



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**CONTROL DE MOTORES A PASOS POR MEDIO DE CONTROL  
NUMÉRICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA**

**Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros  
Electromecánicos**

**Autores:**

Acurio Salguero Diego Fernando

Aimacaña Shingón Jefferson Alexander

**Tutor Académico:**

Ing. MSc. Luis Miguel Navarrete López

**LATACUNGA-ECUADOR**

**2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **ACURIO SALGUERO DIEGO FERNANDO** y **AIMACAÑA SHINGÓN JEFFERSON ALEXANDER** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación “**CONTROL DE MOTORES A PASOS POR MEDIO DE CONTROL NUMÉRICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA**”, siendo el **ING. MSC. LUIS MIGUEL NAVARRETE LÓPEZ** tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Acurio Salguero Diego Fernando

CC. 050348986-6

Aimacaña Shingón Jefferson Alexander

CC. 055007902-4



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“CONTROL DE MOTORES A PASOS POR MEDIO DE CONTROL NUMÉRICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA”**, de **ACURIO SALGUERO DIEGO FERNANDO** con C.I. **050348986-6** y **AIMACAÑA SHINGÓN JEFFERSON ALEXANDER** con C.I. **0550079024**, de la carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo de 2022

**Tutor**

**Ing. MSc. Luis Miguel Navarrete López**

**CC. 180374728-4**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**; por cuanto, los postulantes: **ACURIO SALGUERO DIEGO FERNANDO** con C.I. 050348986-6 y **AIMACAÑA SHINGÓN JEFFERSON ALEXANDER** con C.I. 055007902-4, con el título de Proyecto de titulación: **“CONTROL DE MOTORES A PASOS POR MEDIO DE CONTROL NUMÉRICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo de 2022

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**  
**Nombre:** Ing. Luigi Freire  
**CC:** 050252958-9

**Lector 2**  
**Nombre:** Ing. Jimmy Toaza  
**CC:** 171762106-2

**Lector 3**  
**Nombre:** Ing. Paúl Corrales  
**CC:** 050234776-8



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, marzo 2022

Ing. MSc. Cristian Gallardo Molina  
Director de la carrera de electromecánica

Presente. –

En calidad de técnico de laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto tecnológico **“CONTROL DE MOTORES A PASOS POR MEDIO DE CONTROL NUMERICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA”**, diseñado por los señores estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica; Diego Fernando Acurio Salguero con C.I. 050348986-6 y Aimacaña Shingón Jefferson Alexander con C.I. 055007902-4.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que el interesado pueda hacer el uso del mismo para los fines que crea conveniente.

Técnico de laboratorio

Ing. Jorge Villarroel

C.I 0502943491



## AGRADECIMIENTO

*A todos los miembros que conforman la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial al grupo de Docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, por haber impartido sus extraordinarios conocimientos durante el proceso de mi formación académica.*

*Al Mg. Ing. Luis Miguel Navarrete López, quien compartió su apoyo incondicional, con sugerencias y críticas constructivas para el desarrollo, en el direccionamiento y revisión de este proyecto.*

*A mi esposa a mis padres, que me ayudaron para que termine esta carrera ya que junto a ellos pude afrontar los desafíos que se presentaron en mi vida estudiantil, a cada uno de los docentes que me supieron guiar e inculcar con su sabiduría.*

*Diego Fernando Acurio Salguero*



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por darme la oportunidad de estar en este mundo, por darme la fortaleza, confianza, humildad, sabiduría, prudencia y seguridad para seguir en el duro caminar de cada día enfrentándome a las adversidades para así alcanzar las metas que me he propuesto.*

*A ti Padre Celestial ya cada qué día me pones pruebas, pero me cobija con su manto, me da fuerzas de aliento, con fe ya que en el todo se puede lograr, además ya que el bendice mi familia los cuales llevo en mis pensamientos, mi corazón y gracias a ello puedo tomar decisiones.*

*A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, por darme la oportunidad de obtener una profesión, de manera especial a la carrera de Ingeniería Electromecánica.*

*A mis profesores que siempre me apoyaron de una u otra manera y que me enseñaron a más de lo teórico que nada es imposible en la vida tan solo hay cosas difíciles, que todo está en la mente que si te propones se puede lograr y con Dios todo se puede.*

*Jefferson Alexander Aimacaña Shingón*



## DEDICATORIA

*A nuestro Señor Jesucristo, que me ha permitido disfrutar cada día de mi vida y que ha estado junto a mi como guía espiritual, por haberme permitido cumplir con mis metas y llegar a cumplir el más grande de los sueños el culminar mi carrera.*

*De manera especial a mi esposa y mi hijo, con su incondicional apoyo me inspiraron a culminar esta meta tan anhelada que teníamos propuesta. Y el resultado hoy se ve reflejado con un título profesional.*

*A mis suegros, hermanos, familiares, aquellos que por medio de su cariño y comprensión han logrado orientar y satisfacer mis sueños de superación y progreso.*

*A mis queridos amigos que aportaron su más desinteresado apoyo, amistad y cariño hacia mi persona, durante toda mi formación académica y la realización de mi proyecto.*

*Diego Fernando Acurio Salguero*



## DEDICATORIA

*Dedico este Trabajo de Tesis con todo mi Corazón, Amor, Cariño, Respeto y Aprecio a mi papá, Luis Marcelo Aimacaña Singaicho por todo el apoyo, confianza y sus sabios consejos que me brindó desde que yo era pequeño, agradezco que con su esfuerzo me dio la oportunidad de terminar mis estudios, a mi mamá María Dolores Shingón Rojas que me dio la vida y me acompañó durante el trayecto de la misma brindándome su amor, corrigiendo mis faltas y guiándome de su mano por el camino del bien.*

*A mi hermano Cristian Geovanny Aimacaña Shingón que en paz descansa quien me enseñó el valor y amor incondicional entre hermanos desde pequeño y aunque el tiempo no le alcanzo para acompañarme durante mi camino aquí en la tierra, él me supo cuidar desde el cielo y me envió sus bendiciones para que yo no decaiga y trunque mi recorrido para cumplir mis metas y objetivos.*

*A mi Hermano, Hermanas, y a mis Sobrinas que en el transcurso del tiempo me han brindado su Amistad, Cariño, Amor y sobre todo Comprensión en los buenos y malos momentos para así luchar día a día por cumplir mis metas de las cuales ellos forman parte importante.*

*A Erika Gabriela Aimacaña Orozco por acompañarme en los buenos y malos momentos, quién a pesar de la adversidad es una persona muy importante en mi vida.*

*Jefferson Alexander Aimacaña Shingón*



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	4
2.1 EL PROBLEMA .....	5
2.1.1 Situación Problemática.....	5
2.1.2 Matriz Causa - Efecto.....	5
2.1.3 Formulación del problema.....	6
2.2 BENEFICIARIOS .....	6
2.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
2.4 HIPÓTESIS .....	7
2.5 OBJETIVOS.....	7
2.5.1 General .....	7
2.5.2 Específicos.....	7
2.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	8
3.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	8
3.2 PROCESO DE CORTE DE METALES .....	10
3.2.1 Corte por plasma.....	12
3.3 MÁQUINA CNC.....	12
3.3.1 Cinemática de manipuladores de configuración cartesiana.....	123
3.3.2 Configuración del control Numérico Computarizado .....	14
3.3.3 Máquina CNC de corte por plasma .....	14
3.4 MOTORES .....	16
3.4.1 Motores DC, Servomotores y motores paso a paso.....	16
3.4.2 Clasificación de motores paso a paso .....	18
3.4.3 Comparativa de motores paso a paso vs servo motores vs motor DC.....	23



3.4.4	Comparativo de características motores paso a paso vs servo motores .....	23
3.5	TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS .....	23
3.5.1	Antecedentes y definición .....	23
3.5.2	Comparativa de tarjetas de control de motores paso a paso.....	24
3.6	SOFTWARE.....	25
3.6.1	Sistema CAD/CAM.....	25
3.6.2	Principales características de funcionamiento para software CAD/CAM.....	25
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
4.1	INVESTIGACIÓN .....	27
4.1.1	Investigación Bibliográfica.....	27
4.1.2	Investigación de Campo .....	27
4.2	MÉTODOS.....	27
4.2.1	Método Hipotético - Deductivo.....	27
4.2.2	Método Experimental .....	28
4.3	TÉCNICAS.....	28
4.3.1	Observación.....	28
4.3.2	Pruebas de Movilidad .....	28
4.3.3	Análisis .....	34
4.4	INSTRUMENTOS .....	28
4.5	DECLARACIÓN DE VARIABLES.....	28
4.5.1	Variable independiente .....	28
4.5.2	Variable dependiente .....	29
4.6	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.....	29
4.6.1	Desarrollo del proyecto .....	30
4.6.2	Análisis del sistema de corte por plasma.....	30
4.7	DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA CNC .....	31
4.7.1	Dimensionamiento de la estructura para la máquina.....	31



4.7.2	Selección del material para la estructura de la máquina CNC.....	33
4.7.3	Deslizamiento lineal de la máquina CNC.....	35
4.7.4	Análisis y selección de la transmisión de ejes.....	36
4.7.5	Sistema de movimiento lineal.....	39
4.8	DISEÑO DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO (EJES).....	40
4.8.1	Eje X.....	40
4.8.2	Eje Y- A.....	40
4.8.3	Eje Z.....	41
4.8.4	Diseño de la mesa de corte (rejilla).....	42
4.9	CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO.....	42
4.9.1	Principio de Funcionamiento.....	43
4.9.2	Ventajas de usar un sistema CNC.....	43
4.9.3	Análisis y selección de hardware y software para el control y monitoreo.....	44
4.10	MOTORES PASO A PASO.....	47
4.10.1	Descripción del motor paso a paso NEMA 24.....	47
4.10.2	Características y especificaciones del motor paso a paso NEMA 24.....	48
4.11	EQUIPO DE CORTE POR PLASMA.....	49
4.11.1	Antorcha.....	50
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	52
5.1	Prueba de Funcionamiento 01.....	52
5.2	Prueba de Funcionamiento 02.....	61
5.3	Activación del botón de paro.....	63
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO.....	63
6.1	PRESUPUESTO.....	63
6.2	VAN Y TIR.....	66
6.3	ANÁLISIS DE IMPACTO.....	66
6.3.1	Impacto Tecnológico.....	67



7.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	68
7.1	CONCLUSIONES.....	68
7.2	RECOMENDACIONES .....	68
8.	BIBLIOGRAFÍAS.....	69
9.	ANEXOS.....	71



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Beneficiarios directos de la propuesta.....	6
<b>Tabla 2.</b> Beneficiarios indirectos de la propuesta.....	6
<b>Tabla 3.</b> Sistemas de tareas.....	7
<b>Tabla 4.</b> Cuadro de clasificación de los motores paso a paso.....	22
<b>Tabla 5.</b> Servomotor de CC vs. Motor paso a paso vs. Motor DC.....	22
<b>Tabla 6.</b> Características de servomotor de CC vs motor paso a paso.....	23
<b>Tabla 7.</b> Tarjetas de control para motores paso a paso.....	25
<b>Tabla 8.</b> Variable independiente.....	29
<b>Tabla 9.</b> Variable dependiente.....	29
<b>Tabla 10.</b> Porcentaje del acero ASTM.....	33
<b>Tabla 11.</b> Sistemas de transmisión.....	38
<b>Tabla 12.</b> Análisis técnico comparativo de los parámetros principales a tomarse en cuenta para la selección del sistema de transmisión descartando el sistema de transmisión por cadena. ...	39
<b>Tabla 13.</b> Tarjetas de control.....	45
<b>Tabla 14.</b> Especificaciones de motor paso a paso.....	48
<b>Tabla 15.</b> Se detalla las principales características de la cortadora por plasma.....	49
<b>Tabla 16.</b> Especificaciones generales de la antorcha.....	51
<b>Tabla 17.</b> Detalle de cortes de prueba 01.....	53
<b>Tabla 18.</b> Especificaciones técnicas calibre digital Stainless.....	54
<b>Tabla 19.</b> Resultado de pruebas de la circunferencia de 20mm.....	54
<b>Tabla 20.</b> Resultado de pruebas de la circunferencia de 50mm.....	56
<b>Tabla 21.</b> Resultado de pruebas de la circunferencia de 75mm.....	57
<b>Tabla 22.</b> Resultado de pruebas de la circunferencia de 100mm.....	58
<b>Tabla 23.</b> Resultado de pruebas de la circunferencia de 150mm.....	60
<b>Tabla 24.</b> Rango de Tolerancia.....	61
<b>Tabla 25.</b> Rango General de Repetibilidad.....	61



<b>Tabla 26.</b> Detalle 02 de corte de prueba .....	62
<b>Tabla 27.</b> Especificaciones de corte de la máquina.....	62
<b>Tabla 28.</b> Costo de elementos normalizados y suministros.....	64
<b>Tabla 29.</b> Costos de materiales. ....	64
<b>Tabla 30.</b> Costos de mano de obra y maquinaria.....	65
<b>Tabla 31.</b> Costo Final de la Maquinaria CNC de corte por plasma.....	65
<b>Tabla 32.</b> Cálculo del VAN y TIR.....	66
<b>Tabla 33.</b> Tasa de descuento, datos porcentuales .....	66



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Diagrama de Ishikawa.....	5
<b>Figura 3.1.</b> Arranque de viruta continua.....	11
<b>Figura 3.2.</b> Cizallado de forma manual. ....	11
<b>Figura 3.3.</b> Proceso de corte por plasma en acero. ....	12
<b>Figura 3.4.</b> Arco/chispa de plasma. ....	14
<b>Figura 3.5.</b> Aplicación del proceso de corte por plasma. ....	16
<b>Figura 3.6.</b> Motor DC.....	17
<b>Figura 3.7.</b> Servomotor.....	17
<b>Figura 3.8.</b> Motor paso a paso de 4 cables. ....	18
<b>Figura 3.9</b> Esquema motor paso a paso unipolar de 6 cables.....	19
<b>Figura 3.10.</b> Esquema motor paso a paso bipolar con 4 cables.....	19
<b>Figura 3.11.</b> Principio de funcionamiento de un motor paso a paso de imán permanente.....	20
<b>Figura 3.12.</b> Principio de funcionamiento de un motor paso a paso de reluctancia variable. .	20
<b>Figura 3.13.</b> Rotor de un motor paso a paso híbrido. ....	21
<b>Figura 3.14.</b> Principio de funcionamiento de un motor paso a paso hírido.....	21
<b>Figura 3.15.</b> Sistema de adquisición de datos.....	24
<b>Figura 3.16.</b> Proceso sobre el desarrollo desde CAD hasta el corte.....	26
<b>Figura 4.1.</b> Diagrama de bloques del proceso de corte por plasma.....	31
<b>Figura 4.2.</b> Diseño de estructura del sistema.....	32
<b>Figura 4.3.</b> Estructura mecánica de la máquina CNC .....	34
<b>Figura 4.4.</b> Estructura mecánica con bandeja de la máquina CNC.....	35
<b>Figura 4.5.</b> Transmisión por correa. ....	36
<b>Figura 4.6.</b> Tornillo sinfín. ....	37
<b>Figura 4.7.</b> Piñón - Cremallera. ....	37
<b>Figura 4.8.</b> Ejes de una máquina. ....	39
<b>Figura 4.9.</b> Vista frontal del perfil de aluminio del eje X. ....	40



<b>Figura 4.10.</b> Vista isométrica NE del perfil de aluminio del eje Y.....	40
<b>Figura 4.11.</b> Sistema del eje Z con porta antorcha. ....	41
<b>Figura 4.12.</b> Sistema de guías y acoples para desplazamiento.....	41
<b>Figura 4.13.</b> Diseño de la mesa de corte.....	42
<b>Figura 4.14.</b> Diagrama de bloques del funcionamiento de una CNC.....	43
<b>Figura 4.15.</b> Trajeta de adquisición de datos.....	45
<b>Figura 4.16.</b> Control Driver M542T.....	46
<b>Figura 4.17.</b> Pantalla principal del software MACH 3.....	46
<b>Figura 4.18.</b> Control paso a paso NEMA 24. ....	47
<b>Figura 4.19.</b> Cortadora por plasma ESAB modelo PT-32EH TORCH 1250.....	49
<b>Figura 4.20.</b> Vista frontal de cortadora por plasma.....	50
<b>Figura 4.21.</b> Vista posterior de cortadora por plasma. ....	50
<b>Figura 4.22.</b> Antorcha para corte por plasma. ....	51
<b>Figura 4.23.</b> Cabezal de la antorcha y sus componentes.....	52
<b>Figura 5.1.</b> Corte de prueba 01.....	53
<b>Figura 5.2.</b> Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 20mm .....	55
<b>Figura 5.3.</b> Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 50mm .....	57
<b>Figura 5.4.</b> Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 75mm .....	58
<b>Figura 5.5.</b> Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 100mm .....	59
<b>Figura 5.6.</b> Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 150mm .....	60
<b>Figura 5.7.</b> Corte de prueba 02.....	62
<b>Figura 5.8.</b> Señal de activación paro de emergencia .....	63



## ÍNDICE DE FÓRMULAS

<b>Figura 4.1.</b> Cálculo de la media.....	34
<b>Figura 5.1.</b> Cálculo de la media.....	55
<b>Figura 5.2.</b> Tolerancia.....	55
<b>Figura 5.3.</b> Desviación Estandar.....	55
<b>Figura 5.4.</b> Porcentaje de repetibilidad.....	56



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

#### TÍTULO: “CONTROL DE MOTORES A PASOS POR MEDIO DE CONTROL NUMÉRICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA”

#### Autores:

Acurio Salguero Diego Fernando

Aimacaña Shingón Jefferson Alexander

#### RESUMEN

El presente proyecto está definido de acuerdo a distintos parámetros enfocados en el control de motores a pasos haciendo uso de una herramienta de gran utilidad siendo ésta el control numérico computarizado el cuál a través de software vectoriza imágenes pasándolas a un lenguaje de tipo G de manera que se comunique con el software de control como lo es MACH 3 con la finalidad de aplicarlo a un proceso de corte por plasma recreando en similitud el diseño con el corte realizado en el material a trabajar siendo éste material de tipo metálico, de la mano se evidencia la construcción de una estructura misma que sirve de base para el sistema de transmisión de movimiento de la máquina CNC, es importante conocer que en la actualidad el control numérico computarizado se encuentra vigente dentro de la industria ya que el mismo ayuda a optimizar distintos procesos en los cuales es aplicado, tomando en cuenta los requerimientos personalizados que se desee por tal motivo en el transcurso del documento se da a conocer los aspectos más relevantes en su diseño, construcción y control del equipo CNC.

**Palabras clave:** Computarizado, motores, numérico, parámetro, vectoriza.



## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: “STEP MOTOR CONTROL BY MEANS OF NUMERICAL CONTROL APPLIED TO A PLASMA CUTTING MACHINE”**

**Authors:**

Acurio Salguero Diego Fernando

Aimacaña Shingón Jefferson Alexander

**ABSTRACT**

This project is defined according to different parameters focused on the control of stepper motors making use of a very useful tool being the computer numerical control which through software vectorizes images passing them to a language of type G so that it communicates with the control software as it is MACH 3 in order to apply it to a plasma cutting process recreating in similarity the design with the cut made in the material to work being this material of metallic type, It is important to know that at present the computerized numerical control is in force in the industry because it helps to optimize different processes in which it is applied, taking into account the custom requirements that are desired for that reason in the course of the document is given to know the most relevant aspects in its design, construction and control of CNC equipment.

**Keywords:** Computerized, motors, numerical, parameter, vectorized.

## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“CONTROL DE MOTORES A PASOS MEDIANTE CONTROL NUMÉRICO APLICADO A UNA MÁQUINA DE CORTE POR PLASMA”**, presentado por: **Acurio Salguero Diego Fernando y Aimacaña Shingón Jefferson Alexander**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 22 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO  
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC  
CI: 0502666514

## **1. INFORMACIÓN GENERAL:**

### **Título:**

Control de motores a pasos por medio de control numérico aplicado a una máquina de corte por plasma

**Tipo de Proyecto:** Proyecto Tecnológico

**Fecha de inicio:** Octubre de 2021.

**Fecha de finalización:** Marzo de 2022.

### **Lugar de ejecución:**

Laboratorio de Mecanizado de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

### **Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica.

**Proyecto de investigación vinculado:** Proyecto de vinculación.

### **Equipo de trabajo:**

#### **Tutor de Titulación**

Nombre: Ing. MSc. Navarrete López Luis Miguel

Cédula de identidad: 180374728-4

Correo electrónico: luis.navarrete@utc.edu.ec

#### **Lector 1**

Nombre: Ing. Freire Martínez Luigi Orlando

Cédula de identidad: 050252958-9

Correo electrónico: luigi.freire@utc.edu.ec

#### **Lector 2**

Nombre: Ing. Toaza Iza Jimmy

Cédula de identidad: 171762106-2  
Correo electrónico: jimmy.toaza@utc.edu.ec

### **Lector 3**

Nombre: Ing. Paúl Corrales Bastidas  
Cédula de identidad: 050234776-8  
Correo electrónico: byron.corrales@utc.edu.ec

### **Estudiante 1**

Nombre: Acurio Salguero Diego Fernando  
Cédula de Ciudadanía: 050348986-6  
Correo electrónico: diego.acurio9866@utc.edu.ec  
Dirección: La Victoria, Salcedo, Cotopaxi

### **Estudiante 2**

Nombre: Aimacaña Shingón Jefferson Alexander  
Cédula de Ciudadanía: 055007902-4  
Correo electrónico: jefferson.aimacana9024@utc.edu.ec  
Dirección: La Laguna, Latacunga, Cotopaxi

### **Área de Conocimiento:**

El área del conocimiento según la CINE-UNESCO se encuentra:

Área: (07) Ingeniería, industria y construcción.

Subárea: (071) Ingeniería y profesiones afines.

Subárea específica del conocimiento: (07145) Mecánica y metalurgia. / (0714) Electrónica y automatización.

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

La presente línea de investigación se enfocará en fomentar el desarrollo tecnológico y procesos para perfeccionar el desempeño productivo y transformar materias primas en productos de alto valor agregado, impulsando la industria limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. De igual forma, diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios

de las empresas públicas y privadas, para promover el desarrollo socio económico del país y cambios en la matriz productiva de la zona.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Con el paso del tiempo y los avances tecnológicos en el campo de la industria, se ha generado un amplio desarrollo de máquinas que operan a través de control numérico computarizado (CNC) con una potencia y rapidez sin precedentes. Las innumerables funciones integradas en las máquinas simplifican incluso los procesos de corte que a simple vista son demasiado complejos. Un mejor manejo a mayor velocidad y fácil programación es lo que ofrece una máquina CNC, así la máquina no genera problemas en operaciones, como la instalación y el mantenimiento. Al incluir todas estas ventajas las máquinas CNC están generando fama dentro del campo industrial, uno de los mayores ejemplos utilizado en el campo de industria es la de corte por plasma por su limpieza al realizar el corte y su versatilidad.

