades mediante la automatización. Uno de los componentes clave que puede beneficiarse significativamente de esta actualización es el eje A, que permite la rotación de la pieza de trabajo alrededor del eje horizontal.

La automatización del eje A implica la integración de sistemas de control, sensores y actuadores que no solo aumentan la precisión y repetibilidad de las operaciones, sino que también mejoran la eficiencia y reducen el tiempo de configuración. Este proceso requiere una cuidadosa planificación y ejecución, incluyendo la selección de componentes adecuados, Como servomotor, drive y arduino.

El objetivo principal de este proyecto es transformar el eje A de la MAHO 600 en un componente completamente automatizado, capaz de realizar movimientos complejos con mínima intervención.

En este documento, se explorarán los fundamentos técnicos de la automatización del eje A, los beneficios esperados, y los pasos detallados necesarios para llevar a cabo esta actualización. Además, se discutirán los desafíos potenciales y las soluciones propuestas para garantizar una implementación exitosa. Todo esto se lleva a cabo en seis capítulos distribuido de la siguiente forma: el capítulo uno muestra el planteamiento del problema donde la incorporación del eje A automatizado permitirá la fabricación de piezas más complejas en complemento del capítulo dos que es justificación.

El capítulo tres muestra los objetivos siendo el principal automatizar la máquina de control numérico Maho - 600 mediante el uso del eje A para su mejoramiento. El capítulo cuatro presenta un marco teórico general de automatización acompañado de un estado de la técnica de máquinas de control numéricos. En el capítulo cinco se describe detalladamente los pasos que se realizaron para automatizar la máquina, Y por último el capítulo seis se muestra los resultados de la ejecución de este proyecto dividido en tres numerales que son: adaptación de la máquina de control numérico Maho - 600 mediante el ensamble del eje A para su mejoramiento, programación de un nuevo botón en la máquina mediante el software establecido para la visualización del funcionamiento del eje A y validación del funcionamiento del eje A adaptado en la máquina mediante pruebas pilotos para su correcta disposición.

Por último, se trabajan las conclusiones, las recomendaciones y se muestra las referencias bibliográficas utilizadas.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

La incorporación del eje A en máquinas CNC representa una evolución significativa en la industria del mecanizado. Este estudio se enfocará en profundizar en los aspectos teóricos y prácticos de esta mejora, con el objetivo de contribuir al conocimiento y la comprensión de sus beneficios en la fabricación de piezas complejas y al utilizar sistemas automatizados, se logra una mayor precisión y repetibilidad en las operaciones. Y esto nos da un aumento de la competitividad en la industria. Los resultados y conclusiones obtenidos en este trabajo pueden ser una guía valiosa para empresas e investigadores interesados en aprovechar al máximo las capacidades del eje A en sus procesos de mecanizado Maho - 600. (Kuo, 2014).

La automatización industrial es el factor fundamental para programar procesos productivos, veloces, precisos y adaptativos, esto implica crear espacios de trabajo seguro y que faciliten la colaboración y coordinación entre máquinas y humanos, sobre todo para la realización de tareas de supervisión y control de la producción, para este tipo de actividades, las máquinas de control número (CNC) son las herramientas claves que facilitan que este sistema de control se aplique a diferentes robots industriales, contando con la ventaja de que son fácilmente reprogramables y adaptables para operar con diferentes tipos de máquinas, sistemas periféricos y actuar como guías de visión (Criollo, 2019). El CNC tuvo su origen a principios de los años cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora, en ésta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la

computadora era mayor que el de la máquina. Hoy día las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, con lo que el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria (Torres, 2011).

Se busca explorar y analizar en detalle las ventajas y aplicaciones del eje A en máquinas CNC, así como su desarrollo e implementación en el entorno industrial. Al comprender mejores las capacidades y los beneficios de este eje adicional, se podrán identificar oportunidades para mejorar los procesos de mecanizado y la producción de componentes de mayor complejidad (Kuo, 2014).

Una ventaja importante de la automatización del eje A es la reducción del tiempo de configuración y cambio entre diferentes piezas de trabajo. Al tener un sistema automatizado, se pueden almacenar programas y configuraciones específicas para cada tipo de pieza, lo que facilita el cambio entre trabajos y reduce los tiempos muertos asociados con la configuración manual.

El eje A es uno de los ejes principales de movimiento en una máquina CNC. En el caso de la Maho – 600, El eje A agrega una dimensión adicional a las de mecanizado, permitiendo la rotación de la pieza de trabajo o de la herramienta de corte alrededor del eje X. Esto brinda un mayor grado de libertad en el mecanizado, lo que resulta en la producción de piezas con formas más complejas y geometrías tridimensionales. La incorporación del eje A convierte una máquina CNC de 3 ejes en una máquina de 5 ejes, lo que permite el mecanizado en cinco direcciones diferentes y simplifica las operaciones, reduce los tiempos de preparación y aumenta la eficiencia del proceso.

En términos de implementación, existen diferentes tecnologías y sistemas que pueden utilizarse para automatizar el eje A en la Maho-600. Algunas de estas tecnologías incluyen sistemas de control numérico avanzado, sistemas de accionamiento servo, sensores y actuadores, y software de programación específico para máquinas CNC.

Para lograr los objetivos propuestos, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el eje A en máquinas CNC, abordando temas como su funcionamiento, ventajas, aplicaciones y consideración técnica. Además, se llevarán a cabo experimentos y pruebas en la máquina MAHO MH 600 con eje A para obtener datos y resultados reales sobre su rendimiento y eficacia en el mecanizado. Estos datos se compararán con los resultados obtenidos en la máquina sin el eje A para evaluar las mejoras y las ventajas que brinda esta implementación.

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar y estudiar en profundidad la incorporación del eje A en una fresadora CNC, específicamente en el modelo MAHO MH 600. Se buscará comprender cómo este componente clave mejora la capacidad de mecanizado de la máquina, permitiendo operaciones más complejas y precisas, y cómo puede contribuir a la producción de piezas con geometrías tridimensionales más reforzadas. Asimismo, se analizarán los beneficios y las aplicaciones del eje A en la industria manufacturera, destacando su relevancia en sectores como la industria aeroespacial, la automotriz y la fabricación de moldes.

Al principio hacer un programa de maquinado era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer, era un proceso que podía durar horas, días, semanas. Aun así, era un ahorro de tiempo comparado con los métodos convencionales. (Kuo, 2014)

El uso de las herramientas CNS se ha convertido en el desarrollo de actividades con cierta dificultad en su manufactura, por esta razón se ha empezado a automatizar máquinas que permiten una mayor precisión y exactitud a la hora de la fabricación, disminuyendo costos y tiempo (Criollo, 2019).

La finalidad de este trabajo de grado es automatizar la maquina maho – 600 mediante el uso del eje A para su mejoramiento, aplicando métodos de diseño conceptual, diseño detallado y estrategias de diseño para manufactura, se unirá la parte mecánica con la parte electrónica y de control, en este caso se utilizará el software, esto acompañado de la ilustración del funcionamiento de la Máquina por medio de prácticas de laboratorio.

Se busca profundizar en el estudio del eje A en máquinas CNC y su impacto en el mecanizado de precisión. Se espera que los descubrimientos y conclusiones obtenidos brinden una mayor comprensión de las capacidades y ventajas de este eje adicional, promoviendo así la mejora continua de los procesos de fabricación y la producción de componentes más complejos y de mayor calidad.

1.2 Formulación

La implementación del eje A en máquinas CNC representa un avance tecnológico significativo en el campo del mecanizado de precisión. Este componente adicional permite el mecanizado de superficies inclinadas y contornos complejos, lo que antes solo era posible mediante operaciones manuales o el uso de máquinas más complejas y costosas. Por lo tanto, estudiar las ventajas y desafíos asociados con el eje A es esencial para seguir avanzando en la automatización y optimización de los procesos de fabricación.

El eje A habilita el fresado en 5 ejes, lo que permite realizar de mecanizado más complejas y múltiples en una sola configuración de pieza.

Por esto resulta importante plantear si ¿Cómo automatizar el eje A de la máquina de fresadora marca Maho - 600 ubicada en el bloque 15 de la institución universitaria Pascual Bravo?

2. Justificación

Anteriormente hacer un programa de maquinado era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer, era un proceso que podía durar horas, días y semanas (Mamani, 2012). Una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, es una computadora que controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina, gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo (Gomez, 2017).

La Institución Universitaria Pascual Bravo es una institución la cual da a sus estudiantes en el proceso de aprendizaje parte teórica y práctica, en ésta última se observa que en las prácticas realizadas en el laboratorio de mecatrónica no hay suficientes máquinas para la enseñanza de un grupo completo en el área de dispositivos CNC, dificultando realizar las prácticas en forma individual. Dichos estudiantes cuando salen al campo laboral no tienen todas las habilidades completas para manejar las máquinas de fresado CNC; en esta Institución solo hay un centro de mecanizado lo que dificulta la eficiencia de las practicas académicas ya que pocos estudiantes son los que controlan y manipulan la máquina, esta incomodidad hace que los estudiantes queden con vacíos en el mantenimiento, control y supervisión de dispositivos CNC. (Gomez, 2017).

La metalmecánica tributa más de 4 millones de empleos directos y cerca de 20 millones de empleos indirectos en los países examinados. (Mendez G. , 2009).

El sector metalmeccánico colombiano es clave en la industria manufacturera, es la encargada de la transformación y mercantilización de productos originarios de la industria elemental de hierro, aceros y metales no ferrosos, igualmente de ser proveedor de materia prima para otros sectores como construcción, transporte, automotriz, etc. (Mendez G. , 2009).

En Colombia la metalmeccánica crea 96 mil empleos directos. En el caso del país, no ha sido oportuno calcular el multiplicador del empleo, ya que la matriz que utiliza el Departamento Nacional de Estadística (DANE) no adquiere información del número de empleados separado por el sector económico, pero es importante señalar que la cadena metalmeccánica generó 15% de empleos formales de toda la industria en Colombia en el 2010. (Mendez g. , 2012).

El sector metalmeccánico es considerado uno de los principales impulsores para el desarrollo y aumento de la industria nacional. genera oportunidades de empleo en las microempresas del país, se crea de materias primas que son el acero, el cobre o el aluminio, y otras materias primas que incluye moldar, doblar, cortar el acero, soldarlo, y esto se llama metalmeccánica. (Chica, 2020).

Se determina por su presencia en diferentes actividades económicas como en la agroindustria, transporte, energía, construcción e ingeniería. Se ha establecido como uno de los principales motores para el desarrollo y crecimiento empresarial para el país (Gomez, 2017), en el departamento de Antioquia siendo una de las mayores conglomeración en el sector metalmeccánico, representando un 13,4%, estando en el siguiente lugar Valle del Cauca que representa el 11%, Atlántico con 10,1%, Cundinamarca 6,4%, Santander 3,2%. (Mendez g. , 2012)

En el año 2016, según DATLAS (2016), el sector colombiano estaba formado por aproximadamente 8.181 empresas involucradas en actividades metalmeccánicas. La mayoría de estas empresas se dedicaban a la comercialización, representando el 68% del panorama empresarial en

este sector. En segundo lugar, se encontraron las empresas dedicadas a la transformación, que constituían el 24,5%, y finalmente, los proveedores de insumos, que representaban el 7,5% restante. Sin embargo, en términos de exportaciones, la extracción de materia prima relacionada con los proveedores de insumos era la actividad exportadora más destacada, representando el 49,98% del total. Le siguió la comercialización con un 26,27%, y la transformación con un 23,75%. (Mendez g. , 2012).

En el año 2018, el sector experimentó un aumento del 8,7% en sus exportaciones en comparación con el año anterior. Estas exportaciones se realizaron a varios países, incluyendo Estados Unidos, Ecuador, China, Perú, entre otros. El sector se destacó especialmente en la exportación de materiales eléctricos, calderas, máquinas y sus componentes, como se informa en el informe del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de 2019. Por esta razón, se considera uno de los sectores más importantes del país., con un gran potencial de crecimiento y consolidándose como una industria altamente productiva con una cadena de exportación sólida. (Mendez g. , 2012).

