



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
VIDA NUEVA

TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AFILADORA DE
HERRAMIENTAS DE CORTE ROTATIVAS**

PRESENTADO POR:

CAIZA GRIJALVA TANIA GABRIELA

TUTOR:

Msc. CAZA GARCÍA CARLOS PAÚL

FEBRERO 2022

QUITO- ECUADOR

TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AFILADORA DE HERRAMIENTAS DE CORTE ROTATIVAS”** en la ciudad de Quito, presentado por el/la ciudadano/a **CAIZA GRIJALVA TANIA GABRIELA**, para optar por el título de Tecnólogo en **MECÁNICA INDUSTRIAL**, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de febrero de 2022.

TUTOR: CAZA GARCÍA CARLOS PAÚL

C.I.: 1711150852

TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AFILADORA DE HERRAMIENTAS DE CORTE ROTATIVAS”** en la ciudad de Quito, del/la estudiante: **CAIZA GRIJALVA TANIA GABRIELA** de la Carrera en Tecnología en **MECÁNICA INDUSTRIAL**.

Para constancia firman:

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

ING.

DOCENTE ISTVN

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **TANIA GABRIELA CAIZA GRIJALVA** portador/a de la cédula de ciudadanía **1723447247** , facultado/a de la carrera tecnología en **MECÁNICA INDUSTRIAL**, autor/a de esta obra certifico y proveo al Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, usar plenamente el contenido del informe con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AFILADORA DE HERRAMIENTAS DE CORTE ROTATIVAS”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi proyecto de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de febrero del 2022.

CAIZA GRIJALVA TANIA GABRIELA

C.I.: 1723447347

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado a mis padres, pilares fundamentales de mi formación personal y profesional. Su ejemplo me ha permitido culminar esta meta con esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, hermanos y esposo, por
apoyar mis sueños, creer en mí de manera
incondicional y ser el soporte de mis decisiones,
gracias infinitas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes	5
Justificación	6
Objetivos	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
MARCO TEÓRICO	8
Herramientas de corte	8
Tipos de herramientas	8
Materiales de fabricación	9
Partes principales de una herramienta rotativa	11
Proceso de afilado de herramientas de corte rotativas	12
Muelas abrasivas	14
Tipos de afiladoras	19
Automatización	20
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO	23
Metodología	23
Proceso de construcción	25
Diseño de la máquina	25
Descripción de los subconjuntos mecánicos	26
Componentes y materiales	26
Máquinas y herramientas utilizadas en la construcción	29
Procesos de mecanizado ejecutados durante la construcción	30

Proceso de construcción	31
Programación de componentes electrónicos	42
PROPUESTA	45
Pruebas de funcionamiento	45
Resultados	46
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	54

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 1 Tipos de herramientas	9
Imagen No. 2 Herramientas de corte rotativas de acero rápido	9
Imagen No. 3 Herramientas de metal duro, cobalto y tungsteno	10
Imagen No. 4 Herramientas para torno de cerámica	10
Imagen No. 5 Partes de una fresa de corte	11
Imagen No. 6 Proceso de afilado manual de una broca	13
Imagen No. 7 Tipos de granos abrasivos	14
Imagen No. 8 Formas y dimensiones de muelas abrasivas según ISO 525	18
Imagen No. 9 Equipos de automatización CNC	21
Imagen No. 10 Partes del Servomotor	22
Imagen No. 11 Diseño final de la afiladora.	25
Imagen No. 12 Servomotor, controlador y tarjeta	27
Imagen No. 13 Tornillo de bolas	27
Imagen No. 14 Guías con rodamientos lineales	28
Imagen No. 15 Perforación en taladro de pedestal de placa general	31
Imagen No. 16 Planeado de caras útiles de placas base	32
Imagen No. 17 Rectificado plano de placas base	32
Imagen No. 18 Perforación de placas, según planos	33
Imagen No. 19 Placas de soporte de los motores	33
Imagen No. 20 Maquinado de bocines niveladores	34
Imagen No. 21 Roscado de punta de tornillo de bolas	35
Imagen No. 22 Fresado de dados de sujeción	35
Imagen No. 23 Cilindro giratorio	36
Imagen No. 24 Maquinado de soporte portaherramientas	37
Imagen No. 25 Acoplamiento con motor	37
Imagen No. 26 Corte de material para base de afiladora	38
Imagen No. 27 Soldadura de estructura	38
Imagen No. 28 Placas de sujeción de tornillos.	39
Imagen No. 29 Ensamble de base para eje "X"	39
Imagen No. 30 Ensamble de los ejes de movimiento	40
Imagen No. 31 Soldadura de placa porta motor a bases	40
Imagen No. 32 Colocación de portaherramientas y motor de muela abrasiva	41

Imagen No. 33 Pintura de la afiladora	41
Imagen No. 34 Circuito electrónico	42
Imagen No. 35 Circuito afiladora	43
Imagen No. 36 Interfaz de usuario de Mach 3	44
Imagen No. 37 Ejes de movimiento	46
Imagen No. 38 Afiladora de herramientas rotativas	47
Imagen No. 39 Pruebas de afilado de fresas	48
Imagen No. 40 Afilado de talón de la fresa	49
Imagen No. 41 Afilado de la punta de una broca	49
Imagen No. 42 Tipos de abrasivos de diamante	50

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1 Código normalizado de identificación de muelas	17
Gráfico No. 2 Identificación de variables de investigación	23
Gráfico No. 3 Proceso de afilado	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1	Grados de inclinación de la punta de una herramienta	13
Tabla No. 2	Tamaño del grano abrasivo	15
Tabla No. 3	Aplicaciones de las muelas abrasivas según el tamaño del grano	15
Tabla No. 4	Tipos de aglomerantes y sus aplicaciones	17
Tabla No. 5	Variable independiente: Afiladora de herramientas de corte rotativas	24
Tabla No. 6	Variable dependiente: Vida útil de las herramientas de corte	24
Tabla No. 7	Cuadro comparativo de afiladoras disponible en el mercado	54

RESUMEN

El presente proyecto aborda el diseño, construcción y funcionamiento de una máquina afiladora de herramientas de corte rotativas, tales como fresas y brocas, el objetivo es prolongar la vida útil de las herramientas y reducir el tiempo y el presupuesto de reposición, dado que el costo de las herramientas es alto en contraste con su duración y calidad.

El proyecto contempla el uso de motores paso a paso, tornillos de bola, rodamientos lineales y una tarjeta electrónica para generar y controlar los diferentes movimientos que posee la máquina, cumple su función mediante el recorrido de la herramienta hacia una muela abrasiva que gira a altas revoluciones. El mandril que sujeta la herramienta mueve en los ejes “X”; “Y” y “A” y la muela abrasiva tiene movimiento en el eje “Z”. Estos ejes deben moverse simultáneamente para afilar una herramienta, lo cual es posible gracias a una combinación ideal de coordenadas permite recuperar los filos de corte de las herramientas de una manera precisa.

En la fase de construcción los procesos principales de mecanizado utilizados son: torneado, fresado, taladrado, rectificando y soldadura, y los procesos complementarios son: roscado manual, limado y pintura. El control de la máquina requiere de la conexión de varios circuitos electrónicos y eléctricos que permiten la comunicación entre la tarjeta y los motores.

Las pruebas de funcionamiento fueron satisfactorias logrando recuperar el filo frontal, los labios de una fresa y la punta de una broca, las cuales fueron rehabilitadas y probadas en trabajos de perforación y desbaste con resultados favorables.

Palabras clave: afiladora CNC, afilado de fresas, afilado de brocas, motor paso a paso.

ABSTRACT

The present project addresses the design, construction and operation of a rotary cutting tool sharpening machine, such as milling cutters and drills, the objective is to extend the life of the tools and reduce the time and budget for replacement, since the cost of the tools is high in contrast to their duration and quality.

The project includes the use of motors step by step, ball screws, linear bearings and an electronic card to generate and control the different movements that the machine has; it fulfils its function by moving the tool towards an abrasive wheel which rotates at high revolutions. The mandrel holding the tool moves on the "X"; "Y" and "A" axes and the abrasive wheel moves on the "Z" axis. These axes must be moved simultaneously to sharpen a tool, which is possible thanks to an ideal combination of coordinates to recover the cutting edges of the tools in a precise way.

In the construction phase the main machining processes used are: turning, milling, drilling, grinding and welding, and the complementary processes are: manual threading, filing and painting. The control of the machine requires the connection of several electronic and electrical circuits that allow communication between the card and the motors.

The performance tests were successful in recovering the front edge, the lips of a milling cutter and the tip of a drill bit, which were rehabilitated and tested in drilling and grinding work with favorable results.

KEYWORDS: CNC GRINDING MACHINE, MILLING CUTTER, GRINDING DRILL BITS, MOTOR STEP BY STEP



Lcda. Jessica Toalombo

Aprobado

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el sector metalmecánico representa entre el 15 y 18% del PIB no petrolero según las estadísticas del Banco Central del Ecuador, lo que indica su relevancia en el sistema económico dado su alto encadenamiento productivo.

Este sector está compuesto aproximadamente de 19.000 empresas relacionadas con la fabricación de fundiciones, trefilados, conformados en frío y caliente, estructuras metálicas, línea blanca, carrocería, maquinados de precisión entre otros. Dentro de esta gran variedad de empresas el subsector de maquinados de precisión; procesos como torneado, fresado, taladrado o rectificando; ve encarecida su calidad debido a los altos costos de producción tales como maquinaria y equipos, herramientas, consumibles y materias primas.

La empresa “Soluciones Metalmecánicas Integrales TIEC” no es ajena a esta problemática viendo afectada su situación económica y laboral por los altos costos de las herramientas en el país. Si bien es cierto que existe variedad de proveedores, los precios que estos manejan no permiten que la inversión sea rentable a corto plazo, lo que dificulta la competitividad de la empresa en el mercado. Adicionalmente no todas las herramientas, tales como brocas, fresas, insertos, buriles o rimas, son de buena calidad muchas de ellas con el fin de ser más económicas son elaboradas en materiales de poca resistencia lo que las hace perder su filo de corte con rapidez. Bajo esta premisa se plantea el diseño y construcción de una máquina afiladora de herramientas de corte rotativas, con el objetivo de alargar la vida útil de las herramientas, obtener mejores acabados al momento de trabajar y ofrecer el afilado de herramientas como una nueva línea de servicio al mercado.

Este proyecto está desarrollado en base a una investigación descriptiva de carácter cualitativo que define las principales características de la afiladora tomando como punto de partida en el análisis de la oferta existente en el mercado y las necesidades propias de la empresa, de manera que se obtenga el resultado más eficiente en cuanto a costo y rendimiento. Dicho análisis parte de investigaciones previas y datos de los fabricantes por lo que no se requiere analizar una muestra debido a que no es un estudio de factibilidad sino corresponde a la implementación de una solución concreta a una problemática a través de la construcción de la máquina.

El documento consta de cuatro capítulos, el primero de ellos comprende el sustento teórico; donde se definen temas como los mecanismos de accionamiento de una máquina, la automatización, el proceso de afilado de una herramienta, el segundo capítulo abarca

la metodología de la investigación que es de carácter descriptivo, el capítulo tres corresponde a la propuesta el mismo que incluye el diseño mecánico desarrollado en Inventor, los materiales y componentes de la máquina, el funcionamiento y el proceso de construcción y finalmente el último capítulo que abarca la presentación de resultados donde se evidencia el funcionamiento de la máquina.

Antecedentes

La construcción de una máquina afiladora de herramientas de corte no es nueva ni revolucionaria, existen actualmente - en el mercado local e internacional - máquinas orientadas a recuperar el filo de corte de brocas, insertos y cuchillas, sin embargo su control es prácticamente manual y requiere de la pericia y experiencia del operador para su correcto funcionamiento, es por ello que en este proyecto se pretende integrar la tecnología de Control Numérico Computarizado (CNC), que vincula mecánica con electrónica para que la máquina tenga un funcionamiento electrónico mediante coordenadas que permita extender el uso de la máquina al afilado de fresas las cuales hasta el momento no pueden ser recuperadas una vez que pierden su filo.

Existe gran diversidad de aplicaciones que hoy por hoy poseen tecnología CNC, específicamente en el sector industrial tenemos equipos de soldadura, corte, centros de mecanizado, rectificadores, tornos, fresadoras entre los principales que ya utilizan CNC para alcanzar la precisión deseada en sus trabajos.

Si bien la parte electrónica es parte fundamental de este trabajo, esta no podría funcionar adecuadamente sin que toda la estructura mecánica de la máquina sea adecuada y lo suficientemente precisa para garantizar su funcionamiento, es decir que si la construcción de todos los componentes no es correcta ningún circuito electrónico podrá permitir que esta funcione. Es por ello que su concepción y diseño, al igual que una máquina afiladora universal, está basada en la construcción dos cuerpos principales para su funcionamiento los cuales contienen todos los elementos que generen el movimiento de los diferentes ejes.

Justificación

El desarrollo de este proyecto permite al autor plasmar todos los conocimientos, técnicas y habilidades adquiridas durante su proceso formativo, constituye un reto profesional ya que implica la demostración de aptitudes físicas e intelectuales para que la ejecución sea adecuada. Los principales beneficios de este tema es el fortalecimiento de las habilidades técnicas y teóricas sobre mecánica industrial y la aplicación real de herramientas de diseño en la construcción de un producto final

Por otro lado este proyecto justifica su desarrollo e inversión al representar para la empresa auspiciante una nueva herramienta de trabajo, que permite incrementar la vida útil de sus herramientas, reducir su costo y tiempo de reposición y adicionalmente ofrecer un nuevo servicio al mercado y finalmente se convierte en una oportunidad de adquirir el Know How necesario para en el mediano plazo presentar al mercado la posibilidad de replicar la construcción de la máquina afiladora y otras máquinas con un funcionamiento similar.

Todo esto se evidencia en una mejora en la productividad y calidad de los procesos productivos, reducción de costos y la proyección de una imagen empresarial positiva e innovadora hacia el mercado.

Objetivos

Objetivo general

Construir una máquina afiladora de herramientas de corte rotativas para la empresa Soluciones Metalmecánicas Integrales TIEC con el objetivo de incrementar la vida útil de las herramientas por medio de la recuperación del filo de corte que permita realizar mecanizados de precisión.

Objetivos específicos

- Investigar los requerimientos básicos de diseño y los componentes de una afiladora de herramientas rotativas, por medio del análisis de modelos existentes en el mercado con el propósito de definir las características que se adapten a las necesidades de la empresa.
- Diseñar los planos mecánicos de la máquina afiladora, basados en la investigación previa, para que el proceso de construcción sea estructurado y responda a una planificación.
- Aplicar los procesos de mecanizado como el torneado, fresado, rectificado y soldadura para la construcción de las partes y elementos mecánicos de la máquina afiladora de herramientas de corte rotativas, poniendo en evidencia la formación profesional aplicada a una empresa del sector mecánico.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Herramientas de corte

Herramientas de corte pueden referirse a cualquier objeto utilizado para eliminar material no deseado o en exceso de una pieza de trabajo por medio de su deformación por cizallamiento. Las herramientas de corte entran en contacto con la materia prima, cortan, eliminan restos y virutas del material y ayudan a crear la pieza final.

La herramienta de corte es uno de los componentes más importantes en el proceso de maquinado de cuya función depende la eficiencia de la operación (Krar & Check, 2002), por ello requiere tener ciertas características específicas:

- Alta resistencia al desgaste
- Conservación de la dureza a altas temperaturas
- Buena tenacidad
- Reducido coeficiente de rozamiento
- Estabilidad química
- Alta resistencia a la rotura por flexión
- Alta resistencia a la compresión. (Escuela Técnica Superior de Ingeniería, s.f)

Tipos de herramientas

Esencialmente existen 2 tipos de herramientas (excluyendo las abrasivas): las de punta simple y de puntas múltiples. Las primeras corresponden a las herramientas para torno más comunes como son los insertos, buriles o pastillas, mientras que en el segundo grupo encontramos aquellas herramientas que deben rotar para realizar su trabajo tales como brocas, rimas y fresas.