El desarrollo de ideas tecnológicas surge de lo anteriormente mencionado enfocadas al diseño y construcción de Máquinas-herramientas cada vez más novedosas, algunas manejan velocidades diferentes y lo más importante es que todas generan calidades de corte únicas.

En el Ecuador la industria relacionada con el corte de metales se está innovando y optando por adoptar nuevas tecnologías, incrementando la calidad y productividad enfocándose en la búsqueda constante de máquinas con alta calidad de corte, gran productividad y reducción en los costos operativos además del tiempo de corte, siendo indiscutiblemente una prioridad a nivel industrial; para que satisfacer dichas necesidades presentes dentro de la industria.

Este tipo de máquinas tienen una amplia variedad de aplicaciones; esto debido a que, en la actualidad existen sistemas de aceptación disponible para diferentes espesores de trabajo en acero al carbono. Al ser una inversión considerable para este tipo de cortadoras CNC, debido a su tecnología basada en el control numérico, por lo que se plantea en este proyecto de titulación el diseño, construcción y control de una cortadora por plasma a través de control numérico computarizado.

## 2.1 EL PROBLEMA:

Existe la necesidad de maximizar el aprovechamiento del control numérico enfocado en el control de motores a pasos para llegar a un proceso de corte automático con la finalidad de generar cortes con opciones de diseño libres en menor tiempo y adaptables a las necesidades.

### 2.1.1 Situación problemática

En la actualidad se emplean métodos de corte en metales con máquinas ya sean de oxicorte o de plasma. Es importante comprender que dichas máquinas son de uso manual, motivo por el cual ocasiona dependencia entre hombre/máquina al momento de realizar el proceso y a su vez teniendo un menor porcentaje de productividad. Además, los costos son demasiado elevados si se desea adquirir o importar un sistema de corte por plasma con control numérico computarizado (CNC), ya sea por su construcción o tecnología.

El propósito es que al existir una máquina CNC de corte por plasma la cual cuenta con un sistema de transmisión de movimiento por cadena y debido a que presenta varios inconvenientes principalmente los cortes lentos y defectuosos se procede con la implementación de un equipo de nuevas características con un sistema de transmisión de movimiento por banda dentada, pero centrado en el mismo proceso de corte.

### 2.1.2 Matriz Causa - Efecto

En la figura 2.1 se aprecia el diagrama Ishikawa, el cual permite determinar las principales carencias relacionadas con el control de motores a pasos mediante control numérico aplicado a una máquina de corte por plasma.

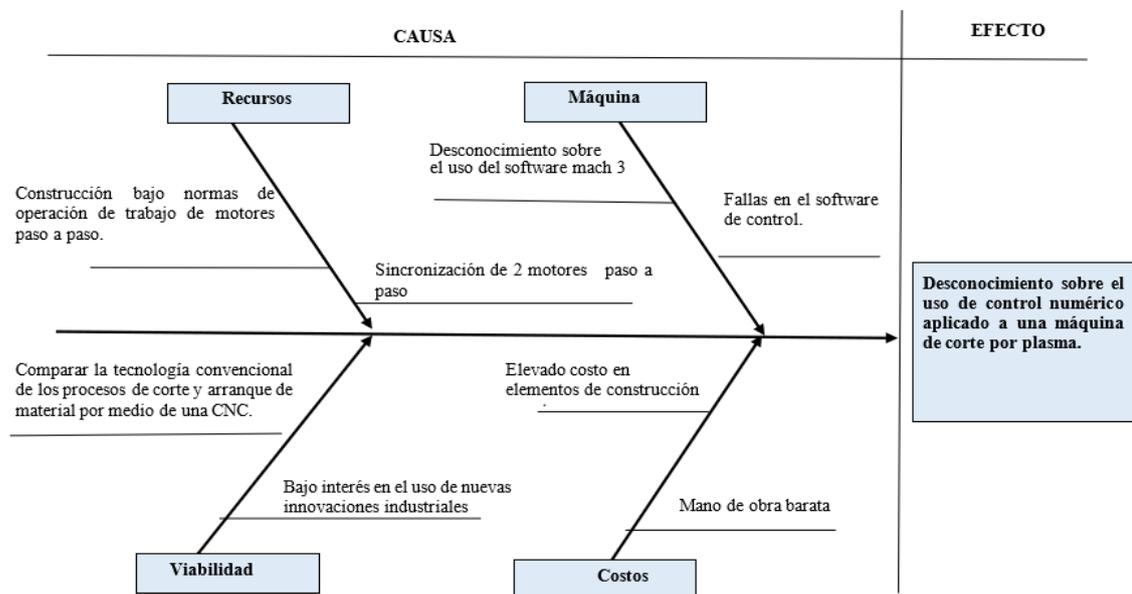


Figura 2.1. Diagrama de Ishikawa.

### 2.1.3 Formulación del problema:

Desconocimiento en la utilización de los softwares de control numérico para el control de motores paso a paso aplicados al funcionamiento de una máquina de corte por plasma.

### 2.2 BENEFICIARIOS:

Los beneficiarios del presente proyecto son los siguientes:

**Tabla 1.** Beneficiarios directos de la propuesta.

<b>Directos</b>	
<b>Docentes</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Estudiantes</b>	Ingeniería Electromecánica

**Tabla 2.** Beneficiarios indirectos de la propuesta.

<b>Indirectos</b>	
<b>Docentes</b>	Ingeniería Industrial
	Ingeniería Hidráulica
	Ingeniería Eléctrica
<b>Estudiantes</b>	Ingeniería Industrial
	Ingeniería Hidráulica
	Ingeniería Eléctrica

### 2.3 JUSTIFICACIÓN

Los avances tecnológicos en la actualidad son de gran ayuda en todo lo que respecta a procesos industriales o artesanales con un alto impacto de innovación y automatización, la gran mayoría de trabajos son repetitivos y por lo tanto es necesario contar con un sistema automatizado para corte por plasma el cual permite el mecanizado de una amplia gama de metales conductores de forma rápida y sencilla, con la finalidad de mejorar procesos iterativos y que requieran un excelente acabado en donde las técnicas manuales u operados por el hombre son de gran dificultad para realizarlos, con un alto nivel de optimización en la producción. En base a esto, surge la necesidad de aprovechar al máximo el carácter de control numérico de los procesos de corte actualmente disponibles, utilizando tecnologías de mediano costo y sistemas fabricados con materiales disponibles en el mercado local, con el fin de reducir el precio tanto de los herrajes parte y la parte de software.

## 2.4 HIPÓTESIS:

El control de motores a pasos permitirá realizar de manera efectiva el proceso de corte con plasma en materiales de tipo metálico para diseños personalizados y realizados en el software MACH3.

## 2.5 OBJETIVOS:

### 2.5.1 General:

Controlar motores a pasos que permitan realizar cortes con diseños personalizados por medio de control numérico en el software MACH3, todo esto aplicado a una máquina de corte por plasma.

### 2.5.2 Específicos:

- Investigar y documentar las características y funcionamiento de la máquina de corte por plasma CNC.
- Realizar el estudio y selección de alternativas de los diferentes sistemas que componen la máquina CNC.
- Implementar un sistema electrónico y de control para los mecanismos de movimiento.
- Validar la confiabilidad que presenta el proceso de corte en función de las pruebas de funcionamiento.

## 2.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 3. Sistemas de tareas.

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Técnicas, Medios, Instrumentos
Investigar y documentar las características y funcionamiento de una máquina de corte por plasma CNC.	Búsqueda de técnicas para realizar los procesos de corte por plasma.	Investigar y documentar las características y funcionamiento de una máquina de corte por plasma CNC.	Libros, artículos, revistas científicas e internet.
Realizar el estudio y selección de alternativas de los diferentes sistemas	Investigar hojas de datos de fabricantes.	Recopilación de hojas de datos de fabricantes.	Manuales de elementos principales.

<b>que componen la máquina CNC.</b>			
<b>Implementar un sistema electrónico y de control para los mecanismos de movimiento.</b>	Implementación de controladores M542T para motores paso a paso.  Implementación de tarjeta de control de puerto paralelo.	Comprobación de variables con relación a los movimientos ejecutados en los motores de pasos.	Registro de pasos obtenidos en cada motor.  Memoria técnica
<b>Validar la confiabilidad que presenta el proceso de corte en función de las pruebas de funcionamiento.</b>	Instalación del software de diseño ART CAM.  Instalación del software Mach 3.	Generación de código G para el renderizado.  Verificación de movimientos ejecutados desde el programa MACH3	Manuales de usuario para efectivizar el correcto uso de la máquina.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 ANTECEDENTES

Tras realizar una investigación bibliográfica en distintos repositorios digitales acerca control numérico aplicado a máquinas CNC se lograron hallar los siguientes resultados:

Suntaxi Álava Maya Alejandra implementó en 2017 en Quito, Ecuador, “Diseño y construcción de una máquina de corte por plasma CNC para chapas de acero de 10 mm de espesor”, el proyecto consiste en un sistema de corte del propio plasma, el cual está basado en control numérico computarizado, Controla dos motores Nema 34 para el eje X y dos motores Nema 23 para los ejes Y y Z. Por otro lado, el control de la máquina se realiza claramente en el mando independiente de la góndola situado en su parte inferior, donde se aprecian del mismo modo todas las conexiones y elementos electrónicos, así como el HMI en la parte superior. El diseño de en sí de la máquina al igual que los cálculos matemáticos permiten determinar el área de trabajo de una placa completa estándar de 1220x2440 mm, hasta un espesor máximo de 50 mm.

[3]

Allauca Sergio describe en su proyecto de investigación “Diseño e implementación de un sistema automatizado por control numérico computarizado para cortes por plasma en los procesos de manufactura de la empresa CEM INGENIEROS E.I.R.L.” elaborado en el año 2017 en la ciudad de Lima-Perú, en dicho proyecto propone diseñar y construir una máquina para cortes por plasma utilizando los ejes X e Y para trayectorias en 2D, de la misma forma se evidencia que dispone de un eje Z para poder mantener una distancia adecuada entre la punta de la antorcha y el metal. Dentro del desarrollo se hace constancia que dicho trabajo consta de una interfaz por computadora en donde se realiza el ingreso de parámetros que ayudan a controlar la posición del eje y con su similar, además de la velocidad de los motores paso a paso. También se evidencia que el procesador cuenta con un software CAD/CAM el que se encarga de realizar el diseño de piezas y su posterior mecanizado a través de un lenguaje de programación así denominado código G. [4]

Mirallas Secaira Kevin Daniel y Portes Rojas Pedro Jonathan describen que su proyecto de “Diseño de una máquina cortadora por plasma CNC”, realizado en el año 2015 en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, surgió debido a que nivel nacional las industrias dedicadas a la producción de este tipo de máquinas está en pleno desarrollo, por tal motivo elaboraron el diseño de una máquina CNC que se use como herramienta de corte por plasma, contando con características de manera que pueda ser construida localmente con facilidad de mantenimiento, siendo segura, económicamente accesible para el país y que se la pueda construir empleando materiales disponibles en el mercado local. El software que ocuparon para corte fue la versión estudiantil Mach 3 Standard, el cual sirve para el control numérico e interacción real entre lo que se programa y se ejecuta, además de incorporar una herramienta adicional (LazyCAM) para generar el código G, manteniendo compatibilidad con los softwares CAD que generen un archivo con extensión DXF.[5]

Sandra Molina y Carlos Terán, en la ciudad de Latacunga-Ecuador en el año 2017, en su trabajo de “Diseño y construcción de una cortadora por plasma de tres ejes con una cama de agua mediante control numérico computarizado para el laboratorio CNC”, exponiendo algunos parámetros de corte para planchas de acero al carbono con dimensiones de 1220x1220mm con espesores de 1,9 hasta 9,5mm. El mencionado proyecto hace referencia el uso de un controlador de 3 ejes ADTECH HC-4500 y un THC Microstep SH-HC30 para todo lo que corresponde al sistema de control. Al concluir la implementación de dicha máquina, los autores procedieron a realizar pruebas de funcionamiento basados en la norma ISO 10360-2-2009 la cual permite determinar la repetitividad y precisión de la máquina. Es relevante conocer que los

mencionados, hicieron pruebas de corte en piezas de dimensiones mínimas siendo de 15 mm para círculos y 10mm para cuadrados y para piezas grandes de 1150mm. [6]

René Artiaga, Gerardo Bolaños, Abner Martínez y Erick Reyes, en el año 2015 en la ciudad de San Salvador-El Salvador, presentaron el trabajo de “Diseño y construcción de un sistema para corte por plasma, usando técnicas de control numérico computarizado”, en el cual se describe que el mecanismo desarrollado está basado en un sistema cartesiano, con una movilidad en tres direcciones también conocidas como ejes “X”, “Y” y “Z”. Para la comunicación entre la máquina y ordenador se lo realiza a través del software Mach 3, el cual permite una interacción más adaptable haciendo más práctico el entorno para el usuario que está presenciando la operación de corte realizada de forma automática y precisa, constatando que los movimientos resultan más efectivos que al realizarlo de forma manual, esto teniendo en cuenta que se podría realizar una gran diversidad de formas geométricas con complejidad alta.[7]

### **3.2 PROCESO DE CORTE EN METALES**

El corte de los metales viene definido como una operación muy importante en los procesos de fabricación dentro de distintos sectores industriales. La mencionada operación se efectúa en distintos materiales tales como el acero, tomando en cuenta que cada material se lo obtiene de acuerdo a un proceso anterior. Además, se considera que para que el producto final sea transformado de acuerdo al objetivo, éste debe pasar por una transformación, en donde el corte juega un factor muy importante.[8]

#### **Tipos de corte en los metales**

Es de gran importancia conocer que los tipos de corte se los señala ya que de esa forma será más evidente la aparición de viruta durante el proceso, misma que es arrancada de la pieza, o en caso de que no exista desperdicio.

#### **Corte con arranque de viruta**

A continuación, se presenta algunos de los procesos tradicionales relacionados con el mecanizado: serrado, torneado, fresado y taladrado. Las piezas deseadas se generan con el desprendimiento de metal en forma de virutas.

Además, se procede con el planteamiento de la clasificación de la viruta de acuerdo al tipo de proceso, se considera las siguientes: discontinua, continua /continua con abolladuras; de acuerdo a la clase se considera: plástica, cercenada o de arranque. De acuerdo a su forma: agujas, desmigajadas, helicoidales, aspas, entre otras.[9]



**Figura 3.1.** Arranque de viruta continua. [9]

### **Corte sin arranque de viruta**

Además de los procesos descritos anteriormente relacionados con el conformado, existe otras alternativas para proporcionar una forma al material sin la necesidad de producir viruta o residuos. Aunque son una buena alternativa a la hora de realizar cortes de una gran precisión.

### **Cizallado de forma manual o mecánica**

Las cizallas son instrumentos provistos por dos cuchillas, mismos que realizan un movimiento contrario y de esta forma para llevar a cabo el corte sobre el material.



**Figura 3.2.** Cizallado de forma manual. [9]

### **Troquelado**

Se hace con un molde en una máquina llamada prensa. Es necesario definir la forma, el tamaño, las propiedades del material de la pieza final y si la pieza se puede extraer fácilmente de la matriz. Este proceso se utiliza para hacer de todo, desde monedas hasta señales de tráfico. [10]

### **Oxicorte**

En este caso, el corte se produce químicamente quemando gases (propano, hidrógeno, acetileno, etc.) con oxígeno. El corte se crea por la combustión del propio metal, que arde a medida que el soplete avanza sobre su superficie. Ampliamente utilizado para cortar placas delgadas, barras de acero al carbono de baja aleación, para cortar a mano acero grueso y otros metales ferrosos. Sin embargo, no es adecuado para metales que no reaccionan con el oxígeno, como el cobre, el

latón, el aluminio o el acero inoxidable. [11]

### 3.2.1 Corte por plasma

Se basa en la acción de un chorro de gas calentado por un arco de corriente continua. Se dispara un chorro de plasma de gas al metal para fundir un área de la pieza de trabajo. Al mismo tiempo, los chorros eliminan el material fundido. El corte por plasma es muy recomendable para acero estructural, acero inoxidable y otros metales no ferrosos. Por lo general, no se usa para componentes pequeños porque son propensos a la deformación. A diferencia del oxicorte, se puede usar con cualquier metal conductor, incluidos los calibres delgados. Además de ser más versátil, el proceso ofrece una mayor relación costo-beneficio que el flameado debido a su mayor velocidad de corte.

La combinación de calidad de corte, productividad, costos operativos y versatilidad hace que el plasma sea el proceso de corte industrial más popular en la actualidad. [12]



**Figura 3.3.** Proceso de corte por plasma en acero. [12]

Los sistemas de corte por plasma utilizan chorros de plasma para transferir energía a materiales conductores. Los chorros de plasma generalmente se crean al pasar gases como nitrógeno, oxígeno, argón o incluso aire a través de una boquilla estrecha. La corriente generada por la fuente de alimentación externa agrega suficiente energía al flujo de aire para ionizarlo en un arco de plasma que alcanza una temperatura de 40 000 °F. El arco de plasma corta la pieza y disipa el metal fundido fundiendo la pieza. [12]

### 3.3 MÁQUINA CNC

La automatización es el uso de equipos especiales para controlar y ejecutar procesos de fabricación con poco o ningún esfuerzo humano. Es apto para la fabricación de todo tipo de

artículos y procesos, desde materias primas hasta productos acabados, ya que esta es una de las ventajas del control numérico por ordenador. Operación conveniente, programación más simple, mayor precisión, mayor adaptabilidad, menor costo de mantenimiento, diseño combinado y computadora, mayor eficiencia de producción.

Un sistema de control numérico se caracteriza por poseer tres componentes:

1) Programa de partes, 2) Unidad de control de aparato y 3) Equipo de proceso.

En otras palabras, se utiliza una máquina con un sistema de control numérico computarizado para controlar y realizar el trabajo del proceso de fabricación sin necesidad de mano de obra.[13]

### **3.3.1 Cinemática de manipuladores de configuración cartesiana**

El modelo de cinemática directa es el problema geométrico de calcular la posición final y la orientación del cortador de plasma. Dada una serie de desplazamientos producidos por la junta, el problema de cinemática directa calcula la posición y orientación del corte en función de la distancia final relativa al sistema de coordenadas cero en el que se encuentra la base. La configuración tiene tres grados de libertad (estructura 3D o PPP). Esta configuración es muy común en las estructuras industriales utilizadas para el transporte de mercancías voluminosas, como los marcos.[14]

### **Control de máquinas**

El desarrollo de la tecnología de máquinas herramienta se ha caracterizado por grandes avances en controlabilidad, especialmente durante los últimos 30 años. La configuración básica de muchas máquinas herramienta (tornos) no ha cambiado durante muchos años; sin embargo, la llegada del control numérico, el control numérico computacional y las tecnologías relacionadas ha traído importantes cambios e implicaciones en los métodos de fabricación y sus costos.

Las decisiones relacionadas con la fabricación de piezas han pasado del operador de la máquina al programador de piezas. El operador tiene poco control sobre la secuencia de operaciones o las herramientas a utilizar. Sus tolerancias de diseño son respetadas por la máquina y repetidas en todas las partes. Estas propiedades conducen a la consistencia de fabricación.[15]

### **Actuadores rotativos eléctricos.**

En este apartado dedicado a los actuadores lineales se describe el funcionamiento básico de este tipo de elementos, que será un factor importante en el diseño de nuestra mesa, que se basa en la activación de un motor cuyo desplazamiento es a través de un eje lineal.[15]

### **3.3.2 Configuración del Control Numérico Computarizado**

Las operaciones de mecanizado que se pueden realizar en máquinas CNC incluyen torneado y fresado. Sobre la base de esta combinación, la mayoría, si no todas, las partes de la industria se pueden producir. El Control Numérico Computarizado, también conocido como CNC (English Computer Numerical Control), se refiere a cualquier dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de órganos mecánicos a través de comandos elaborados de forma totalmente automática a partir de información digital en tiempo real. Para mecanizar una pieza, se utiliza un sistema de coordenadas para especificar el movimiento de la herramienta de corte. Una máquina es un dispositivo utilizado para aprovechar, regular o dirigir la acción de la fuerza. Estos dispositivos pueden tomar alguna forma de energía y convertirla en otra, dando como resultado cierto efecto. [16]

### **3.3.3 Máquina CNC de corte por plasma**

El corte por plasma no produce reacciones químicas. El proceso alcanza altas temperaturas capaces de fundir instantáneamente cualquier metal.

Es decir, el corte por plasma se puede describir como un proceso de corte por arco térmico que corta por fusión local de un material que alcanza una temperatura alta y produce un corte con la precisión requerida. [17]



**Figura 3.4.** Arco/chispa de plasma. [17]

## Componentes sistema de plasma

Un sistema básico de corte por plasma incluye los siguientes componentes:

- **Fuente de alimentación:** Fuente de alimentación: fuente de alimentación de CC de corriente constante. El voltaje de circuito abierto está típicamente en el rango de 240 a 400 VDC. La corriente de salida (amperios) y la clasificación total de kilovatios de la fuente de alimentación determinan la velocidad y la capacidad de espesor de corte del sistema. La función principal de la fuente de alimentación es proporcionar la energía correcta para mantener el arco de plasma ionizado.
- **Circuito de inicio del arco:** En la mayoría de las antorchas enfriadas por líquido de 130 amperios y más, este es un circuito generador de alta frecuencia que produce de 5,000 a 10,000 voltios de CA a aproximadamente 2 MHz. Este voltaje crea un arco de alta intensidad dentro de la antorcha para ionizar el gas, creando un plasma. Las antorchas de plasma suelen utilizar electrodos móviles o técnicas de encendido de retro lavado para ionizar el gas, en lugar del circuito de arranque de alta frecuencia mencionado anteriormente.
- **Antorcha:** Sirve como soporte para boquillas y electrodos consumibles, y enfría (con agua o gas) estas partes. La boquilla y el electrodo se retraen y mantienen el chorro de plasma.[18]

## Software de corte por plasma

Para aplicaciones de corte mecanizado, se utiliza software de corte por plasma para programar la máquina de corte. En algunos casos, el software CNC se puede usar para programar piezas individuales o lotes pequeños, pero la mayoría de los fabricantes y constructores confían en el software comúnmente conocido como software de anidamiento CAD/CAM, que ofrece más funciones y capacidades.