Específicamente en las regiones del Valle del Cauca, Bogotá y Antioquia, se encuentra concentrado el 77% de todas las empresas en el sector metalmeccánico. En estas áreas, el entramado empresarial abarca tanto a las pequeñas, medianas como a las grandes empresas, y la actividad comercial es la más destacada. En los primeros diez meses del año 2018, el Departamento del Valle contribuyó con un 15,7% de las exportaciones de productos metalúrgicos del país, experimentando un crecimiento anual del 13,2% entre 2013 y 2017. Este logro se ha posicionado a la región como líder a nivel nacional en la fabricación de acumuladores y baterías eléctricas. (Mendez g. , 2012).

3. Objetivo

3.1 Objetivo general

Automatizar la máquina de control numérico Maho - 600 mediante el uso del eje A para su mejoramiento.

3.2 Objetivo específico

Adaptar la máquina de control numérico Maho - 600 mediante el ensamble del eje A para su mejoramiento.

Programar un nuevo botón en la máquina mediante el software establecido para la visualización del funcionamiento del eje A.

Validar el funcionamiento del eje A adaptado en la máquina mediante pruebas pilotos para su correcta disposición.

4. Marco teórico

Durante la era de la Revolución Industrial, se presentó la invención y perfeccionamiento de diversas máquinas. En este proceso, surgieron herramientas como los tornos completamente mecánicos (en ese momento, los bastidores y bancadas solían estar hechos de madera dura, pero en su mayoría fueron reemplazados por componentes de fundición). También se desarrollaron tornos con torretas (que originalmente se utilizaban con un solo soporte para herramientas, pero luego se mejoraron al incorporar múltiples herramientas en una sola torre) y tornos copiadores mejorados (con la capacidad de producir piezas idénticas mediante un dispositivo llamado copiador, que permitiría replicar un diseño patrón y así fabricar todas las piezas de manera uniforme). Además, se crearon numerosas máquinas herramientas durante este período. Por último, nació la fresadora, una máquina que ha experimentado un desarrollo constante desde su invención hasta nuestros días. Esta máquina resolvió un problema crucial durante las Guerras Napoleónicas, que era la falta de piezas intercambiables en el armamento utilizado en ese entonces (Schvad, 2011).

4.1 Motor paso a paso

4.1.1 Definición:

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte pulsos eléctricos en movimientos mecánicos incrementales y precisos. Se utiliza comúnmente en aplicaciones que requieren un control preciso del movimiento, como impresoras 3D, máquinas CNC, robots y equipos de automatización industrial. (Malo, 2011).

Debido a su operación de baja velocidad, estos motores pueden operar de manera estándar sin necesidad de escobillas (la mayoría de los motores paso a paso de alta calidad suelen incorporar rodamientos de bolas) y poseen una vida útil excepcionalmente prolongada, sin requerir mantenimiento alguno. (Malo, 2011).

Existen varios tipos de motores paso a paso, pero los dos más comunes son los motores unipolares y los bipolares. Los motores unipolares tienen dos bobinas por fase, mientras que los bipolares tienen una sola bobina por fase. Los motores bipolares suelen ser más potentes y eficientes, pero también requieren un controlador más complejo. (Groel, 2006).

4.1.2 Funcionamiento:

Se basa en el principio de electromagnetismo. Consiste en una serie de bobinas dispuestas alrededor de un rotor con imanes permanentes. Como se muestra en la figura 1, estas bobinas se activan secuencialmente mediante pulsos eléctricos para generar campos magnéticos que atraen o repelen los imanes del rotor, lo que produce el movimiento. (Malo, 2011).

Es esencial para controlar los movimientos precisos y posicionamiento de la herramienta de corte en la máquina. Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte pulsos eléctricos en movimientos angulares discretos o "pasos". Estos pasos son la unidad básica de movimiento del motor y permiten un alto grado de precisión en la posición del eje de la fresadora. (Groel, 2006).

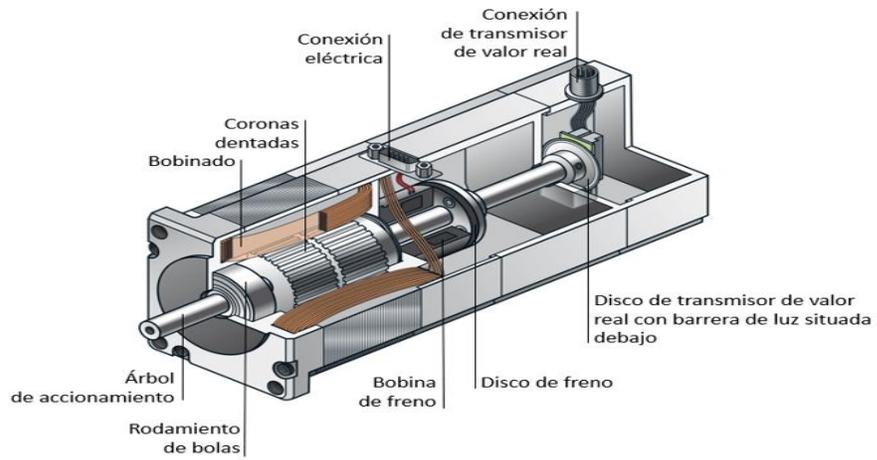


Figura 1 servomotor

Fuente. <https://www.freepng.es/png-faoz9r/>

4.1.3 Electromagnetismo:

El motor paso a paso se basa en el principio del electromagnetismo para producir el movimiento, implicando la relación entre flujos de corriente eléctrica y la presencia de campos magnéticos. En el contexto del motor paso a paso, se emplean bobinas electromagnéticas que crean campos magnéticos al recibir una corriente eléctrica. (Cordero, 2017). Como en la siguiente figura 2.

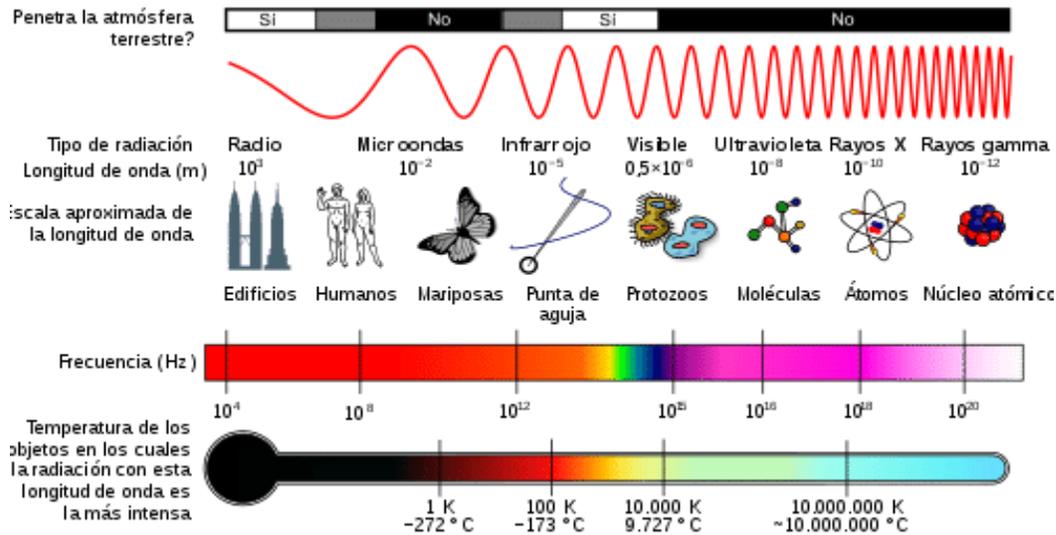


Figura 2. Electromagnetismo

Fuente: <https://electropreguntas.com/electromagnetismo-dibujos-y-conceptos-basicos/>

4.1.4 Ley de Faraday:

Michael Faraday (1791-1867) en Inglaterra y, casi al mismo tiempo de manera independiente, Joseph Henry (1797-1878) en los Estados Unidos, demostraron en 1831 que era posible inducir una corriente eléctrica en un circuito mediante la variación de un campo magnético. Estos experimentos dieron lugar a una ley fundamental en el campo del electromagnetismo, conocida como la Ley de Inducción de Faraday. Esta ley establece que la magnitud de la fuerza electromotriz inducida en un circuito es igual al cambio en el flujo magnético a través del circuito en función del tiempo. (ribotta, 2006).

La ley de Faraday postula que cualquier alteración en la cantidad de flujo magnético que atraviesa una bobina resulta en la generación de una corriente eléctrica en esa misma bobina. En el contexto del motor paso a paso, cuando se suministra corriente a las bobinas, se origina un campo magnético que interactúa con el rotor, lo que da como resultado la creación de movimiento. (Peñaloza, 2006). Ver figura 3.

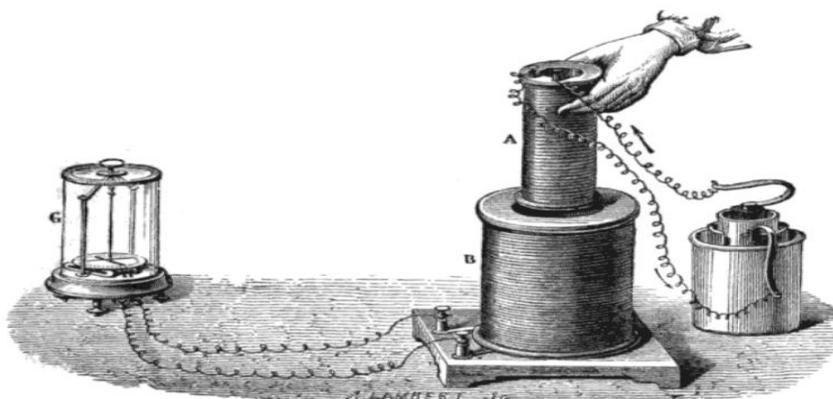


Figura 3. Ley de Faraday

Fuente. https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Faraday

4.1.5 Principios de acción y reacción:

El motor paso a paso utiliza el principio de acción y reacción para generar el movimiento. Cuando se aplica una corriente a las bobinas, se genera un campo magnético que interactúa con los imanes permanentes del rotor. Esta interacción genera fuerzas que hacen girar al rotor en pasos discretos. (Pindado, 2018).

4.1.6 Controlador:

El motor paso a paso requiere de un controlador para generar los pulsos eléctricos necesarios para moverlo. El controlador envía secuencias de pulsos a las bobinas del motor, lo que provoca el movimiento del rotor. Existen diferentes tipos de controladores, como los controladores unipolares y bipolares, que determinan la forma en que se generan los pulsos. (Sanchez, 2015).

4.1.7 Tipos de motores:

Existen varios tipos de motores paso a paso, como el motor de imanes permanentes, el motor híbrido y el motor de reluctancia variable. Cada tipo tiene características específicas en cuanto a su construcción y funcionamiento, pero todos se basan en los mismos principios fundamentales. (Soladana, 2020).

4.2 Eje A:

4.2.1 Definición:

El eje A, también conocido como eje de rotación, es una mejora al sistema de ejes XYZ tradicionales en máquinas CNC. Permite la rotación de la pieza de trabajo o de la herramienta de corte alrededor del eje X, lo que amplía las posibilidades de mecanizado. (Diaz, 2008).

Implementación del eje A requiere consideración de ingeniería, como el análisis y diseño adecuado de la estructura de la máquina para soportar las fuerzas adicionales generadas por el eje. Ver la figura 4, Además, es necesario utilizar tecnología y sistemas adecuados, como actuadores rotativos y software de control avanzado. (Diaz, 2008).



Figura 4. Eje A

Fuente. <https://www.resale.info/es/maho-mh-600-p-husillo-roscado:-x---eje/No-159562202>

4.2.2 Funcionamiento:

El eje A es controlado por el sistema CNC, que envía señales de control precisas para permitir que la pieza o la herramienta gire en diferentes ángulos. Esto proporciona un mayor grado de libertad en el mecanizado y permite el acceso a áreas difíciles de alcanzar con un movimiento lineal limitado. (Diaz, 2008).

4.2.3 Ventajas del eje A:

Incluyen la reducción de colisiones entre la herramienta y la pieza, lo que garantiza un mecanizado seguro y preciso (Oltra, 2019).