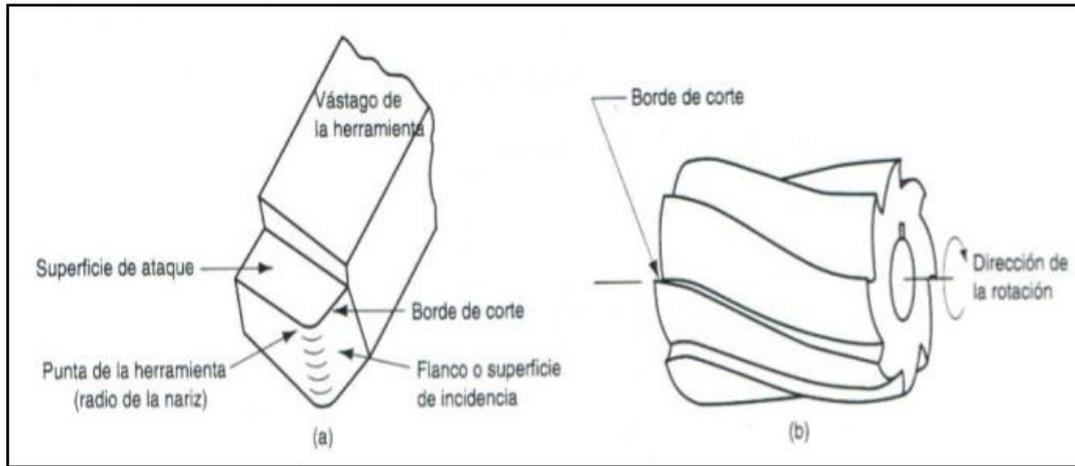


Imagen No. 1 Tipos de herramientas

a) Corresponde a aquellas de una sola punta y b) herramientas de punta múltiple.

Elaborado por: Miguel Ángel Mato

Fuente: (Mato, 2020)

Materiales de fabricación

Los materiales utilizados en las herramientas de corte son muy duros si se comparan con los materiales mecanizados, entre los principales tenemos:

Acero rápido.

Son de uso muy común, generalmente tiene aleaciones de cobalto, molibdeno, vanadio, tungsteno y cromo, que permiten mayores temperaturas de trabajo. Son capaces de realizar cortes gruesos, soportar impactos y mantener el filo de corte a altas temperaturas.



Imagen No. 2 Herramientas de corte rotativas de acero rápido

Elaborado por: Ana Isabel Fernández

Fuente: (Fernández, 2021)

Metales duros.

Es una mezcla de carburo de tungsteno y cobalto, mientras más contenido de cobalto posee más tenacidad presenta la herramienta y a veces puede contener otros materiales como titanio para darle más dureza, aunque presentan menos tenacidad. (Krar & Check, 2002)



Imagen No. 3 Herramientas de metal duro, cobalto y tungsteno

Elaborado por: Ana Isabel Fernández

Fuente: (Fernández, 2021)

Cerámicas, nitruro de boro cúbico y diamante.

Las cerámicas son materiales muy duros, pero que mantienen cierta tenacidad. Se suelen utilizar para mecanizado de alta producción en condiciones de corte muy estables. Un ejemplo es el torneado de discos de freno de automóvil.

Si se requieren durezas todavía más altas, a costa de perder tenacidad, se emplean los materiales compactos: Diamante policristalino (PCD) y el nitruro de boro cúbico policristalino (PCBN). Dado el elevado coste de estos materiales, siempre se utilizan plaquitas o insertos.



Imagen No. 4 Herramientas para torno de cerámica

Elaborado por: Herramientas Dormer

Fuente: (Dormer, 2016)

Los requisitos que debe cumplir una herramienta de corte son muchas veces imposibles de conseguir con un único material para ello se utilizan recubrimientos en las herramientas cuyas funciones son principalmente, aumentar la dureza de la superficie, reducir el rozamiento entre herramienta y viruta y proteger la herramienta de altas temperaturas. (Escuela Técnica Superior de Ingeniería, s.f)

Partes principales de una herramienta rotativa

Las principales herramientas de corte rotativas son las brocas y las fresas las mismas que poseen las siguientes partes según (Dormer, 2016).

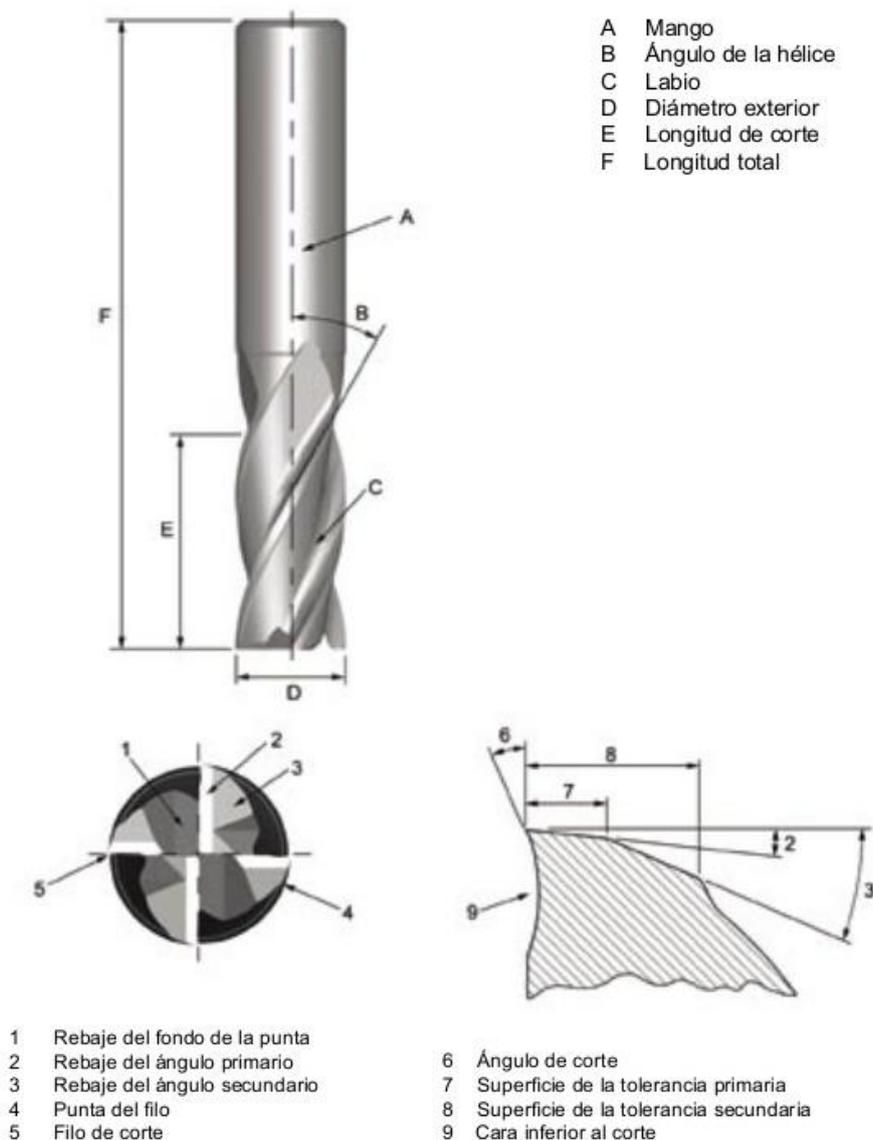


Imagen No. 5 Partes de una fresa de corte
Elaborado por: Herramientas Dormer
Fuente: (Dormer, 2016)

Proceso de afilado de herramientas de corte rotativas

El afilado tiene por objeto dar a la herramienta construida ángulos de corte correctos, así como recuperar la capacidad de corte primitiva cuando se trata de una herramienta usada. Ninguna herramienta escapa de la necesidad de afilado, según las condiciones de trabajo las superficies de corte y todas sus aristas sufren procesos de deterioro que origina:

- Desprendimiento excesivo de calor
- Superficies rugosas e imprecisas
- Vibraciones crecientes en el trabajo (Centro integral de formación profesional Cerdeño, 2015)

Afilar las herramientas alarga considerablemente su vida útil y permite ahorrar dinero, ya que no debe ser reemplazada antes de lo necesario. Dentro del proceso de afilado de herramientas de corte rotativo, se requiere seguir los siguientes pasos, si el afilado va a ser manual para una broca:

1. Sanear la punta: para eliminar la zona desgastada o dañada, lo primero es acercar la herramienta por la punta a la amoladora hasta dejarla completamente plana. en esta parte se retira mucho material y como consecuencia se calienta debido a la fricción. Este proceso requiere hacerse poco a poco, enfriando las herramientas a medida que se calienta y evitando provocar una quemadura.
2. Dar el ángulo: para dar el ángulo a la punta, se debe mantener la línea central y luego inclinarla hasta los 60° aproximadamente para metales de dureza media, se requiere alternar ambos lados de la herramienta para obtener el mismo ángulo en ambas caras y que la punta quede centrada.
3. Rebajar la cara opuesta a la de corte: es necesario rebajar la cara opuesta a la de corte para que la de corte quede ligeramente superior a ella y así pueda cortar eficientemente en su uso. (Brocas y roscas, 2017)



Imagen No. 6 Proceso de afilado manual de una broca

Elaborado por: Centro integral de formación profesional Cerdeño

Fuente: (Centro integral de formación profesional Cerdeño, 2015)

Este proceso es realizado en un esmeril de banco y se deben considerar los siguientes ángulos según el material que la herramienta va a trabajar:

Tabla No. 1 Grados de inclinación de la punta de una herramienta

Material	Ángulo de la punta
Fundición de hierro, acero.	118 a 122°
Bronce, latón, cobre.	130 a 140°
Aleaciones ligeras.	90 a 110°
Resinas sintéticas, pizarra, mármol.	80 a 90°
Caucho duro, plásticos.	30 a 60°

Elaborador por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

Fuente: (Krar & Check, 2002)

En cuanto al proceso de afilado de fresas cilíndricas una de las normas básicas para su afilado es asegurar el ángulo y la posición del diente con respecto a la muela, los apoyos desempeñan la función de divisores, otro principio básico que se debe recordar es que el diente que se afila debe estar colocado en el centro de la muela y luego debe colocarse el ángulo de incidencia requerido.

Muelas abrasivas

Material del abrasivo.

Corindón puro.- El corindón es un óxido de aluminio (Al_2O_3) cristalino y se divide, por pureza creciente, en corindón normal, corindón semipuro y corindón puro. El corindón normal y semipuro se obtiene por fundición de bauxita calcinada y el corindón de alúmina pura en un horno eléctrico de arco, a unos 2000 °C. Por medio de diversos aditivos y un enfriado determinado, se varía la viscosidad del grano. A mayor proporción de Al_2O_3 , mayor será la dureza y la acritud del grano.

Corindón sintetizado microcristalino.- Los corindones sinterizados microcristalinos se distinguen de los corindones puros en su fabricación y propiedades. Por su proceso especial de fabricación, en el corindón sinterizado se forma una estructura granular especialmente homogénea y finamente cristalina. La estructura finamente cristalina sólo permite la aparición de pequeñas partículas en caso de desgaste granular creciente – de esta forma, se aprovecha al máximo el grano abrasivo.

Carburo de silicio.- El carburo de silicio (SiC) es un producto puramente sintético y se obtiene en el horno eléctrico de resistencia a partir de arena de sílice y coque a unos 2200 °C. Se distinguen el carburo de silicio verde y el negro con viscosidad ligeramente creciente. El carburo de silicio es más duro, más acre y de cantos más vivos que el corindón. El carburo de silicio se aplica mayoritariamente con materiales duros y acres como fundición gris y metal duro, así como con metales no férricos. (Atlantic GmbH, 2018)



Imagen No. 7 Tipos de granos abrasivos
Elaborado por: Muelas abrasivas Atlantic España
Fuente: (Atlantic GmbH, 2018)

Tamaño del grano.

Es el número de mallas por pulgada lineal que tiene el tamiz utilizado en la clasificación de abrasivos, que se efectúa según normas FEPA y ASTM. Cuando menor es este número más basto es el grano y viceversa.

Tabla No. 2 Tamaño del grano abrasivo

Designación de granos FEPA – tamaño aproximado en μm CBN/Diamante	Estandárd USA ASTME 11	ISO 6106 (en μm)
46	325/400	45/38
54	270/325	53/45
64	230/270	63/53
76	200/230	75/63
91	170/200	90/75
107	140/170	106/90
126	120/140	125/106
151	100/120	150/125
181	80/100	180/150
213	70/80	212/180
251	60/70	250/212
301	50/60	300/250
356	45/50	355/300
426	40/45	425/355

Elaborado por: Muelas abrasivas Atlantic España

Fuente: (Atlantic GmbH, 2018)

Según el tamaño del grano se presenta una guía de las aplicaciones recomendadas.

Tabla No. 3 Aplicaciones de las muelas abrasivas según el tamaño del grano

Número	Denominación	Aplicación
36-40-46-	Grano mediano	a) Alisado automático
50-60		b) Rectificado de desbaste y de acabado cilíndrico
		c) Afilado de herramientas
70-80-90	Grano semifino	a) Afilado de herramientas
		b) Rectificado de acabado cilíndrico exterior e interior
100-120	Grano fino	a) Afilado de herramientas
		b) Acabado y pulido

Elaborador por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

Fuente: (Mato, 2020)

La tabla 2 muestra las aplicaciones generales recomendadas según el tamaño del grano, sin embargo, se deben considerar otros elementos como el aglomerante y material para realizar una elección adecuada.

Aglomerantes.

El aglomerante tiene la misión de mantener el grano en la muela abrasiva hasta que se haya despuntado por el proceso de corte. Entonces, el aglomerante debe soltar el grano de forma que se aplica un nuevo grano, afilado. Esta propiedad se puede adaptar al proceso abrasivo correspondiente con el tipo de aglomerante y la cantidad del mismo.

Aglomerante cerámico.- se componen de caolín, cuarzo, feldespato y fibras de vidrio. Mezclando estos componentes se puede ajustar la característica del aglomerante. Los aglomerantes cerámicos son químicamente resistentes frente a los aceites y las emulsiones, pero frágiles y sensibles a los choques. El desgaste del aglomerante lo produce la presión abrasiva.

Aglomerante resinoide.- se fabrican principalmente con base de resina fenólica. Dentro de este tipo de aglomerantes, se distinguen los aglomerantes sin relleno y con relleno, variando las resinas fenólicas y los rellenos se ajustan las propiedades del aglomerante; el desgaste de aglomerante se lleva a cabo mediante el calor que se origina durante el amolado y la presión abrasiva.

Los aglomerantes resinoides se adecúan, por su elasticidad, al rectificado de pulido y de precisión, así como al desbaste y al rectificado en seco. Al utilizar emulsiones se debe prestar atención a que el valor de pH no se encuentre muy por encima de 9, ya que, de lo contrario, pueden atacar el aglomerante resinoide. (Atlantic GmbH, 2018)

Tabla No. 4 Tipos de aglomerantes y sus aplicaciones

Aglomerante resinoide	Mecanizado	Aglomerante cerámico
PBD, REI	Rectificado plano	VY, VE, VF, VU, VO
-	Rectificado profundo de perfil	WVY, VF, VO
PBD, DC	Rectificado plano por dos lados	VK, VE, VO
DC, REI	Rectificado cilindrico entre centros	RVJ, VX, VO
REI, PBD, ES	Rectificado sin centro en plongé	VK, VT, VF, VO
REI, DM, HS	Rectificado continuo sin centros	VO, VK, VT, VF
ED1, ED9	Muelas de Arrastre	V 22
PBD, AX, AL7, DP	Rectificado de cilindros	VE, VF, VO
REI, AX, AC	Rectificado de barras	VO, VK, VD, VF
-	Rectificado de roscas	VF, VO
-	Rectificado de engranes	VF, VY
ES	Rectificado de rodillos cónicos y de caras	-
AL7	Rectificado de agujas hipodérmicas	-
AX, BM	Rectificado de muelles	VU
REH, REC	Rectificado de bolas	307
		Para corindón sinterizado como tipo de aglomerante VB o VY

Elaborado por: Muelas abrasivas Atlantic España

Fuente: (Atlantic GmbH, 2018)

Código normalizado de identificación de muelas abrasivas.

Designación de las muelas (CSi y Al₂O₃)

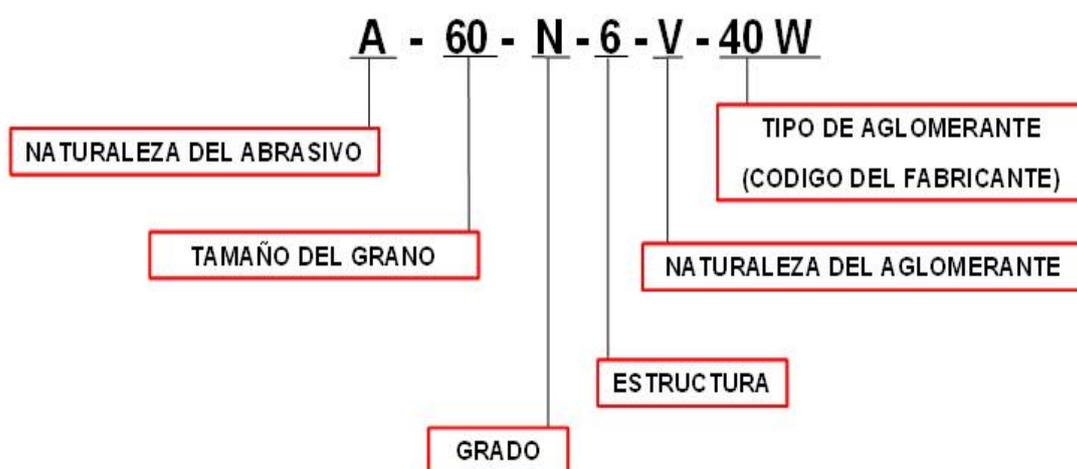


Gráfico No. 1 Código normalizado de identificación de muelas

Elaborado por: Ana Isabel Fernández

Fuente: (Fernández, 2021)

Formas y dimensiones de las muelas.