Algunos tipos de software de anidamiento CAD/CAM de plasma pueden automatizar el control y la configuración de casi todos los aspectos de una operación de corte por plasma. Por ejemplo, ProNest de Hypertherm admite parámetros como la corriente del arco, el voltaje, el preflujo de gas, la configuración del flujo de corte, la velocidad de corte, la altura de corte, la altura de perforación y más. Todo para simplificar el trabajo del operador de la máquina y aumentar la productividad. Otras características que se encuentran comúnmente en el software de corte por plasma incluyen:

- Evitar de colisiones
- Cadena rota

- Corte de puente
- Corte de alambre común
- Corte de varios cabezales
- Fractura de estructura

Y, en algunos casos, el software puede ayudar a lograr resultados optimizados, como:

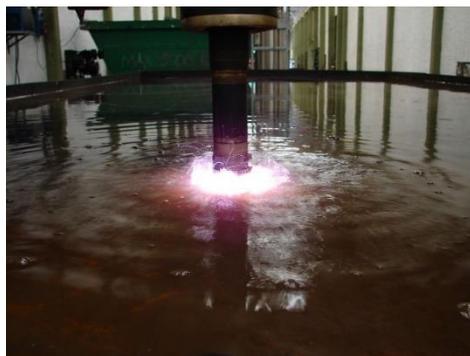
- Mayor calidad de orificios
- Viable ajuste del bisel
- Tiempo de período más vertiginoso.[19]

### **Aplicaciones e industrias típicas**

El plasma se utiliza en sistemas de corte manual y mecánico para cortar una variedad de materiales conductores, incluidos acero al carbono, acero inoxidable, aluminio, cobre, bronce y otros metales.

### **Las aplicaciones de corte incluyen:**

- Corte imparcial
- Corte en bisel
- Ranurado
- Corte de ojales
- Corte ranurado y de extensa importancia
- Corte suave
- Marcado [20]



**Figura 3.5.** Aplicación del proceso de corte por plasma. [20]

## **3.4 MOTORES**

### **3.4.1 Motores DC, Servomotores y motores paso a paso**

Para elegir el motor adecuado para un sistema CNC seguimos analizando los motores más conocidos del mercado, son:

### a) Motores DC

Un motor de CC es una máquina que convierte energía en energía mecánica para generar un movimiento de rotación mediante la acción de un campo magnético. En la Figura 3.6 se puede observar un motor de corriente continua, el cual consta de un estator que le da soporte mecánico al dispositivo y es donde se ubican los polos del motor, los cuales se pueden enrollar alrededor de alambre de cobre. Núcleo de hierro o de imán permanente, por otro lado, el rotor es casi siempre de forma cilíndrica, también está devanado y tiene un núcleo de hierro y se alimenta con corriente continua a través de barras en contacto alterno con escobillas estacionarias. [21]



**Figura 3.6.** Motor DC. [21]

### b) Servomotor

Un servomotor es un dispositivo electromecánico compuesto por un motor, un engranaje y una tarjeta de control, todo dentro de una carcasa de plástico. Un servo tiene la capacidad de ser controlado en posición y además es capaz de ubicarse en cualquier posición dentro de un rango de operación generalmente dentro de los 180 grados. Los servos se suelen utilizar en robótica, automática y modelismo (vehículos por radio-control, RC) debido a su gran precisión en el posicionamiento. [22]

En la figura 3.7 se muestra un servomotor de tipo tradicional.

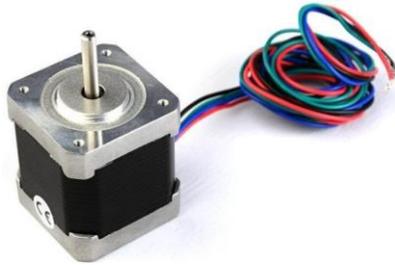


**Figura 3. 7.** Servomotor. [22]

### c) Motor paso a paso

En la imagen 3 8 se visualiza un motor paso a paso el cual es un aparato electromecánico que convierte impulsos eléctricos en movimiento es afirmar a un motor a pasos se le

proporciona casco colección de impulsos eléctricos a sus bobinados en un autoridad específico y esta entrega desplazamientos angulares discretos (pasos) en su núcleo para cada distinto de los pulsos aplicados. Dichos motores normalmente funcionan “a lazo abierto” es afirmar que únicamente se lleva el conteo de los pasos que se han regalado al motor empero no hay un aparato que provea retroalimentación (algo que nos indique la postura o aceleración del motor). [23]



**Figura 3.8.** Motor Paso a Paso de 4 cables. [23]

### **3.4.2 Clasificación de motores paso a paso**

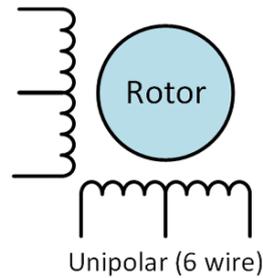
Los motores paso a paso se clasifican por las bobinas que se encuentran en el interno es afirmar por la interconexión y la intervención de los devanados.

#### **a) Unipolares**

Los motores de ejemplo unipolar identificables por poseer 5, 6 o incluso 8 alambres igualmente tienen dos bobinas empero cada casco tiene una válvula centro. Los motores unipolares pueden traspasar carente retener que gastar la gerencia de la electricidad en las bobinas.

Al estar constituido de forma interna por dos pares de bobinas, la primera se magnetiza hacia el extremo septentrión y otra hacia el extremo sur. En un instante preliminar el driver permite que pase la electricidad por la bobina magnetizada extremo septentrión y en el subsiguiente debe cumplir con la tarea de encender y apagar cada una de las bobinas, dando como conclusión que la programación es sencilla.

Comúnmente los motores unipolares tienen bajo precio y son potentes. Los drivers utilizados para motores unipolares son basados en una matriz de transistores y por tal motivo son de menor costo y a la vez no limitan la potencia que se envía al motor. Se puede observar en la figura 3.9 el esquema que por lo general mantiene un motor paso a paso unipolar que trabaja con 6 cables, considerando que los pares de bobinas participan de un cable común. [24]

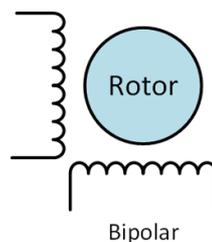


**Figura 3.9.** Esquema motor a pasos unipolar con 6 cables. [24]

### b) Bipolares

Los motores bipolares se encuentran constituidos internamente por 2 bobinas como se muestra en la figura 3.10. Los motores bipolares son el tipo más fuerte de motor paso a paso y generalmente tienen cuatro u ocho conductores, a su vez tienen dos conjuntos de bobinas electromagnéticas internamente, y el paso se logra cambiando la dirección de la corriente dentro de esas bobinas.

La complejidad de estos motores está en el driver, porque no sólo tiene que permitir pasar la corriente por la bobina, sino que tiene que cambiar la polaridad de la corriente, por lo que la dicha corriente viaja en una dirección, creando un campo magnético norte/sur, y en el siguiente momento la dirección de la corriente se invierte, creando un campo magnético sur/norte. Debido a esta característica peculiar adquieren este nombre de motores bipolares porque están pensados en cambiar de polaridad durante el movimiento. [25]



**Figura 3.10.** Esquema motor paso a paso bipolar con 4 cables. [25]

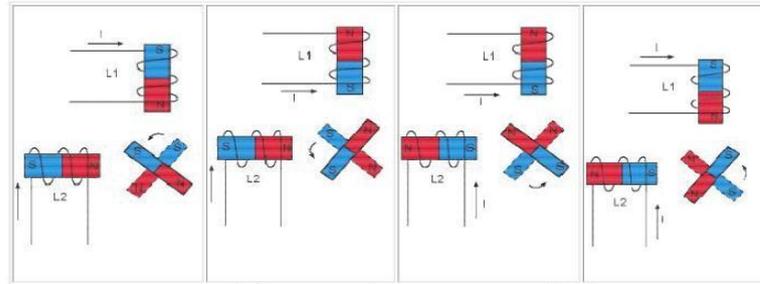
Los motores paso a paso son considerados una buena opción en el caso de realizar una máquina CNC, esto ya que los mismos son mayormente recomendados por sus características de precisión, su exactitud y por sobre todo su fuerza presente al momento de trabajar en diferentes aplicaciones, y si es el caso de máquinas CNC es la mejor opción, los motores paso a paso se clasifican dependiendo de su estructura física:

### c) Motor paso a paso de imán permanente.

Los motores paso a paso de imán permanente tienen un núcleo compuesto por un imán permanente de perfil redondeado. Cuando se excita el estator, las bobinas se comportan como

electroimanes y entonces el imán del rotor busca alinearse con campo generado.

La forma esquemática para el principio de funcionamiento se observa en la figura 3.11, en donde se visualiza como se puede fijar la posición del rotor con la forma de alimentación de las bobinas. [26]

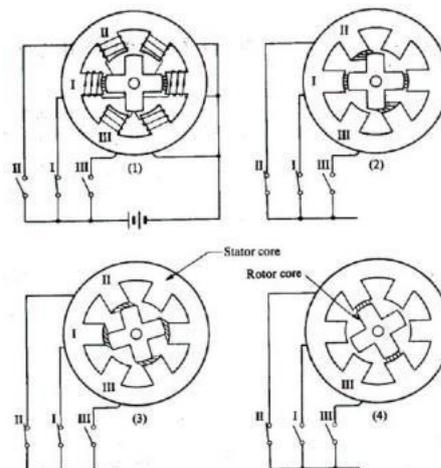


**Figura 3.11.** Principio de funcionamiento de un motor paso a paso de imán permanente. [26]

**d) Motor paso a paso de reluctancia variable.**

El rotor es de acero dulce, cilíndrico y perfil dentado, cuando se excita el estator el flujo generado circula por el rotor, y éste intentará buscar la posición de menor reluctancia.

En la figura 3.12, se esquematiza el principio de funcionamiento de este tipo de motores, en el primer paso solo se encuentra alimentada la bobina I, y el rotor se alinea con dicha bobina, al alimentas también la bobina II el rotor se encuentra alineado con I pero muy desalineado con II, entonces aparece una fuerza que tiende a igualar la condición reluctancia de las dos bobinas, entonces gira hasta llegar la posición de equilibrio. Luego si se deja de alimentar I el rotor girará hasta alinear el rotor con la bobina II. Del mismo modo alimentando luego II y III, y luego alimentando solo III se produce el movimiento de giro. [27]

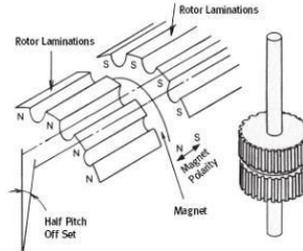


**Figura 3.12.** Principio de funcionamiento de un motor paso a paso de reluctancia variable.

[27]

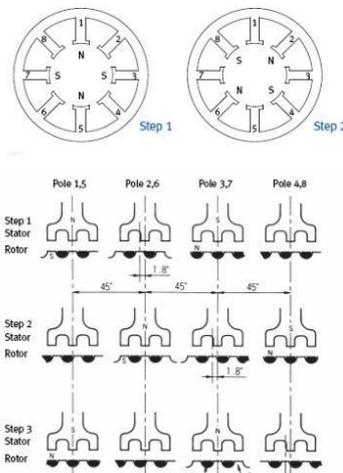
**e) Motor paso a paso híbrido**

El motor híbrido consiste en un estator dentado y un rotor de tres partes. El rotor de apilado simple contiene dos piezas de polos separados por un imán permanente magnetizado, con los dientes opuestos desplazados en una mitad de un salto de diente para permitir una alta resolución de pasos, como se observa en la figura 3.13. [28]



**Figura 3.13.** Rotor de un motor paso a paso híbrido. [28]

El principio de funcionamiento se basa al excitar las bobinas del estator se alinean los dientes del estator con los del rotor de la carga apropiado. En el paso 1 se excitan las bobinas impares, polo norte (N) en las bobinas 1 y 5, y polo sur (S) en las bobinas 3 y 7; y el rotor se alinea con el campo. Luego en el paso 2 se excitan las bobinas pares, polos N las 2 y 6, y polo S las 4 y 8; entonces el rotor buscando alinear los dientes más próximos a los del estator se desplaza un ángulo que se corresponde a un cuarto del paso de los dientes. En el paso tres se alimentan nuevamente las bobinas impares, polo N en las bobinas 3 y 7, y polo S en las bobinas 1 y 5, el rotor se gira otro cuarto de paso. Entonces se ve que cuando se realicen 5 pasos se repiten los estados de excitación del estator consiguiendo una rotación del rotor correspondiente al paso de un diente. Entonces con un número bajo de bobinas se pueden obtener pasos muy chicos, alcanzando valores de hasta  $0.9^\circ$  por paso. [28] En la figura 3.14, se visualiza el principio de funcionamiento de un motor paso a paso híbrido.



**Figura 3.14.** Principio de funcionamiento de un motor paso a paso híbrido. [28]

**Tabla 4.** Cuadro de clasificación de los motores paso a paso

Clasificación	Características
<b>Motores de imán permanente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El rotor es un imán.</li> <li>• El estator está formado por 4 polos.</li> <li>• Cada polo es una fase.</li> <li>• Al excitar de forma secuencial, gira en sentido horario, dando un paso cada 90 grados.</li> <li>• El ángulo es inversamente proporcional a los polos de estator y al polo magnético del rotor, es decir toca aumentar los polos para disminuir el ángulo.</li> <li>• El rotor permanece en posiciones fijas.</li> <li>• La máxima densidad de flujo está limitada por el magnetismo remanente del rotor.</li> </ul>
<b>Motores de reluctancia variable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El motor cuenta con tres fases con seis dientes saliente.</li> <li>• Los polos se encuentran separados 180 grados.</li> <li>• Las bobinas correspondientes a los polos se conectan en serie.</li> <li>• El rotor posee cuatro polos.</li> </ul>
<b>Motores Híbridos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El rotor es un imán permanente.</li> <li>• Su funcionamiento puede ser en los dos tipos de motores ya analizados.</li> </ul>

De acuerdo a la tabla 4, los motores paso a paso híbridos presentan características de mejor rendimiento, esto se debe a que es una combinación de los motores de reluctancia variable e imanes permanentes, por lo tanto, son motores de gran rendimiento para el presente proyecto y a su vez son mayormente recomendados para el campo de trabajo con maquinaria CNC.[28]

### 3.4.3 Comparativa de motores paso a paso vs servo motores vs motor DC

**Tabla 5.** Servomotor de CC vs. Motor paso a paso vs. Motor DC

Especificaciones Técnicas	Motor DC	Servomotor	Motor PAP
<b>Control de velocidad</b>	PWM	PWM (interno)	Por pasos
<b>Velocidad</b>	Alta	Media	Alta
<b>Control de Posición</b>	No	Si	Si
<b>Numero de cables conductores</b>	2	3	Entre 4 y 6
<b>Angulo de rotación</b>	360	180	360
<b>Circuito de Control para funcionamiento</b>	No es necesario	No es necesario	Si es necesario
<b>Resolución</b>	Baja	Media	Alta
<b>Precisión</b>	Baja	Media-Alta	Alta

Torque	Bajo	Alto	Medio-Alto
Aplicaciones	Ruedas de Carro RC, Ventiladores, etc.	Brazo Robótico, Control de un timón de un barco, etc.	Impresoras 3D, Máquinas CNC, etc.

**Nota:** Es decir que se escoge un motor de pasos para aplicaciones más sensibles y específicas para un eficiente uso del mismo.[29]

### 3.4.4 Comparativo de características motores paso a paso vs servo motores

**Tabla 6.** Características de Servomotor de CC vs. Motor paso a paso

MOTOR PASO A PASO	SERVOMOTOR C.C
Son sin escobillas	Requieren cambios de escobillas normalmente cada 5000 horas.
No necesita de realimentación (control lazo abierto)	Es esencial la realimentación (potenciómetro, codificadores, generadores taco métricos, etc.
Pobre relación potencia – volumen, por eso son más grandes.	Buena relación potencia – volumen.
Robustos, envejecen muy lentamente.	Presentan envejecimiento de las escobillas.
Buenas características de bloqueo.	Para el bloqueo necesitan frenos extras (dispositivos mecánicos).

## 3.5 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

### 3.5.1 Antecedentes y definición

Una tarjeta de adquisición de datos es usada para “Comparar sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las computadoras estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

La tarjeta de adquisición de datos conocida también como DAQ por su significado en inglés

(Data Acquisition) son instrumentos que se utiliza para transferir información. Las señales analógicas de los sensores deben ser convertidas en digitales antes de ser manipuladas por el equipo digital como una computadora.

Estas muestras son transferidas a una computadora a través de un bus de datos, donde la señal original es reconstruida desde las muestras en software como se muestra en la figura 3.15 como se maneja el sistema de adquisición de datos que compone un sensor que es la fuente y los respectivos requerimientos como son las señales analógicas que se convierten de analógicas a digitales para que así pueda ser leída por el software controlador.[29]



**Figura 3.15.** Sistema De Adquisición De Datos. [29]

Una tarjeta de adquisición de datos es un chip que proporciona una representación digital de una señal analógica en un instante de tiempo.

Una PC con software programable controla la operación del dispositivo DAQ y es usada para procesar, visualizar y almacenar datos de medida. Diferentes tipos de PCs son usadas en diferentes tipos de aplicaciones.

La PC de escritorio se puede utilizar en un laboratorio por su poder de procesamiento, una laptop se puede utilizar por su portabilidad o una PC industrial se puede utilizar en una planta de elaboración por su robustez.[29]

### 3.5.2 Comparativa de tarjetas de control de motores paso a paso

Existen varias opciones para los controladores de motores paso a paso con similares características que se pueden ya adquirir con el kit que ya la empresa dispone al momento de seleccionar el motor nema 24. Ver en la tabla 7.

**Tabla 7.** Tarjetas de control para motores paso a paso

<b>MA860H</b>	<b>M542T</b>	<b>ST-6600</b>
Voltaje de entrada de 24 V	Voltaje de entrada de 24 V	Voltaje de entrada de 24 V
Corriente de salida 0.50 -4.0	Corriente de salida 1.50 -4.5	Corriente de salida 2.6 - 7.20
Son utilizadas para motores nema 17 a nema 23.	Son utilizadas para motores nema 23 a nema 34.	Son utilizadas para motores nema 11 a nema 34.

**Nota:** Tabla comparativa de los drivers para los motores paso a paso nema 24 para determinar cuál es la adecuada según las especificaciones. [30]

### **3.6 SOFTWARE**

El software puede definirse como todos aquellos conceptos, actividades y procedimientos que dan como resultado la generación de programas para un sistema de computación ya que el objetivo principal de un software es aumentar las posibilidades de que este se desarrolle a tiempo y de que tenga una mayor efectividad en cuanto a costos debido a una utilización más eficiente del personal.

#### **3.6.1 Sistema CAD/CAM**

Hoy en día las tecnologías CAD/CAM/CAE han abierto posibilidades para el rediseño y fabricación impensable sin estas herramientas. Dado su avanzado estado de consolidación, se puede afirmar que la principal tendencia que se observa hoy en día en los sistemas CAD/CAM/CAE industriales es hacia una integración cada vez más efectiva de estos tres elementos.

#### **3.6.2 Principales características de funcionamiento para software CAD/CAM**

El CAD, que es la abreviatura de “diseño asistido por computadora”, usa programas informáticos para dibujar la pieza o el objeto exacto que se necesita. Esto resulta en un modelo detallado en 2D o 3D.

El archivo CAD se puede importar entonces en el software CAM. CAM (fabricación asistida por computadora) se define como “el uso de software informático para comunicarse

directamente con herramientas de una máquina y controlarlas durante el proceso de fabricación”. Incluye la mayoría de máquinas CNC usadas en producción hoy en día.

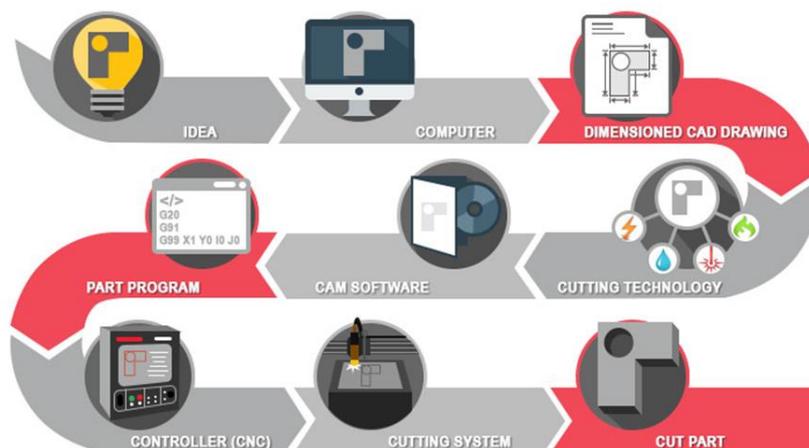
El software CAM prepara el archivo CAD para cortar y maquinar. Por ejemplo, puede comprobar la geometría por si hay errores, aplicar una compensación de sangría, establecer la secuencia de corte, añadir cables y aplicar otros parámetros de corte avanzados.

Algunos tipos de software CAM pueden controlar y establecer de manera automática prácticamente cualquier aspecto de la operación de corte. Para una operación de corte por plasma, esto incluye parámetros como corriente de arco, voltaje, reflujo de gas, ajustes de flujo de corte, velocidades de corte, alturas de corte, alturas de perforación y mucho más. Todo esto está destinado a simplificar el trabajo del operador de la máquina y a aumentar la productividad.

En operaciones de corte de placa, el software CAM realiza otra función crítica conocida como “anidamiento”. El anidamiento se define como la colocación eficaz de múltiples geometrías de pieza en un área de superficie determinada. Con el anidamiento automático, el software usa algoritmos avanzados para girar y posicionar rápidamente las piezas de una manera que maximice la utilización de la placa y minimice los desechos.

Por último, el software CAM produce un código NC (de control numérico) que puede ser leído y entendido por el control CNC, donde se convierte en señales eléctricas que controlan todo el proceso de corte.[30]

### Del CAD al corte



**Figura 3.16.** Proceso sobre el desarrollo desde CAD hasta el corte. [30]

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de propuesta tecnológica es de investigación aplicada, y se desarrolló mediante:

#### **4.1.1 Investigación Bibliográfica**

La información se recolectó de fuentes bibliográficas obtenidas en libros, tesis, publicaciones, artículos, revistas de investigación previamente halladas en el Internet todo esto conforme al tema de la propuesta tecnológica, siendo una forma para desarrollar los conocimientos acerca del control de motores a pasos mediante el control numérico aplicados a una máquina CNC de corte por plasma y los subtemas relacionados con el mismo.

#### **4.1.2 Investigación de Campo**

Mediante las observaciones realizadas dentro del laboratorio de mecanizado, se procedió al estudio de la necesidad para el análisis del control de motores a pasos mediante control numérico aplicado a un sistema de corte por plasma que actualmente emplean muchas empresas, que se dedica a la producción y construcción de diferentes piezas metálicas, comerciales, estructuras metálicas, etc. Estableciendo así procesos más versátiles, factibles y derivando así a la optimización de recursos humanos como de tiempo para el acabado de los productos o piezas metálicas.