El futuro del eje A en la maquina Maho - 600 promete mejoras continuas mediante la adopción de tecnologías de Industria 4.0 y la integración de sistemas de control más avanzados. Sin embargo, también existen desafíos técnicos y económicos, como el costo de inversión y la necesidad de formar al personal adecuadamente para aprovechar al máximo esta mejora tecnológica (Oltra, 2019).

4.3 Sensores de posición:

4.3.1 Definición:

Los sensores de posición son dispositivos utilizados para medir y detectar la posición de un objeto en relación con un punto de referencia. Estos sensores son ampliamente utilizados en una variedad de aplicaciones, desde la industria automotriz hasta la robótica y la electrónica de consumo. (Castillejos, 2006)

4.3.2 Funcionamiento:

Un sensor de posición en una fresadora es un componente esencial para medir y controlar con precisión la posición de la herramienta de corte, la pieza de trabajo o cualquier otro componente móvil dentro del sistema. El objetivo principal es garantizar que las operaciones de mecanizado se realicen de manera precisa y segura. (Castillejos, 2006).

El funcionamiento de los sensores de posición puede variar dependiendo del tipo de sensor utilizado. A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes de sensores de posición y cómo funcionan:

4.3.3 Sensores ópticos:

Estos sensores utilizan luz para determinar la posición de un objeto. Un ejemplo común es el sensor óptico de barrera, que consta de un emisor y un receptor colocados uno frente al otro. Cuando un objeto pasa entre el emisor y el receptor, interrumpe el haz de luz y el sensor detecta este cambio en la posición. (Amador, 2005) ver la figura 5.

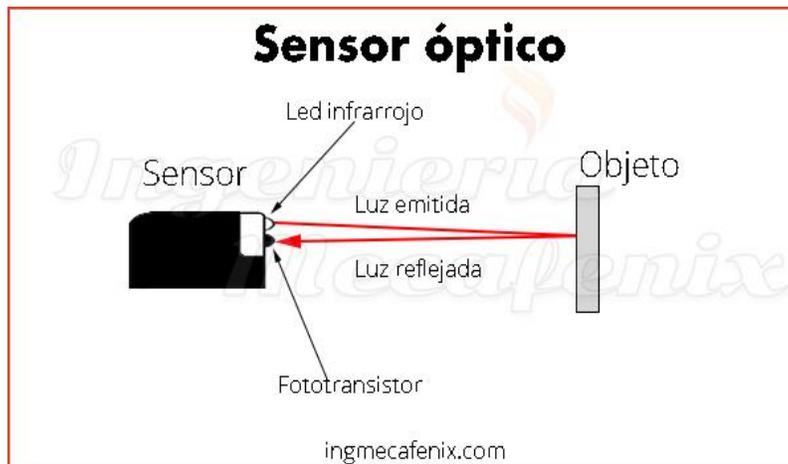


Figura 5. Sensor ópticos

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/sensor-optico/>

4.3.4 Sensores magnéticos:

Estos sensores utilizan campos magnéticos para medir la posición. Como se muestra en la figura 6, un ejemplo común es el sensor Hall, que utiliza el efecto Hall para detectar cambios en el campo magnético causados por la presencia o ausencia de un imán o una corriente eléctrica. (Amador, 2005).



Figura 6. Sensor magnético

Fuente. <https://www.sick.com/br/es/sensores-magneticos/sensores-magneticos/mme/c/g208598>

4.3.5 Sensores ultrasónicos:

Estos sensores utilizan ondas ultrasónicas para medir la distancia entre el sensor y un objeto. Emiten una señal ultrasónica y miden el tiempo que tarda en regresar después de rebotar en el objeto. Con esta información, se puede calcular la posición del objeto. (Canto, 2006). Ver figura 7.

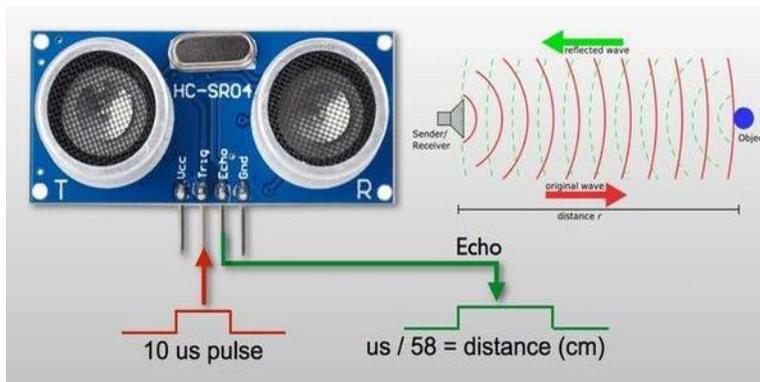


Figura 7. sensor ultrasonico

Fuente. <https://techmake.com/blogs/tutoriales/empezando-con-arduino-3c-sensor-ultrasonico-hc-sr04>

4.3.6 Sensores capacitivos:

Estos sensores miden cambios en la capacitancia eléctrica para determinar la posición. Cuando un objeto se acerca al sensor, cambia la capacitancia y el sensor detecta este cambio. Los sensores capacitivos son especialmente útiles para detectar objetos no metálicos. Como se muestra en la figura 8. (Amador, 2005).

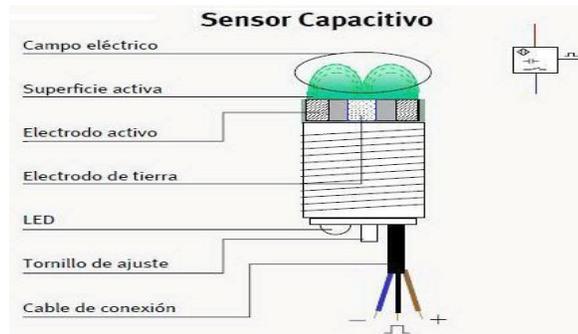


Figura 8. Sensor capacitivo

Fuente: <http://mecanicaelectric.blogspot.com/2012/06/sensor-de-proximidad-capacitivo.html>

4.3.7 Sensores de efecto hall:

Estos sensores utilizan el efecto Hall para medir campos magnéticos y determinar la posición de un objeto. Como se ve en la figura 9, El efecto Hall es un fenómeno físico en el que una corriente eléctrica se desvía en presencia de un campo magnético. Al medir esta desviación, se puede determinar la posición del objeto. (Amador, 2005).

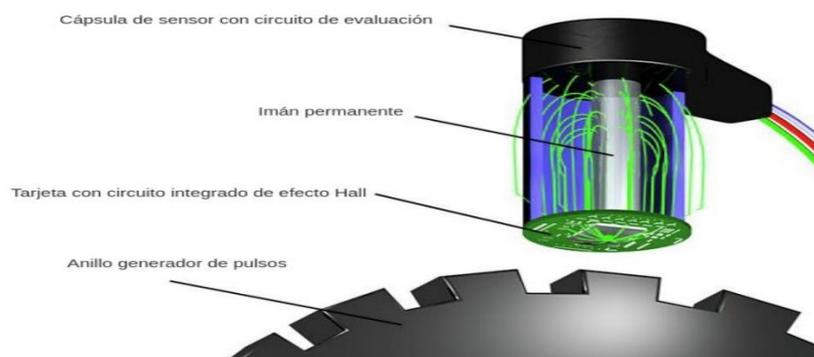


Figura 9. Sensor hall

Fuente: <https://mecanicaparatodosblog.wordpress.com/2022/04/05/sensores-de-efecto-hall/>

4.4 Automatización:

4.4.1 Definición:

La automatización ha sido un proceso evolutivo que ha transformado la forma en que se realizan las tareas y procesos en diversos campos. El desarrollo tecnológico continuo promete una automatización más extensa y amplia en el futuro, lo que plantea tantas oportunidades como desafíos para la sociedad en su conjunto. (Garcia, 2010)

4.4.2 Tipos de automatización:

Automatización industrial: Enfoque en la aplicación de sistemas automatizados en la producción y fabricación de bienes.

Automatización de procesos: Análisis de cómo se automatizan y optimizan tareas y flujos de trabajo en diferentes industrias y sectores.

Automatización de servicios: Exploración de la automatización en servicios como atención al cliente, banca, transporte, entre otros.

Automatización doméstica: Descripción de la automatización en el hogar, incluyendo la domótica y el Internet de las cosas (IoT). (Garcia, 2010).

4.4.3 Ventajas:

Aumento de la eficiencia, la precisión, la productividad y la reducción de costos. (Garcia, 2010).

4.4.4 Desafíos de la automatización:

Como la pérdida de empleos, la seguridad de los sistemas automatizados y la integración de tecnologías en el entorno laboral. (Garcia, 2010).

4.4.5 Automatización del futuro:

Automatización inteligente, la colaboración hombre-máquina y la automatización descentralizada. (García, 2010).

4.5 Efecto económico de una maquina CNC:

4.5.1 Definición:

El efecto económico de una maquina CNC se refiere a los impactos financieros y comerciales que esta tecnología tiene en la industria manufacturera. CNC significa Control Numérico Computarizado y se utiliza para describir un sistema automatizado que controla el movimiento y la operación de una máquina herramienta, como un torno o una fresadora, mediante instrucciones programadas. (Alarcon, 2022).

El efecto económico de una máquina CNC es significativo en varios aspectos. En primer lugar, estas máquinas permiten una mayor eficiencia en la producción. Al ser controladas por computadoras, las máquinas CNC pueden realizar operaciones complejas con una precisión y repetibilidad muy altas. Esto reduce los errores y desperdicios en la producción, lo que a su vez reduce los costos asociados. (Alarcon, 2022).

4.5.2 Funcionamiento:

El funcionamiento de una máquina CNC implica varios aspectos clave. En primer lugar, se requiere un diseño o modelo digital del objeto que se desea fabricar. Este diseño se crea utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD) y se guarda en un formato compatible con la máquina CNC. Luego, el operador de la máquina carga el programa de control en la unidad de control numérico (NC) de la máquina. (Matala, 2022)

Una vez que el programa está cargado, la máquina CNC interpreta las instrucciones y comienza a realizar las operaciones necesarias para fabricar el objeto. Estas operaciones pueden incluir cortar, perforar, fresar, taladrar, roscar y muchas otras. (Alarcon, 2022)

Además, las máquinas CNC pueden funcionar durante largos períodos de tiempo sin intervención humana, lo que aumenta la productividad y la capacidad de producción. Esto permite a las empresas fabricar más productos en menos tiempo, lo que puede llevar a un aumento en los ingresos y las ganancias. (Matala, 2022)

4.5.3 Unidades de medición en CNC:

4.5.4 Definición:

La unidad de medición CNC se encarga de interpretar el código G y M del programa CNC, que contiene las instrucciones para realizar operaciones específicas, como cortar, perforar o fresar. Estas instrucciones se traducen en señales eléctricas que controlan los motores y actuadores de la máquina herramienta, permitiendo así el movimiento preciso y coordinado de los ejes. (Mendieta, 2013)

Se utilizan diversas unidades de medición para definir las dimensiones y movimientos de la máquina. Las dos unidades de medición principales que se utilizan en la mayoría de los sistemas CNC son: 1. Milímetros (mm): Es la unidad más utilizada en máquinas CNC. En este sistema, las dimensiones y posiciones se expresan en milímetros. 2. Pulgadas (in). (Mendieta, 2013).

4.5.5 Funcionamiento:

Cuenta con un microprocesador o CPU que procesa las instrucciones del programa CNC. Este microprocesador ejecuta algoritmos complejos para interpretar el código G y M y generar las señales adecuadas para controlar los movimientos de la máquina. (Diaz, 2008)

Microprocesador, la unidad de medición CNC también incluye una memoria donde se almacenan los programas CNC y los parámetros de configuración. Esta memoria permite almacenar múltiples programas y acceder a ellos según sea necesario. (Díaz, 2008).

Otro componente importante es el sistema de entrada/salida (E/S), que se encarga de recibir las señales provenientes de los sensores y enviar las señales a los motores y actuadores. Los sensores proporcionan retroalimentación sobre la posición y estado de la máquina herramienta, lo que permite a la unidad de medición CNC ajustar y controlar los movimientos en tiempo real. (Mendieta, 2013).