Las muelas pueden tener un número infinito de formas y dimensiones de acuerdo al uso que se vaya a dar a las mismas, sin embargo, la norma ISO 525 identifica varios tipos de dimensiones de muelas.

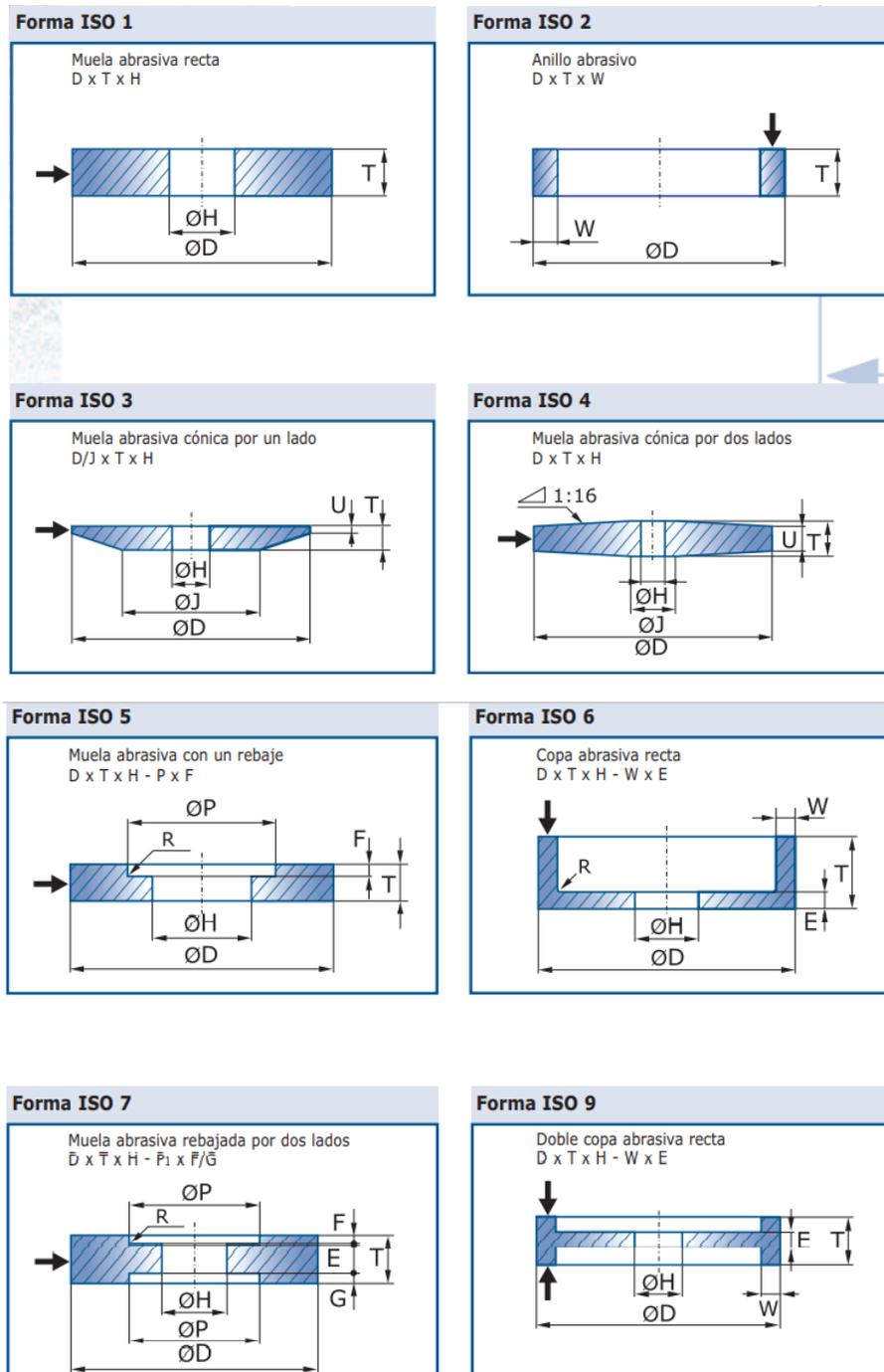


Imagen No. 8 Formas y dimensiones de muelas abrasivas según ISO 525

Elaborado por: Muelas abrasivas Atlantic España

Fuente: (Atlantic GmbH, 2018)

Consideraciones generales para seleccionar una muela abrasiva.

Las guías que se presentan a continuación son de manera general no específicamente para procesos de afilado sin embargo son un buen fundamento para elegir la muela abrasiva más adecuada.

- Seleccionar óxido de aluminio para aceros y carburo de silicio para carburos y metales no ferrosos.
- Es mejor una muela dura para materiales blandos y una blanda para materiales duros.
- Seleccionar granos grandes para materiales blandos y dúctiles y granos pequeños para materiales duros y frágiles. Se recomienda entre 46 y 80 el tamaño de grano para procesos de afilado de herramientas de HSS.
- Para un mejor acabado seleccionar granos pequeños y para remoción máxima de metal seleccionar un grano grande. (Centro integral de formación profesional Cerdeño, 2015)

Tipos de afiladoras

Según la índole del afilado estas máquinas pueden ser:

- Afiladoras con herramientas abrasivas (muelas abrasivas)
- Afiladoras no abrasivas (electroerosión, descarga eléctrica, etc.)

Las afiladoras con el primer método son las más utilizadas en las fábricas de herramientas, así como en los talleres de producción de piezas. Atendiendo al carácter del trabajo que se ha de cumplir se dividen en:

- Especiales: cuando están destinadas al afilado de un tipo de herramienta.
- Universales: cuando admiten diversos tipos de herramientas, tales como cuchillas, fresas, escariadores, etc.

De acuerdo con el modo de trabajar las afiladoras pueden ser:

- Manuales.
- Semiautomáticas.
- Automáticas.

Afiladoras universales.

Las máquinas universales con control manual están destinadas a la producción en pequeña serie donde es necesario afilar diversas herramientas en pequeñas partidas. Pueden ejecutar el afilado de los grupos de herramientas siguientes:

- Herramienta de un solo filo de corte (para torno, mandrinadora, cepilladura, laminadora, mortajadora, etc.).
- Herramientas circulares de múltiples filos cortantes (escariadores, fresas, etc.).
- Herramientas con el filo según una hélice o un espiral (brocas, barrenas, machos, escariadores helicoidales, fresas madres, etc.).
- Herramientas con los filos de corte sucesivos (brochas).

Partes de una afiladora universal.

De forma general las afiladoras universales constan de las siguientes partes:

- Motor eléctrico
- Bancada.
- Mesa.
- Cabezal con las muelas abrasivas.
- Soporte.
- Volantes
- Poleas
- Correa. (Nikolaev, 2002)

Automatización

CNC.

CNC son las siglas asignadas para un sistema de Control Numérico por Computador, es un sistema que permite el control de la posición de un elemento montado en el interior de una máquina-herramienta mediante un software especialmente diseñado para ello. En pocas palabras, estamos trabajando con una especie de GPS, pero aplicado al mundo de los mecanizados y más preciso (Mecanizados de Presición, 2015). Este

sistema es aplicado actualmente en todo tipo de máquina por ejemplo tornos, fresadoras, centros de mecanizado, cortadores laser, impresoras 3D entre los principales.



Imagen No. 9 Equipos de automatización CNC
Elaborado por: Steve Krar y Clark Check
Fuente: (Krar & Check, 2002)

Servo motor.

Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición y velocidad del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición, estos se caracterizan por ser permitir un movimiento controlado y por entregar un mayor par de torsión (torque) que un motor DC común. Existen servomotores para todo tipo de usos, éstos se pueden clasificar según sus características de rotación.

- Servomotores de rango de giro limitado: son el tipo más común de servomotor. Permiten una rotación de 180 grados, por lo cual son incapaces de completar una vuelta completa.
- Servomotores de rotación continua: se caracterizan por ser capaces de girar 360 grados, es decir, una rotación completa. Su funcionamiento es similar al de un motor convencional, pero con las características propias de un servo. Esto quiere decir que se puede controlar su posición y velocidad de giro en un momento dado. (Romero, 2018)

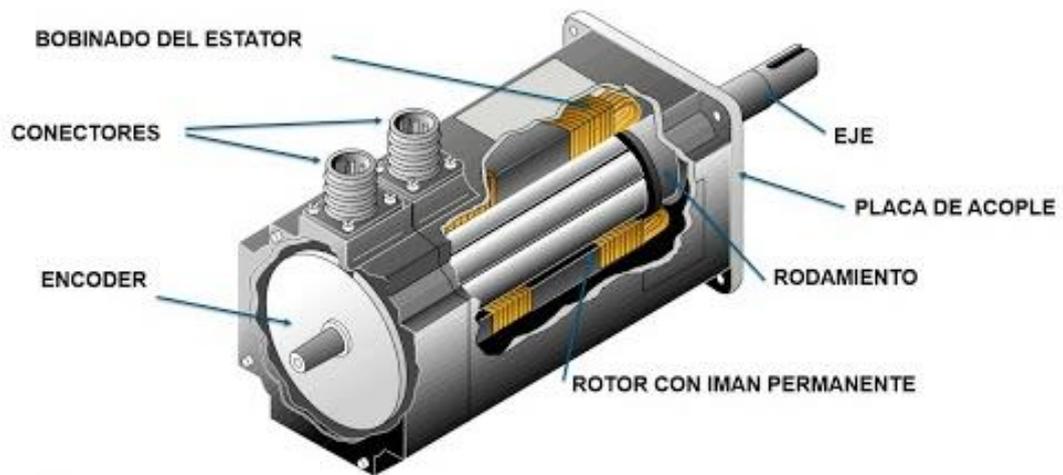


Imagen No. 10 Partes del Servomotor
Elaborado por: Andrés Freile
Fuente: (Freile, 2021)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO

Metodología

El tipo de metodología del presente proyecto de aplicación práctica es investigación descriptiva, la misma que como su nombre indica se encarga de describir un fenómeno, situación, población u objeto, el mismo que está basado en una investigación cualitativa de carácter comparativo. Se requiere para ello el desarrollo de los siguientes procedimientos:

- Revisión de los procesos de afilado que se recomiendan para las herramientas de corte, el mismo que fue analizado en el capítulo I.
- Análisis de lo oferta existente en el mercado mundial de máquinas que realizan proceso de afilado a herramientas de corte rotativas como parte del proceso de investigación.
- Observación comparativa de las características que poseen diferentes máquinas de afilado. Este cuadro comparativo se adjunta en el Anexo 1.
- Definición del funcionamiento general de la afiladora de herramientas que se pretende fabricar.

Estas fases se ejecutan en base a información secundaria, es decir en función a datos ya existentes en investigaciones previas, pruebas de mercado o catálogos de fabricantes de máquinas que especifiquen detalles de funcionamiento de las mismas.

Variables y definición operacional.

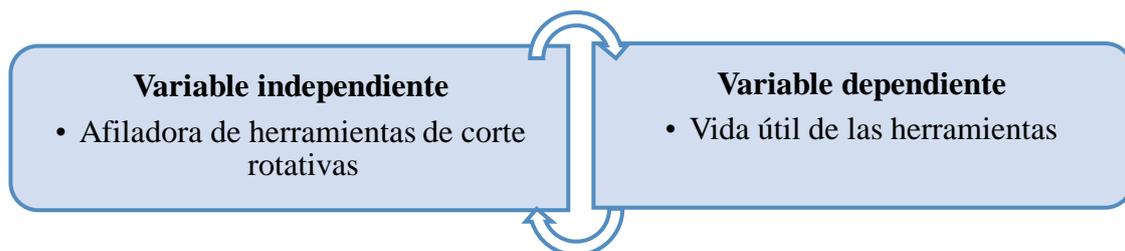


Gráfico No. 2 Identificación de variables de investigación

Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

Fuente: Datos de la investigación

Este proyecto analiza como variables independientes a la máquina afiladora y la vida útil de las herramientas como aquella variable que depende por completo del desempeño de la primera para incrementar o decrecer. A continuación, se presenta la definición operacional de estas variables.

Tabla No. 5 Variable independiente: Afiladora de herramientas de corte rotativas

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Una afiladora de herramientas de corte rotativas es una máquina herramienta que permite recuperar el filo de corte y el ángulo necesario para que la herramienta realice su trabajo. (Sanchez, 2000)	Producción Económico	Mecanismo de funcionamiento de las afiladoras. Capacidad de afilado. Grado de automatización.	Investigación se datos secundarios a través del análisis comparativo de las afiladoras existentes en el mercado.

Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

Fuente: Datos de la investigación

Tabla No. 6 Variable dependiente: Vida útil de las herramientas de corte

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
La vida útil de una herramienta (Muñoz, 2015) la define como “el período en el que se espera utilizar el activo por parte de la empresa”.	Producción Económico	Tipos de herramientas de corte rotativas. Ángulos de corte y afilado Vida útil en horas de trabajo.	Investigación se datos secundarios como investigaciones y/o publicaciones previas de las herramientas de corte rotativas.

Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

Fuente: Datos de la investigación

Diseño muestral.

El presente proyecto no requiere el cálculo de una muestra ya que no es un estudio de factibilidad de mercado, sino diseño y construcción de una máquina basada en las características de afiladoras ya existentes en el mercado mundial.

Técnicas de recolección de datos.

La recolección de datos se realiza mediante fuentes secundarias tales como investigaciones, proyectos, ensayos y webs oficiales de fabricantes máquinas similares que permitan sustentar el funcionamiento de la máquina, sus beneficios, características y rendimiento.

Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.

El procesamiento de la información pretende ser desarrollado a través de una lluvia de ideas, y luego un resumen comparativo, apoyado en tablas y organizadores gráficos que permitan esquematizar la información y presentar los resultados de manera clara y precisa para el lector.

Proceso de construcción

Diseño de la máquina

El proceso de diseño es el primer paso de la construcción, que permite visualizar todos los elementos antes de la fabricación y con ello definir cantidades, dimensiones y detalle de los componentes y materiales. El proceso de diseño es realizado con el apoyo de un software de dibujo mecánico, en este caso Inventor, el mismo que permite dibujar y ensamblar todos los componentes de la máquina.

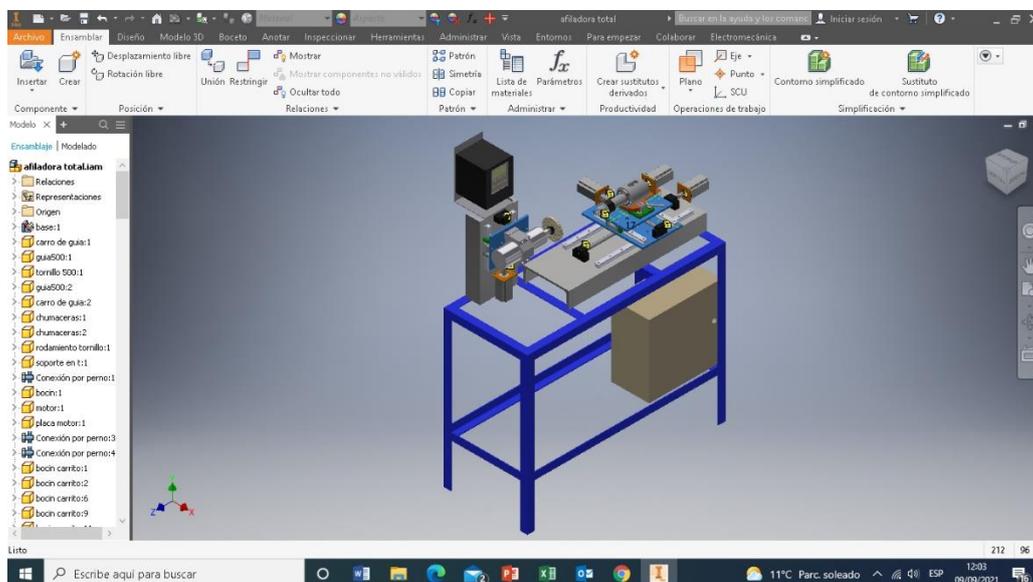


Imagen No. 11 Diseño final de la afiladora.
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Inventor

En la imagen anterior se muestra el ensamble general de la máquina, la misma que consta de cuatro subconjuntos para facilitar la lectura e interpretación de planos.