### **4.2 MÉTODOS**

El método utilizado para el presente trabajo de propuesta tecnológica es de tipo deductivo debido a que es necesario basarse en una hipótesis tentativa la cual da solución al problema que se ha planteado tomando en cuenta las conclusiones que se lleven a cabo y por último a través de este método realizar las pruebas de funcionamiento demostrando así el correcto desarrollo del proceso al cual fue enfocado la máquina CNC de corte por plasma.

#### **4.2.1 Método Hipotético – Deductivo**

El siguiente método se utiliza ya que es elemental al momento de formular la hipótesis ya que se maneja con experimentos los cuales verifican si las variables son factibles o de lo contrario estas son erróneas para realizar el proceso al cual está destinado la máquina CNC de corte por plasma.

## **4.2.2 Método Experimental**

De acuerdo con el método se plantea realizar distintas pruebas funcionales y de acuerdo con ellas obtener resultados con los cuales se determinará el correcto cumplimiento y desarrollo del proceso de corte que propone realizar la máquina CNC.

## **4.3 TÉCNICAS**

### **4.3.1 Observación**

Se utiliza esta técnica ya que es necesario al momento de realizar una investigación de campo en el proceso de corte de una máquina CNC de corte por plasma siendo todo esto posible gracias al movimiento que provocan los motores paso a paso y apoyados en el control numérico ejecutarlos siendo esto una forma más sencilla para el funcionamiento del mismo.

### **4.3.2 Pruebas de Movilidad**

Las pruebas de funcionamiento ayudarán en gran parte para la realización de cálculo además de comprobar el desarrollo adecuado del proceso mediante una ejecución correcta durante el proceso de corte de la máquina CNC.

### **4.3.3 Análisis**

Como última instancia se toma en cuenta las debidas comprobaciones tanto de los datos teóricos con los datos prácticos estableciendo de esa forma un margen de error que permita al usuario que hace uso del proceso comprender las características definidas en el presente análisis.

Cabe recalcar que para la mayor efectividad en la ejecución del proceso se utiliza el software Mach3 siendo uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de la presente propuesta tecnológica.

## **4.4 INSTRUMENTOS**

En base a estos mecanismos usados por parte del investigador ya sea para la recolección, ordenamiento y registro de toda la información recabada para su posterior utilización, resaltan los actuadores, sensores, monitor, CPU, drivers, software, entre otros elementos de vital importancia que permitirán el funcionamiento adecuado de la máquina.

## **4.5 DECLARACIÓN DE VARIABLES**

### **4.5.1 Variable independiente**

Analiza el control de motores.

**Tabla 8.** Variable independiente

<b>Variable independiente</b>	<b>Categorías</b>	<b>Unidad</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Control de motores.</b>	Control de desplazamiento.	Velocidad.	Observación	Mach 3
	Selección de Controlador de motores a pasos	Número de Pasos.	Observación	Calibración de pasos para pruebas de funcionamiento

**Nota:** La variable Independiente con sus dimensiones, Indicadores, Ítem Básicos, Técnicas e Instrumentos.

#### 4.5.2 Variable dependiente

Grados de confiabilidad para generar los cortes.

**Tabla 9.** Variable dependiente

<b>Variable dependiente</b>	<b>Categorías</b>	<b>Unidad</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Grado de confiabilidad para generar los cortes.</b>	Automatización del proceso de corte	Software de control	Observación	Mach 3
	Recopilación de datos con respecto a la calidad	Factores de tiempo	Observación	Pruebas de Funcionamiento

**Nota:** La variable dependiente con sus dimensiones, Indicadores, Ítem Básicos, Técnicas e Instrumentos.

#### 4.6 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA

De acuerdo con el establecimiento de los métodos y técnicas que serán empleadas para el desarrollo de la propuesta se procede con el dimensionamiento de las partes que componen el

sistema al cual se tiene definido llegar. De la mano con el diseño y construcción del sistema se procede con la exposición de información.

#### **4.6.1 Desarrollo del proyecto**

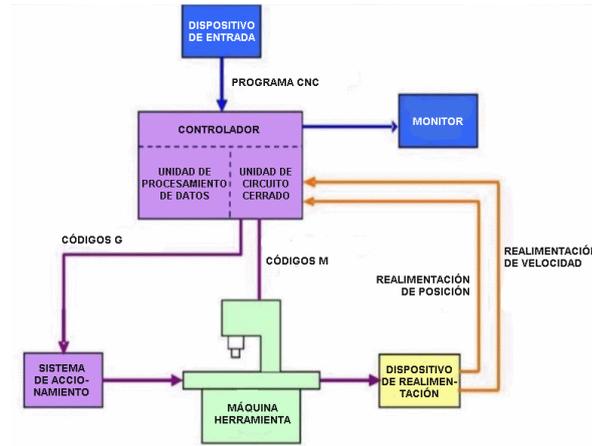
Actividades para el desarrollo del proyecto:

- Estudio de principios fundamentales del plasma.
- Determinación de las características más relevantes de los sistemas de corte por plasma.
- Comparativa de los diferentes tipos de corte.
- Investigación acerca la máquina de corte por plasma existente en las instalaciones.
- Análisis de las características de funcionamiento de los sistemas que cuentan con tecnología CNC.
- Diseño de la estructura metálica del sistema de corte por plasma.
- Diseño de placas, carros, motores y porta pistola.
- Estudio comparativo de las características de los dispositivos electromecánicos que permitan el desplazamiento de los ejes X, Y, Z del sistema.
- Diseño de los ejes direccionales X, Y, Z para el desplazamiento.
- Análisis y selección de software para la interfaz entre hombre-máquina.
- Construcción de la estructura mecánica en general.
- Diseño e implementación de los circuitos electrónicos y del sistema de control de la máquina.
- Ensamblaje de los circuitos y componentes del sistema.
- Montaje de los sistemas electrónicos y mecánicos.
- Análisis de los parámetros de control y monitoreo del sistema.
- Desarrollo de pruebas de desplazamiento de los ejes X, Y, Z.
- Ejecutar pruebas de on/off de la antorcha.
- Realizar pruebas de operación de todo el sistema.[31]

#### **4.6.2 Análisis del sistema de corte por plasma**

En la figura 4.1 se puede observar el diagrama de bloques del proceso de corte por plasma, el cual consta de las principales fases con las que interactúa una máquina CNC de corte por plasma. El equipo de generación de plasma de marca ESAB modelo PT-32 TORCH 1250 alimentado por un voltaje de 220 v, que conjuntamente con un compresor de aire alimentado por 110v, el cual suministra una cierta cantidad de aire para que se produzca y surja el plasma de la antorcha. En la antorcha se encuentra ubicado un electrodo por el cual se produce el plasma

en el momento que se cierra el circuito con la pieza de trabajo.



**Figura 4.1.** Diagrama de bloques del proceso de corte por plasma. [31]

#### 4.7 DISEÑO MECÁNICO DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA CNC

Haciendo uso de los métodos de investigación, se propone un sistema de estructura adecuada para la construcción y estabilidad durante el desarrollo del funcionamiento de la máquina de control numérico computarizado (CNC) de corte por plasma.

Para que la máquina trabaje con posiciones especificadas, se basa en un sistema de referencia que coincide con las direcciones de desplazamiento de los carros de los ejes. En otras palabras, para ello se utiliza un sistema de coordenadas con los ejes X, Y, Z. Siendo este el denominado sistema de coordenadas cartesianas.

La máquina de control numérico computarizado (CNC) de corte por plasma está formado por cuatro componentes principales para realizar el proceso de corte, los mismos que son: los tres ejes X, Y, Z y el componente de soporte que es la mesa de corte en donde se apoya el material en el que se llevará acabo dicho proceso de corte.[32]

##### 4.7.1 Dimensionamiento de la estructura para la máquina

En primer lugar, para el dimensionamiento de la estructura mecánica se toma en cuenta los requerimientos a los cuales va a ser sometida la máquina, además del proceso que va a llevar a cabo, es decir, el material con el cual se va a trabajar mayormente son las planchas de acero al carbono ASTM-A36. Una plancha metálica en el mercado por lo general tiene un tamaño estándar de 1220 x 2440 [mm] según la norma de fabricación NTE INEN 115, pero cabe recalcar que el área de trabajo definido es de 1000 x 1500[mm] con lo expuesto el material

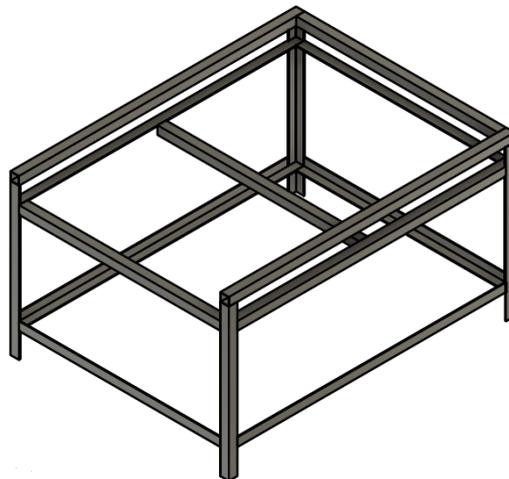
adquirido para las distintas pruebas de funcionamiento tienen las dimensiones de 400 x 600 [mm]. [36] Los trabajos que se tiene previsto realizar buscan un mejor grado de precisión en el corte, ya que los diseños a cortar poseen cierto grado de complejidad se opta por automatizar el sistema de corte por plasma.

De acuerdo con los requerimientos la estructura cuenta con las siguientes dimensiones, el largo de la estructura es de 1700 [mm] que corresponde al eje Y, por un ancho de 1300 [mm] correspondiendo al eje X, y tiene una altura de 950 [mm] desde el suelo hasta la mesa de trabajo. Son dimensiones en que el operario puede insertar y retirar las planchas metálicas dentro de las dimensiones antes mencionadas, sobre la cama de corte, todo esto con seguridad, facilidad y sin provocar alguna colisión con la máquina.

La estructura de la máquina es de tubo cuadrado de acero ASTM-A500 50x50x2 [mm], mismo que es un material muy recomendado para este tipo de estructuras debido a su manipulación, factibilidad económica y disponibilidad en el mercado.

La estructura de la máquina viene siendo la encargada de soportar el sistema de transmisión de movimiento, los motores a pasos, la mesa de corte, entre otros elementos. Por lo tanto, al momento de ensamblar la estructura se toma muy en cuenta que las soldaduras deben estar perfectamente niveladas y alineadas en la estructura evitando la existencia de juego y considerando que hará de soporte para el sistema de transmisión de movimiento.[33]

En la figura 4.2 se puede apreciar el dimensionamiento y la estructura de soporte del sistema.



**Figura 4.2.** Diseño de estructura del sistema.

#### 4.7.2 Selección del material para la estructura de la máquina CNC

Se propone un área de mesa suficiente para realizar prácticas didácticas logrando figuras de tamaño considerable, por ello y por factores económicos se establece un espacio útil, el cual en su totalidad tiene una medida de 1000 x1500 mm, por tanto se decide realizar de dicho tamaño puesto que la plancha de acero ASTM -A36 que se encuentra en el mercado tiene las siguientes medidas estandarizadas de ancho 1200 x 2400 mm de largo lo cual se distribuye de la manera en que se prefiera siempre buscando optimizar el material y por ende respetar las dimensiones del área de trabajo.

Con las dimensiones de la parte útil para el proceso de corte, se plantea de forma tentativa las medidas de los recorridos de los carros en los diversos ejes.

De tal manera que la superficie de la máquina está establecida de la siguiente manera.

- Recorrido longitudinal (Eje X) = 1000mm.
- Recorrido transversal (Eje Y) = 1500mm.
- Recorrido vertical (Eje Z) = 500mm.
- La superficie de la mesa (S)

Para poder seleccionar el material con el cual se va a construir la estructura, tomando en cuenta características como, bajo peso, de fácil soldabilidad y mecanizado. De lo mencionado se considera el uso de tubo estructural cuadrado tipo ASTM A-36 que se puede ver en la tabla 10.

**Tabla 10.** Porcentaje del acero ASTM

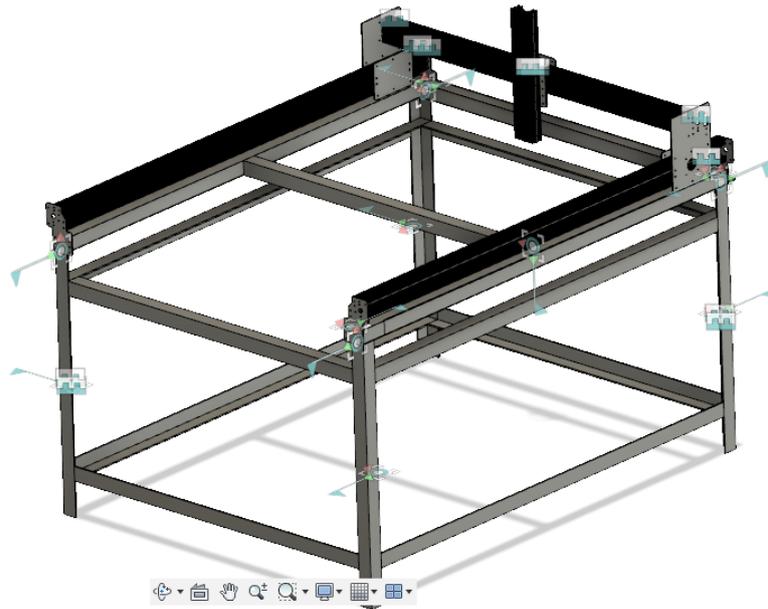
Acero	C	Fe	Cu	Mn	S	P	Si
ASTM -36 Max.	0.26	99	0.20	0.8 -1.2	0.05	0.4	0.4
AISI 304 Max	0.03	--	--	2	0.03	0.045	1

**Nota:** La composición del acero que es más comercial A-36 con respecto al AISI 304 y sus características importantes para verificar si es utilidad el uso de acero. Adaptado de Mejoramiento de los parámetros de Trabajo para una Máquina de corte por plasma y oxiacetilénica tipo CNC.

Por razones de composición siendo el más importante el hierro (Fe) y el de menos presencia el carbón (C), lo cual define que facilita el proceso de moldeo del acero ya que tiene una ventaja lineal y elástica hasta la fluencia lo que hace que sea predecible por lo que el acero AISI 304 a pesar de ser utilizado con finalidades estructurales no dispone de las características que se

necesita para proceder con su uso en la construcción de la estructura de la mesa tomando como elección el tubo de acero ASTM A-36.

La estructura de la mesa de la máquina CNC se puede apreciar en la figura 4.3 como está estructurada mediante el material que se ha seleccionado con las respectivas dimensiones y detalles técnicos con sus respectivas especificaciones como también en el Anexo 1 se establece los planos de la estructura de la máquina CNC. [33]



**Figura 4.3** Estructura mecánica de la Máquina CNC

### **Metodología de cálculo**

La metodología de cálculo es realizada para la presente propuesta, ya que es importante y vital la comparación entre lo teórico y lo experimental, todo esto obtenidos a través de mediciones con instrumentos de precisión y exactitud para poder validar el correcto funcionamiento y desarrollo del proceso de corte.

### **Porcentaje de error (fórmula 4.1)**

A continuación, se presenta la ecuación para el cálculo del porcentaje de error entre lo teórico y lo experimental:

$$Error = \frac{Teórico - Experimental}{Teórico} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

### **Cálculo para la Estructura de la Máquina CNC.**

El cálculo de vigas se lo realiza para saber si la estructura está en condiciones de soportar el

peso que se pretende tener para lo cual se determina cuantas vigas existen en la estructura.



**Figura 4.4.** Estructura mecánica de la Máquina CNC con bandeja.

#### **Ecuaciones a utilizar en el diseño**

Las ecuaciones que se toman en cuenta para el diseño estructural de la máquina CNC son las siguientes:

- Momento Flector o flexionante el cual se realiza para determinar cuando el material tiende a sufrir flexiones estas pueden ser positivas o negativas con respecto a un eje perpendicular al plano.
- Esfuerzo por flexión o esfuerzo normal en el cual se toma en cuenta el equilibrio en relación de las cargas y los propios esfuerzos.

Esfuerzo cortante siendo que estos no producen movimientos con respecto al eje ni tampoco a las fuerzas cortantes interiores.[33]

#### **4.7.3 Deslizamiento lineal de la máquina CNC**

Basados en un actuador presente en el sistema CNC, mismo que será utilizado para generar una parte mecánica y así poder generar energía para ser utilizada en el movimiento de la máquina CNC, utilizando drivers que generarán pulsos hacia el actuador.

Analizando algunos de los sistemas de movimiento lineal para utilizarlo en un sistema CNC se pudo encontrar los siguientes siendo los más conocidos:

- Tornillo sinfín
- Cremallera
- Cadena y piñón
- Banda dentada

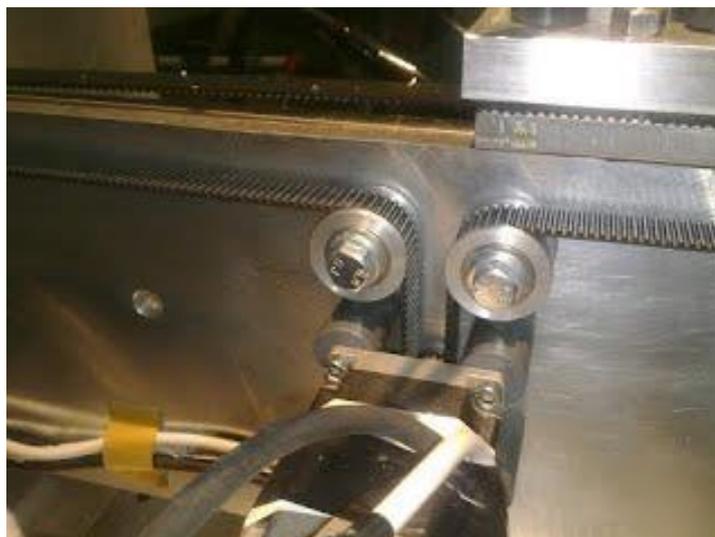
Para lograr el movimiento en cada uno de los ejes se debe seleccionar actuadores mecánicos, los cuales convierten el movimiento rotativo del motor en movimiento lineal. Los métodos mecánicos para la selección del mismo se realizan mediante la tabla 10 que indica cuales son las diferencias entre los siguientes sistemas de transmisión.[34]

#### 4.7.4 Análisis y selección de la transmisión de ejes

Dentro del análisis y selección de la transmisión de los ejes se toma en cuenta una serie de parámetros de manera que posibilite el traslado del movimiento de los motores a los carros de los distintos ejes, por lo que se expone los sistemas de transmisión más conocidos:

##### a) Correa

En la figura 4.5 se puede visualizar el primero de los tipos de transmisión analizados siendo este por correa, dicho tipo de transmisión es empleado en las máquinas para la transmisión indirecta de fuerzas a una determinada distancia, el sistema en sí, consiste en la utilización de una correa dentada conectada al motor y al eje que se desea mover mediante poleas y cabe resaltar que la fuerza que ejerce es mediante la fricción de la correa. En este tipo de transmisión, el valor de las potencias a transmitir, está dado por las velocidades periféricas, los coeficientes de rozamiento y la resistencia mecánica del material transmisor. [34]



**Figura 4.5** Transmisión por correa. [34]

### b) Tornillo de potencia

La transmisión por tornillo sinfín consiste en conectar el tornillo al eje del motor, a través de un acoplador asegurado con prisioneros, y a su vez se conecta al eje que se desea mover. El avance es producido conforme se realiza el giro del tornillo, transformando de esta manera el movimiento circular del motor a un movimiento lineal y transmisión de potencia, dicho tipo es uno de los más utilizados debido a sus costos y factibilidad en el momento de conseguir en el mercado. En la figura 4.6 se puede apreciar un tornillo de potencia con la tuerca. [35]



**Figura 4.6.** Tornillo de sinfín. [35]

### c) Piñón-Cremallera

El siguiente tipo de sistema de transmisión convierte el movimiento circular de un piñón en un movimiento lineal continuo por parte de la cremallera, la cual es una barra rígida dentada. El movimiento rectilíneo de la cremallera se puede convertir en un movimiento de tipo circular por parte del piñón al girar y estar engranado a la cremallera el cual empuja y así provoca el desplazamiento lineal, como se puede visualizar en la figura 4.7. [35]



**Figura 4.7.** Piñón – Cremallera [35]

Para la transmisión de los tres ejes se ha seleccionado la banda dentada para los ejes “X e Y” y el tornillo de potencia para el eje “Z” por motivo de que ambos sistemas presentan características muy viables y accesibles en comparación al otro sistema analizado.

**Tabla 11.** Sistemas de Transmisión

<b>Husillo de Bolas</b>	<b>Piñón Cremallera</b>	<b>Cadena</b>	<b>Banda dentada</b>
<b>Poseen la capacidad de posicionar tolerancias en micras.</b>	Presentan una precisión de hasta 10 micras para un movimiento suave y seguro.	Posee una relación de transmisión constante (en otras palabras, no existe gran deslizamiento).	Tiene un rendimiento superior y larga vida útil gracias a la combinación perfecta de flexibilidad y resistencia.
<b>La eficiencia aproximadamente llega del 90% al 95%.</b>	Son una excelente opción para el caso de recorridos largos ya que su eficiencia llega al 97%.	Posee alta eficiencia en el orden de 95% y menos cargas sobre los ejes.	El diseño del diente desplazado reduce la concentración de tensión y el efecto poligonal.
<b>Este tipo de sistemas resultan más económicos cuando las longitudes de husillo son menores a los 4 metros.</b>	Pueden ser hasta dos veces más caros que un sistema husillo a bolas, para longitudes inferiores a 4 metros y por encima de distancias cercanas a los 7 metros.	Son de larga duración, costos económicos, son reutilizables y de fácil mantenimiento.	Al poseer miembros de tensión de cable de acero especialmente desarrollados incrementan la rigidez de la banda y la resistencia a la ruptura, haciendo posible la transmisión de fuerzas más fuertes.

**Nota:** El sistema de transmisión que se seleccione tiene como objetivo interconectar y realizar funciones tales como transmitir un movimiento de esta manera que se ha puesto a consideración tres sistemas. Todo esto se lo realiza de acuerdo a la adaptación de los Fundamentos de manufactura moderna.

**Tabla 12.** Análisis técnico comparativo de los parámetros principales a tomarse en cuenta para la selección del sistema de transmisión descartando el sistema de transmisión por cadena.