La unidad de medición CNC puede incluir interfaces de comunicación para conectarse con otros dispositivos, como computadoras externas o sistemas de supervisión. Estas interfaces permiten la transferencia de programas y datos entre la unidad de medición CNC y otros sistemas, lo que facilita la programación y el monitoreo de las operaciones. (Mendieta, 2013).

4.6 Suministro de energía a máquina CNC:

4.6.1 Definición:

Proceso de proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento de estas máquinas. Las máquinas CNC son herramientas automatizadas utilizadas en la industria manufacturera para realizar operaciones de mecanizado, como corte, fresado, torneado y perforación, mediante el control de movimientos precisos de herramientas y piezas de trabajo. (Domenech, 2010).

Es el suministro de energía eléctrica necesaria para operar estas máquinas de mecanizado. Las máquinas CNC son herramientas de fabricación automatizadas que pueden realizar diversas operaciones de corte, fresado, perforación, entre otras, en materiales como metal, madera o plástico, mediante el control de un ordenador con programas de diseño y control numérico. El suministro eléctrico para máquinas CNC puede variar dependiendo del tamaño y la complejidad de la máquina. (Domenech, 2010).

4.6.2 Funcionamiento:

El suministro de energía a las máquinas CNC es esencial para su funcionamiento adecuado y eficiente. Estas máquinas requieren una fuente confiable y constante de energía eléctrica para alimentar sus componentes electrónicos, motores y sistemas de control. La calidad y estabilidad del suministro de energía son cruciales para garantizar un rendimiento óptimo y evitar problemas como paradas inesperadas, errores en el mecanizado o daños en los equipos. (Domenech, 2010).

4.6.3 Tipos de suministro de energía:

4.6.3.1 Suministro eléctrico convencional:

Este método implica conectar la máquina CNC a una fuente de alimentación eléctrica estándar, como una toma de corriente doméstica o industrial. La máquina puede estar equipada con un cable de alimentación que se conecta directamente a la red eléctrica. En algunos casos, se pueden utilizar transformadores o estabilizadores de voltaje para garantizar una alimentación eléctrica estable y proteger la máquina de fluctuaciones en el suministro de energía. (Hinojosa, 2010). Ver la figura 10.

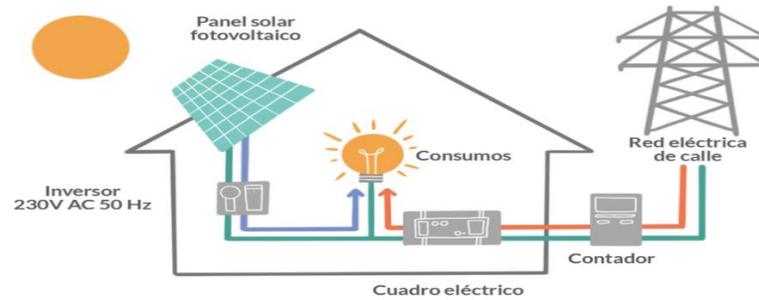


Figura 10. Suministro eléctrico convencional.

Fuente. <https://cu.epm.com.co/institucional/proyectos/hidroituango/noticias-proyecto-ituango/epm-avanzara-en-importantes-iniciativas-y-proyectos-de-infraestructura-en-2022>

4.6.3.2 Generador eléctrico:

En entornos donde no se dispone de una fuente de alimentación eléctrica confiable o cuando se requiere movilidad, se pueden utilizar generadores eléctricos para suministrar energía a las máquinas CNC. Estos generadores convierten la energía mecánica en energía eléctrica y pueden funcionar con combustibles como gasolina, diésel o gas natural. Es importante seleccionar un generador con la capacidad adecuada para satisfacer los requisitos de potencia de la máquina CNC y garantizar un suministro estable. Como se muestra en la figura 11. (Tonato, 2020). (Hinojosa, 2010).

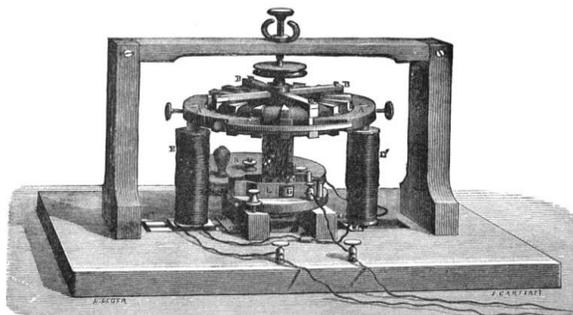


Figura 11. Generador eléctrico

Fuente. <https://luzplantas.com/historia-del-generador-electrico-parte-i/>

4.6.3.3 Sistemas UPS:

Los sistemas UPS son dispositivos que proporcionan energía de respaldo en caso de interrupciones en el suministro eléctrico principal. Estos sistemas están equipados con baterías recargables que se cargan cuando hay energía disponible y se utilizan para alimentar la máquina CNC cuando ocurre un corte de energía. Los sistemas UPS son especialmente útiles en entornos donde las interrupciones en el suministro eléctrico son frecuentes o cuando es crítico evitar paradas no planificadas que puedan afectar la producción. (Gonzales, 2021). Ver figura 12.



Figura 112. Sistema UPS.

Fuente. <https://es.maxiups.com/product/industrial-uninterruptible-power-supply-20kva-3-phase-ups>

4.7 Operación de maquina CNC:

4.7.1 Definición:

Operación de máquinas CNC implica el uso de máquinas controladas por computadora para llevar a cabo tareas de mecanizado. Estas máquinas utilizan programas informáticos para guiar el movimiento de las herramientas de corte y ofrecen una mayor precisión, repetibilidad y automatización en comparación con los métodos tradicionales de mecanizado. (Florez, 2009).

Proceso específico que se realiza en una máquina herramienta equipada con un sistema de control numérico por computadora. Estas máquinas son utilizadas en la fabricación y se utilizan para mecanizar piezas en una variedad de materiales, como metal, madera, plástico y más. (Florez, 2009)

4.7.2 Funcionamiento:

Sistema de control que utiliza un programa informático para guiar el movimiento de las herramientas de corte. Estas máquinas están equipadas con motores que permiten el movimiento preciso en tres o más ejes, lo que les permite realizar operaciones complejas y detalladas. (Mendieta, 2013).

El proceso comienza con la creación de un programa CNC utilizando software especializado. Este programa contiene instrucciones detalladas sobre las operaciones que se deben realizar, como el tipo de herramienta a utilizar, la velocidad de corte y los movimientos necesarios. Una vez que el programa está listo, se carga en la máquina CNC. (Mendieta, 2013).

Cuando se inicia la operación, la máquina CNC lee el programa y comienza a ejecutar las instrucciones paso a paso. Los motores se activan para mover las herramientas de corte según lo indicado en el programa. Estos movimientos pueden ser

lineales, circulares o una combinación de ambos, dependiendo de las necesidades del trabajo. (Mendieta, 2013)

Durante el mecanizado, la máquina CNC también puede realizar otras funciones, como cambiar automáticamente las herramientas o ajustar la velocidad de corte según sea necesario. Esto permite una mayor eficiencia y precisión en comparación con los métodos tradicionales de mecanizado. (Florez, 2009).

4.8 Tornillo sin fin corona:

4.8.1 Definición:

El tornillo sin fin corona, también conocido como tornillo sin fin y rueda helicoidal, es un mecanismo utilizado para transmitir movimiento y fuerza entre ejes no paralelos. Consiste en un tornillo sin fin, que es una rosca helicoidal montada en un eje, y una corona, que es una rueda dentada con dientes inclinados llamados engranajes helicoidales. Este mecanismo se utiliza comúnmente en aplicaciones donde se requiere una gran reducción de velocidad y un alto torque. (Ingeniantes, 2019).

Tornillo sin fin: Es una pieza mecánica que tiene forma de rosca helicoidal, similar a un tornillo tradicional, pero con una característica importante: el ángulo de inclinación de la hélice es muy pronunciado. Esto significa que una vuelta completa del tornillo sin fin registra una distancia considerable en la dirección axial. Los tornillos sin fin generalmente tienen un diámetro pequeño y una relación de paso elevada. (Ingeniantes, 2019).

4.8.2 Funcionamiento:

Es la acción de deslizamiento entre el tornillo sin fin y la corona. Cuando el tornillo sin fin gira, los dientes del tornillo empujan los dientes de la corona, lo que hace que esta última gire. Debido a la inclinación de los dientes helicoidales, el contacto entre ellos es principalmente de tipo deslizante, lo que genera una gran cantidad de fricción. Esta fricción

es la responsable de la reducción de velocidad y el aumento del torque en el sistema. (Tonato, 2020).

Una de las principales ventajas del tornillo sin fin corona es su capacidad para lograr una gran reducción de velocidad en un espacio compacto. Esto lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere un alto torque y una baja velocidad de rotación, como en los sistemas de transmisión de maquinaria industrial, grúas, transportadores y equipos de elevación. (Tonato, 2020).

Además, el tornillo sin fin corona ofrece una alta eficiencia en la transmisión de potencia. Aunque existe cierta pérdida debido a la fricción entre los dientes helicoidales, esta pérdida es relativamente baja en comparación con otros mecanismos de transmisión, como las poleas y las cadenas. Esto se debe a que la acción de deslizamiento entre los dientes permite una mayor superficie de contacto y distribuye la carga de manera más uniforme. (Ingeniantes, 2019).

Sin embargo, el tornillo sin fin corona también presenta algunas limitaciones. Una de ellas es su tendencia a generar un alto nivel de calor debido a la fricción entre los dientes. Esto puede requerir la incorporación de sistemas de enfriamiento para evitar el sobrecalentamiento del mecanismo. Además, el desgaste de los dientes helicoidales puede ser un problema a largo plazo, lo que requiere un mantenimiento regular y reemplazo periódico. Acciones. La máquina CNC utiliza motores y servomotores para controlar con precisión los movimientos de las herramientas de corte y otros componentes. (Tonato, 2020). Ver la figura 13.

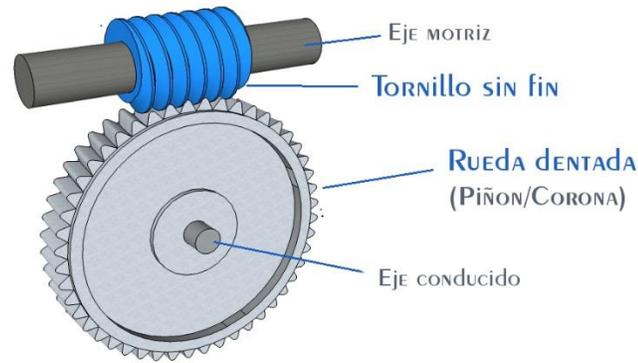


Figura 13. Tornillo sin fin corona.

Fuente. <http://pelandintecno.blogspot.com/2018/02/tornillo-sin-fin-descripcion-y.html>

4.9 Sensores finales de carrera:

4.9.1 Definición:

Los sensores de final de carrera son dispositivos utilizados en la automatización industrial para detectar la posición final de un objeto o el límite de movimiento de una máquina. Estos sensores son ampliamente utilizados en diferentes aplicaciones, como robótica, maquinaria industrial, sistemas de transporte y control de procesos. Como se muestra en la figura 14. (Fernandez, 2006).

los finales de carrera se instalan en los extremos de cada eje, como el eje X (horizontal), el eje Y (vertical) y el eje Z (profundidad). Su función principal es detectar cuándo el movimiento de un eje alcanza su posición límite, ya sea el punto máximo o mínimo de recorrido, y luego enviar una señal para detener el motor o evitar que el eje se desplace más allá de los límites permitidos. (Fernandez, 2006).



Figura 14. Sensor final de Carrera.

Fuente. <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/interruptores-de-posicion-finales-de-carrera/>

4.9.2 Funcionamiento:

La función principal de los sensores de final de carrera es proporcionar una señal eléctrica o electrónica cuando un objeto alcanza una posición específica o cuando se alcanza un límite predefinido. Esto permite que los sistemas automatizados realicen acciones específicas en respuesta a la detección del final de carrera. (Fernandez, 2006).