Previo al proceso de esquematización en el software existe se realizan bocetos a mano alzada para enlistar todos los componentes necesarios para que la máquina funcione. En los anexos se encuentran el detalle de todos los planos constructivos.

Descripción de los subconjuntos mecánicos

La máquina está compuesta de cuatro subconjuntos principales, que son:

- Eje de movimiento en “X”
- Eje de movimiento en “Y”
- Eje de movimiento en “Z”
- Sistema de movimiento giratorio

El funcionamiento de la máquina se fundamenta en un servomotor que se acopla a un tornillo de bolas el mismo que posee chumaceras de piso para su anclaje en los extremos, a los extremos posee un par de guías con rodamientos lineales que se anclan a una placa y brindan movimiento por medio de un control CNC, este funcionamiento se repite para los ejes “X”, “Y” y “Z”, mientras que el subconjunto de movimiento giratorio consta de un útil de giro de accionamiento manual.

La máquina está compuesta de dos segmentos; el primero donde se acoplan los subconjuntos del movimiento en “X” y “Y” y el sistema de movimiento giratorio y en él que se coloca la herramienta, y el segundo que une el sistema de movimiento en “Z” a un motor independiente que da el giro al abrasivo de afilado (piedra).

Componentes y materiales

Servomotor Nema 23.

Este componente es el encargado de dar el movimiento en cada subconjunto, tiene un torque de 2.5 Nm y están destinados a controlar el movimiento en los 3 ejes y el giro de la herramienta de corte. Es ideal para el proyecto dado que se puede controlar su grado de giro y la velocidad del mismo. Estos motores cuentan con un controlador electrónico TB6600 el mismo que se convierte en el cerebro de los motores y utiliza el mismo sistema de programación que un Arduino.



Imagen No. 12 Servomotor, controlador y tarjeta
Elaborado por: Andrés Freile
Fuente: (Freile, 2021)

Motor inverter 2.2 Kw.

Tiene como objetivo dotar de movimiento al abrasivo de afilado (piedra), cuenta con un sistema de refrigeración integrado, una potencia de 2.2 kw, puede girar hasta 14000 revoluciones por minuto y requiere de un inverter para su control y funcionamiento.

Tornillo de bolas.

El tornillo de bolas es aquel que permite el movimiento desde el servo motor, están conectados a él por medio de un acople móvil. Este componente se caracteriza por poseer un rodamiento de bolas formado por 3 circuitos cerrados en su interior que permiten el movimiento longitudinal del rodamiento en el tornillo, por lo que el componente que se desea mover debe estar anclado a dicho rodamiento. El proyecto requiere de 3 tornillos de bola.

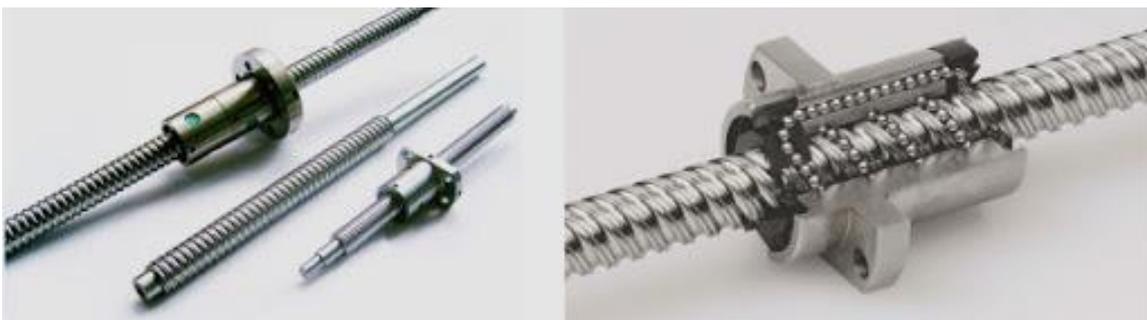


Imagen No. 13 Tornillo de bolas
Elaborado por: LYX CNC Store
Fuente: (LYXCNC Store, 2021)

Guías lineales.

Como su nombre lo indica dan un movimiento lineal a un componente, están ancladas al elemento y esta a su vez al tornillo por lo que los 3 componentes forman un solo sistema de movimiento. Estas guías cuentan con rodamiento lineales que se colocan en el riel para moverse, es necesario la presencia de 2 guías lineales por cada tornillo de bolas.



Imagen No. 14 Guías con rodamientos lineales
Elaborado por: LYX CNC Store
Fuente: (LYXCNC Store, 2021)

Chumaceras de piso.

Encargadas de brindar sujeción al tornillo de bolas, y facilitar su giro. La máquina cuenta con un par de chumaceras para cada tornillo.

Acero ASTM A36.

Es uno de los aceros estructurales de carbono más utilizados, en la industria y se lo considera como acero suave. La característica que tiene este material es una buena soldabilidad, generalmente se lamina en caliente en acero rectangular, acero cuadrado, acero redondo, placa de acero, y también se hace comúnmente en todo tipo de secciones de acero, como vigas H, vigas I, canal U, ángulo de acero, tubo de acero, etc. (Ivan Bohman, 2021).

Máquinas y herramientas utilizadas en la construcción

Torno.

Esta máquina es de gran utilidad en el proceso de maquinar los tornillos de bolas, los cuales requieren de ajustes nuevos para las chumaceras y roscados, por la complejidad al centrar esta pieza se requiere de un mandril de cuatro muelas y un reloj palpador para centrar correctamente la pieza, además se utilizó en la elaboración del soporte para el portaherramientas y el útil de giro.

Fresadora.

La fresadora permite el mecanizado de las 5 bases requeridas en la construcción de la máquina, por la precisión requerida es necesario el uso de una fresadora de control numérico, la misma que permite ajustar las medidas con decimas de milímetro garantizando el proceso de ensamble. Además, se utilizaron procesos de rectificado plano para realizar piezas de detalle y dar medidas finales.

Rectificadora.

La rectificadora utiliza las muelas abrasivas para acabados superficiales y ajuste de medidas de mayor precisión permite llegar a centésimas de milímetro estos procesos se aplican en las placas base que requieren de una superficie plana, las placas de ajuste de las guías y las placas de ajuste de los tornillos de bola para llegar a la medida requerida para un buen ajuste y calibración.

Taladro de columna radial.

Esta máquina permite realizar perforaciones en cualquier pieza, este proceso se aplica en la perforación de la placa de componentes eléctricos, y en las perforaciones requeridas en la base del eje X.

Soldadura.

Es un proceso que une varias piezas por medio de un arco eléctrico y material de aporte, en esta máquina este proceso se utilizó para unir los tornillos a las bases, colocar las bases de los motores, armar la estructura general y unir los componentes principales.

Cortadora de plasma.

Es la máquina que se utiliza en el proceso de corte de numerosos tipos de metales mediante el uso de una antorcha de plasma. Durante el proceso, se expulsa un gas a gran velocidad a través de una boquilla, creando un arco eléctrico entre el electrodo y el elemento a tratar, transformando así el gas en plasma. Este último es capaz de llevar el metal a la temperatura de fusión.

Procesos de mecanizado ejecutados durante la construcción

Frenteado.

Consiste en mecanizar planos perpendiculares al eje del husillo moviendo la herramienta con el carro transversal.

Cilindrado y mandrinado.

El cilindrado es la operación con la que se obtienen superficies cilíndricas rectas al avanzar la herramienta en sentido longitudinal respecto al eje del husillo. El mandrinado es el cilindrado interior.

Roscado.

Consiste en la mecanización helicoidal interior (tuercas) y exterior (tornillos) sobre una superficie cilíndrica. Se lleva a cabo mediante una herramienta de corte angular (60° o 55°), otra manera de realizar estos procesos es el roscado manual que se ejecutan con las herramientas de corte (machuelos, tarrajas).

Fresado.

Es un proceso de mecanizado de superficies, que consiste en el eliminado progresivo de una determinada cantidad de material de la pieza de trabajo con un valor de avance relativamente bajo y con una alta velocidad de rotación.

Rectificado plano.

Es un procedimiento de mecanizado abrasivo. La pieza metálica queda sometida a un desbaste por una muela que gira a gran velocidad. Con sus giros, se arrancan pequeñas virutas en cada pasada.

Proceso de construcción

Bases para ejes de movimiento.

Las bases para los ejes de movimiento serán las encargadas de soportar a los ejes y las chumaceras de los diferentes subconjuntos, esta máquina está compuesta de 5 bases de las siguientes características.

- Base general de soporte de los ejes “x”, “y” y movimiento giratorio elaborada en perfil conformado en caliente tipo “U” de 200mm x 15mm en acero negro.
- Base soporte del eje “z” elaborada en perfil conformado en caliente tipo “U” de 150mm x 12mm en acero negro.



Imagen No. 15 Perforación en taladro de pedestal de placa general

Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

Fuente: Elaboración Propia

- Base del eje “Y”, base del eje giratorio y base del motor de la muela abrasiva elaborada en acero A36 de 12 mm de espesor.

El dimensionamiento de estas placas se dio mediante el uso de la cortadora de plasma, posteriormente, en la fresadora, se realizó el aplanado de las caras que se iban a utilizar en el montaje de los elementos y para un mejor acabado se realizó el proceso de rectificado para evitar que las rugosidades afecten la nivelación de los mecanismos.



Imagen No. 16 Planeado de caras útiles de placas base
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia



Imagen No. 17 Rectificado plano de placas base
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Posterior a la preparación de las caras, se realizaron las diferentes perforaciones, indicadas en los planos individuales, en cada una de las placas, esto se realizó en tanto en el taladro pedestal como en la fresadora de control numérico para mayor precisión. En esta fase la sujeción de las placas fue vital para no perder el cero maquinas por vibraciones y que todas las perforaciones se encuentren de acuerdo a los planos mecánicos. Para finalizar se procede a roscar el interior de los agujeros utilizando machuelos.



Imagen No. 18 Perforación de placas, según planos
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Placas soporte de motores.

Estas placas cumplen la función de sujetar a los motores ya unidos a los ejes de movimiento, son de tamaño pequeño, pero requieren gran precisión en sus perforaciones. En primera instancia se realizó el corte con amoladora, seguidamente se perfeccionaron los filos con la fresadora hasta llegar a la medida deseada, una vez realizado este proceso, se realizaron las perforaciones más grandes en el torno utilizando el mandril de 4 muelas para centrar y en base a esta perforación se realizaron el resto en la fresadora. Estos últimos agujeros finalmente fueron roscados. La máquina requiere 4 placas.



Imagen No. 19 Placas de soporte de los motores
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Bocines niveladores de base.

Antes de colocar una nueva base sobre las chumaceras del eje anterior, se debe colocar bocines para compensar la diferencia de altura, estos fueron elaborados en acero plata de 12 mm con un agujero de 7 mm para que el perno pueda pasar a través de ellos. El largo de estos bocines es de vital importancia en el proceso de ensamblaje ya que una medida equivocada puede impedir el movimiento del tornillo de bolas, forzando el motor o dañando el mecanismo.



Imagen No. 20 Maquinado de bocines niveladores
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Puntas de tornillos de bolas.

El tornillo de bolas requiere de una punta de ajuste para que ingrese en las chumaceras de piso, estas puntas fueron maquinadas en el torno, la primera de ellas con un ranurado para que ingrese la vincha de sujeción y la segunda punta roscada y de dos diámetros diferentes.

Este proceso requirió del uso de un mandril de 4 muelas y el reloj palpador para centrar, luego el procedo de cilindrado y refrentado se realizó con una widia triangular y el roscado con una cuchilla de acero rápido HSS afilada a 60° según el paso de la rosca.



Imagen No. 21 Roscado de punta de tornillo de bolas
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Útil de giro.

Este elemento está compuesto de una placa base, un cilindro giratorio y dos dados de sujeción. La placa base y los dados fueron realizados en la fresadora mediante operaciones de planeado y perforado, el cilindro giratorio fue cilindrado y refrentado en el torno.



Imagen No. 22 Fresado de dados de sujeción
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia



Imagen No. 23 Cilindro giratorio
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Soporte de portaherramientas.

Este elemento fue realizado en torno, para iniciar se procede a montar la pieza en el mandril, luego a refrenar los extremos con una cuchilla de vidias, acto seguido se cilindra la pieza para llegar al diámetro deseado, la parte interna de este soporte tiene la estructura de una portaherramientas cónico y fue torneado con la ayuda del usillo superior para dar la concinidad necesaria, (cono morse #3), posterior a ello se maquino la manzana interior con la misma conicidad pero exterior de modo que encajen perfectamente, para finalizar en ambas piezas se colocó un chavetero central para poder desmontar el portaherramientas con facilidad. En este elemento se realizó el ranurado para los rodamientos que facilitarían el movimiento del portaherramientas y se colocó una punta adecuada al acople del motor para transmitir el movimiento.



Imagen No. 24 Maquinado de soporte portaherramientas
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

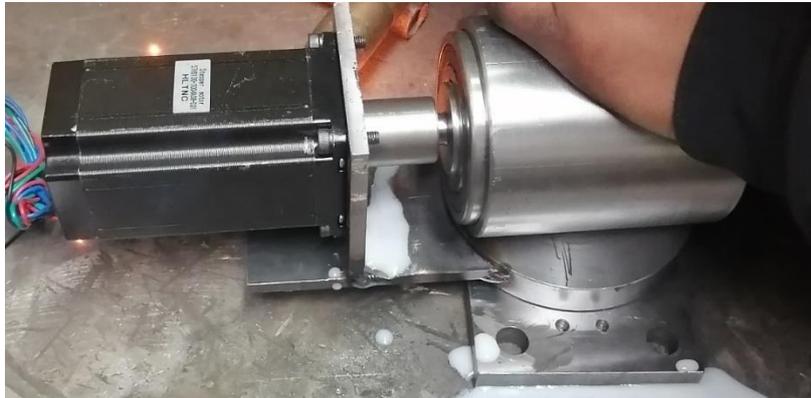


Imagen No. 25 Acoplamiento con motor
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Base para máquina.

La máquina ensamblada es colocada en un base que se anclara al piso, con el fin de aligerar el peso de la misma está realizada en ángulo de 40mm x 4mm, con un espacio inferior para colocar el tablero eléctrico, su proceso de construcción inicio con el corte de los ángulos en la sierra, luego se unen todas las partes mediante soldadura con electrodo 6011 para una mejor penetración.



Imagen No. 26 Corte de material para base de afiladora
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia



Imagen No. 27 Soldadura de estructura
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Ensamble mecánico.

El proceso de ensamble requiere de mucha precisión y está dividido en 2 partes, la primera donde se encuentran los ejes “X”, “Y” y el eje de giro y el segundo donde se ubica la muela abrasiva que tiene un movimiento en el eje “Z”.

El ensamble empezó por colocar en cada base los respectivos rieles sujetos mediante pernos tipo allen M6x15, en ellos se insertan los rodamientos lineales, luego se

sujetó los tornillos en cada una de las bases, utilizando una pequeña base soldada al a placa que posee agujeros roscados para pernos tipo M5x25.



Imagen No. 28 Placas de sujeción de tornillos.
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

En siguiente paso consiste en colocar las chumaceras en los extremos de cada tornillo y acoplarla a las bases mediante pernos tipo allen M6X30.

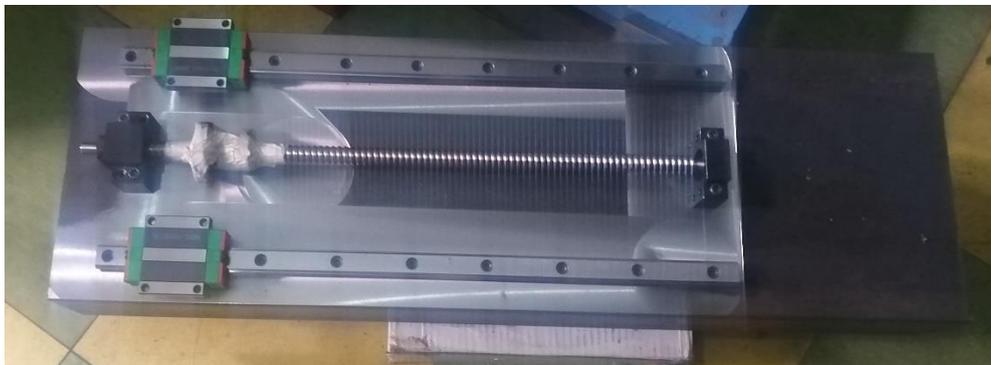


Imagen No. 29 Ensamble de base para eje "X"
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Finalizado este proceso en cada una de las bases es momento de unir todos los componentes para ellos se utilizan los bocines niveladores que se colocan sobre los rodamientos lineales previamente insertados en los rieles para sujetar una base sobre ellos. Este proceso requiere de prueba y error hasta hallar la altura ideal que permite un movimiento fluido de los tornillos, es por ello que se utilizó bases provisionales y lanas de calibración para definir la altura y luego construir los bocines definitivos, es un proceso sensible que puede fallar con tan solo 1 decima de error.