Parámetros	Correa dentada	Tornillo de potencia	Cremallera
<b>Distancia</b>	Pequeñas	Pequeñas, Medianas y Grandes	Medianas y Grandes
<b>Costo</b>	Medio y Alto	Bajo y Medio	Alto
<b>Desgaste</b>	Alto	Bajo-Medio	Bajo
<b>Mantenimiento</b>	Poco	Medio	Alto
<b>Vida útil</b>	Baja	Medio-Alta	Alta
<b>Peso</b>	Bajo	Medio	Alto
<b>Accesibilidad en el mercado</b>	Medio accesibilidad	Fácil accesibilidad	Difícil accesibilidad

#### 4.7.5 Sistema de movimiento lineal

La máquina CNC posee tres ejes como se aprecia en la figura 4.8. Dos de ellos asociados al movimiento en el plano horizontal (movimiento longitudinal y transversal), mientras que el tercero es el desplazamiento vertical del cabezal de la máquina el mismo que ayudará en el proceso de corte.



**Figura 4.8.** Ejes de una Máquina

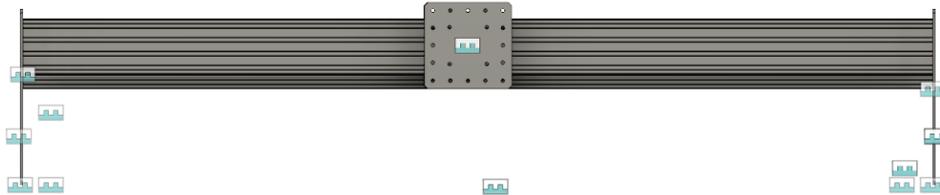
Con la finalidad de obtener el movimiento adecuado para cada uno de los ejes se procede con la selección de la mejor alternativa con respecto al actuador mecánico para que realice dicha función, los mencionados actuadores convierten el movimiento rotativo en movimiento lineal. La selección del método se realiza a través de la tabla 11 la cual está basada en precisión, eficiencia y costos relativos de las alternativas.

De tal manera la mejor alternativa del sistema de transmisión que se obtuvo es el sistema de banda dentada y tornillo sinfín, el cual garantiza una buena eficiencia, por su fácil mantenimiento, costo accesible, disponibilidad del mercado y una relación de transmisión constante.

## 4.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO (EJES)

### 4.8.1 Eje X

Para el eje X se toma en cuenta el uso del perfil de aluminio V-SLOT tipo C de 40x80mm de 1300mm de longitud, adosados por los extremos a placas fijadas por medio de tornillos de bajo perfil M5 de manera que quede alineado correctamente como se muestra en la figura 4.9.

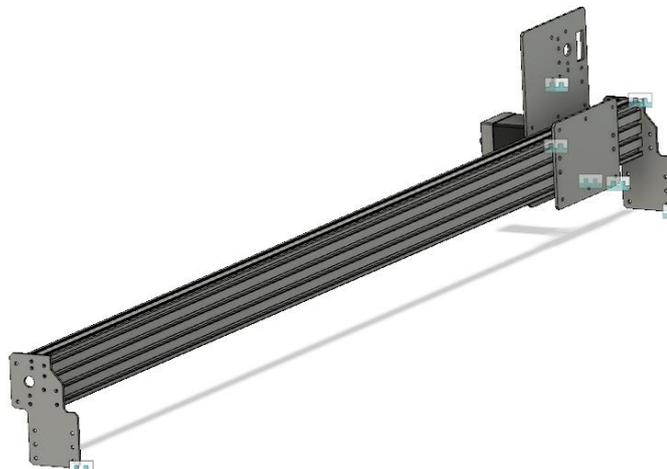


**Figura 4.9.** Vista frontal de la guía del perfil de aluminio del eje X.

### 4.8.2 Eje Y- A

Para el eje Y / A se toma en cuenta el uso del perfil de aluminio V-SLOT tipo C de 40x80mm de 1700mm de longitud, adosados por los extremos en la parte superior de la viga de la estructura mediante placas fijadas por medio de tornillos de bajo perfil M5 de manera que quede alineado correctamente como se muestra en la figura 4.10.

De esta manera los perfiles ubicados en este eje permiten la movilidad, soportan el peso de la estructura de los carros del eje X, del eje Z y la estructura en donde se coloca la antorcha.



**Figura 4.10.** Vista isométrica NE de la guía del perfil de aluminio del eje Y.

### 4.8.3 Eje Z

Para el eje Z el sistema de transmisión de movimiento es realizado por un tornillo sinfín mismo que se encuentra ubicado en el interior de un perfil de aluminio V-SLOT tipo C de 40x80mm con 550 mm de longitud, además se tiene una pequeña estructura para la fijación de la antorcha acoplada mediante el uso de placas y tornillos de bajo perfil y contando con el uso de varillas paralelamente ubicadas que ayudarán a un mejor desempeño en la movilidad del porta antorcha, en la figura 4.11 se puede observar de mejor manera la forma del sistema con el porta antorcha.



**Figura 4.11** Sistema del eje Z con porta antorcha.

En la figura 4.12 se puede observar una perspectiva diferente sobre el sistema de posicionamiento de la antorcha.



**Figura 4.12.** Sistema de guías y acoples para desplazamiento.

#### 4.8.4 Diseño de la mesa de corte (rejilla)

La construcción de la mesa de corte es una parte importante y fundamental para una máquina CNC, ya que la misma proporciona estabilidad del material a cortar y ayudando a obtener precisión de los movimientos de los ejes y los procesos de corte, motivo por el cual la mesa cuenta con características de alta resistencia en cuanto al calor provocado por la herramienta de corte o antorcha y también para soportar el peso de las planchas metálicas a utilizar.

El diseño está basado en la forma de una rejilla utilizando platinas de acero al carbono ASTM-A36 50x1300x3mm, de esta forma es que se adosan dichas platinas sobre 3 guías o bases en forma curvilínea tal y como se muestra en la figura 4.13, tomando en cuenta que también se hace uso de un ángulo de 19.05x19.04x2mm (3/4 de pulgada) en la parte posterior de manera que establezca la rejilla, de esta forma poder colocarla dentro de la estructura de la máquina, como se indica en la figura 4.13, el material utilizado es seleccionado ya que es usado en varias estructuras por su disponibilidad en el mercado, factibilidad económica, alta durabilidad y de alta fluencia para soportar el peso del material con el que se trabaja.



**Figura 4.13.** Diseño de mesa de corte

#### 4.9 CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO

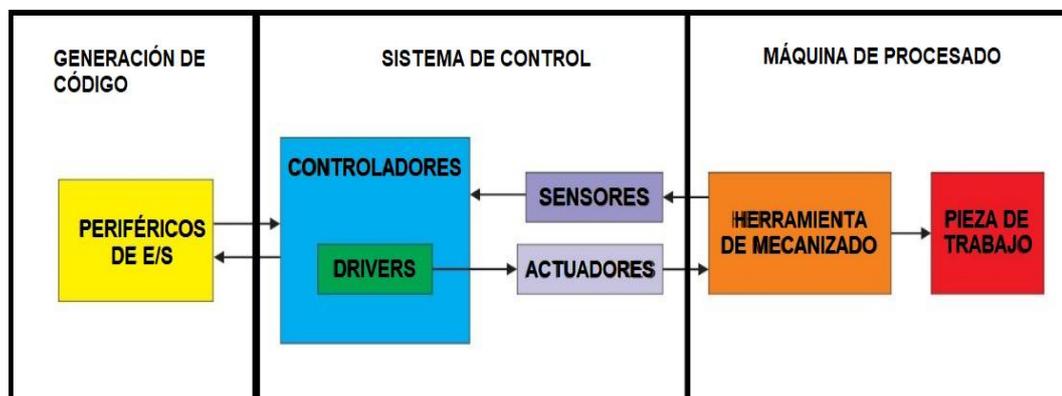
Se define de manera explícita a un sistema con control numérico computarizado como un medio de fabricación capaz de desarrollar un conjunto de operaciones tecnológicas de forma

automática, sin la intervención del ser humano, en base a las operaciones numéricas que le establece un ordenador.

Una máquina de control numérico computarizado automatiza las tareas de mecanizado. Ya sea para cortar una parte de una lámina de metal, perforar agujeros en ella, o de lo contrario, darle forma, hay una máquina de CNC para el trabajo. Algunas máquinas CNC realizan múltiples operaciones. El diseño de la pieza es creado a través de un diseño asistido por computadora (CAD), luego se carga en la computadora y la información procede a enviarse para ejecutar los movimientos adecuados para el procedo de corte con el plasma.

#### 4.9.1 Principio de Funcionamiento

Las máquinas CNC al utilizar una serie de órdenes, generadas por un software de control, tienen como finalidad el desplazamiento de una herramienta sobre una mesa de trabajo haciendo referencia a un sistema de coordenadas con ejes X e Y en la gran mayoría. Además, en algunos casos se puede lograr un movimiento de subida y bajada de la herramienta, en donde interviene otro eje de coordenadas que es el eje Z, teniendo el control de desplazamiento a lo largo, ancho y alto para la utilización de herramientas para el corte, fresado, grabado, etc. En la figura 4.16 se puede visualizar el diagrama de bloques de funcionamiento de una CNC.



**Figura 4.14.** Diagrama de bloques del funcionamiento de una CNC.

Existen modelos de sistemas con control numérico computarizado que van desde los dos ejes hasta los cinco ejes realizando movimientos de la máquina y de rotación de la pieza de trabajo.

#### 4.9.2 Ventajas de usar un sistema CNC

La finalidad de la automatización es la producción de artículos con un alto grado de calidad, optimizando recursos y a un bajo costo, dando lugar a la implementación de un sistema con

control numérico computarizado CNC el cual brinda ventajas como:

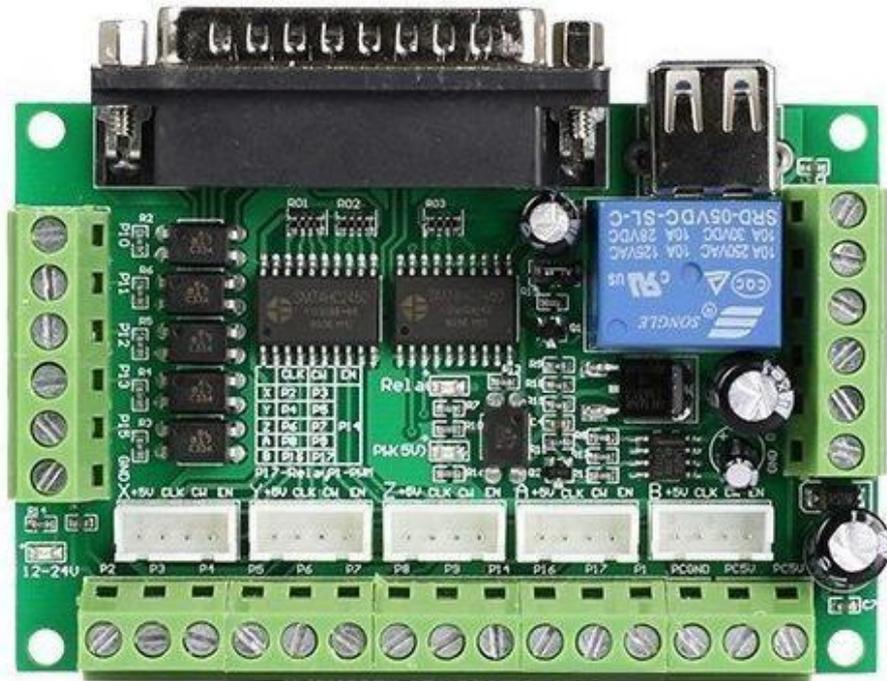
- Mayor precisión, debido que es asistido por computadora.
- Exactitud, ya que maneja un margen de error muy pequeño.
- Perdidas, con lo respecta al materia o materia prima las pérdidas son mínimas.
- Tiempo, en la realización de la pieza el tiempo se reduce.
- Desplazamiento, debido a que para posicionarse en un determinado punto este va hacer de una manera más rápida y exacta.
- Errores, es decir, se reduce en un gran porcentaje el error humano que se puede dar en el momento de trabajar con cualquier herramienta utilizada manualmente.
- Eliminar guías, en el momento de utilizar la cortadora plasma manualmente se debe realizar plantillas para el corte de piezas específicas.
- Complejidad, se puede realizar cualquier tipo de diseño sea simple hasta muy complejo, todo depende de la pieza a necesitar.
- Calidad, después de realizar una pieza se puede verificar y proceder a cortar varias similares con la certeza de que serán exactamente iguales.
- Modificaciones, sobre una pieza se la pueda modificar sin tener que volver a fabricarla.
- Espacio, ya que con un sistema CNC sustituye a varias herramientas. que ocupan un mayor espacio en el taller, que tienen la misma finalidad.
- Producción, debido a que ya se conoce el tiempo de producción de una pieza se puede calcular los tiempos de producción de un lote de piezas.

#### **4.9.3 Análisis y selección de hardware y software para el control y monitoreo**

En la presente sección se analiza los componentes que forman parte del sistema electrónico de la presente propuesta tecnológica.

La tarjeta que controla los motores ayuda para un alto rendimiento el cual sirve para tener una comunicación con los motores la que s utilizo es M542T como se muestra en la Figura 4.17 y en el Anexo C se puede constatar su funcionamiento y sus especificaciones técnicas.

En la figura 3 se puede observar la tarjeta CNC Breakout Junta ST-V2 la cual es utilizada por su alto rendimiento, compatible con MACH3, Linux CNC (EMC2) para el control de CNC, Salida 0-10 V de tensión analógica para el inversor para controlar la velocidad del cabezal. [29]



**Figura 4.15.** Tarjeta De Adquisición De Datos. [30]

### **Selección de la tarjeta de control de Motores Paso a Paso**

Existen varias opciones para los controladores de motores paso a paso con similares características que se pueden ya adquirir con el kit que ya la empresa dispone al momento de seleccionar el motor nema 24. Ver en la tabla 13.[30]

**Tabla 13.** Tarjetas de control

<b>M542T</b>
<b>Voltaje de entrada de 24 V</b>
<b>Corriente de salida 1.50 -4.5</b>
<b>Son utilizadas para motores nema 23 a nema 34.</b>

**Nota:** Tabla comparativa de los drivers para los motores paso a paso nema 24 para determinar cuál es la adecuada según las especificaciones.



Figura 4.16. Control Driver M542T. [30]

### Software Mach 3

Mach3 es un paquete de software que corre sobre una computadora y lo vuelve en un controlador de máquina muy poderoso y económico para reemplazar. Para correr Mach3 se necesita Windows XP (o Windows 2000) idealmente corriendo en un procesador de 1GHz con una resolución de pantalla de 1024 x 768 píxeles.

Mach 3 es un sistema de control computarizado que permite la comunicación con los servos motores usando una computadora. Este controlador es completamente compatible con la mayoría de los sistemas CAD-CAM y máquinas en el mercado.

Los Drives de los motores de los ejes de su máquina deben aceptar una señal de pulsos de paso y de dirección. Virtualmente todos los Drives de motores de paso a paso trabajan así, como lo hacen los modernos sistemas de motores servo DC y AC con codificadores digitales. [34]

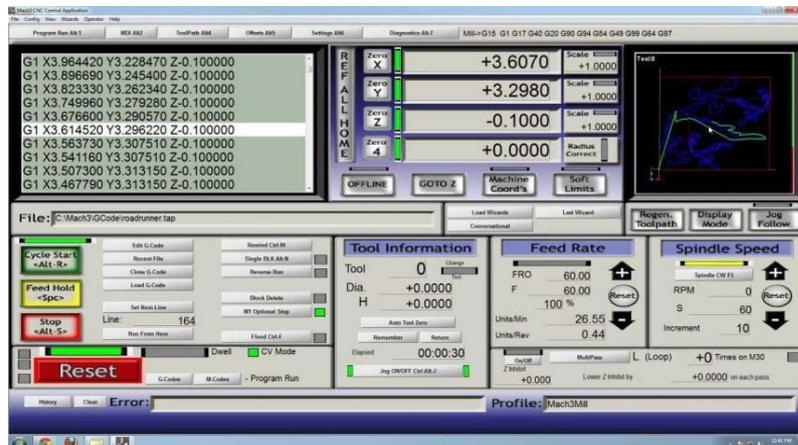


Figura 4.17. Pantalla Principal Del Software Mach3. [34]

## 4.10 MOTORES PASO A PASO

Los motores paso a paso, también llamados “de movimiento indexado” o simplemente de paso, está diseñado para girar un determinado ángulo en función de las señales eléctricas que se apliquen en sus terminales de control. Este tipo de motores se emplean a menudo en sistemas de control digital, en los que el motor recibe órdenes de lazo abierto en forma de un tren de pulsos para hacer rotar sus ejes en un ángulo perfectamente definido.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. [35]

### 4.10.1 Descripción del motor paso a paso NEMA 24

Los motores paso a paso como se muestra en la figura 4.20, son dispositivos electromecánicos, que necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas, el motor a utilizar es un motor Nema 24 que generan movimientos angulares también son motores paso a paso bipolares, los cuales tienen generalmente, cuatro cables de salida necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Este paso puede variar desde  $90^\circ$  hasta pequeños movimientos de tan solo  $1.8^\circ$ , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso ( $90^\circ$ ) y 200 para el segundo caso ( $1.8^\circ$ ), para completar un giro completo de  $360^\circ$ . [36]



PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

**Figura 4.18.** Motor paso a paso nema 24. [36]

La ventaja que tiene el motor paso a paso es el movimiento que se le da por cada pulso que se le indique, el control de desplazamiento de los motores depende directamente de la tensión que se apliquen a las bobinas con ello además se puede determinar el número de paso por vuelta.

El motor nema 24 se lo puede utilizar con las tarjetas de control recomendadas por el fabricante como en este caso se la puede utilizar con tarjetas que estén en el rango de 24v- 48v de tal manera que el fabricante garantiza el adecuado funcionamiento.

En base a las especificaciones técnicas de la tabla 13, se selecciona los motores paso a paso como la mejor opción para desarrollar el proyecto de investigación, debido a las características que presenta como el control de posicionamiento del motor, la velocidad, y la fuerza que brindan dichos motores. [36]

#### **Selección del motor paso a paso NEMA 24**

El modelo de motor paso a paso a ocupar en el sistema es una nema 23, presentando características de alto torque en todas sus versiones lo que lo hace ideal para este tipo de máquinas. En el Anexo A se encuentra la hoja de datos del motor a ocupar. Los motores a utilizar son el modelo KH56KM2U004A hibrido, el cual es óptimo para trabajar en el presente proyecto, en la tabla 13, se detallan las características más relevantes del motor paso a paso. [36]

#### **4.10.2 Características y especificaciones del motor paso a paso NEMA 24**

**Tabla 14.** Especificaciones de motor paso a paso.

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Modelo</b>	NEMA 24	-----
<b>Angulo de paso</b>	1.8	<b>Grados</b>
<b>Pasos por vuelta</b>	200	<b>Pasos</b>
<b>Voltaje</b>	1.6	<b>Voltios</b>
<b>Corriente</b>	2.1	<b>A</b>
<b>Resistencia</b>	1.32	<b><math>\Omega</math></b>
<b>Inductancia</b>	3.19	<b>mH</b>
<b>Torque</b>	0,932	<b>mN</b>
<b>Inercia del rotor</b>	188	<b><i>g. cm<sup>2</sup></i></b>
<b>Peso</b>	650	<b>g</b>
<b>Dimensiones</b>	<b>56x56x96</b>	<b>mm</b>

#### 4.11 EQUIPO DE CORTE POR PLASMA

Al contar con una Cortadora de Plasma de marca ESAB modelo PT-TORCH 32 como se indica en la figura 4.19 se estipulan las características de la misma.



**Figura 4.19.** Cortadora por Plasma ESAB modelo PT-TORCH 32 1250. [32]

**Tabla 15.** Se detalla las principales características de la cortadora plasma.

Especificaciones Técnicas Generales	
<b>Voltaje</b>	220 v
<b>Amperaje</b>	40 – 90 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Presión</b>	5.17 Bar o 75 PSI

Además de las especificaciones técnicas generales el equipo posee características importantes que se detallan de la siguiente manera:

- Es de tamaño considerable
- De mediano peso.
- Fácil encendido.
- Es de alto rendimiento
- Consta de protección contra sobre corriente
- Realiza un trabajo de corte preciso y mediana salpicadura.
- En la figura 4.20 se visualiza la vista frontal del equipo.



**Figura 4.20.** Vista frontal de cortadora por plasma. [32]

En la figura 4.21 se visualiza la vista trasera del equipo.



**Figura 4.21.** Vista posterior de cortadora por plasma. [32]

#### **4.11.1 Antorcha**

La antorcha es la herramienta que se utiliza para el mecanizado de las piezas en acero, aluminio, entre otros. El equipo cuenta con el modelo de antorcha de plasma PT-32EH TORCH como se indica en la figura 4.22.



**Figura 4.22.** Antorcha para corte por Plasma. [32]

En la tabla 16, se describe las especificaciones técnicas generales de la antorcha.

**Tabla 16.** Especificaciones Generales de la Antorcha

<b>Especificaciones Generales</b>	
<b>Modelo de la antorcha</b>	PT-32EH Torch
<b>Longitud del paquete de manguera</b>	5 metros
<b>Grosor del corte</b>	Hasta 38 mm // 1 -1/2 pulg. (depende del material)
<b>Boquilla de arrastre</b>	Exclusiva de 40 amperios
<b>Capacidad</b>	90 amperios al 100% del ciclo de trabajo
<b>Suministro de aire</b>	165 l/min o 5.2 – 5.5 bar o 80psi
<b>Longitud de cabeza</b>	3.0 in (76 mm)
<b>Duración de la línea de servicio</b>	25 ft. - 7.6 m

En la figura 4.23 se observa las partes que constituyen el cabezal de la antorcha.



**Figura 4.23.** Cabezal de la antorcha y sus componentes. [32]

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tras concluir con el diseño, construcción, selección de sistema de transmisión de movimiento entre otros parámetros de gran relevancia se procede con las pruebas de funcionamiento las cuales brindarán una mejor visualización del proceso de corte por plasma realizado por la máquina, dando como resultado la validación de los objetivos planteados.

### 5.1 Prueba de funcionamiento 01

#### Primera prueba de corte: plancha de acero al carbono 1mm

Las primeras pruebas de corte que se realizan ayudarán en la determinación de varios parámetros tales como la exactitud de los movimientos, la precisión de la máquina, la repetibilidad de los cortes, tolerancia y sobre todo la calibración del número de pasos para el mejor desarrollo del proceso.

De la mano con los resultados se presenta una breve explicación de los parámetros antes mencionados y utilizados.

**Precisión:** Definida como la proximidad que existe entre valores medidos y obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, todo esto bajo condiciones específicas. [37]

**Exactitud:** Definida como la proximidad existente entre un valor medido y un valor verdadero de un mesurado. [37]

Una importante distinción entre exactitud y precisión es que la exactitud puede determinarse con una sola medida, mientras que para evaluar precisión se necesita varias medidas. [37]

**Repetibilidad:** Definida como la habilidad de un sistema para realizar la misma acción en forma consistente (repetida) proporcionando la misma información. [37]

**Tolerancia:** Definido como el rango explícito de valores permitidos. [37]

Debido a que la CNC de corte por plasma trabaja dentro de un amplio rango de espesores que van hasta los 38mm, se determina realizar la prueba inicial con un espesor de 1mm, basados en que esta clase de espesores delgados con muy críticos por causa de la deformación producto de las altas temperaturas del corte.