4.9.3 Tipos de finales de carrera:

4.9.3.1 Interruptores mecánicos:

Estos sensores utilizan un mecanismo físico para detectar el final de carrera. Por ejemplo, un interruptor de palanca puede ser accionado por el movimiento del objeto y cambiar su estado eléctrico cuando se alcanza el final de carrera. (Banner, 2020). Ver la figura 15.



Figura 15. Interruptor Mecánicos.

Fuente. <https://www.pilz.com/es-ES/products/sensor-technology/safety-switches/psenmech-mechanical-safety-switch>

4.9.3.2 Sensores ópticos:

Estos sensores utilizan luz para detectar el final de carrera. Pueden utilizar diferentes principios, como la reflexión, la transmisión o la interrupción del haz de luz para determinar la posición del objeto. Como en la figura 16. (Indriago, 2004).



Figura 16. Sensor Óptico.

Fuente. https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Seguridad-de-M%C3%A1quinas%2C-Sensores-Industriales-y-Fontes-de-Alimentaci%C3%B3n/Sensores-Industriales/Sensores-Fotoel%C3%A9ctricos/Sensores-%C3%93pticos/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSORS_OPTIC_SENSORS

4.9.3.3 Sensores inductivos:

Estos sensores utilizan el principio de inducción electromagnética para detectar el final de carrera. Generan un campo magnético y detectan cambios en este campo cuando se acerca el objeto al sensor. (Canto, 2006). Ver figura 17.

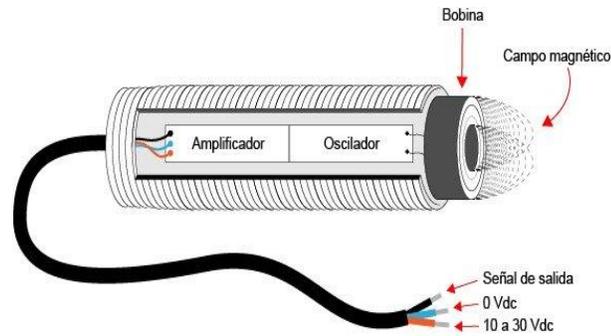


Figura 17. Sensor inductivo.

Fuente. <https://www.contaval.es/sensores-inductivos-vdc-3-hilos/>

4.10 Servomotor:

4.10.1 Definición:

Se utiliza para controlar y regular el movimiento de un mecanismo o sistema. Está compuesto por un motor eléctrico, un circuito de control y un mecanismo de retroalimentación. (Fraile, 2021).

Son dispositivos electromecánicos utilizados para proporcionar un control de posición y movimiento altamente preciso en ejes y actuadores de la máquina. Estos motores trabajan en conjunto con un sistema de realimentación y un controlador para garantizar que realicen las operaciones de mecanizado sen con la máxima precisión y repetibilidad. A continuación, se explican los componentes principales del sistema: 1. ***Servomotor:** * Es el motor eléctrico que impulsa el eje o la parte de la máquina que necesita moverse. Estos motores son capaces de generar un alto par y una velocidad constante en función de la señal de control recibida desde el controlador. Su capacidad para mantener la velocidad y la posición deseada es esencial para la precisión del proceso de mecanizado. (Fraile, 2021).

4.10.2 Funcionamiento:

Es la retroalimentación de posición. El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica, generando un movimiento rotatorio. El circuito de control recibe una señal de entrada que indica la posición deseada del servomotor. A través de un mecanismo de retroalimentación, el circuito compara la posición real del servomotor con la posición deseada y ajusta la señal de control enviada al motor para corregir cualquier desviación. (Eurodrive, 2008)

El mecanismo de retroalimentación puede ser de diferentes tipos, pero los más comunes son los potenciómetros y los encoders. Un potenciómetro es un dispositivo resistivo que proporciona una señal analógica proporcional a la posición del servomotor. Un encoder es un dispositivo que genera pulsos eléctricos en función del movimiento del servomotor, permitiendo una mayor precisión en la retroalimentación (Fraile, 2021).

La señal de control enviada al motor puede ser analógica o digital, dependiendo del tipo de servomotor. En los servomotores analógicos, Como se muestra en la figura 18. La señal de control varía en voltaje para indicar la posición deseada. En los servomotores digitales, la señal de control es una serie de pulsos digitales que codifican la posición deseada. (Eurodrive, 2008).

Los servomotores se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones donde se requiere un control preciso del movimiento. Algunos ejemplos incluyen robótica, sistemas de posicionamiento CNC, sistemas de control de vuelo en aviones y drones, sistemas de seguimiento solar, impresoras 3D, entre otros. (Eurodrive, 2008).



Figura 18. Servomotor.

Fuente. <https://www.contaval.es/lo-necesitas-saber-comprar-servomotor/>

4.11 Máquina fresadora:

4.11.1 Definición:

Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar operaciones de mecanizado por arranque de viruta. Su función principal es la de remover material de una pieza de trabajo mediante el uso de una herramienta de corte rotativa llamada fresa. La fresadora se utiliza en una amplia variedad de industrias, como la metalurgia, la carpintería y la fabricación de moldes. (Florez, 2009).

4.11.2 Funcionamiento:

Es el movimiento relativo entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte. La pieza de trabajo se sujeta firmemente en una mesa o plataforma de trabajo, mientras que la herramienta de corte gira a alta velocidad y se desplaza a lo largo de diferentes ejes para realizar los cortes necesarios. (Florez, 2009).

El proceso de fresado implica el uso de fresas con diferentes formas y tamaños para lograr los resultados deseados. Las fresas pueden tener dientes rectos, helicoidales o dentados, dependiendo de la aplicación específica. Además, se pueden utilizar accesorios como cabezales divisorios o mesas giratorias para realizar operaciones más complejas, como el fresado de engranajes o la fabricación de roscas. (Florez, 2009).

4.11.3 Fresadora vertical:

En este tipo de fresadora, el eje del husillo es perpendicular a la mesa de trabajo. Se utiliza principalmente para realizar cortes verticales, como ranuras o perforaciones. (Florez, 2009).

4.11.4 Fresadora horizontal:

El eje del husillo es paralelo a la mesa de trabajo. Se utiliza para realizar cortes horizontales, como el fresado de superficies planas o el perfilado de bordes. (Florez, 2009).

4.11.5 Fresadora universal:

Este tipo de fresadora combina las características tanto de la fresadora vertical como horizontal, permitiendo realizar cortes en diferentes ángulos y direcciones. (Florez, 2009). Ver figura 19.



Figura 19. Maquinas fresadora.

Fuente. <https://bitfab.io/es/blog/fresadoras/>

4.12 Control numérico computarizado:

4.12.1 Definición:

Es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico. Normalmente es una herramienta que está montada en una máquina. Esto quiere decir que, mediante un software y un conjunto de órdenes, controlaremos las coordenadas de posición de un punto (la herramienta) respecto a un origen (0,0,0 de máquina). La CNC controla todos los movimientos de la herramienta cuando se está fabricando, y no solo controla las coordenadas que se hallan visto, sino también, la manera de desplazarse entre ellas, su velocidad, y algunos parámetros más. Una CNC es un equipo totalmente integrado dentro de máquinas herramienta de todo tipo, de mecanizado, por láser y por cortadoras. (lozano, 2016).

4.12.2 Funcionamiento:

Es la comunicación entre una computadora y la máquina herramienta. El proceso comienza con la creación de un programa CNC, Ver la figura 20, que consiste en una serie de instrucciones escritas en un lenguaje específico llamado G-code. Estas instrucciones describen los movimientos y las operaciones que la máquina debe realizar para fabricar una pieza determinada. (lozano, 2016).



Figura 20. Control numérico computarizado.

Fuente. https://www.aptint.com/es/maquinaria-de-segunda-mano/fresadoras-universales/maho-mh-600-c-cnc_5291

4.12.3 Ventajas y desventajas:

Las ventajas del control numérico computarizado, son la facilidad de operación, programación sencilla, mayor exactitud, adaptabilidad y menos costos de mantenimiento, la combinación del diseño con computadora, mayor productividad, y la desventaja, es que las condiciones que influyen, en las decisiones con la automatización, son los crecientes costos de producción, alto porcentaje de piezas rechazadas, demoras en la producción, escasez de mano de obra y condiciones peligrosas de trabajo y los factores que se deben estudiar con cuidado son, el alto costo inicial del equipo, los problemas de mantenimiento y el tipo de producto. (Bolívar, 2012).

Flexibilidad: El CNC ofrece una gran flexibilidad en términos de diseño y producción. Con un programa adecuado, es posible fabricar una amplia variedad de piezas con diferentes formas y tamaños sin necesidad de cambiar físicamente las herramientas o ajustar la configuración de la máquina. (Bolívar, 2012).

Dependencia de la programación: El CNC requiere programas específicos para operar correctamente. Esto implica que se necesita personal capacitado en programación CNC para crear y modificar los programas según sea necesario. Además, cualquier error en el programa puede tener consecuencias costosas y afectar la calidad de las piezas producidas. (Bolívar, 2012).

4.13 Estado de la técnica:

Este equipo se corresponde con el modelo MH 600 C CNC de la marca Maho, con número de stock B 01 4918. Pertenece a la categoría principal de fresadoras, específicamente a la subcategoría de dedoras fresa universales (B 01), el recorrido longitudinal máximo del eje X es de 600 milímetros, mientras que el eje Y tiene un recorrido transversal máximo de 450 milímetros. Además, el eje Z alcanza un recorrido máximo de 450 milímetros. La admisión en el cabezal de fresado es de tipo ISO 40, y las velocidades del husillo varían en un rango de 20 a 3150 rpm. La mesa tiene un tamaño de 800 x 450 mm, en cuanto al control, está equipado con el CNC 432 y una pantalla digital. La longitud de la máquina de izquierda a derecha es de 1650 milímetros, la profundidad de

frente a atrás es de 2500 milímetros y su altura es de 2000 milímetros. El peso total es de 3000 kilogramos. Además, se incluyen accesorios y herramientas. En información adicional, se destaca que cuenta con torneado manual CNC de 4to eje y una mesa basculante con lectura digital. (Internacional, 2023).

Tanto como la máquina de la marca es Jsway y tiene su lugar de origen en China. El número de modelo es CFG46 / CFG56 y cuenta con las certificaciones CE e ISO, en cuanto a su capacidad, el orificio del husillo tiene un diámetro de 66 mm. La capacidad máxima de diámetro del material es de 52 mm, con un máximo de giro en la cama de 350 mm. La longitud máxima de mecanizado es de 100 mm. Además, el recorrido máximo del eje X es de 715 mm, mientras que el recorrido máximo del eje Z es de 280 mm. El movimiento rápido de los ejes X y Z es de 30 m/min. La precisión en las posiciones es notoria, con un margen de $x \leq 0.007$ mm y $z \leq 0.015$ mm, en lo que respecta al motor, dispone de un servomotor de 5,5 kW y otro de 7,5 kW. La velocidad del eje alcanza las 4500 RPM/min. Además, el motor servo del eje X tiene una potencia de 1.3 kW, al igual que el motor servo del eje Z, en cuanto a los instrumentos, utilice herramientas tipo pandilla de 6-8 posiciones. Otros detalles incluyen una capacidad total instalada de 13 kW y un tamaño de 2025 x 1385 x 1910 mm. Su peso se sitúa en el rango de 2750 kg, ubicándose en la región noroeste. (Jsway, Jsway CNC, 2018).

De igual modo la especificación VMC650L presenta las siguientes características: el tamaño de la mesa de trabajo (LxW) es de 900x400 mm, con una ranura en T (NxWxD) de 5x16x75 mm. El recorrido del eje X/Y/Z es de 650/450/500 mm, y la distancia desde el centro del husillo a la columna es de 500 mm. Además, la distancia desde la punta del husillo hasta la superficie de la mesa de trabajo varía entre 120 y 620 mm, el cono del husillo es de tipo BT40, con una potencia del husillo de 5,5/7,5 kW y una velocidad máxima del husillo de 8000 rpm. La velocidad máxima de alimentación es de 10 m/min, mientras que la velocidad de alimentación rápida (X/Y/Z) es de 24/24/20 m/min. Se utiliza un husillo de bolas para los ejes X/Y/Z de tipo 4012, en lo que respeta a la capacidad del almacén de herramientas, es de 16T, con una longitud máxima de la herramienta de 250 mm. El tiempo de cambio de herramienta (TT) es de 8 segundos. La precisión de posicionamiento (X/Y/Z) es de $\pm 0,007$ mm, y la precisión de reposicionamiento (X/Y/Z) es

de $\pm 0,005$ mm, el tamaño total de la máquina (LxWxH) es de 2300x2200x2400 mm, con una carga máxima de la mesa de trabajo de 400 kg. La máquina en sí tiene un peso de 3800 kg. (CHINA, 2023).