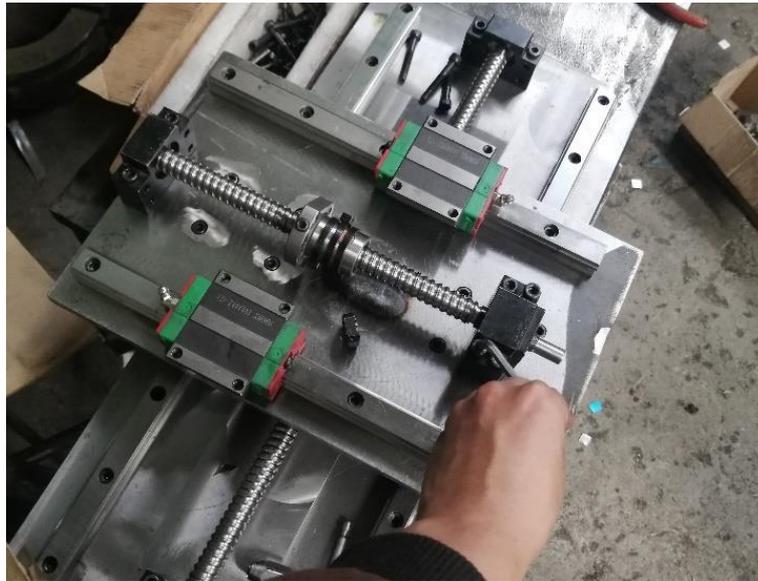


Imagen No. 30 Ensamble de los ejes de movimiento
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Una vez se ha unidos las bases, se procede a colocar los motores en cada tornillo, para ello el motor es anclado a su placa mediante pernos tipo allen M5x15, a continuación, se utilizan bocines para unir al tornillo con el eje del motor y una vez encontrada la altura adecuada se procede a soldar la placa porta motor a cada una de las bases.

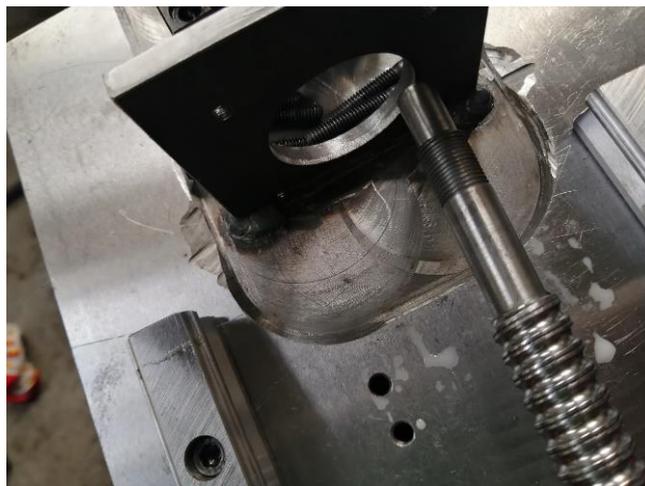


Imagen No. 31 Soldadura de placa porta motor a bases
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo los motores colocados en su sitio y realizando pruebas manuales de su movimiento, se procede a colocar el portaherramientas y el motor de la muela abrasiva utilizando pernos.

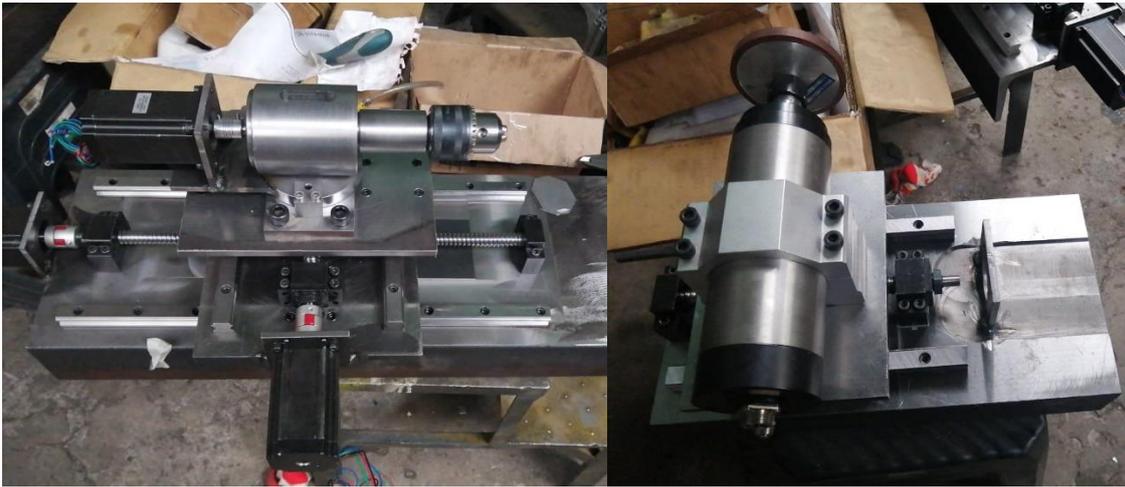


Imagen No. 32 Colocación de portaherramientas y motor de muela abrasiva
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo el proceso de ensamble las dos partes de la afiladora son colocadas sobre la estructura antes preparada y ancladas a la misma mediante soldadura. A continuación, se realizó la colocación de una pequeña base para el inverter del motor y la pintura de toda la estructura.



Imagen No. 33 Pintura de la afiladora
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Programación de componentes electrónicos

Circuito electrónico.

El circuito electrónico cumple la función vital de controlar toda la máquina, para ello se utilizó la tarjeta de control MATCH 3 a la cual se conectarán todos los componentes tales como los motores paso a paso, el inverter y la bomba de agua. Para este fin se realizó la conexión del circuito según el siguiente esquema.

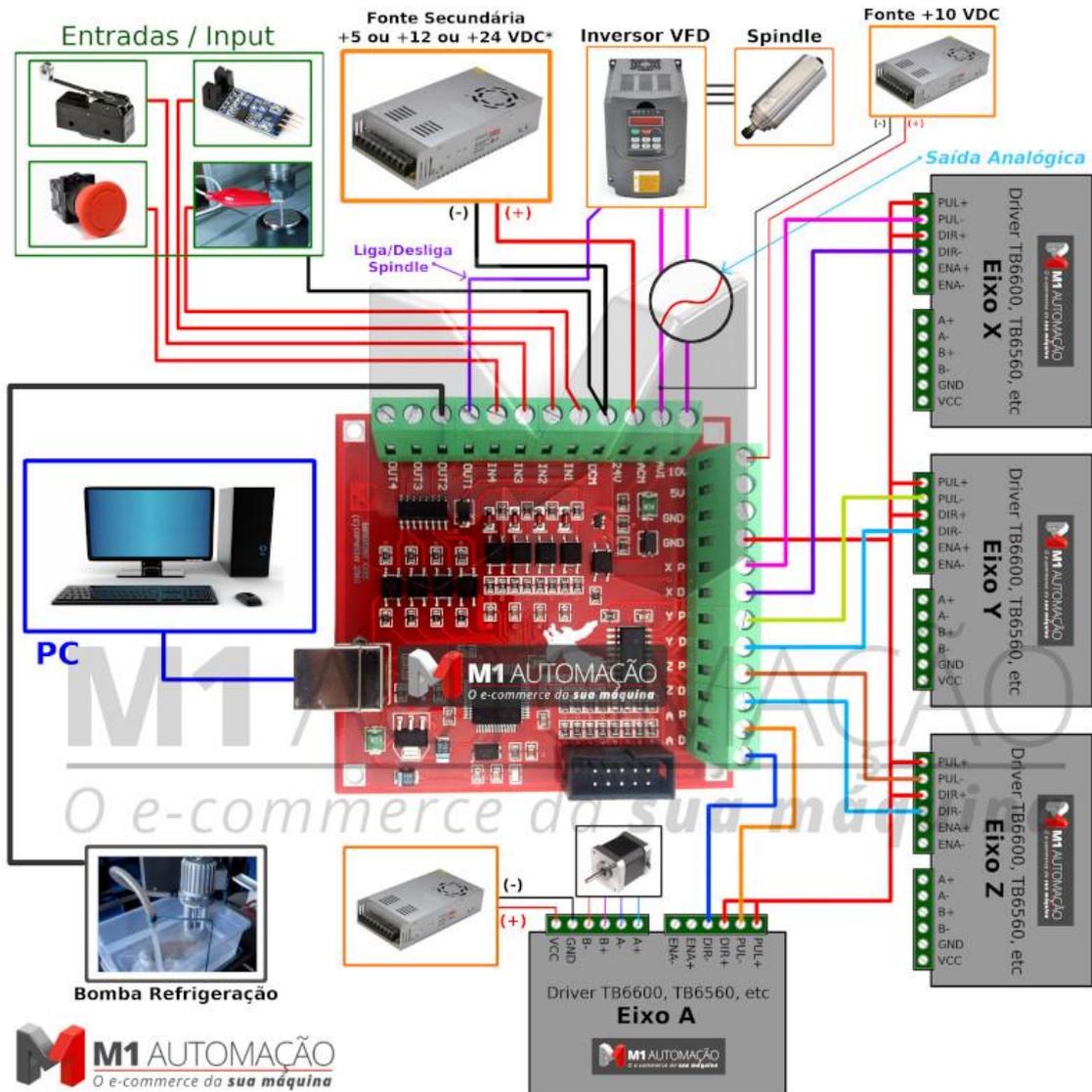


Imagen No. 34 Circuito electrónico
Elaborado por: Drufel
Fuente:(DrufelCNC, 2021)

Para el desarrollo de esta fase se utilizó una caja eléctrica de 38x38x20cm, además de borneras y cableado. En primera instancia se realiza la conexión desde la tarjeta match

3 hacia los controladores BT6600 quienes a su vez se conectan a los motores a través de las borneras. La fuente de poder está alimentada por 220V y su salida es de 36V. Posteriormente se realiza la conexión del inverter el mismo que será controlado por el mismo software, la igual que la bomba de refrigeración. Para finalizar de debe energizar todo el circuito no sin antes colocar una protección eléctrica con un breaker de 220V y 15A.

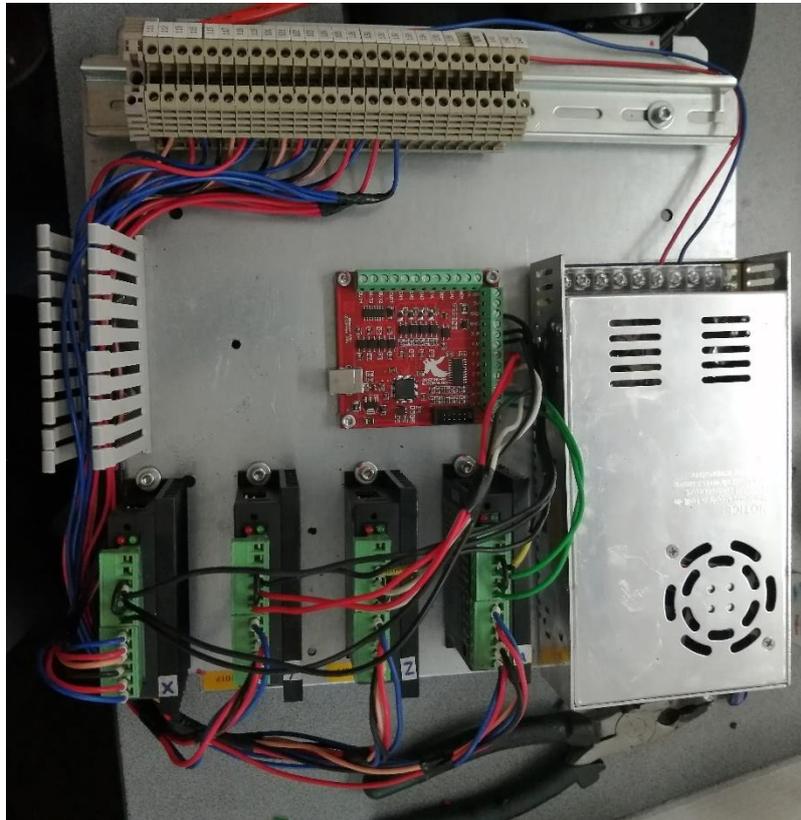


Imagen No. 35 Circuito afiladora
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

Programación de software.

El manejo de la maquina está dada mediante el software propio de match 3, el cual nos permite controlar todos los componentes desde una misma interfaz de usuario, para ellos es necesario activar todos los pines que se van a utilizar en la tarjeta y configurar su uso, así como establecer el cero máquina y la orientación de movimiento de los ejes tanto en positivo como en negativo, esta como primera instancia antes de empezar a trabajar con la máquina.

Una realiza la configuración inicial es necesario preparar los programas de funcionamiento que este caso serán programas de afilado que varían según cada herramienta, esto se realiza mediante código G y código M, (Anexo3)

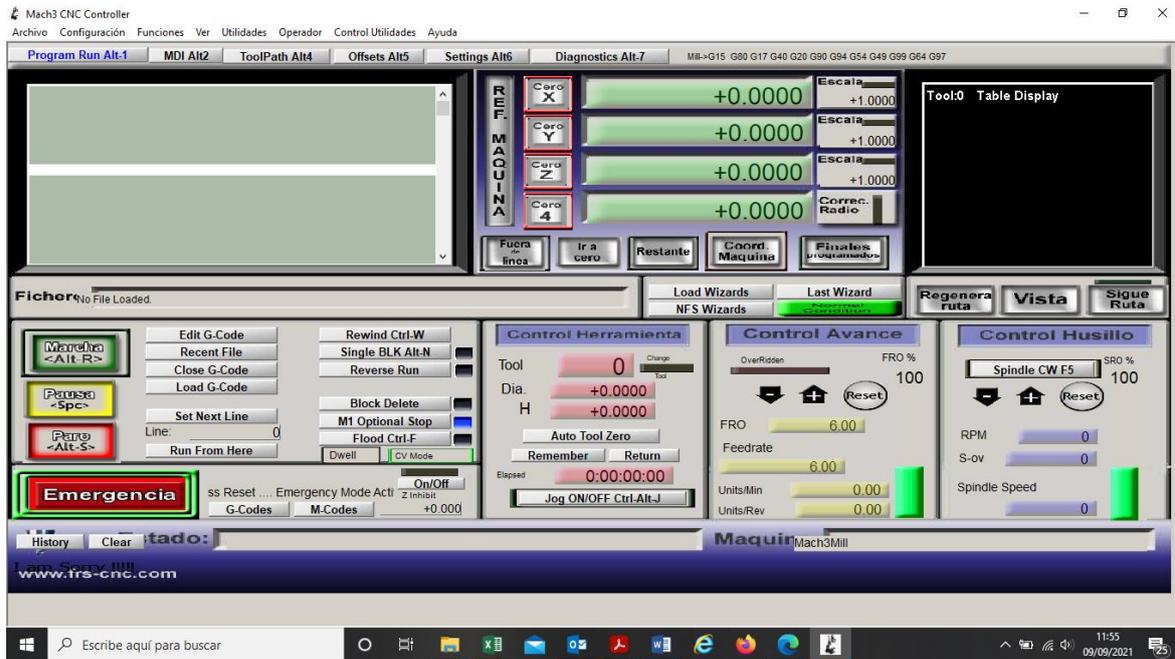


Imagen No. 36 Interfaz de usuario de Mach 3
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Mach 3

El motor del husillo que controla el movimiento de la muela abrasiva requiere ser configurado mediante el inverter, este incluye una serie de códigos que se pueden modificar según las necesidades de la máquina, este paso es de gran importancia ya que, si se inicia el funcionamiento del motor de husillo dejando de lado la configuración o con errores en la misma, puede generarse un corto circuito, en los anexos se adjuntan los parámetros de configuración utilizados.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

Pruebas de funcionamiento

Una vez que se encuentra todo configurado se requiere realizar las diferentes pruebas de funcionamiento para ir ajustando la velocidad y avance de cada eje, hasta obtener el resultado deseado, para ello se requiere conocer los pasos por mm que cada eje requiere para su movimiento para configurar el match 3. Para determinar este valor se requiere conocer el micro paso del motor, el ajuste del controlador y el paso del tornillo de bolas para el caso de los ejes “X”, “Y” y “Z”.