Otra de las causas por las que se opta realizar la prueba en dicho material de 1mm es el costo, ya que mientras menor sea el espesor de los retazos de plancha menor será el costo.

**Tabla 17.** Detalle de cortes de prueba 01.

<b>Diámetro</b>	<b>Número de Cortes</b>
25mm	50 circunferencias
50mm	50 circunferencias
75mm	50 circunferencias
100mm	50 circunferencias
150mm	50 circunferencias

En la Figura 5.1 se observa las circunferencias cortadas ordenadas y seleccionadas con las medidas de corte especificadas anteriormente.



**Figura 5.1.** Cortes de Prueba 01.

Para la medición de las circunferencias cortadas se utilizará como herramienta de medición un calibrador, las especificaciones técnicas del calibrador se encuentran en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Especificaciones técnicas calibre digital Stainless.

<b>Especificaciones Técnicas Calibre digital Stainless</b>	
<b>Rango de material</b>	0 a 150 mm
<b>Resolución</b>	0,1mm
<b>Precisión</b>	+/- 0,2 mm
<b>Batería</b>	1,5 V
<b>Velocidad de medida</b>	<1,5 m/s
<b>Temperatura de trabajo</b>	0 – 40 °C
<b>Peso</b>	200 g
<b>Ancho</b>	40 mm
<b>Largo</b>	235 mm

### **Resultados pruebas de corte**

#### **Análisis de resultados circunferencia de 20mm**

En la Tabla 19 a continuación se observa un resumen del resultado de las pruebas de mediciones realizadas para una circunferencia de 20mm donde se encuentra el número de medición, el diámetro requerido, la desviación estándar y el criterio de rechazo de +/- 1mm para circunferencias de 20mm.

**Tabla 19.** Resultado de pruebas de la circunferencia de 20mm.

<b>Valores promedio resultado circunferencia 20mm.</b>	
<b>Número de mediciones</b>	50
<b>Diámetro</b>	20
<b>Promedio desviación estándar</b>	19,6958
<b>Criterio de rechazo</b>	0,7 / 0,3

Para el análisis de resultados de las mediciones realizadas se utilizó la distribución normal, la media y la desviación estándar. Las cuales permiten analizar de manera más detallada los datos obtenidos proporcionando la tolerancia en cada corte que ofrece la máquina además del rango de repetibilidad.

La ecuación (5.1) permite determinar la media de los resultados obtenidos de las mediciones de los cortes realizados, determinando la tolerancia que la máquina ofrece en cada uno de los cortes.

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \quad (5.1)$$

$$\bar{x} = \frac{\quad}{N}$$

*Media* = 19,6958

El resultado de la tolerancia en circunferencia de 20mm es de 0.3024 rango permitido según los objetivos de la máquina, para determinar este valor se utilizó (5.2).

$$Tolerancia = Valor\ real - Media. \quad (5.2)$$

*Tolerancia* = 20 – 19,6958

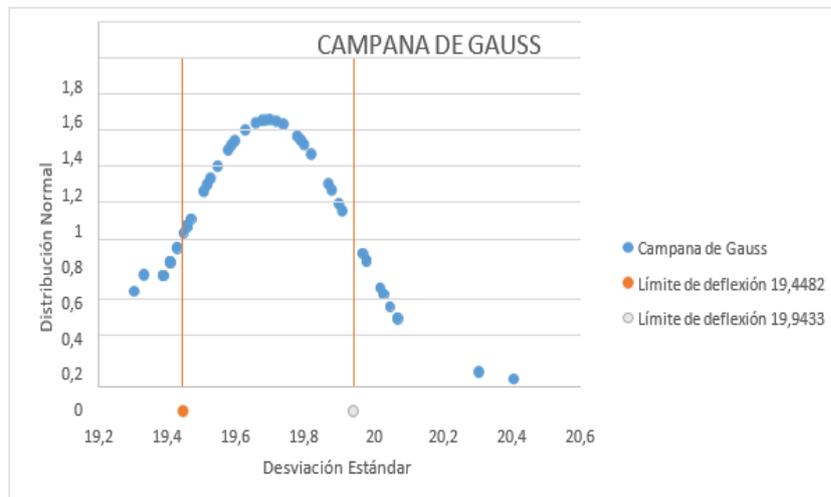
***Tolerancia* = 0, 3024**

Desviación estándar: Medida de dispersión que nos indica cuánto pueden alejarse los valores respecto al promedio. Es decir, el rango que puede fallar la máquina CNC plasma.

La ecuación (5.3) permite determinar el valor de la desviación estándar.

*Desviación Estándar* = 0.2475

A continuación, en la Figura 5.2 se representa la distribución normal junto con los límites de deflexión en las medidas tomadas



**Figura 5.2.** Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 20mm.

Los límites de deflexión obtenidos permiten determinar el rango de repetibilidad logrado por la máquina.

*Rango de repetibilidad* = 19,4482 – 19,9433

**Rango de repetibilidad = 0,4950**

El porcentaje de repetibilidad logrado por la máquina en las pruebas de 20mm realizadas es de 68%.

En (5.4) se observa el proceso para determinar dicho valor.

$$\begin{aligned} \text{Número de datos dentro de los límites de deflexión} \cdot 100\% & \quad (5.4) \\ \% \text{ repetibilidad} &= \text{Número de datos tomados} \end{aligned}$$

$$\% \text{ repetibilidad} = \frac{34 \cdot 100\%}{50} = 68\%$$

**Análisis de resultados circunferencia de 50mm**

En la Tabla 20 se observa el resultado de las pruebas de mediciones realizadas para una circunferencia de 50mm.

**Tabla 20.** Resultado de pruebas de la circunferencia de 50mm.

<b>Valores promedio resultado circunferencia 50mm.</b>	
<b>Número de mediciones</b>	50
<b>Diámetro</b>	50
<b>Promedio desviación estándar</b>	49,8314
<b>Criterio de rechazo</b>	0,7 / 0,3

Para analizar los datos obtenidos de las pruebas en circunferencia de 50mm se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Reemplazando en (5.1), se tiene:

$$\text{Media} = 49,8314$$

Reemplazando en (5.2), se tiene:

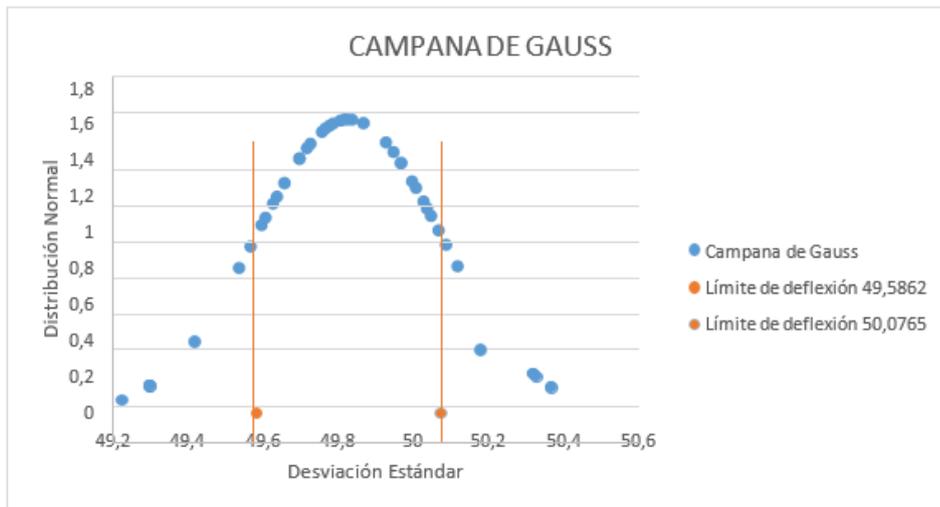
$$\text{Tolerancia} = 50 - 49,8314$$

**Tolerancia = 0,1686**

Reemplazando en (5.3), se tiene:

$$\text{Desviación Estándar} = 0,2451$$

A continuación, en la Figura 5.3 representa la distribución normal junto con los límites de deflexión en las medidas tomadas.



**Figura 5.3.** Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 50mm.

*Rango de repetibilidad* = 49,5862 – 5,0765

***Rango de repetibilidad* = 0,4902**

El porcentaje de repetibilidad logrado por la máquina en las pruebas de 50mm realizadas es de 76%, resultado de (5.4).

### **Análisis de resultados circunferencia de 75mm**

En la Tabla 21 se observa el resumen del resultado de las pruebas de mediciones realizadas para una circunferencia de 75mm.

**Tabla 21.** Resultado de pruebas de la circunferencia de 75mm.

<b>Valores promedio resultado circunferencia 75mm.</b>	
<b>Número de mediciones</b>	50
<b>Diámetro</b>	75
<b>Promedio desviación estándar</b>	75,7752
<b>Criterio de rechazo</b>	0,7 / 0,3

Analizando los datos obtenidos de los cortes de prueba realizados, se tiene los siguientes resultados, representados por:

Reemplazando en (5.1), se tiene:

$$Media = 74,7752$$

Reemplazando en (5.2), se tiene:

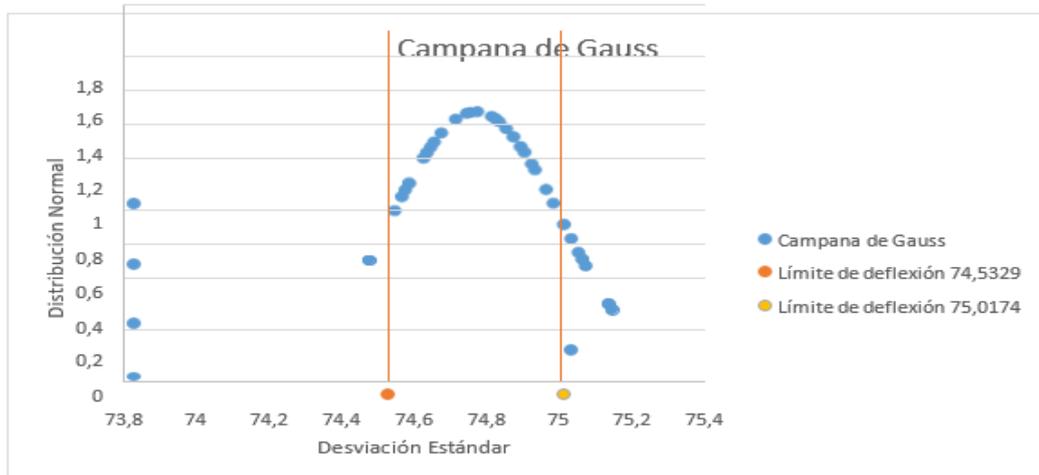
$$Tolerancia = 75 - 74,7752$$

**Tolerancia = 0, 2248**

Reemplazando en (5.3), se tiene:

*Desviación Estándar* = 0,2422

A continuación, la Figura 5.4 representa la distribución normal junto con los límites de deflexión en las medidas tomadas.



**Figura 5.4.** Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 75mm.

*Rango de repetibilidad* = 74,5329 – 75,0174

**Rango de repetibilidad = 0, 4844**

El porcentaje de repetibilidad, representado por (5.4), logrado por la máquina en las pruebas de 75mm realizadas es de 72%.

**Análisis de resultados circunferencia de 100mm**

En la Tabla 22 se observa el resumen del resultado de las pruebas de mediciones realizadas para una circunferencia de 100mm.

**Tabla 22.** Resultado de pruebas de la circunferencia de 100mm.

<b>Valores promedio resultado circunferencia 100mm.</b>	
<b>Número de mediciones</b>	50
<b>Diámetro</b>	100
<b>Promedio desviación estándar</b>	99,9412
<b>Criterio de rechazo</b>	0,7 / 0,3

Para analizar los datos obtenidos de las pruebas de corte en circunferencia de 100mm se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Reemplazando en (5.1), se tiene:

$$\text{Media} = 99,9412$$

Reemplazando en (5.2), se tiene:

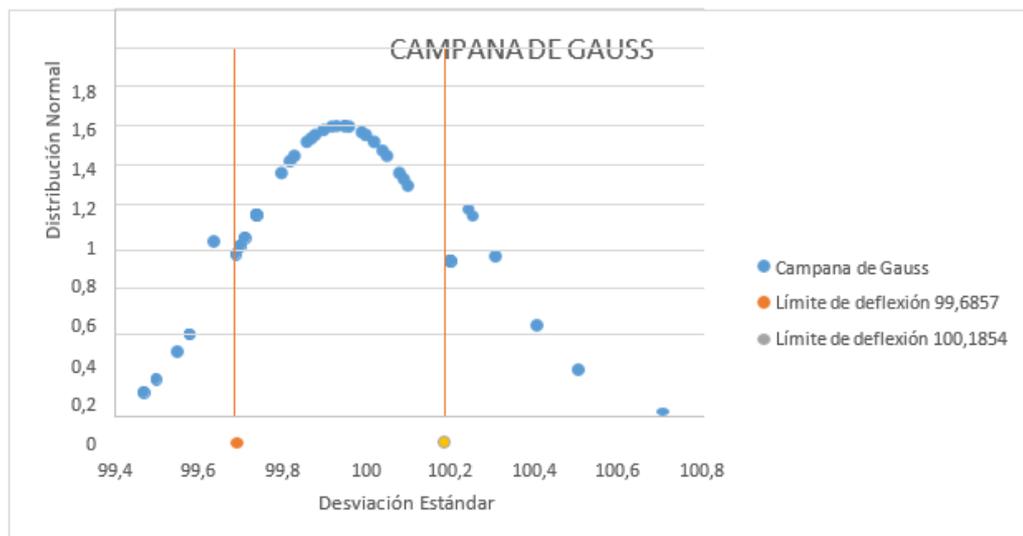
$$\text{Tolerancia} = 100 - 99,94$$

$$\text{Tolerancia} = 0,2465$$

Reemplazando en (5.3), se tiene:

$$\text{Desviación Estándar} = 0,2482$$

A continuación, en la Figura 5.5 se representa la distribución normal junto con los límites de deflexión en las medidas tomadas.



**Figura 5.5.** Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 100mm.

$$\text{Rango de repetibilidad} = 99,6934 - 100,1854$$

$$\text{Rango de repetibilidad} = 0,4931$$

El porcentaje de repetibilidad logrado por la máquina según (5.4), en las pruebas de 100mm realizadas es de 72%

### **Análisis de resultados circunferencia de 150mm**

En la Tabla 23. se observa el resultado de las pruebas de mediciones realizadas para una circunferencia de 150mm.

**Tabla 23.** Resultados de prueba de la circunferencia de 150mm.

Valores promedio resultado circunferencia 150mm.	
Número de mediciones	50
Diámetro	150
Promedio desviación estándar	149.753
Criterio de rechazo	0.7 / 0.3

Analizando los datos obtenidos de los cortes de prueba de circunferencia, se tiene los siguientes resultados, representados por:

Reemplazando en (5.1), se tiene:

$$Media = 149,753$$

Reemplazando en (5.2), se tiene:

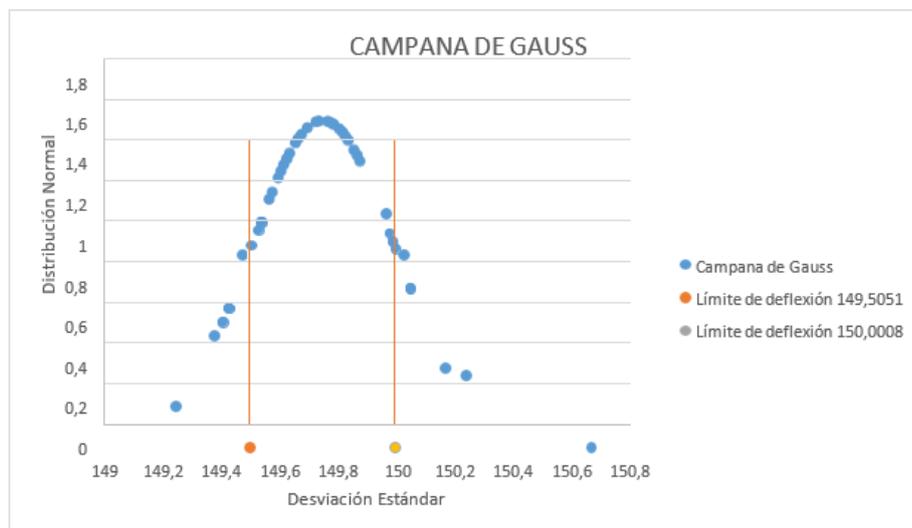
$$Tolerancia = 150 - 149,753$$

$$Tolerancia = 0,247$$

Reemplazando en (5.3), se tiene:

$$Desviación Estandar = 0,2478$$

A continuación, en la Figura 5.6 se representa la distribución normal junto con los límites de deflexión en las medidas tomadas.



**Figura 5.6.** Campana de Gauss Resultado Circunferencia de 150mm.

$$Rango de repetibilidad = 149,5051 - 150,0008$$

$$Rango de repetibilidad = 0,4956$$

El porcentaje de repetibilidad logrado por la máquina, según (5.4), en las pruebas de 150mm realizadas es de 76%.

### **Análisis de resultados generales pruebas de corte**

Al realizar el análisis de los resultados obtenidos en cuanto a tolerancia y rango de repetibilidad se obtuvo que:

La tolerancia promedio de la máquina en cortes tiene un rango de 0,2378 debido a los datos obtenidos de cada circunferencia, la Tabla 24 contiene los datos analizados:

**Tabla 24.** Rango Tolerancia.

<b>Circunferencia</b>	<b>Tolerancia</b>
<b>20mm</b>	0,3024 mm
<b>50mm</b>	0,1686 mm
<b>75mm</b>	0,2248 mm
<b>100mm</b>	0,2465 mm
<b>150mm</b>	0,247 mm
<b>Tolerancia</b>	0,2378 mm

El rango general de repetibilidad de la máquina, la Tabla 25 contiene los datos analizados:

**Tabla 25.** Rango General de Repetibilidad.

<b>Circunferencia</b>	<b>Repetibilidad</b>	<b>% de Repetibilidad</b>
<b>20mm</b>	0,495 mm	68%
<b>50mm</b>	0,4902 mm	76%
<b>75mm</b>	0,4844 mm	72%
<b>100mm</b>	0,4931 mm	72%
<b>150mm</b>	0,4956 mm	76%
<b>Rango de Repetibilidad</b>	<b>0,4916 mm</b>	<b>72,8%</b>

## **5.2. Prueba de funcionamiento 02**

### **Plancha de acero al carbono 1mm**

Para la segunda prueba de corte que se realizan enfocados en la determinación de varios parámetros al igual que en la primera prueba.

Se determina realizar esta prueba con un espesor de 1mm, basados en los parámetros ya

definidos dentro de la prueba de funcionamiento 01, de igual forma es evidente la deformación producto de las altas temperaturas del corte.

Otra de las causas por las que se opta realizar la prueba en dicho material de 1mm es el costo, ya que mientras menor sea el espesor de los retazos de plancha menor será el costo.

Para realizar las pruebas de corte se utilizó un retazo de plancha en la cual se realizaron 4 cortes de distintas figuras, la Tabla 26 detalla el número de cortes a realizarse y el diámetro de los mismos:

**Tabla 26.** Detalle 02 de cortes de prueba

Medida	Número de Cortes	Corte
100mm de punta a punta	01 estrella	Primer
300mm de perímetro (6mmx lado)	01 pentágono	Segundo
100x90mm	01 rectángulo	Tercero

**Tabla 27.** Especificaciones de corte de la máquina.

Material	Espesor (mm)	Boquilla del plasma	Amperaje del plasma	Tiempo de ejecución (segundos)	Presión del aire
ASTM A-36	1	40 A	25 a 30 A	40	5.5 bar ó 80 psi

**Nota:** datos obtenidos por el grupo de investigación para el corte de acero.

En la Figura 5.7 se observa las rodelas cortadas y ordenadas de acuerdo a las mediciones y calibración del número de pasos de acuerdo a la medida de corte especificada anteriormente.



**Figura 5.7.** Cortes de Prueba 02.

Para realizar la medición de las figuras cortadas se utiliza como herramienta de medición un

calibrador pie de rey.

### 5.3 Activación del botón de paro

Según la norma ISO 13850, se define que la función del botón de parada de emergencia o simplemente paro de emergencia es el de prevenir situaciones que puedan poner en peligro la integridad de las personas que estén cerca de la máquina y al operario, además de evitar a toda costa los daños en la máquina o quizá en los trabajos que se estén realizando, todo esto con el fin de para minimizar los riesgos ya existentes. La posición exacta del botón de paro de la máquina se encuentra descrita de manera detallada en el manual de usuario de la misma y la Figura 5.8 indica el paro en la máquina.



**Figura 5.8.** Señal de activación Paro de Emergencia.

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

### 6.1 PRESUPUESTO

Para poder determinar el costo total de la máquina se detalla a continuación las tablas con la información necesaria.

En la Tabla 28 se detalla los costos de elementos normalizados y suministros, la cualidad de estos elementos son que no necesitan ningún tipo de manufactura extra y se pueden instalar de forma directa a la estructura. La tabla demuestra que los elementos de mayor costo son dos: los perfiles de aluminio V-SLOT tipo C los cuales son los encargados de servir de guías para el desplazamiento que necesita el proceso de corte. Además, la tabla contiene el costo total de envío que tiene los elementos que son importados desde otro país.

**Tabla 28.** Costo de elementos normalizados y suministros.

<b>CANT.</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
1	CPU y tarjeta CNC Breakout Junta ST-V2	\$ 0,00	\$ 0,00
1	Motor Nema 24	\$ 40,00	\$ 40,00
2	Drivers M542T	\$ 32,00	\$ 64,00
1	Fuente de alimentación	\$ 12,00	\$ 12,00
1	Kit CNC	\$ 1079,00	\$ 1079,00
1	Pantalla 14" táctil	\$ 120,00	\$ 120,00
1	Mouse	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Teclado	\$ 11,00	\$ 11,00
1	Tornillo sinfín 8mm x 500mm	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Plasma ESAB PT-32EH TORCH	\$ 0,00	\$ 0,00
1	Material Eléctrico	\$ 60,00	\$ 60,00
1	Material Electrónico	\$ 50,00	\$ 60,00
	<b>TOTAL</b>		\$ 1.471,00

En la Tabla 29 se observa los valores gastados en material para la estructura base de la máquina CNC, el cual detalla los materiales utilizados en la construcción y como característica es que son aquellos que se debe realizar diversos tipos de manufactura para poder ser utilizados.