De la misma manera la maquina modelo AXTURN PMBH32 es una máquina con notables características técnicas. Posee un total de 8 ejes y su husillo tiene una orientación vertical. Además, cuenta con un amplio arsenal de herramientas, específicamente 48 herramientas, lo que la hace muy versátil para diversas aplicaciones. Entre sus otras características, se destaca su alta productividad y la inclusión de una torreta, en cuanto a sus dimensiones y capacidades, el recorrido en el eje X es de 520 mm (20 in), en el eje Y es de 180 mm (7 in), y en el eje Z alcanza los 850 mm (33 in). La velocidad de rotación del husillo es de 6.000 rpm (37.699 rad.min⁻¹), respaldada por una potencia de 4,5 kW (6,12 hp). Además, los ejes X, Y y Z tienen una velocidad de avance impresionante de 30.000 mm/min (20 in/s), la máquina en sí tiene una longitud total de 3.400 mm (133,9 in), una anchura total de 1.900 mm (74,8 in) y una altura total de 2.750 mm (108,3 in). Estas dimensiones la hacen adecuada para una variedad de entornos de trabajo y aplicaciones industriales. (Industry, 2023).

Así mismo el modelo MATEC 30HVU es una máquina de alta versatilidad y rendimiento con 6 ejes. Su orientación de husillo es universal y su estructura se basa en una columna móvil, En cuanto a sus dimensiones de carrera, el recorrido en el eje X varía desde un mínimo de 300 mm (12 in) hasta un máximo de 12,000 mm (472 in). En el eje Y, las opciones disponibles son 1.070 mm, 1.200 mm y 1.400 mm (42 in). Para el eje Z, se ofrecen múltiples opciones de carrera que incluyen 1.100 mm, 1.300 mm, 1.500 mm y 1.800 mm (43 in), la velocidad de rotación del husillo abarca un rango desde un mínimo de 9.000 rpm (56.549 rad.min⁻¹) hasta un máximo de 42.000 rpm (263.894 rad.min⁻¹). La potencia del husillo oscila entre un mínimo de 0 kW (0 hp) y un máximo de 30 kW (40,79 hp). (GmbH, 2023).

Tanto como la máquina es SF2040BG, diseñada para una amplia gama de aplicaciones. Su capacidad de diámetro de procesamiento abarca desde 100 mm hasta 800 mm, el tamaño del banco de trabajo es de 2300 mm × 4000 mm × 1000 mm, proporcionando un amplio espacio para el procesamiento de piezas. El eje principal está equipado con una potencia de 9 KW, los rieles guía de los ejes X/Y/Z utilizan riel guía

lineal, lo que garantiza un movimiento suave y preciso. La transmisión de los ejes X/Y se logra mediante impulso por cremallera y engranajes, con una relación de $m=2$. En cuanto al eje Z, se utiliza un husillo de bolas (husillo: 30-10), la exactitud del procesamiento es notable, con un rango de 0,2-0,5 mm. El peso total de la máquina es de 9000 KG, lo que la hace robusta y estable. En términos de alimentación eléctrica, se requiere un voltaje de AC 380V/50HZ, y la potencia del motor es de 2 Kw, para cada eje, se especifica el recorrido de trabajo, la velocidad máxima de alimentación, la precisión de la ubicación y la precisión del reposicionamiento:

Eje X: Recorrido de 2000 mm, velocidad máxima de alimentación de 35 m/min, precisión de la ubicación de 0,05 mm y precisión de reposicionamiento de 0,035 mm.

Eje Y: Recorrido de 4000 mm, velocidad máxima de alimentación de 35 m/min, precisión de la ubicación de 0,05 mm y precisión de reposicionamiento de 0,035 mm.

Eje Z: Recorrido de 1000 mm, velocidad máxima de alimentación de 8 m/min, precisión de la ubicación de 0,03 mm y precisión de reposicionamiento de 0,02 mm. (Cloud, 2005).

Tanto como el control numérico de la marca y modelo Fagor 8055 está equipado con una mesa de trabajo de 1800 x 450 mm. Esta mesa cuenta con 5 ranuras de 16 x 60 mm y puede soportar una carga máxima de hasta 1000 Kgs, en cuanto a las carreras y distancias, el equipo tiene una carrera longitudinal en el eje X de 1500 mm, una carrera transversal en el eje Y de 650 mm y una carrera vertical en el eje Z de 620 mm. La distancia de la nariz del husillo a la mesa varía entre 100 mm y 720 mm, mientras que la distancia de husillo a columna es de 585 mm, el cabezal de la máquina presenta un cono del husillo BT-40 y utiliza un sistema de fijación de herramienta neumático. La gama de velocidades disponible alcanza los 8,000 rpm. En términos de potencia, el motor principal tiene una capacidad de 15 HP, mientras que el motor de la bomba refrigerante es de 0.25 HP, en lo que respecta a los avances, se pueden alcanzar avances rápidos de 18 m/min en los ejes X y Y, y 10 m/min en el eje Z. Los avances de trabajo en los ejes X, Y y Z son de 5 m/min, el equipo tiene un peso total de 3760 Kg y sus dimensiones son 4300 x 2540 x 2680 mm. La marca de esta máquina es Travis. (Travis, 2013).

De igual modo el equipo, con número de serie S20190725W, es el modelo ELECNC-1325ATC y presenta un área de trabajo de 1300 x 2500 x 200 mm. En cuanto al huso, cuenta con un husillo refrigerado por aire de 9KW ATC HQD, mientras que el inversor utilizado es un Inversor Fuling de 11KW. Para la gestión de herramientas, dispone de una revista de herramientas con almacenamiento lineal de 6 piezas. El sistema de control utilizado es el de Taiwán LNC, que incluye un volante MPG. Los motores y controladores son servo motor de 850W Leadshine y controlador servo de 1KW, el cambio se realiza mediante un interruptor japonés Omron, y la mesa de trabajo es una mesa de vacío con ranura en T de aluminio. El límite de cambio se controla mediante el interruptor de límite de Japón OMRON, y el sistema de lubricación es automático con un depósito de aceite de 1.5L. La máquina opera a una tensión de 380V en 3 fases a 60HZ y cuenta con una bomba de vacío de 7.5KW, dos etapas, refrigerada por aire y con dos impulsores. La transmisión en los ejes X, Y y Z se logra mediante una caja de engranajes y una cremallera helicoidal de Taiwán, con una especificación de 1.25M, y utiliza un carril PMI # 25 de Taiwán. Los componentes adicionales incluyen rodamientos lineales Taiwán PMI # 25 y un husillo de bolas de Taiwán TBI # 2505, Los cables utilizados son del tipo Shanghai Cardiff, con certificaciones CE y UL. Además, cuenta con un colector de polvo completo de 1.5KW de nuevo tipo, con certificación CE, que ofrece la misma succión de vacío que el tipo antiguo de 4KW. También incorpora un sensor de herramienta automático para mayor eficiencia en la operación. (Elephant, 2023).

Así mismo el modelo de la unidad es JDV855 y está equipado con un controlador NC, que es un conjunto de MITSUBISHI/FANUC. En cuanto al total de ejes, la máquina cuenta con 3 ejes. La mesa de trabajo tiene un tamaño de 1000 x 500 mm y puede cargar hasta 600 kg. Además, cuenta con ranuras tipo T de 5-18 x 100 mm, En cuanto a los viajes, el eje X tiene un recorrido de 800 mm, el eje Y de 500 mm y el eje Z de 500 mm. El husillo utilizado es de tipo TAPPER BT40, con velocidades máximas de 10,000/12,000/15,000 RPM. El tipo de accionamiento del eje es mediante cinturón o conexión directa, y la distancia del extremo del husillo a la mesa varía entre 120 mm y 620 mm, la máquina utiliza tornillos de bola en los ejes X/Y/Z y rieles lineales de guía. El motor del eje X/Y/Z se conecta directamente, mientras que el motor del husillo tiene una potencia de 7.5/11 KW. Los servomotores de los ejes X/Y/Z son de 3/3/3 KW, y la bomba de refrigerante del

motor es de 750W * 2. La tasa de alimentación en los ejes X/Y/Z es de 10/10/10 m/min, con velocidades rápidas de 36/36/36 o 48/48/48 m/min, la presión de aire requerida es de 6 kg/cm² y la fuente de alimentación es de 20 kva, en términos de precisión, la máquina ofrece una precisión de posicionamiento de $\pm 0.005/300$ mm y una precisión de reposicionamiento de $\pm 0.005/300$ mm, la especificación adicional incluye un peso neto de 5.2 toneladas y dimensiones de 2500 x 2650 x 3000 mm. (Jsway, Jsway CnC, 2018).

Igualmente la maquina JDP850, y se caracteriza por tener un controlador NC, que es un conjunto de MITSUBICHI/FANUC. Además, esta máquina cuenta con un total de 3 ejes, la mesa de trabajo presenta un tamaño de 1050 x 500 mm y puede cargar hasta 700 kg. En ella se encuentran ranuras tipo T de 5-18 x 90 mm. Los viajes de la máquina se distribuyen de la siguiente manera: el eje X tiene un recorrido de 800 mm, el eje Y de 500 mm y el eje Z de 500 mm, el husillo empleado es de tipo TAPPER BT40, con velocidades máximas de 8000/10000 RPM. El tipo de accionamiento del eje es a través de una correa, y la distancia del extremo del husillo a la mesa varía entre 135 mm y 635 mm, en lo que respecta a los carriles de guía, se utilizan tornillos de bola en los ejes X/Y/Z, y se emplea una caja de carril para guiar los ejes. Los motores de los ejes X/Y/Z se conectan directamente, con un motor del husillo de 7.5 KW. Los servomotores de los ejes X/Y/Z tienen una potencia de 3/3/3 KW, y la bomba de refrigerante del motor tiene una potencia de 750W. Las tasas de alimentación en los ejes X/Y/Z son de 10/10/10 m/min, con velocidades rápidas de 15/15/15 m/min, la presión de aire requerida es de 6 kg/cm² y la fuente de alimentación necesaria es de 20 kva, en términos de precisión, esta máquina ofrece una precisión de posicionamiento de $\pm 0.005/300$ mm y una precisión de reposicionamiento de $\pm 0.005/300$ mm. La especificación final incluye un peso neto de 5 toneladas y dimensiones de 2500 x 2400 x 2700 mm. (Jsway, Jsway CNC, 2018).

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Este proyecto está enmarcado de desarrollo experimental, ya que tiene como objetivo la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos para crear una mejora de un producto en una maquina CNC, en este caso es un control numérico computarizado para maquinado de piezas por medio de un eje automatizado y dándole movimiento a la bancada se les dará un mejor rendimiento a los procesos. El proyecto implica investigación y experimentación en agregar el eje A al CNC y validar la efectividad del producto final.

5.2 Método

Desarmar el eje A de la máquina MAHO – 600 para mirar los componentes que requieran y sean necesarios, es crucial para garantizar la seguridad de quienes lo hacen y para preservar la integridad de la máquina, como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Desarrollo del proyecto

Fuente. Propia del autor

5.3 Población y muestra.

Nuestra actividad se va realizar sobre la maquina MAHO – 600 Este equipo se corresponde con el modelo MH 600 C CNC de la marca Maho, con número de stock B 01 4918. Pertenece a la categoría principal de fresadoras, específicamente a la subcategoría de dedoras fresa universales (B 01), el recorrido longitudinal máximo del eje X es de 600 milímetros, mientras que el eje Y tiene un recorrido transversal máximo de 450 milímetros. Además, el eje Z alcanza un recorrido máximo de 450 milímetros. La admisión en el cabezal de fresado es de tipo ISO 40, y las velocidades del husillo varían en un rango de 20 a 3150 rpm. La mesa tiene un tamaño de 800 x 450 mm, en cuanto al control, está equipado con el CNC 432 y una pantalla digital. La longitud de la máquina de izquierda a derecha es de 1650 milímetros, la profundidad de frente a atrás es de 2500 milímetros y su altura es de 2000 milímetros. El peso total es de 3000 kilogramos. Además, se incluyen accesorios y herramientas. En información adicional, se destaca que cuenta con torneado manual CNC de 4to eje y una mesa basculante con lectura digital.