Datos:

- Micro paso del motor: 1, 8°, implica que cada pulso permite un giro de 1. 8° es decir que para girar 360° se requieren 200 pulsos.
- Ajuste del controlador: 8 esto quiere decir que el micro paso del motor será dividido en 8 partes, es decir que con esta configuración el motor requiere 1600 pasos para una vuelta completa.
- Paso del tornillo: 6mm, distancia entre crestas

Cálculo de pulsos por mm.

$$\frac{P}{mm} = \frac{1600pulsos}{5mm} = 320.00 \frac{pulsos}{mm}$$

Este valor se debe colocar en el programa para que al mandar el código G avance los milímetros que se indica.

Adicionalmente en la fase pruebas se verifica el funcionamiento de la bomba de refrigeración del husillo, el sentido de giro de los motores y la velocidad del husillo. Con estos parámetros establecidos, se utilizan herramientas como fresas y brocas en mal estado para probar el sistema de afilado.

Resultados

Datos técnicos.

La afiladora de herramientas rotativas posee las siguientes dimensiones: 1,00 x 0,40 x 1,40 m, pesa aproximadamente 300kg y requiere 220V para su funcionamiento. Utiliza el software de MACH3 para su control y el movimiento de sus diferentes ejes puede ser realizado mediante código G y M o mediante el uso del teclado.

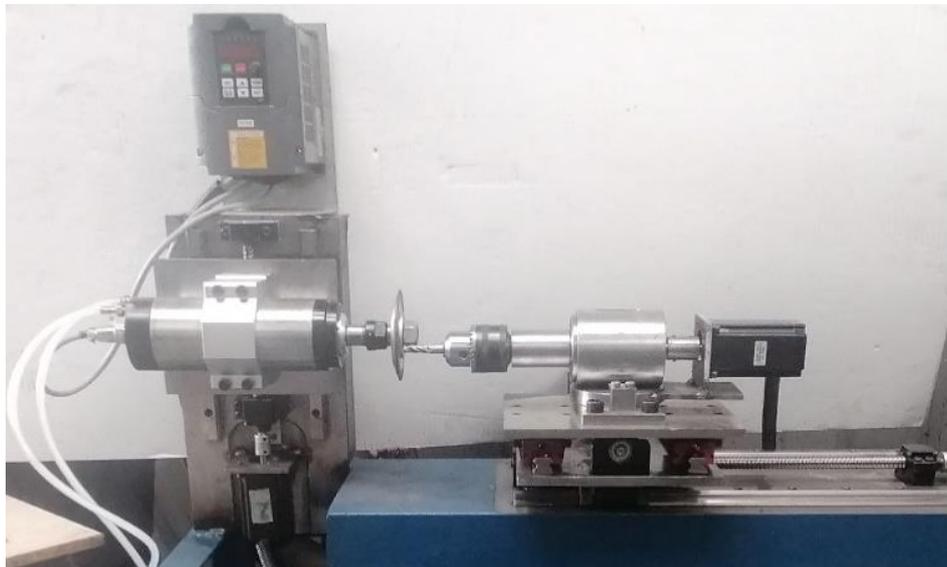


Imagen No. 37 Ejes de movimiento
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia



Imagen No. 38 Afiladora de herramientas rotativas

Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

Fuente: Elaboración Propia

Proceso de afilado.

La máquina está diseñada para afilar principalmente fresas y brocas, y aunque son herramientas diferentes, el proceso de recuperación de filo lo podemos dividir en 2 partes:

1. Paso de la herramienta: el paso de la herramienta se relaciona directamente con la relación entre la distancia y los grados de giro de la hélice. Es decir, cuántos milímetros recorre horizontalmente la hélice al girar determinado número de grados. Este valor es posible calcularlo de manera manual es decir primero se requiere obtener un valor referencial mediante inspección visual de la distancia y el ángulo que recorre y luego realizar pruebas de trayectoria apoyados en el reloj palpador de modo que le recorrido sea exacto y de este modo determinar cuántos grados debe moverse en determinada distancia para no perder la forma de la hélice.
2. Afilado: este proceso requiere sigue varios pasos sencillos. Que se explican en el siguiente gráfico:

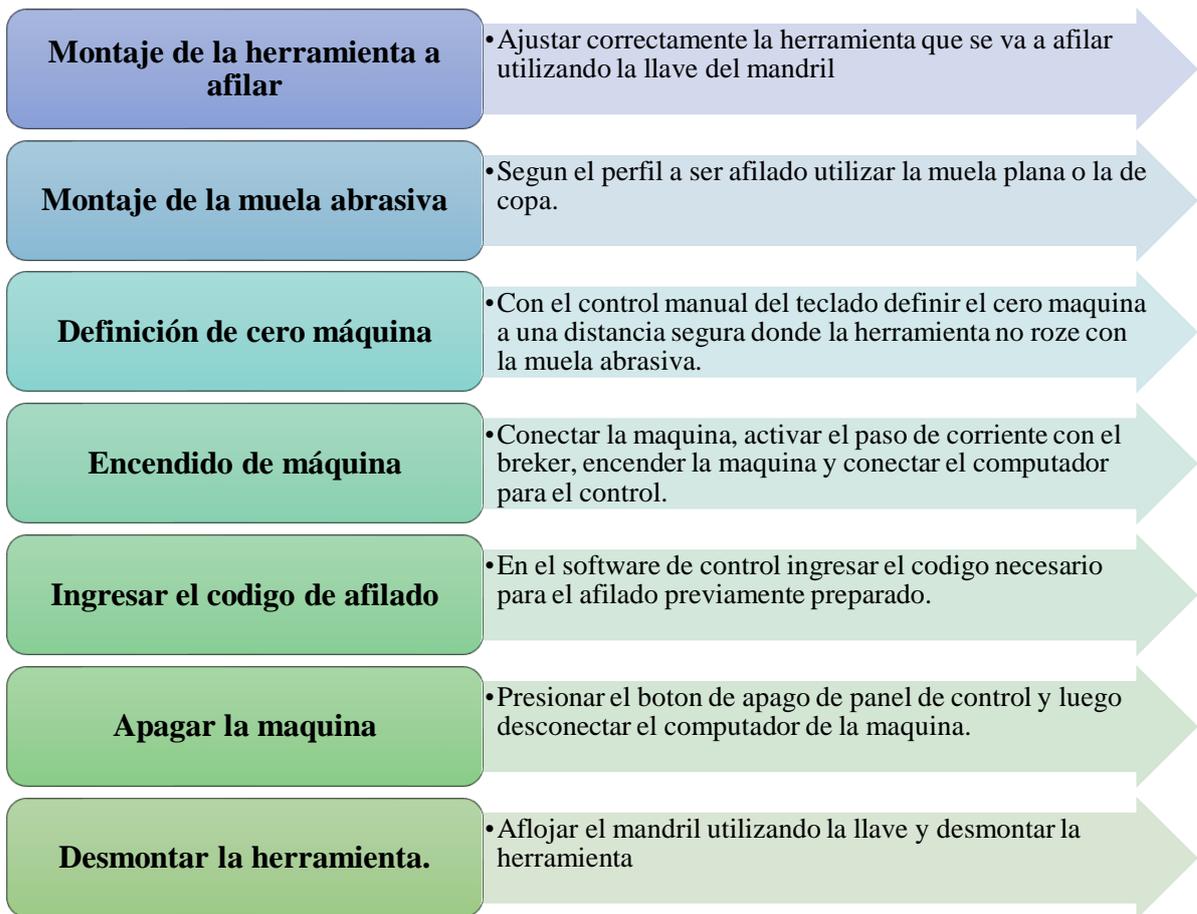


Gráfico No. 3 Proceso de afilado
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

El uso de equipos de protección personal es necesario durante todo el proceso de funcionamiento de la máquina con el objetivo de reducir los riesgos y evitar accidentes.

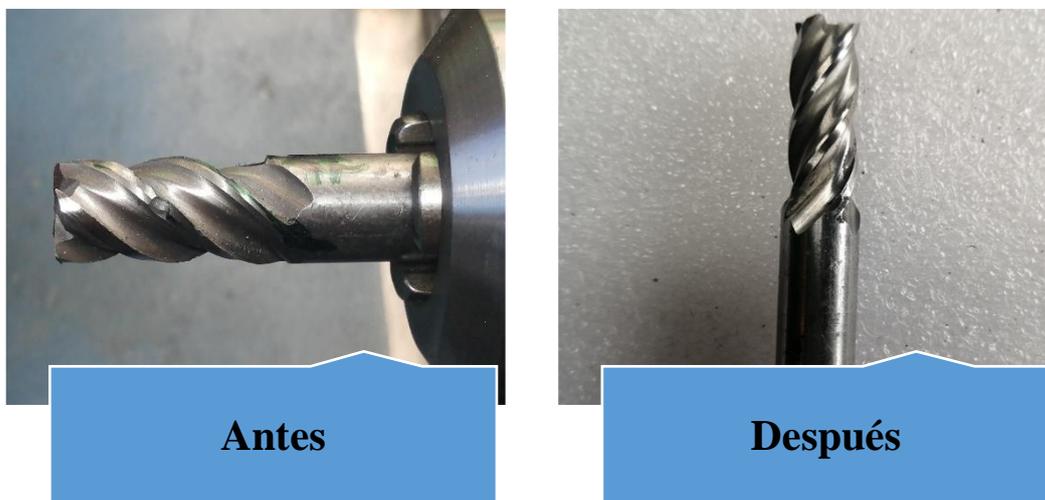


Imagen No. 39 Pruebas de afilado de fresas
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

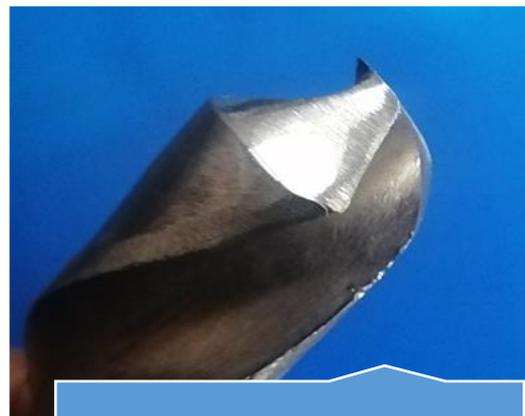
La figura anterior muestra los resultados de afilar una fresa de 10 mm de diámetro, el afilado de los labios de la fresa requiere de dos pasos el primero usando una piedra más ancha para recuperar integralmente el filo de cada labio, luego se utiliza una piedra más delgada y se modifica el ángulo de trabajo para realizar el talón. Para finalizar se realiza la recuperación del filo frontal.



Imagen No. 40 Afilado de talón de la fresa
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia



Antes



Después

Imagen No. 41 Afilado de la punta de una broca
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

El proceso de afilado de una broca es más sencillo, ya que todas las brocas comparten el mismo ángulo de incidencia, se requiere realizar el cálculo de coordenadas para “X” y “Y” de forma simultánea, estos valores se encuentran fácilmente mediante la resolución de un triángulo rectángulo donde sus ángulos son 31° , 59° y 90° , con estos valores y según el diámetro de la broca se calcula los valores que se deberá colocar en el mach3 para recuperar la punta.



Imagen No. 42 Tipos de abrasivos de diamante
Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva
Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- El diseño y componentes de la maquina construida como proyecto de titulaci3n, est3n basados maquinas industriales CNC que existen en el mercado, el agregado electr3nico del proyecto representa un 40% de toda la ejecuci3n, constituyendo un reto profesional de autoaprendizaje, siendo un factor vital en su desempe1o y el complemento de la parte mec3nica.
- Los planos mec3nicos son la base del proceso constructivo ya que la m3quina requiere de gran precisi3n mec3nica, es por ello que el ensamble virtual permiti3 identificar de antemano los errores en la concepci3n de la m3quina y corregirlos a tiempo, sin embargo, en el ensamble final fueron requeridos ajustes de tolerancia para que la maquina funcione.
- La ejecuci3n de la parte mec3nica representa una compilaci3n de conocimientos y experiencia, esta fue construida utilizando procesos de mecanizado como torneado, fresado, esmerilado, soldadura y rectificado, adem3s de procesos auxiliares como son pulido y pintura.

RECOMENDACIONES

Para la construcción de una maquina afiladora de herramientas de corte CNC se recomienda lo siguiente:

- Elaborar las partes y piezas en las dimensiones establecidas en los planos mecánicos.
- Utilizar maquinaria de control numérico en el proceso constructivo ya que su fabricación requiere de gran precisión.
- Profundizar en el estudio e implementación de tecnología CNC.
- Realizar una programación previa de todos los componentes a fin de evitar daños en el equipo electrónico, tomando en cuenta las necesidades de voltaje y amperaje de todos los equipos.
- Utilizar protecciones eléctricas que previene sobrecargas en la máquina.
- Seguir las normas de seguridad e higiene industrial tanto en proceso constructivo como en el uso de la máquina.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Atlantic GmbH. (2018). *Atlantic*. Obtenido de <https://www.atlantic-mueles-abrasivas.es>
- Brocas y roscas. (21 de marzo de 2017). *Expertos en Metal*. Obtenido de <https://brocasyroscas.com/>
- Centro integral de formación profesional Cerdeño. (2015). *Apuntes de afilado*. Asturias: Cerdeño.
- Dormer. (Noviembre de 2016). *Metalmecánica Internacional*. Obtenido de <http://www.metalmecanica.com/>
- DrufelCNC. (2021). DrufelCNC.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería. (s.f). *Mecanizado por arranque de viruta*. Bilbao: Universidad del país Vasco.
- Fernández, A. (2021). *NOVOUTILS*. Obtenido de <https://www.novoutils.com/es/>
- Freile, A. (2021). *TechDesing*. Obtenido de <http://techdesign.com.ec/techw/cursoservomotores-desde-cero/>
- Ivan Bohman. (2021). *Bohman*. Obtenido de <https://www.bohman.com.ec/>
- Krar, S., & Check, A. (2002). *Tecnología de las máquinas-herramientas*. México DF: Alfaomega.
- LYXCNC Store. (2021). *Aliexpress*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/store/911415374?spm=a2g0o.detail.1000061.1.57fb236cbaGY2N>
- Mato, M. A. (2020). *Operaciones básicas de fabricación*. Asturias: Paraninfo.
- Mecanizados de Presición. (23 de junio de 2015). *Mecasinc*. Obtenido de <https://www.mecanizadossinc.com/en/sistema-cnc-control-numericopor-computadora/>
- Muñoz, D. (2015). *Administración de operaciones*. México DF: Cengage.
- Nikolaev, A. (2002). *Máquinas y Herramientas II*. Pueblo y Educación.
- Romero, P. (2018). *Montaje y mantenimiento de líneas automatizadas*. Asturias: Paraninfo.
- Sanchez, P. (2000). *Afilado de brocas helicoidales en afiladora universal*. Boyacá: SENA.