**Tabla 29.** Costos de materiales.

<b>Denominación</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensión Estándar (mm)</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Estructura para Mesa de Corte</b>	Tubo Rectangular ASTM A500	1	50 x 50 x 2 x 6m	\$32,00	\$32,00
<b>Estructura para Mesa de Corte</b>	Perfil ASTM A-36	1	25 x 25 x 2 x 6m	\$9,00	\$9,00
<b>Estructura para Mesa de Corte</b>	Perfil ASTM A-36	2	50 x 50 x 4 x 6m	\$0,00	\$0,00

<b>Cabina de Control</b>	Plancha ASTM A36(5mm)	1	500 x 500	\$5,00	<b>\$5,00</b>
<b>Bandeja</b>	Plancha ASTM A36 (2mm)	1	1220 x 2440	\$22,00	<b>\$22,00</b>
<b>Cubiertas laterales y posterior (trípex)</b>	Plancha de trípex (4mm)	1	1220 x 2440	\$11,00	<b>\$11,00</b>
<b>Estructura Mesa de Corte</b>	Platina ASTM A36 (4.5mm)	4	6m	\$28,00	<b>\$112,00</b>
			<b>TOTAL</b>		<b>\$ 191,00</b>

En la Tabla 30 se detallan el costo de la mano de obra y la maquinaria utilizadas, en la presente el valor total va a depender del tiempo invertido y tipo de trabajo realizado.

**Tabla 30.** Costo de mano de obra y maquinaria.

<b>Denominación</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Personas</b>	<b>Precio</b>
<b>Taller mecánico y mano de obra (soldadora, cizalla, amoladora, taladro, remachadora, entre otros)</b>	8 días por mes (4 meses)	2	<b>\$ 170,00</b>
<b>Instalación elementos eléctricos y pruebas</b>	15 días por 1 mes	1	<b>\$ 60,00</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 230,00</b>

Una vez descritos los costos y finalmente sumados los totales de las tablas 28, 29 y 30 se procede a determinar el costo total final. En la Tabla 31 se observa el valor total de la máquina.

**Tabla 31.** Costo Final de la Máquina CNC de corte por plasma.

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
<b>Elementos Normalizados y Suministros</b>	<b>\$ 1.471,00</b>
<b>Costo de Material</b>	<b>\$ 191,00</b>
<b>Costo Mano de obra y Maquinaria</b>	<b>\$ 230,00</b>
<b>VALOR FINAL TOTAL</b>	<b>\$ 1.892,00</b>

El valor final de la máquina de \$1.892,00 como se puede observar el valor es un valor competitivo comparado con máquinas CNC de corte por plasma importadas, ya que esta

máquina puede cortar espesores de hasta 38mm dependiendo del tipo de material y además posee un software de control amigable con el usuario.

## 6.2 VAN Y TIR

Este proyecto se realiza con un monto de inversión inicial de \$1892.00 dólares, tiempo invertido 6 meses, determinando que es un activo para la institución cuyas dimensiones son 1.45m. de alto, y longitud de 1.70m., diseñada exclusivamente para cortar acero al carbono con diseños personalizados, se considera que su vida útil es de 10 años considerando su mantenimiento más o menos. Sus ingresos anuales por su uso se estiman de \$500 anualmente más o menos.

**VAN:** Valor Actual Neto

**TIR:** Tasa Interna de Retorno

**Tabla 32.** Cálculo del VAN y el TIR

CALCULO DEL VAN Y EL TIR		
Año/ Periodo	Flujo de Caja	Flujo de fondos futuros
0	-\$ 1.892,00	}
1	\$ 500,00	
2	\$ 500,00	
3	\$ 500,00	
4	\$ 500,00	
5	\$ 500,00	
6	\$ 500,00	
7	\$ 500,00	
8	\$ 500,00	
9	\$ 500,00	
10	\$ 500,00	

**Tabla 33.** Tasa de descuento, datos porcentuales.

TASA DE DESCUENTO	10%
CALCULO DEL VAN:	\$ 1.180,28
CALCULO DEL TIR:	23%

### **Interpretación del VAN**

El resultado al aplicar la fórmula de VAN es de \$1180,28, al ser mayor que cero menciona que el valor actualizado con la tasa de rentabilidad elegida del 10% de los cobros y pagos que generará la inversión dará beneficios, la estimación de ganancias brutas en este caso es de 200 de manera mensual.

### **Interpretación del TIR**

Se determina la rentabilidad y factibilidad del proyecto en este caso con una tasa interna de retorno del 23% indicando así su nivel de flujo de caja.

## **6.3 ANÁLISIS DE IMPACTO**

### **6.2.1 Impacto tecnológico**

La máquina CNC al contar de accionamientos específicos es decir motores paso a paso, las tarjetas de control y mando, en conjunto con el software de intercomunicación PC-máquina seleccionados son de fácil ajuste y manejo para cualquier tipo de fabricación de una máquina CNC (fresadora, plasma y torno), lo que representó un gran aporte en la fase de implementación de la propuesta tecnológica.

Los elementos anteriormente mencionados poseen alta calidad y pueden ser acondicionados para cualquier aplicación industrial sin ningún tipo de impedimento de tal manera que cumple con los parámetros que se plantearon, ya sea el reducir el tiempo, mayor confiabilidad en proceso de corte y optimizando el material utilizado.

Los motores que se utilizaron nema 24 son capaces de trabajar en temperatura de -10° C hasta 50°C lo cual es su máximo al igual que las tarjetas que se maneja trabajan en un ambiente de 0°C hasta 50°C lo cual indica que son eficientes al realizar su trabajo ya que estos no se los utilizará en temperaturas mayores.

De tal manera las tarjetas utilizadas disponen de un alto rendimiento controlador paso a paso, Corriente de salida 1,5 - 4,5 A, el voltaje de entrada 24-50VDC, Máxima, una solución ideal para aplicaciones. Por último, durante la etapa de pruebas de funcionamiento se logró evidenciar la gran aplicación y como la máquina propuesta redujo el tiempo y se aprovechó la materia prima durante el proceso de corte.

## **7. CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **7.1 CONCLUSIONES**

- La estructura de la máquina de control numérico computarizado- CNC de corte por plasma se determinó que debe hacerse con el acero ASTM A-36 por sus características y composición de tal manera por su cantidad de hierro lo cual facilita el moldeo del acero.
- A través de los resultados de la investigación pudo constatar que si es posible el desarrollo a mediano coste de un prototipo de CNC para actuar sobre productos a partir de materias primas metálicas y afines.
- Al realizar la construcción de la estructura de la máquina con materiales y piezas recicladas de fácil obtención en el mercado local representa una ventaja al reducir un poco los costos de fabricación de la misma.
- La implementación de una máquina de control numérico computarizado- CNC de corte por plasma permite tener varios diseños, lo que indica que mientras que el material aumenta de espesor la velocidad de corte será menor.
- La máquina de control numérico computarizado- CNC de corte por plasma mediante el software Mach3 permite que el usuario disponga de toda el área de trabajo teniendo la opción de poner cualquier lugar como un punto cero para iniciar el corte.
- Los parámetros necesarios para el funcionamiento de corte por plasma son el espesor de la plancha y el tipo de material, de ellos se determina el amperaje y la velocidad de avance de la mesa y la altura de la antorcha.
- La confiabilidad que presenta la máquina CNC de corte por plasma se la puede evidenciar ya que la misma cuenta con un software amigable y dispone de un manual de usuario y guías prácticas para la utilización de la misma.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

- Si el operario en el caso de realizar cortes sobrepasando el límite de espesor con el que se realizó las prácticas debe colocar una boquilla que sea de un rango superior y a su vez incrementar el amperaje con el que corta el plasma para que este pueda cumplir el proceso de manera exitosa.
- Debido a la radiación producida por los rayos del arco de plasma los cuales son rayos intensos visibles e invisibles (ultravioleta e infrarrojo) que pueden quemar los ojos y la piel se recomienda el uso de gafas de seguridad con lentes sombra #5 y guantes de cuero.

- Debido a la emanación de gases al momento de cortar se ha visto la necesidad de realizar la siguiente propuesta a futuro: se recomienda implementar un extractor de gases para reducir la contaminación dentro del área de trabajo.

## 8. BIBLIOGRAFÍAS

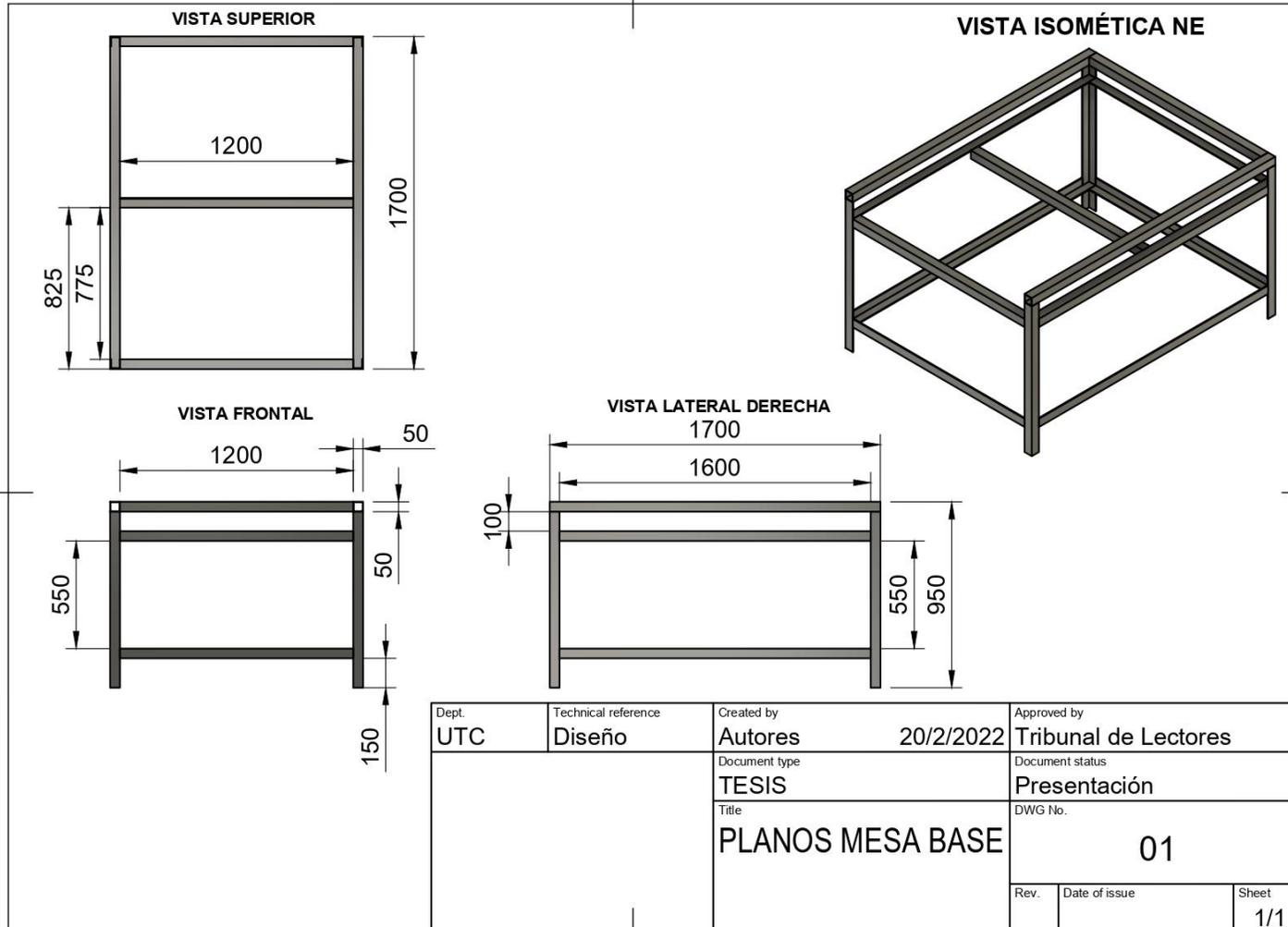
- [1] H. F. Guanoluisa Pilatásig, "Diseño y construcción de una máquina fresadora Cnc de 3 grados de libertad con un volumen de trabajo útil de 500x500x100 mm para tallar madera en al y bajo relieve", Quito, 2013.
- [2] Á. E. Canga Pérez, "Diseño y construcción de una máquina Cnc de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladrado de circuitos impresos (pcbs) por emc2, aplicable en tarjetas de recuperación de PLCs", Riobamba, 2016.
- [3] F. E. Yáñez Tapia, "Diseño y construcción de un sistema automático de corte por plasma mediante control numérico computarizado CNC", Latacunga, 2007.
- [4] M. A. Suntaxi Ávala, "Diseño y construcción de una máquina CNC cortadora por plasma para planchas de acero de hasta 10 mm de espesor", Quito, 2017.
- [5] D. Solano Monge, "Implementación de un control electrónico para una mesa CNC de corte por plasma", Cartago, 2006.
- [6] N. X. Cruz Carrillo, "Dimensionamiento e implementación de una máquina CNC de corte por láser para optimizar la calidad de trabajos en acrílico de hasta 5mm le espesor", Latacunga, 2017.
- [7] M. J. Villa Morales, "Implementación de una máquina de control numérico computarizado-CNC de corte por plasma para optimizar el proceso y la calidad de corte", Latacunga, 2016.
- [8] A. O. Pérez Revelo, "Diseño e implementación de un sistema de control numérico computarizado de corte por plasma para la empresa SERMATEX", Quito, 2012.
- [9] Á. G. Zúniga Morales, "Diseño y construcción de un equipo para corte de planchas con plasma operado por computador", Quito, 2015.
- [10] S. Lapenta, "Corte por plasma", Argentina, 2009.
- [11] C. C. A.-S. Alike, "Corte por plasma", Chile, 2009.
- [12] K. D. Mirallas Secaira, "Diseño de una máquina cortadora por plasma CNC", Guayaquil, 2015.
- [13] G. J. Bolaños Castillo, "Diseño y construcción de un sistema para corte por plasma, usando técnicas de control numérico computarizado", San Salvador, 2015.
- [14] M. S. Maureira Gonzales, "Aplicación de la soldadura en estructuras de aluminio", Chile, 2007.
- [15] Miller, "Corte y ranurado por plasma/aire", Ecuador, 2016.
- [16] D. m. herramientas, "Introducción a la tecnología CNC", 2015. [En línea].
- [17] F. Granados, "Motor paso a paso", [En línea].
- [18] Electroprofesor, "Servo Motores", 2013. [En línea].
- [19] Aeromodelismo, "Glosario y fotos aclaratorios del CNC", 2008. [En línea].
- [20] E. Ganter, "Guías de movimiento lineal", 2014.

- [21] THK, "Guías de movimiento lineal", 2008. [En línea].
- [22] N. Castiglione, "Sistema de transmisión de Routers CNC", Buenos Aires, 2017.
- [23] M. herramientas, "Sistema de motores y transmisión", 2015. [En línea].
- [24] D. Samper Martínez, "Diseño y construcción de una máquina de control numérico con control en tiempo real mediante dispositivo apuntador", Valencia, 2011.
- [25] Control CNC, "Transmisión por banda dentada", 2016. [En línea].
- [26] N. Castiglione, "Transmisión del movimiento a los ejes de los CNC-Routers", Buenos Aires, 2017.
- [27] Husillos.com.mx, "Tuerca embalada y husillo", 2018. [En línea].
- [28] C. C. A.-S. Alike, "Sensores de carrera", 1993. [En línea].
- [29] M. e. industrial, "Final de carrera", 2011. [En línea].
- [30] Aliexpress, "nMotion mach 3", 2017. [En línea].
- [31] T. Egypt, "TB6600 Single Pulse 4A Hybrid Stepper Motor Driver Controller 32 Micro-Step", 2016. [En línea].
- [32] Mach 3, "Introducción al sistema CNC", 2011. [En línea].
- [33] A. espress, "Alta Precisión CNC GGP 1605 200mm tornillo de bolas carril deslizante guía lineal de movimiento deslizante", 2016. [En línea].
- [34] R. Mott, "Resistencia de materiales", México: Pearson educación, 2009.
- [35] R. L. Norton, "Diseño de máquinas un enfoque integrado", México: Pearson, 2011.
- [36] R. G. N. k. Budynas, "Diseño en ingeniería mecánica de shigley", México: The McGraw-Hill, 2008.
- [37] R. Córdova, "Diseño y construcción de un prototipo de una estación de máquina serigráfica textil automatizada para la empresa ortega de la barra", Quito, 2016.

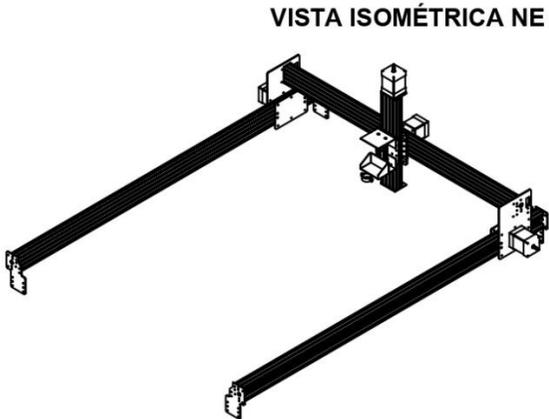
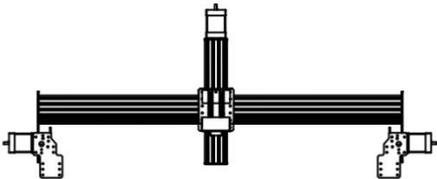
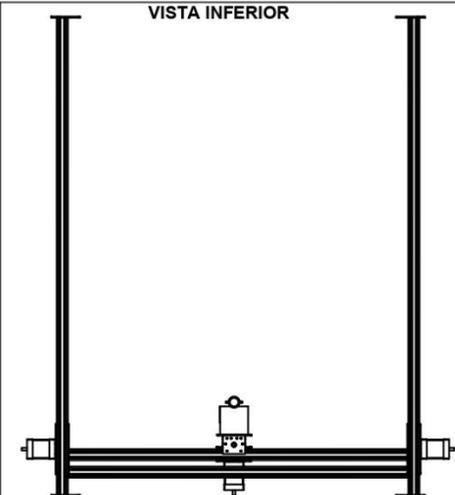
# ANEXOS

ANEXO 1  
DISEÑO Y  
SIMULACIÓN

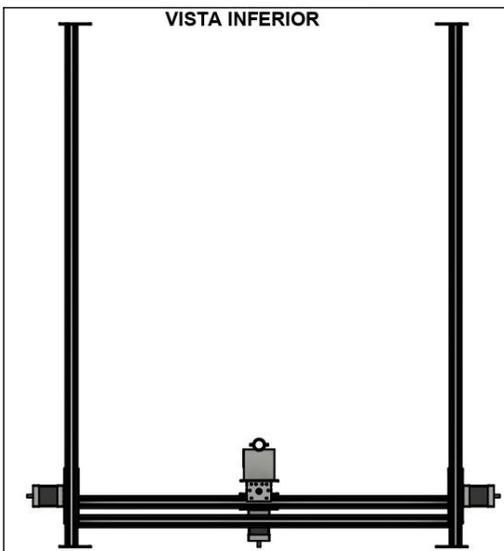
PLANO DE LA MESA BASE



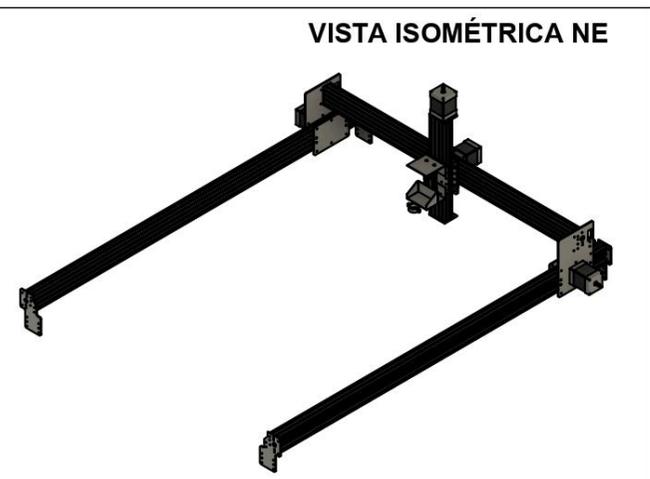
**UTILIZACIÓN DE PERFILES DE ALUMINIO TIPO C DE 40x80mm PARA TODOS LOS EJES**



Dept. <b>UTC</b>	Technical reference <b>Diseño</b>	Created by <b>Autores</b>	<b>20/2/2022</b>	Approved by <b>Tribunal de Lectores</b>
		Document type <b>TESIS</b>	Document status <b>Presentación</b>	
		Title <b>PLANOS DE LA PARTE MÓVIL CNC</b>	DWG No. <b>02</b>	
Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>		



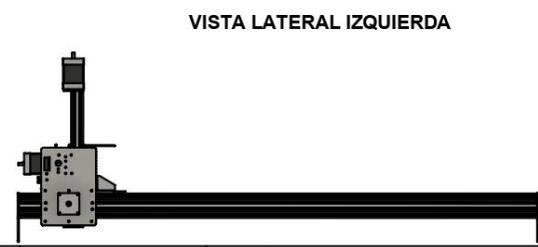
VISTA INFERIOR



VISTA ISOMÉTRICA NE



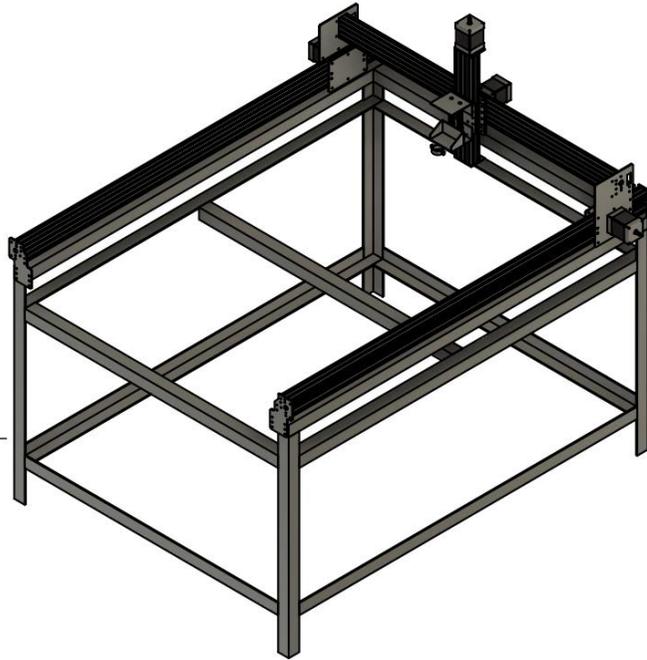
VISTA FRONTAL



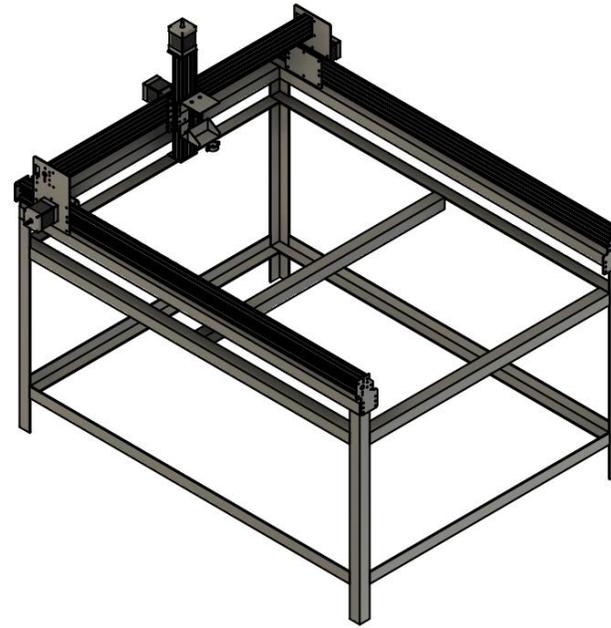
VISTA LATERAL IZQUIERDA

Dept. UTC	Technical reference Diseño	Created by Autores	20/2/2022	Approved by Tribunal de Lectores
		Document type TESIS	Document status Presentación	
		Title PLANOS DE LA PARTE MÓVIL CNC	DWG No. 02	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