5.4 Instrumento de recolección de información.

5.4.1 Fuentes primarias.

Se buscó información en libros originales, informes técnicos, catálogos, revista web, patentes, normas técnicas, sitios web, fuente de información científicas y documentos oficiales.

6. Resultados.

6.1 Adaptación de la máquina de control numérico Maho - 600 mediante el ensamble del eje A para su mejoramiento.

Comenzamos por realizar una investigación más detallada para explorar posibles estrategias que nos permitan alcanzar nuestro objetivo. Como se muestra en la figura 22, el primer paso consistió en retirar la pieza de la máquina y examinarla con el fin de identificar las oportunidades de mejora.



Figura 22. Desarme del eje A
Fuente. Propia del autor

En la figura 23 se mira cuando retiramos la pieza de la máquina, iniciamos el proceso de desmontaje para acceder al eje A, utilizando herramientas específicas como lo es llaves hexagonales, destornilladores, llaves mixtas, extractores, diferencial y eslingas para facilitar su desmontaje de manera segura y efectiva.



Figura 23. Desmonte de bujes de bancada
Fuente. Propia de autor.

Una vez que desmontamos la bancada, procedimos a realizar una limpieza exhaustiva de todas las piezas y comenzamos a tomar medidas del eje A, las características del eje son las siguientes: Tornillo sin fin rosca helicoidal, en la del principio tiene un cuadrante 10x10mm, en la siguiente figura 24 se muestra mas detallada las especificaciones del eje A.

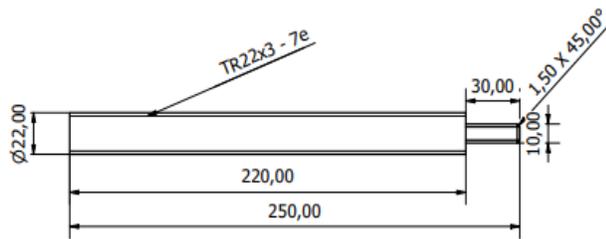
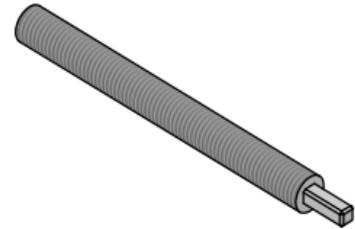


Figura 24. Plano del eje A
Fuente. Propia de autor.

Una vez que completamos todas las pruebas y mediciones, comenzamos a intercambiar ideas sobre cómo mejorar el conjunto del eje A en la máquina. Entre todas las opciones disponibles, recomendamos optar por la incorporación de un servomotor para lograr la automatización del eje A.

6.2 Programación de un nuevo botón en la máquina mediante el software establecido para la visualización del funcionamiento del eje A.

Después de haber instalado el servomotor con las siguientes especificaciones modelo 34HS5435B con un voltaje de 5.6A con un torque de 12Nm con una resistencia de 1,6Ohms y avanzamos con la disposición del cableado hacia el panel de control, donde se posicionarán los dos interruptores destinados al control del movimiento del eje A, para darle marcha al servomotor fue necesario adicionarle la fuente, arduino y el drive. Ver figura 25.



Figura 25. Servomotor model 34HS5435B
Fuente. Propia de autor.

Las especificaciones de la fuente empleada son las siguientes: La entrada de voltaje oscila entre 110 y 220V, la salida es de 48V con una corriente de 10 A y una potencia de 500W. Sus dimensiones son 21,4 cm x 11,4 cm x 4,8 cm, y cuenta con refrigeración mediante un ventilador, como se muestra en la figura 26.



Figura 26. Fuente Fuente. Propia de autor.

El arduino que utilizamos tiene las siguientes especificaciones: microcontrolador Atmega328P, Velocidad de reloj 16 MHz, Voltaje de trabajo 5V, Voltajes de entrada 7,5 a 12 voltios, Pinout 14 pines digitales y 6 pines analógicos, 1 puerto de serie hardware y memoria 32 KB flash para bootloaeder 2KB RAM y 1 KB eeprom, como se muestra en la figura 27.

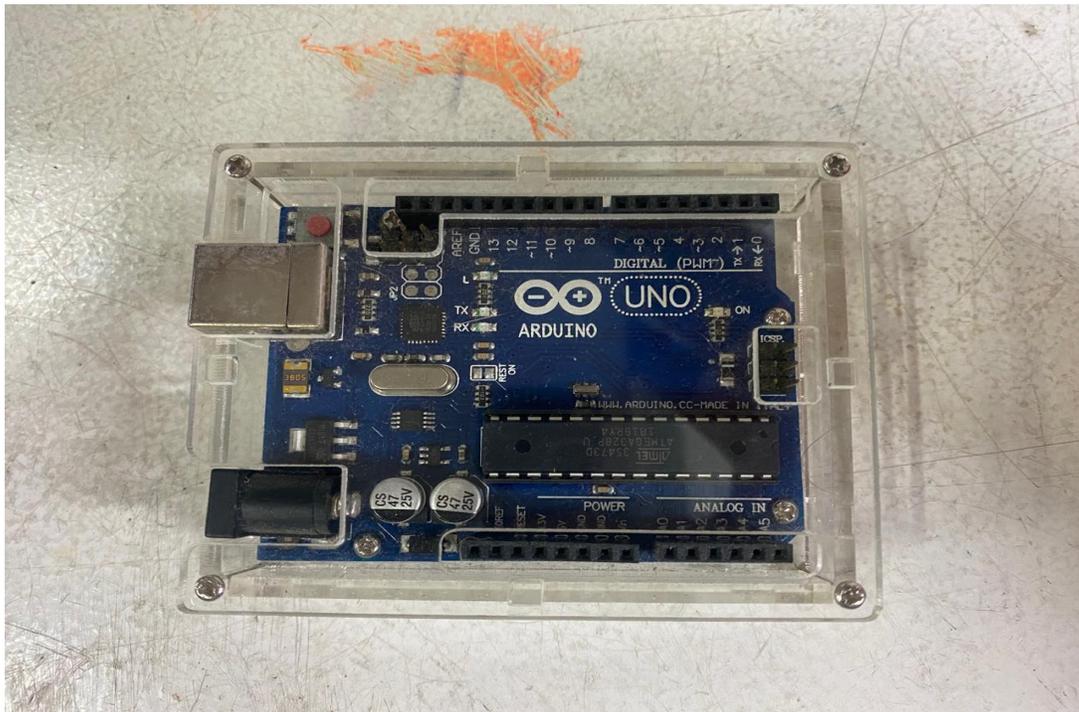


Figura 27. Arduino uno
Fuente. Propia de autor.

Controlador de alta subdivisión: El DM860, un controlador de motor paso a paso, ofrece una subdivisión excepcional de 128, lo que lo hace adecuado para diversas aplicaciones que requieran subdivisiones precisas. Compatible con motores paso a paso de 2 y 4 fases tipo 57 y 86, con 4, 6 u 8 cables y se muestra en la figura 28.

Amplio rango de alimentación: Este controlador es versátil en términos de alimentación, aceptando un rango que va desde 24 V a 110 V CC o de 18 V a 80 V CA, lo que ofrece opciones flexibles de energía para distintas aplicaciones.

Alta corriente de salida: Controlador DM860 puede generar hasta ocho corrientes de salida, alcanzando un máximo de 7.2 A, lo que garantiza la potencia necesaria para cumplir con los exigentes requisitos de control del motor.

Modos de subdivisión: Con 15 modos de subdivisión, este controlador permite hasta 128 subdivisiones, lo que facilita un control preciso y un funcionamiento suave en una variedad de escenarios de control de movimiento.

Múltiples características de protección: Diseñado con aislamiento fotoeléctrico de alta velocidad en la señal de entrada, protección térmica integrada y salvaguardas contra sobrecorriente, este controlador asegura un funcionamiento confiable y seguro. Además, incluye funciones como retención fuera de línea y bloqueo de corriente semiautomático para ahorrar energía. Ver figura 28.



Figura 28.Driver
Fuente. Propia de autor

Cableado y Conexiones: Se llevaron a cabo las conexiones eléctricas necesarias para integrar los pulsadores en el sistema de control de la máquina. Se asegurará la correcta conexión y aislamiento de los cables para garantizar un funcionamiento seguro y confiable, como se muestra en la siguiente figura 29.

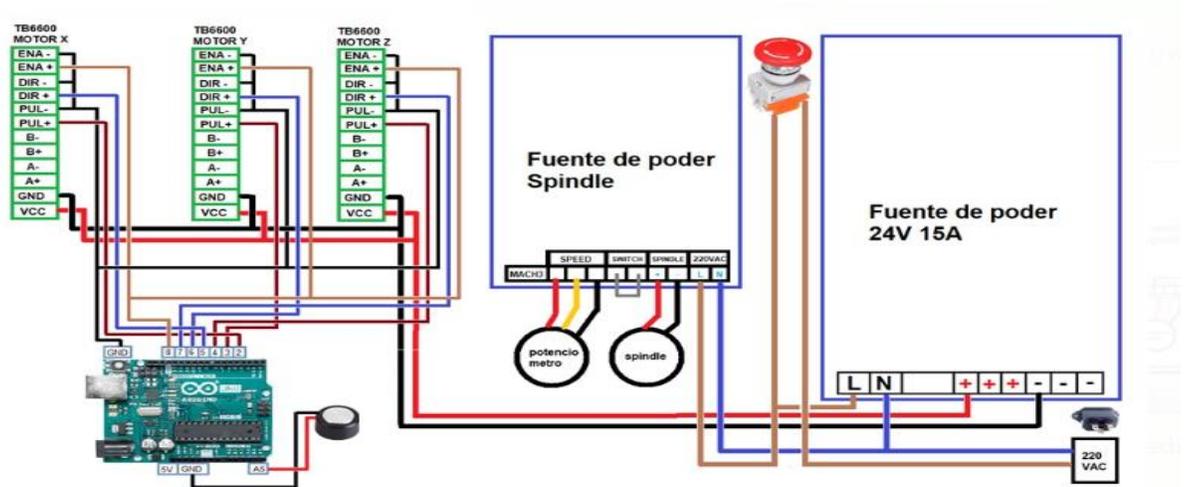


Figura 29. Control y potencia
Fuente. Propia de autor.

Una vez que la instalación ha sido completada, llevamos a cabo pruebas con el propósito de confirmar su correcto funcionamiento, en la figura 30 se muestra el montaje de la placa y acople.

Vamos a realizar el montaje del servomotor, donde recopilamos datos y dimensiones tanto de la placa como del acoplamiento que sujeta el servomotor y el eje A.

Las dimensiones son : placa 24mm x 12mm. Y acople 8 mm con un cuadrante de 10 mm y aseguramiento en tornillos.