ANEXOS

Anexo 1 Cuadro comparativo de equipos de afilado de herramientas

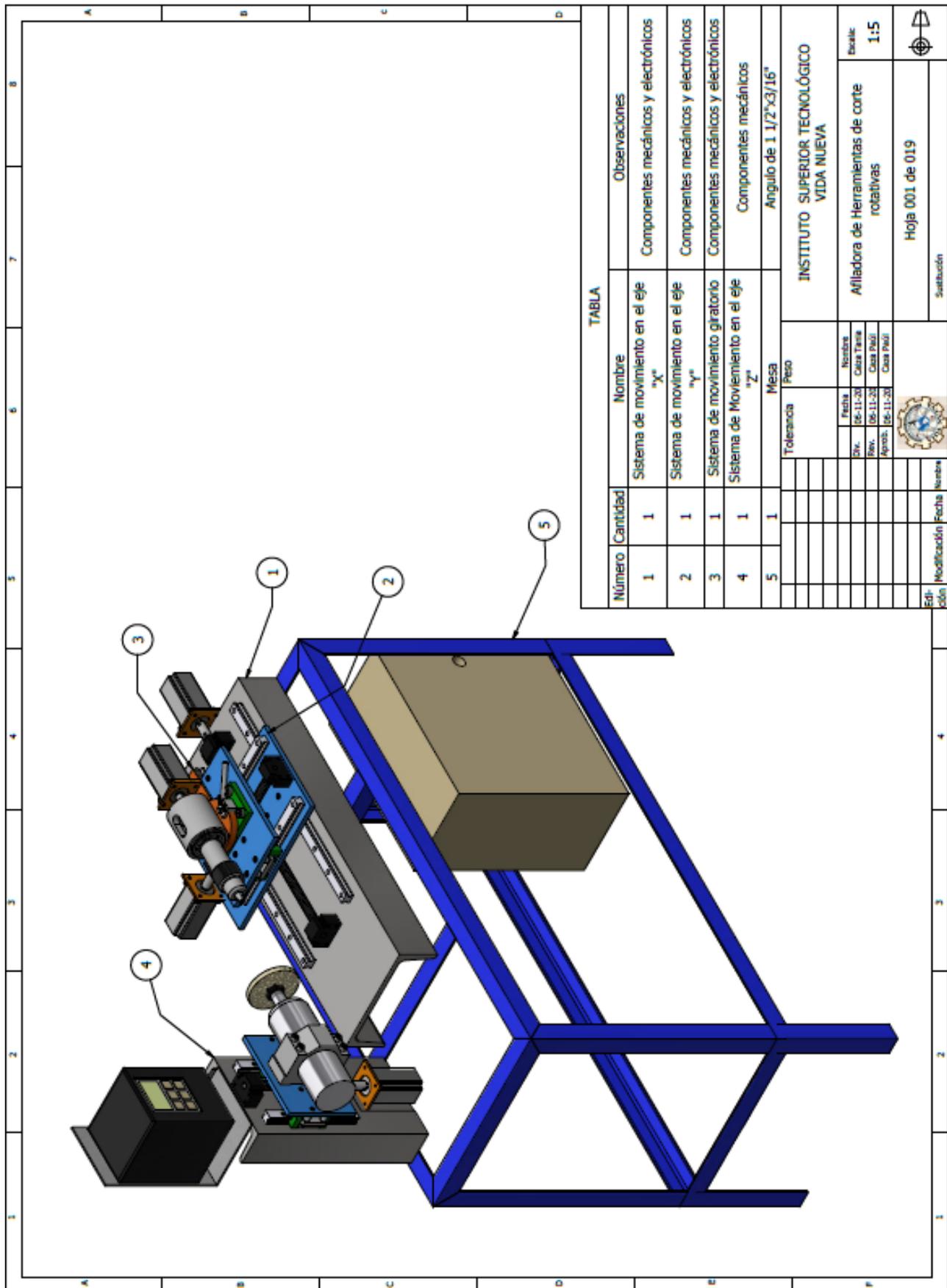
Tabla No. 7 Cuadro comparativo de afiladoras disponible en el mercado

Marca	Diámetro máximo (mm)	Tipo de muela	Rev. de la muela (rpm)	Diámetro de la muela (mm)	Peso kg	Recorrido de la herramienta	Precio (usd)
Hbm	30	Muela blanca o diamante	5200	100	55	140mm	1100
Vertex	32	Diamante	3600	125	100	120	2830
Manekal	N/a	Diamante	2800	125	500	305	4560

Elaborado por: Tania Gabriela Caiza Grijalva

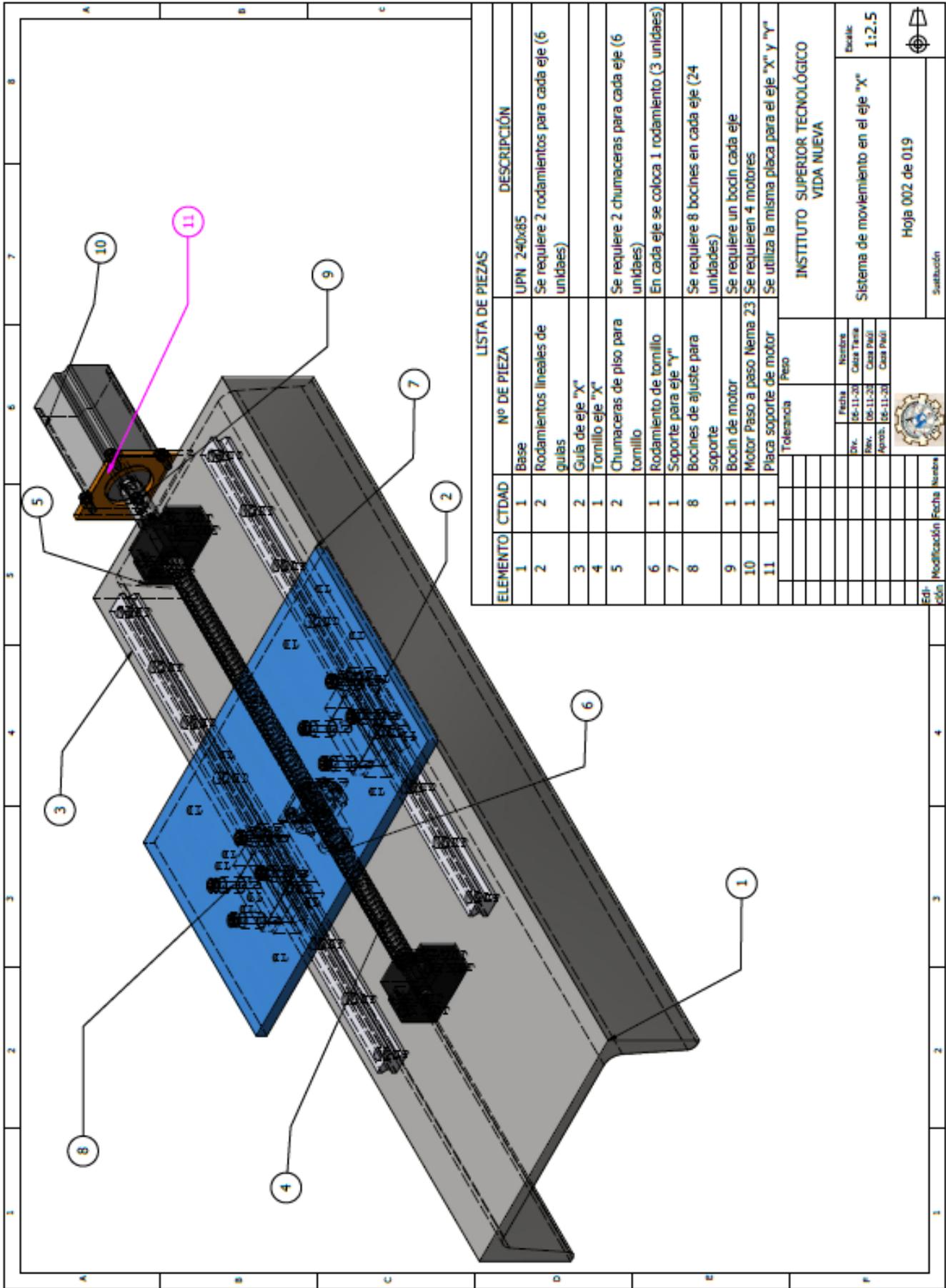
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2 Planos mecánicos y de detalle



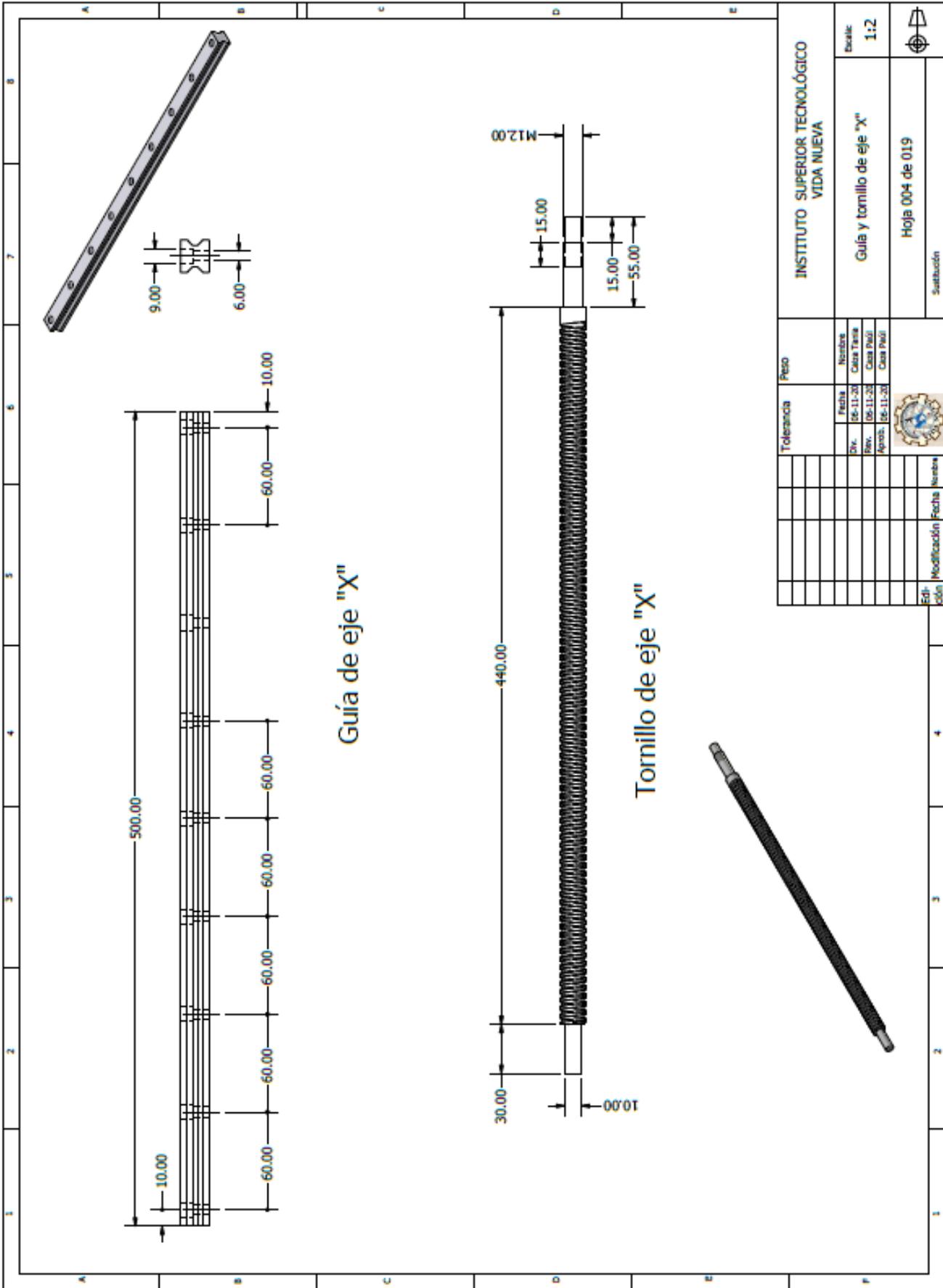
TABLA

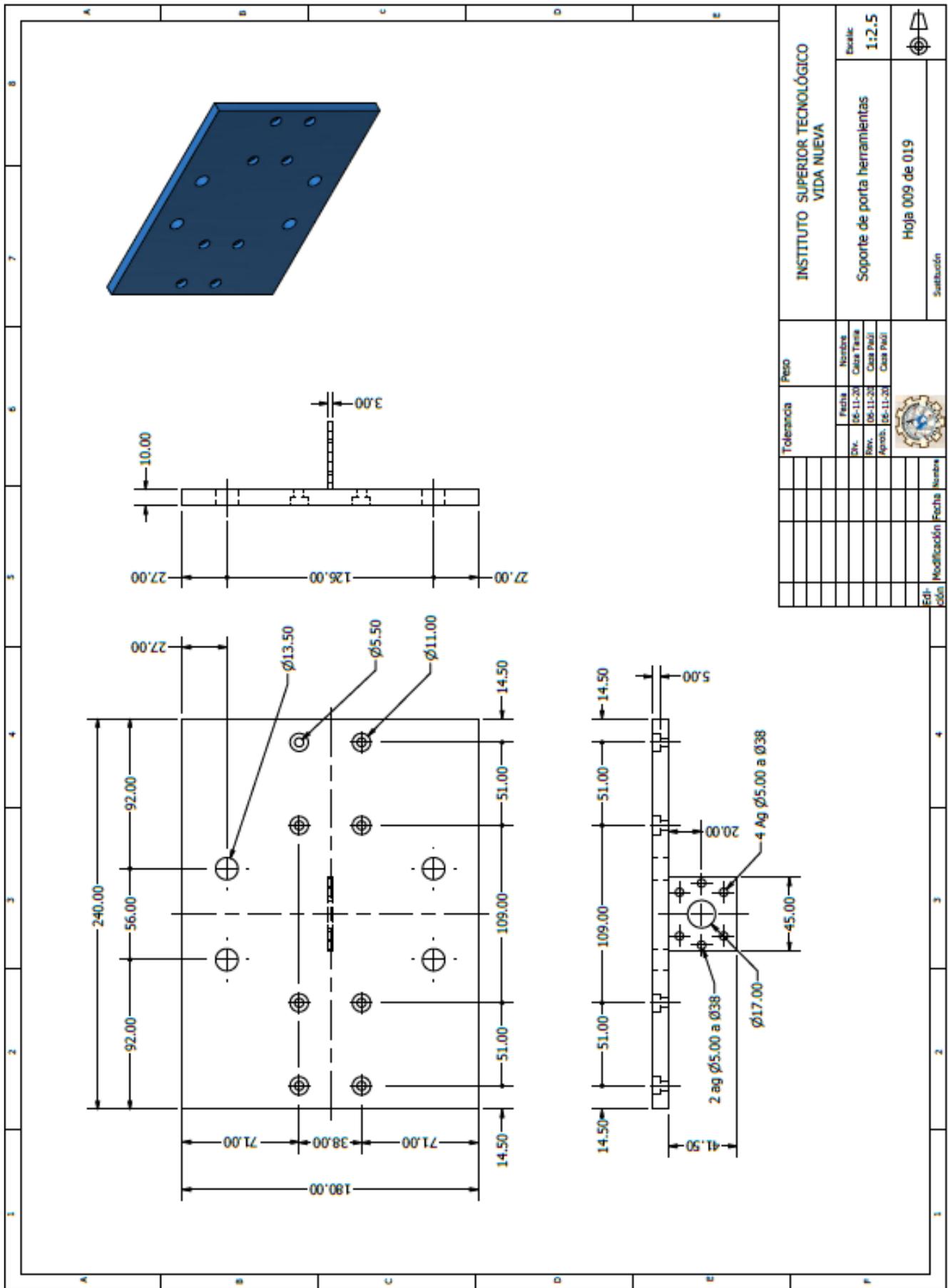
Número	Cantidad	Nombre	Observaciones
1	1	Sistema de movimiento en el eje "x"	Componentes mecánicos y electrónicos
2	1	Sistema de movimiento en el eje "y"	Componentes mecánicos y electrónicos
3	1	Sistema de movimiento giratorio	Componentes mecánicos y electrónicos
4	1	Sistema de Movimiento en el eje "z"	Componentes mecánicos
5	1	Mesa	Angulo de 1 1/2"x3/16"
		Tolerancia	INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA
		Peso	
		Fecha	Nombre
		06-11-20	Casa Tena
		Rev.	06-11-20
		Aprub.	06-11-20
			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre
			Escala: 1:5
			Hoja 001 de 019
			



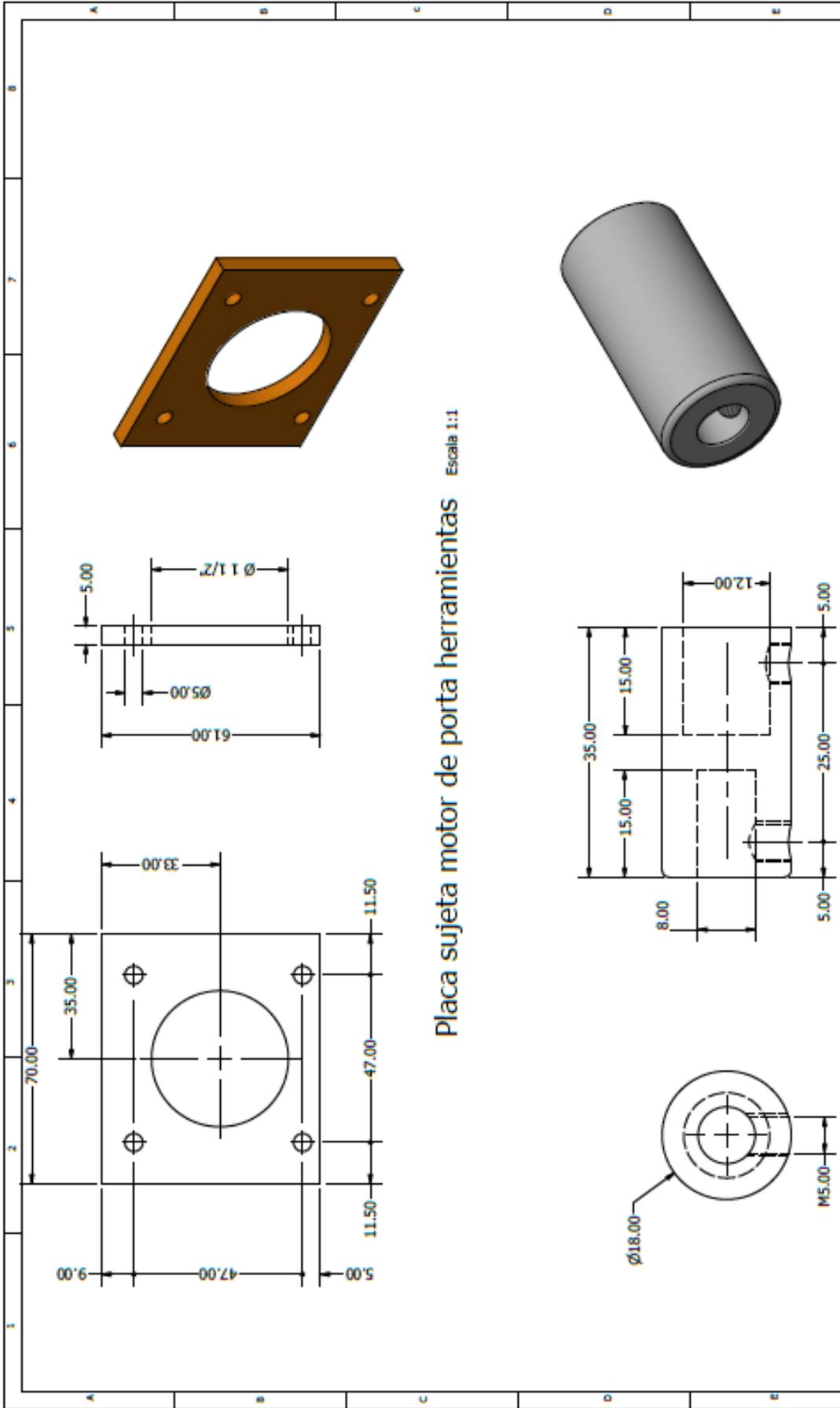
LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CANTIDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Base	UPN 240x85
2	2	Rodamientos lineales de gulas	Se requiere 2 rodamientos para cada eje (6 unidades)
3	2	Guía de eje "X"	
4	1	Tornillo eje "X"	
5	2	Chumaceras de piso para tornillo	Se requiere 2 chumaceras para cada eje (6 unidades)
6	1	Rodamiento de tornillo	En cada eje se coloca 1 rodamiento (3 unidades)
7	1	Soporte para eje "y"	
8	8	Bocines de ajuste para soporte	Se requiere 8 bocines en cada eje (24 unidades)
9	1	Bocin de motor	Se requiere un bocin cada eje
10	1	Motor Paso a paso Nema 23	Se requieren 4 motores
11	1	Placa soporte de motor	Se utiliza la misma placa para el eje "x" y "y"
		Tolerancia	
		Peso	
		Fecha	Revisión
		Dic. 06-11-20	Cable Trama
		Rev. 06-11-20	Cable Píru
		Aprob. 06-11-20	Cable Píru
			
		INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA	
		Sistema de movimiento en el eje "X"	
		Escala: 1:2.5	
Edición	Modificación	Fecha	Hoja 002 de 019
			Substitución

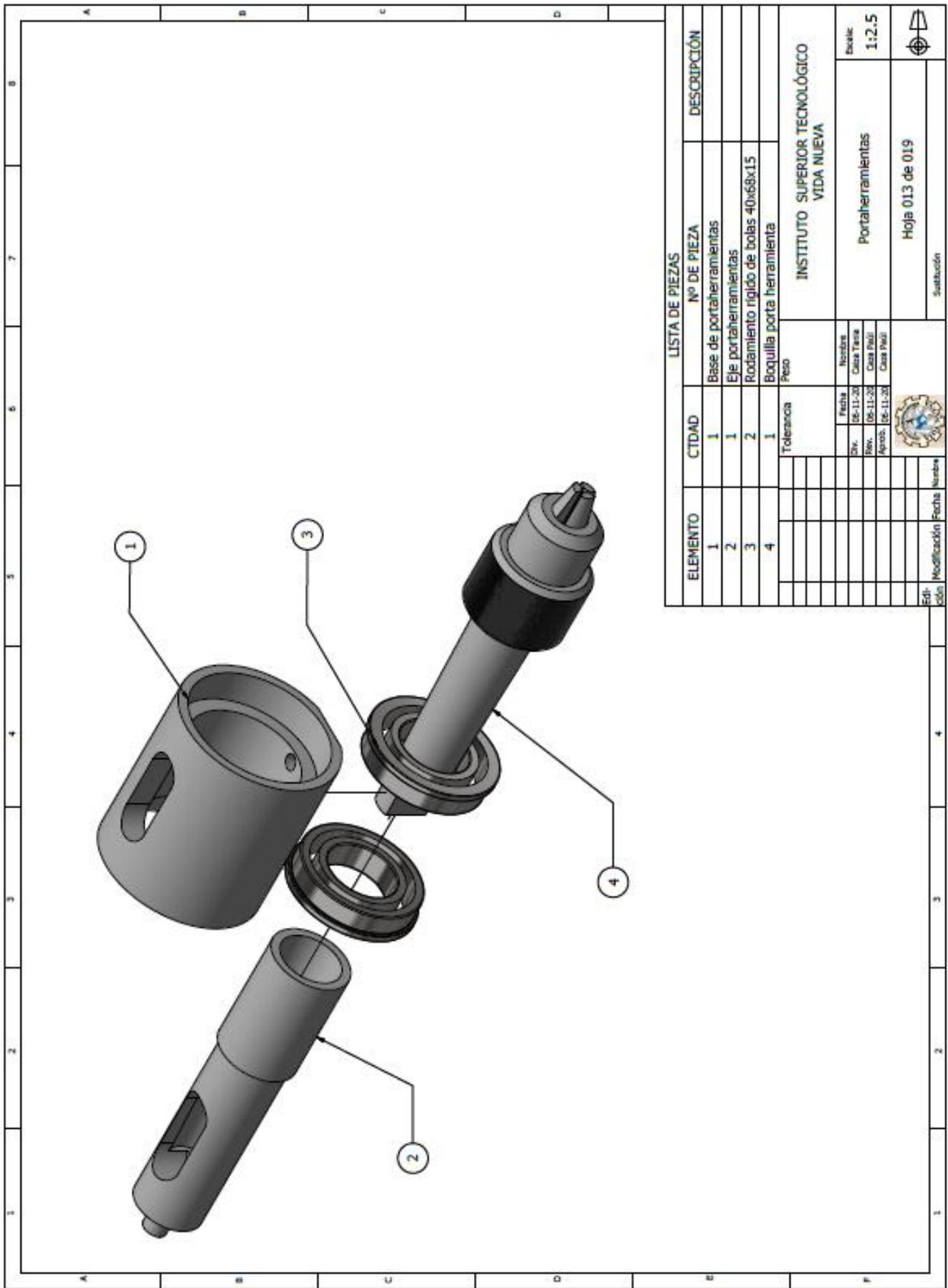




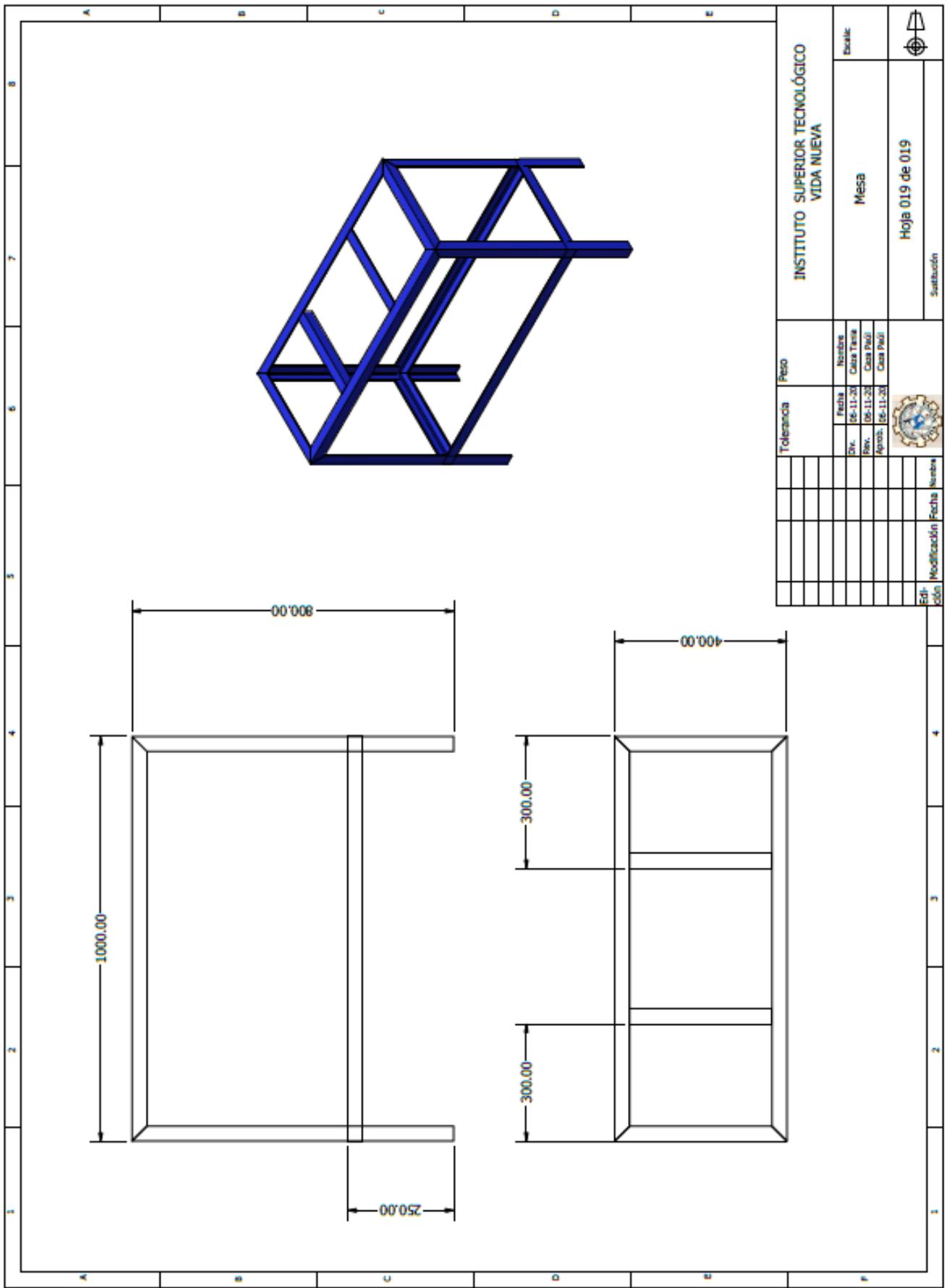
Tolerancia		Peso		INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA	
Div.	Fecha	Nombre	Caja Trámite	Escala:	
Rev.	06-11-20	Carla Peña	Carla Peña	1:2.5	
Aprob.	06-11-20	Carla Peña	Carla Peña		
Edición	Modificación	Fecha	Numero	Hoja 009 de 019	
				Substitución	



Tolerancia		Peso		INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA	
Fecha	Nombre	Fecha	Nombre	Placa motor porta herramientas y bocín de porta herramientas	
06-11-20	Clara Peña	06-11-20	Clara Peña	Bocín	
06-11-20	Clara Peña	06-11-20	Clara Peña	Placa motor porta herramientas	
06-11-20	Clara Peña	06-11-20	Clara Peña	Hoja 012 de 019	
Edi	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución	
000					



LISTA DE PIEZAS									
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN						
1	1	Base de portaherramientas							
2	1	Eje portaherramientas							
3	2	Rodamiento rígido de bolas 40x68x15							
4	1	Boquilla porta herramienta							
		Peso							
		Tolerancia							
		Fecha	Nombre						
		Dr.	06-11-20	Calisa Tiana					
		Riv.	06-11-20	Clara Pineda					
		Aprob.	06-11-20	Clara Pineda					
									
					INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA				
					Portaherramientas				
					Hoja 013 de 019				
					Escala: 1:2.5				
									
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	Suscripción					



Tolerancia		Peso		INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA		Escala
Div.	Fecha	Nombre	Clase Tarea	Mesa		
Rev.	06-11-20	Cast Pineda	Cast Pineda			
Aprob.	06-11-20	Cast Pineda	Cast Pineda			
				Hoja 019 de 019		
				Sustitución		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			

Anexo 3 Código G y M para manejo de CNC

Lista de códigos G:

G00 :: Movimiento rápido lineal (colocación de herramienta).

G01 :: Movimiento interpolación lineal.

G02 :: Movimiento de interpolación circular a favor de las manecillas del reloj.

G02 :: Movimiento de interpolación circular en contra de las manecillas del reloj.

G04 :: Pausa, suspender avance.

G12 :: Hueco circular a favor de las manecillas del reloj.

G13 :: Hueco circular en contra de las manecillas del reloj.

G17 :: Selección del plano de trabajo XY.

G18 :: Selección del plano de trabajo XZ.

G19 :: Selección del plano de trabajo YZ.

G20 :: Sistema de unidades en pulgadas.

G21 :: Sistema de unidades en milímetros.

G28 :: Retorno automático a la posición de inicio de la herramienta.

G40 :: Cancelación del largo de herramienta.

G41 :: Compensación de la herramienta a la izquierda.

G42 :: Compensación de la herramienta a la derecha.

G43 :: Compensación del largo de herramienta positivo.

G49 :: Cancelación de los códigos G41 y G42.

G54 :: Sistema de coordenadas de trabajo 1.

G55 :: Sistema de coordenadas de trabajo 2.

G56 :: Sistema de coordenadas de trabajo 3.

G57 :: Sistema de coordenadas de trabajo 4.

G58 :: Sistema de coordenadas de trabajo 5.

G59 :: Sistema de coordenadas de trabajo 6.

G90 :: Sistema de coordenadas absolutas.

G91 :: Sistema de coordenadas incrementales.

Lista de códigos M:

M03 :: Giro del husillo a favor de las manecillas del reloj.

M04 :: Giro del husillo en contra de las manecillas del reloj.

M05 :: Detiene giro del husillo.

M06 :: Cambio de herramienta.

M08 :: Encendido del refrigerante.

M09 :: Apagado del refrigerante.

M30 :: Finalizar programa.

Anexo 4 Parámetros de configuración del inverter

Parámetros básicos

Category	Code	Function	Set Range & Function Explanation	Factory Setting
Basic Parameters	PD000	Parameter Lock	0: Invalid 1: Valid	0
	PD001	Source of Run Commands	0: Operator 1: External terminal 2: Communication port	0
	Pd002	Source of Operating Frequency	0: Operator board 1: Simulation amount set(board potentiometer and external potentiometer) 2: Communication port	0
	PD003	Main Frequency	0.00~400.00 Hz	*
	PD004	Base Frequency	0.01~400.00 Hz	50.00
	PD005	Max Operating Frequency	50.00~400.00 Hz	50.00
	PD006	Intermediate Frequency	0.01~400.00 Hz	2.50/3.0
	PD007	Min. Frequency	0.01~20.00 Hz	0.50
	PD008	Max. Voltage	0.1V---*	220/380
	PD009	Intermediate Voltage	0.1V---*	*
	PD010	Min. Voltage	0.1~50.0V	*
	PD011	Frequency Lower Limit	0.00~400.00 Hz	0
	PD012	Reserved		
	PD013	Parameter Reset	1: Restore the factory setting. No other function.	00
	PD014	Accel. Time 1	0.1~6500.0S	*
	PD015	Decel. Time 1	0.1~6500.0S	*
	PD016	Accel. Time 2	0.1~6500.0S	*
	PD017	Decel. Time 2	0.1~6500.0S	*
	PD018	Accel. Time 3	0.1~6500.0S	*
	PD019	Decel. Time 3	0.1~6500.0S	*
	PD020	Accel. Time 4	0.1~6500.0S	*
	PD021	Decel. Time 4	0.1~6500.0S	*
	PD022	Reserved		
	PD023	Rev. Rotation Select	0: Rev Run forbidden; 1: Rev Run Enable	0
PD024	STOP key select	0- STOP Invalid 1- STOP Valid	1	

Funciones del motor

Motor Function Parameters	Code	Function	Set Range & Function Explanation	Factory Setting
Motor Function Parameters	PD141	Rated Motor Voltage	Set according to Motor nameplate	*
	PD142	Rated Motor Current	Set according to Motor nameplate	*
	PD143	Motor pole number.	0210	04
	PD144	Rated Motor Revolution	24000	1440