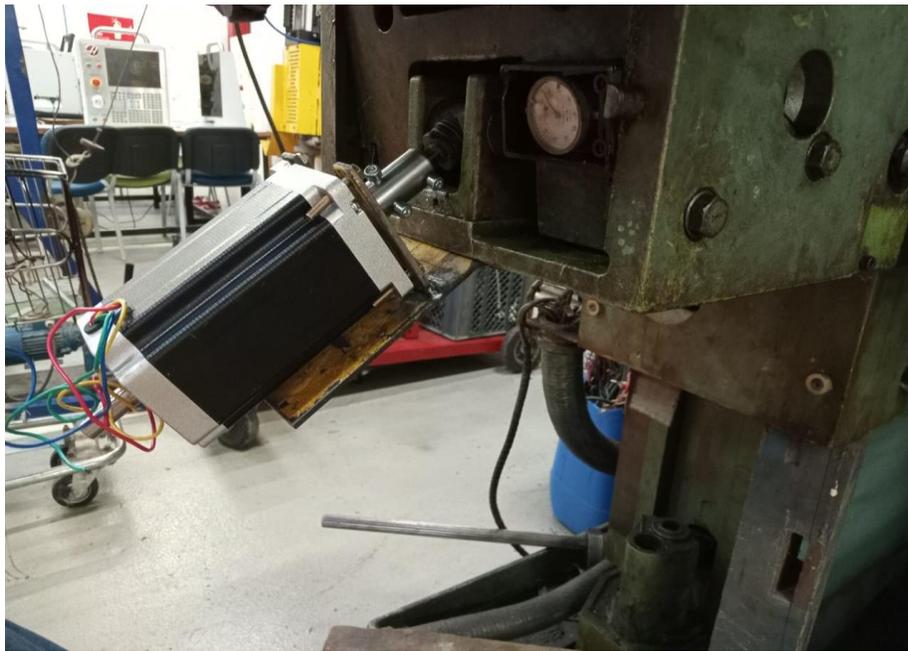


Figura 30. Placa o soporte del motor
Fuente. Propia de autor.

6.3 Validación del funcionamiento del eje A adaptado en la máquina mediante pruebas pilotos para su correcta disposición.

Después de completar con éxito todo el montaje, llevamos a cabo pruebas tanto manuales como automáticas. Los resultados fueron positivos, ya que logramos cumplir con todos los objetivos establecidos como mover la bancada manualmente para mirar el movimiento del eje A.

6.3.1 Pruebas manuales:

Se llevó a cabo el movimiento deseado en el eje A utilizando llaves específicas como rache con copa #17 logrando el resultado previsto. Se organizó y añadieron algunos elementos faltantes a las piezas como el acople y la placa, el proceso resultó exitoso.

6.3.2 Pruebas automático:

Se llevaron a cabo diversas pruebas en los botones de arriba y abajo, y la respuesta fue satisfactoria. Asimismo, el servomotor proporcionó el movimiento automatizado deseado en el eje A.

6.3.3 Pruebas y Verificación:

Se realizaron pruebas exhaustivas para verificar el funcionamiento adecuado de los pulsadores en la parte de conexión se verifico con multímetro y su integración en el sistema de control. Se comprobaron las respuestas y la precisión del posicionamiento del eje A por medio de un comparador de caratulas.

7. Conclusiones.

La adaptación de la máquina de control numérico Maho-600 mediante el ensamble del eje A para su mejoramiento ofrece varias ventajas significativas. Esta mejora proporciona una mayor versatilidad y capacidad de producción. Además, al integrar el eje A, se amplió el rango de operaciones posibles, lo que conduce a una mayor eficiencia y rentabilidad en el proceso de fabricación. En resumen, la implementación de esta modificación mejora la funcionalidad y el rendimiento general de la máquina, lo que puede traducirse en una mejora en la calidad de los productos fabricados.

La programación de un nuevo botón en la máquina mediante el software establecido para la visualización del funcionamiento del eje A es una medida estratégica que potencia la eficiencia y la usabilidad de la máquina de control numérico. Al incorporar esta funcionalidad, los operadores tienen la capacidad de monitorear y controlar el funcionamiento del eje A de manera más intuitiva y directa, lo que facilita la realización de ajustes y optimizaciones en tiempo real. Esta mejora contribuye a reducir los tiempos de configuración y puesta en marcha de los procesos de mecanizado, así como a minimizar los errores humanos, lo que se traduce en una mayor productividad y calidad en la producción.

Validar el funcionamiento del eje A adaptado en la máquina mediante pruebas piloto es crucial para garantizar su correcta disposición y rendimiento óptimo. Estas pruebas permitieron verificar la integridad y la precisión del sistema en condiciones reales de operación, identificando posibles fallos o áreas de mejora. Además, proporcionaron la oportunidad de ajustar los parámetros y configuraciones según sea necesario para optimizar la eficiencia y la calidad del mecanizado. Al realizar pruebas piloto, se aseguró que la máquina esté completamente preparada para la producción a gran escala, minimizando el riesgo de interrupciones costosas y retrasos en la fabricación.

8. Recomendaciones.

Se sugiere realizar mejoras en la sección de la bancada que alberga el eje A. Se observa que hay espacio disponible junto a otro eje, lo cual ofrece la oportunidad de trabajar en él para complementar nuestro proyecto y darle más mejoría a la bancada.

Si se requiere más potencia en el servomotor es necesario cambia la platina y acoples.

9. Referencias bibliográficas.

- Alarcon, F. (13 de 12 de 2022). *estudio economico de una maquina CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3977/1/Alarcon_Fernandez_Felipe.pdf
- Amador, F. (12 de 10 de 2005). *sensores magneticos e inductivos*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores%20magneticos.pdf>
- Banner. (27 de 08 de 2020). interruptores de seguridad. 10. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://info.bannerengineering.com/cs/groups/public/documents/literature/es-mx_210548.pdf
- Bolivar, F. (21 de 01 de 2012). *Modulo control numerico computarizado*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4883/Modulo%20Control%20Nu;jsessionid=05DE0A05DF7D43EEEE147F41CEEA37D7.jvm1?sequence=1>
- Canto, C. (25 de 08 de 2006). *sensores ultrasonico*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/28_SENSOR ES_ULTRAS_NICOS.PDF
- Castillejos, F. (01 de 03 de 2006). *Automatizacion*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema%202_Sensores%20y%20Detectores.pdf
- Chica, L. i. (2020). EVALUACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL SECTOR METALMECANICO. *fanalca S.A.*, 9. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87544/1/TG03010.pdf
- CHINA, M. I. (2023). *MADE IN CHINA*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://es.made-in-china.com/co_hunkcnlathe/product_Vmc650L-CNC-Vertical-Machining-Center-5-Axis-Model_hrgnuesiu.html
- Cloud, E. (2005). *Etw cloud CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://mx.etwinternational.com/1-2-4-axis-cnc-milling-machine-49917.html>
- Cordero, p. (2017). *Electromagnetismo*. Chile: Departamento de fisica chile. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://www.cec.uchile.cl/cinetica/pcordero/todos/EM_E.pdf
- Criollo. (08 de 03 de 2019). *Construcción de una máquina CNC de tres ejes*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16240/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-134.pdf>

- Diaz, F. (10 de 08 de 2008). *programacion automatica de maquinas cnc*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/master_cam.pdf
- Domenech. (02 de 08 de 2010). *suministro de la electricidad*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de un equilibrio entre generacion y consumo: https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/el_suministro_de_la_electricidad.pdf
- Elephant, B. (2023). *Blue Elephant CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://www.cncrouter-shop.com/pro/the-most-popular-1325-linear-atc-cnc-router-for-sale/?gad=1&gclid=Cj0KCQjw1OmoBhDXARIsAAAYGSHM-Kzt-UEHnbWL_ST8livqeaYJI_sHjC2H8wy7tnUxmmXgdVm16T8aAkcUEALw_wcB
- Eurodrive, s. (01 de 11 de 2008). *servomotores sincrono*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11354402.pdf>
- Fernandez, C. (01 de 03 de 2006). *sensores y detectores*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18433/1/Tema%202_Sensores%20y%20Detectores.pdf
- Florez, j. (29 de 01 de 2009). *MANUAL DE OPERACIÓN Y PRÁCTICAS DIDACTICAS DE TORNO Y FRESADORA CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/71398373.pdf>
- Fraille, J. c. (13 de 11 de 2021). *introduccion al control remoto de servomotores industriales*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/127920/TFM-2130-FRAILE%20GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garcia, E. (10 de 09 de 2010). *automatizacion industrial*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true
- GmbH, M. (2023). *Matec GmbH CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://www.directindustry.es/prod/matec-maschinenbau/product-24598-1713921.html>
- Gomez, A. (12 de 05 de 2017). *Maquinado con CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/747_ca.pdf
- Gonzales, V. (20 de 09 de 2021). *aplicaciones de sistemas de alimentacion interrumpida en la industria*. pág. 1.3. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2021/09/sistema-de-alimentacion-ininterrumpida.pdf>
- Groel, N. (2006). Recuperado el 15 de 09 de 2023
- Hinojosa, R. (07 de 2010). *Consumo Energético de un Torno CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <http://pabellon.tecnm.mx/pdf/Investigacion/Monitoreo%20Torno.pdf>

- Indriago, M. (2004). *sensores de posicion descripcion, seleccion y uso*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://tecnologiainformaticasi.files.wordpress.com/2013/12/sensores-c3b6pticos.pdf>
- Industry, D. (2023). *Direct industry*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://www.directindustry.es/prod/emissa/product-24737-1930357.html>
- Ingeniantes. (2019). *diseño de tornillo sin fin corona para transmision para maquina de ensayo. revista ingeniantes*, 6. Recuperado el 15 de 09 de 2023
- Internacional, A. (2023). *APT Internacional*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://www.aprint.com/es/maquinaria-de-segunda-mano/fresadoras-universales/mahomh-600-c-cnc_5291
- Jsway. (2018). *Jsway CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://www.jsway-cnc.com/cfg46-cfg56-2-axis-gang-type-slant-bed-cnc-lathe-machine-1>
- Jsway. (2018). *Jsway CnC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://es.jsway-cnc.com/jdp850-heavy-load-cnc-machining-centers-with-fanuc-system>
- Kuo, B. (13 de 10 de 2014). *Sistema de control automatico*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://dademuchconnection.files.wordpress.com/2017/07/sistemas-de-control-automatico-benjamin-c-kuo.pdf>
- Malo, L. (03 de 2011). *control de un motor paso a paso*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://zaguan.unizar.es/record/5655/files/TAZ-PFC-2011-107.pdf>
- Mamani, J. (12 de 09 de 2012). *Control Numérico Computarizado para tallado de texto y formas*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15446/EG-1178-Mamani%20Amaru%2c%20Juan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Matala, P. (13 de 12 de 2022). *Factor economico de una maquina CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3977/1/Alarcon_Fernandez_Felipe.pdf
- Mendez, G. (09 de 12 de 2009). *Importancia economica, oportunidades y amenazas*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://www.andi.com.co/Uploads/CADENA%20METALMECANICA%20EN%20AMERICA%20LATINA%202012_636536157790078356.pdf
- Mendez, g. (02 de 10 de 2012). *web documental*. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/CADENA%20METALMECANICA%20EN%20AMERICA%20LATINA%202012_636536157790078356.pdf
- Mendieta, D. m. (2013). *manual de practica basicas del centro de mecanizado*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/812241a6-b52e-4c28-8fa6-7b0802976c1a/content>

- Oltra, V. (07 de 2019). *diseño e implementacion de un sistema CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/126346/Oltra%20-%20Dise%C3%B1o%20e%20Implementaci%C3%B3n%20de%20un%20sistema%20CNC%20de%20dos%20ejes%20para%20uso%20docente.pdf?sequence=1>
- Peñalosa, R. (2006). *ley de farady*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de http://fisica2.fica.unsl.edu.ar/F2_T9.pdf
- Pindado, J. g. (2018). *diseño e implementacion del control de motor paso a paso*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/32887/TFG-I-1007.pdf?sequence=1>
- ribotta, s. (2006).
- Sanchez, D. (2015). *La ley de induccion de faraday*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://www.unizar.es/gfgoya/index_archivos/CLASES/FISICA_II/induccionEM.pdf
- Schvad, I. (2011). *Progamacion CNC*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/747_ca.pdf
- Soladana, R. (18 de 10 de 2020). *diseño e implementacion de control de motor paso a paso*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/44657/TFG-I-1683.pdf?sequence=1>
- Tonato, J. p. (2020). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DEL GENERADOR SÍNCRONO DE UNA UNIDAD DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18457/1/UPS-CT008706.pdf>
- Torres, B. y. (10 de 02 de 2011). *web documental*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/1187/1/TTE_BaqueroCortesFeiber_2011.pdf
- Travis. (2013). *Travis*. Recuperado el 15 de 09 de 2023, de <https://www.traviscnc.com/spa/p/product/product/productos-maquinas-cnc-convencionales/fresadora-cnc-m6.htm>