VISTA ISOMÉTRICA NE

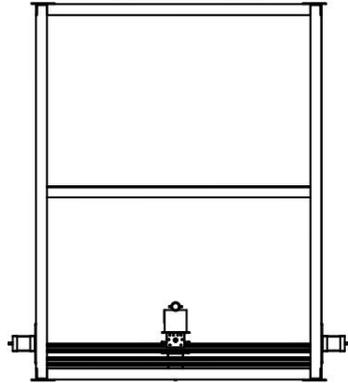


VISTA ISOMÉTRICA NO

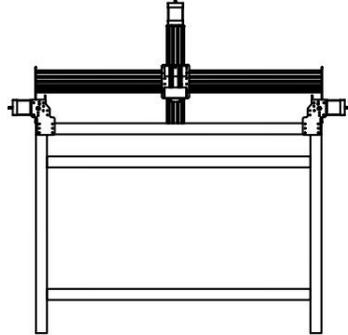


Dept. UTC	Technical reference Diseño	Created by Autores	20/2/2022	Approved by Tribunal de Lectores
		Document type TESIS		Document status Presentación
		Title ENSAMBLE VISTAS ISOMÉTRICAS		DWG No. 04
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

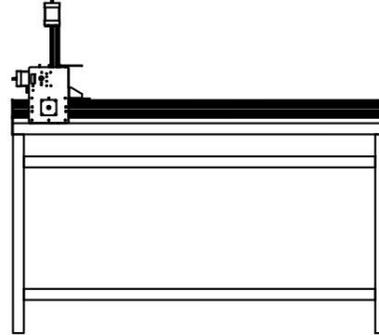
VISTA INFERIOR



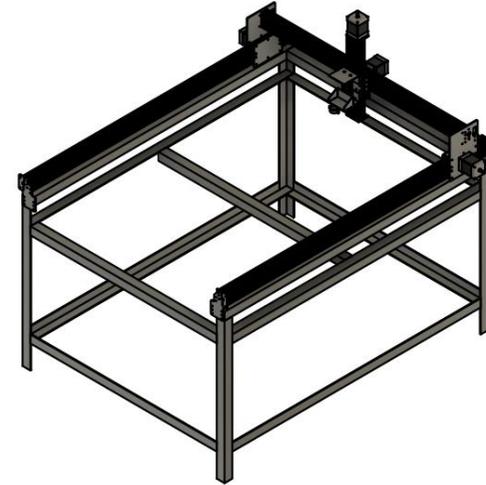
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL IZQUIERDA

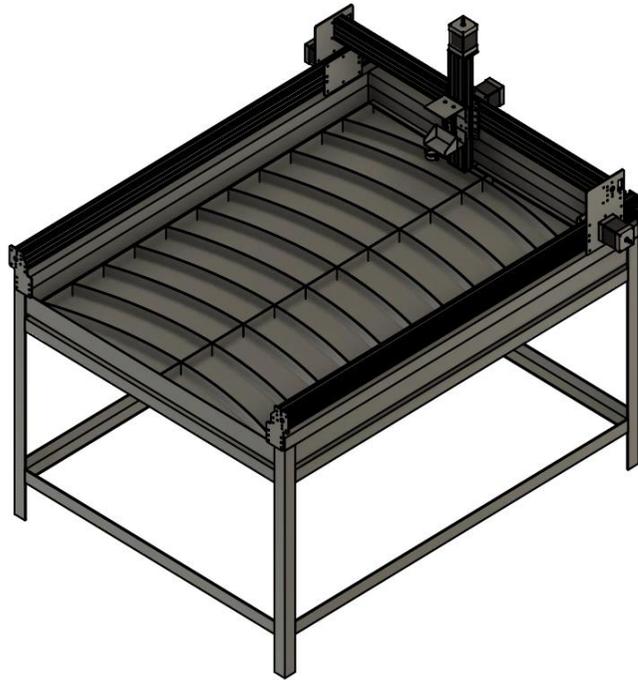


VISTA ISOMÉTRICA NE



Dept. <b>UTC</b>	Technical reference <b>Diseño</b>	Created by <b>Autores</b>	<b>20/2/2022</b>	Approved by <b>Tribunal de Lectores</b>
		Document type <b>TESIS</b>	Document status <b>Presentación</b>	
		Title <b>ENSAMBLE MÁQUINA CNC</b>	DWG No. <b>03</b>	
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>

VISTA ISOMÉTRICA NE

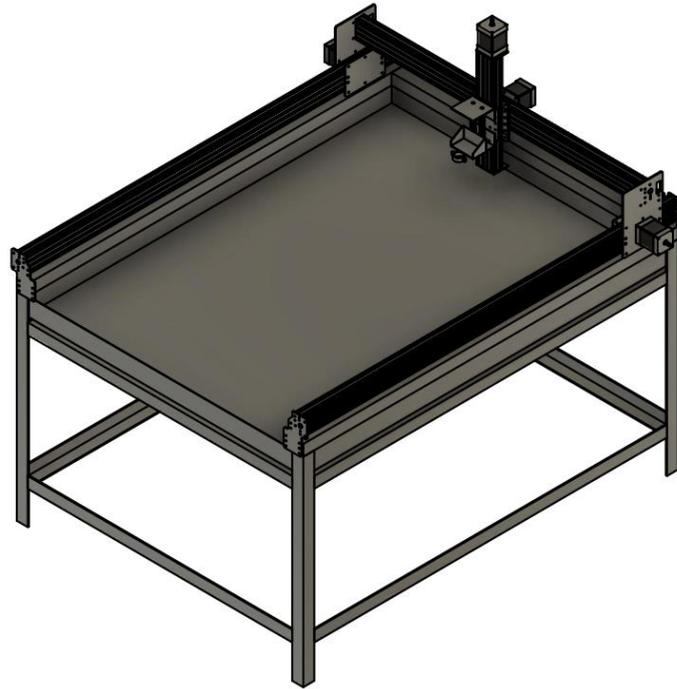


VISTA ISOMÉTRICA NO

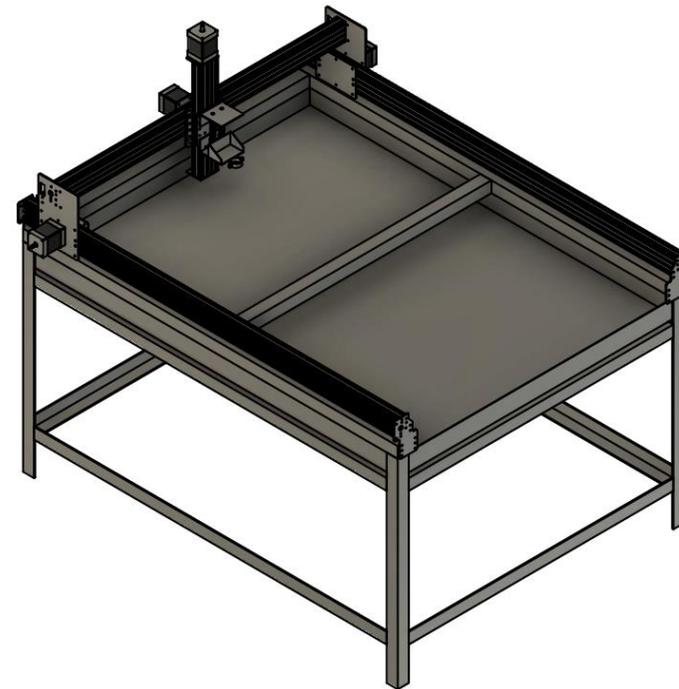


Dept. UTC	Technical reference Diseño	Created by Autores	20/2/2022	Approved by Tribunal de Autores
		Document type TESIS	Document status Presentación	
		Title PLANO FINAL 1	DWG No. 06	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1

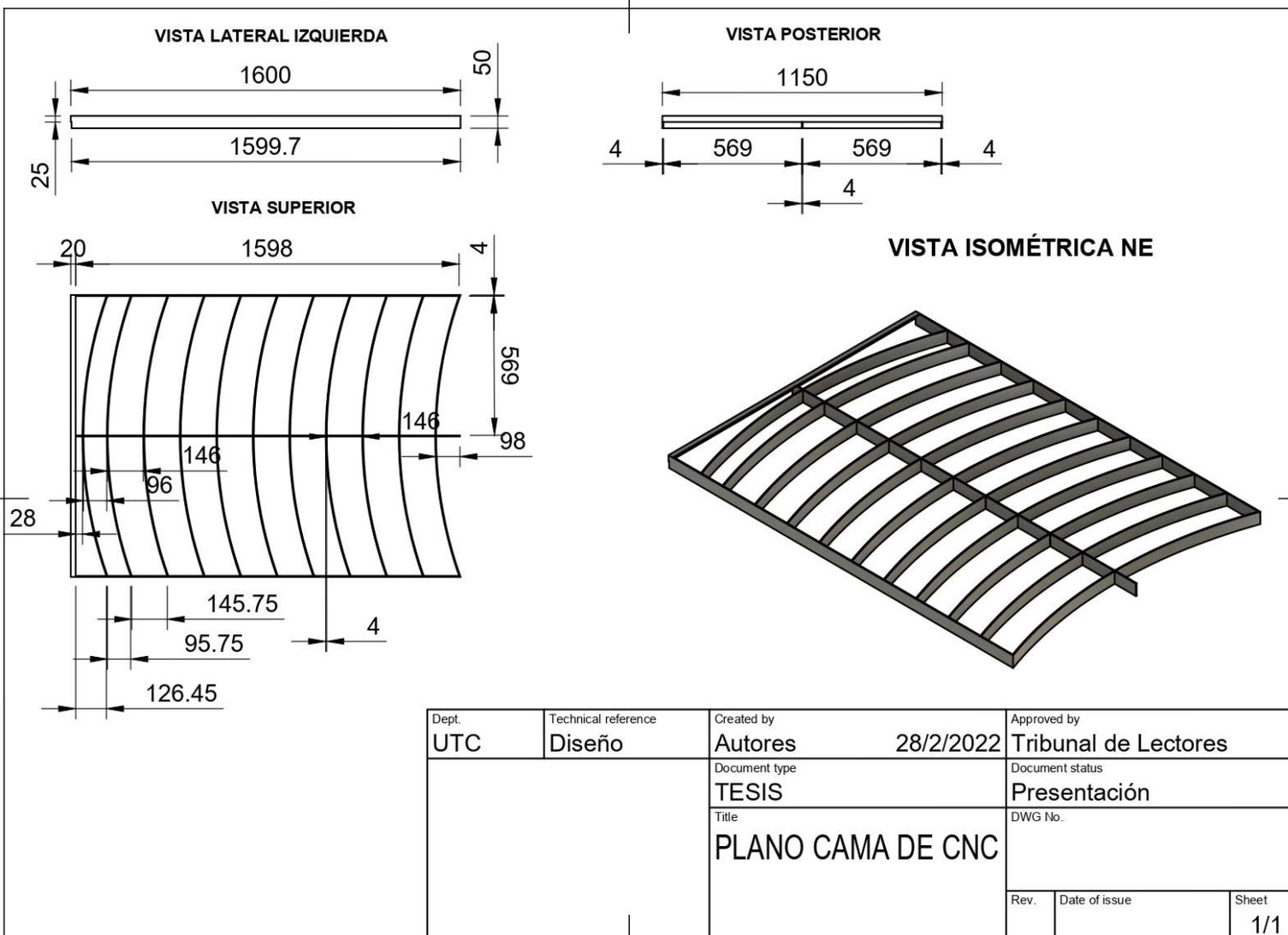
VISTA ISOMÉTRICA NE

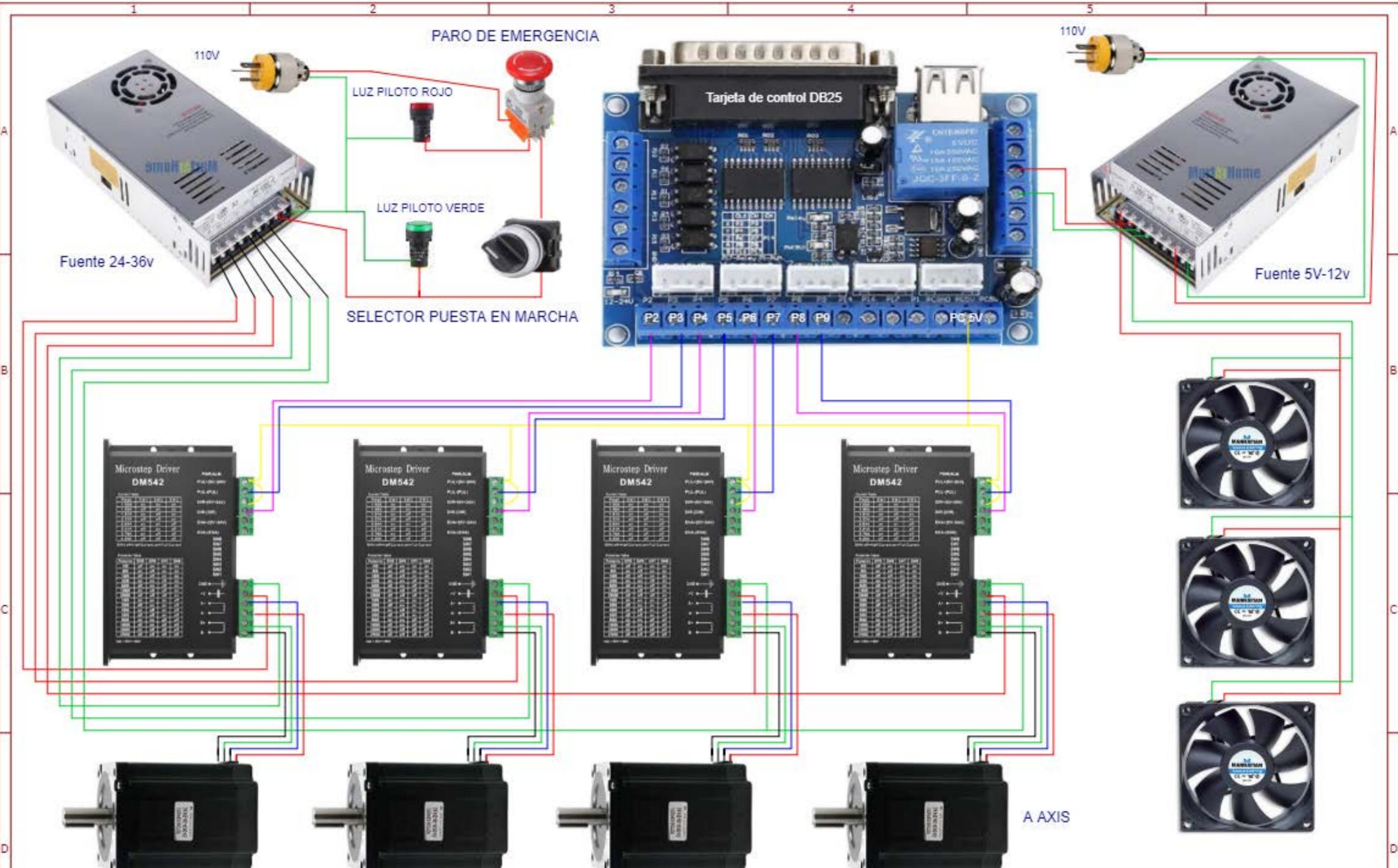


VISTA ISOMÉTRICA NO

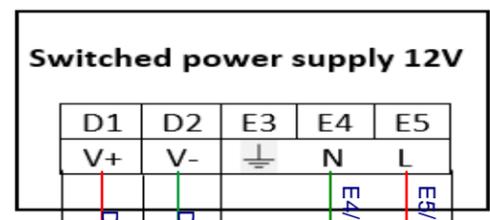
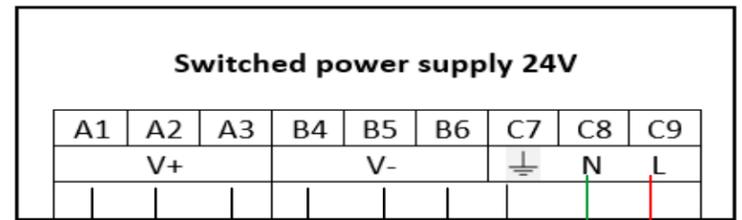


Dept.	Technical reference <b>Diseño</b>	Created by <b>Autores</b>	<b>20/2/2022</b>	Approved by <b>Tribunal de Lectores</b>
		Document type <b>TESIS</b>		Document status <b>Presentación</b>
		Title <b>ISOMÉTRICAS CON BANDEJA</b>		DWG No. <b>05</b>
		Rev.	Date of issue	Sheet <b>1/1</b>



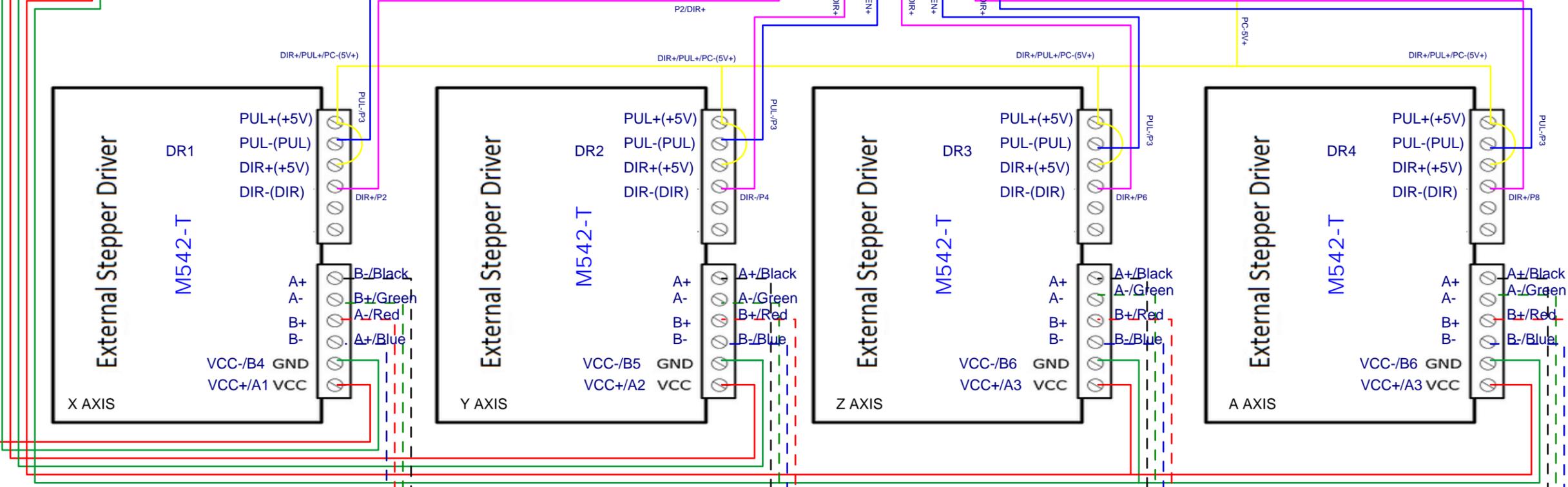
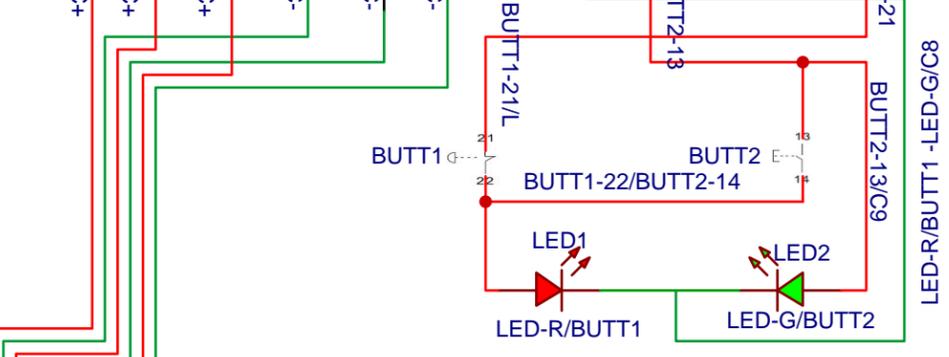


<b>TITLE:</b> DIAGRAMA UNIFILAR DE CABLEADO CONTROL CNC		<b>REV:</b> 1.0
 Universidad Técnica de Cotacachi	<b>Company:</b> 'U. T. C.'	<b>Sheet:</b> 1/2
	<b>Date:</b> 2022-02-26	<b>Drawn By:</b> ACURIO- AIMACAÑA



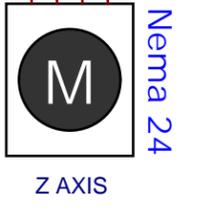
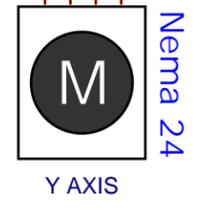
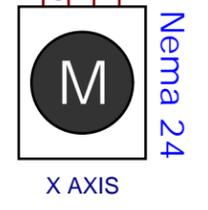
**LEYENDA**

- Cable dir- (dirección)
- Cable negativo
- Cable positivo
- Cable positivo 5v
- Cable PUL - (Pulso)
- Cable bobina B entrada +
- Cable bobina B entrada -
- Cable bobina A entrada +
- Cable bobina A entrada -



**LEYENDA**

A1	Salida de voltaje positivo 24v
A2	Salida de voltaje positivo 24v
A3	Salida de voltaje positivo 24v
B4	Salida de voltaje negativo 24v
B5	Salida de voltaje negativo 24v
B6	Salida de voltaje negativo 24v
C7	Tierra
C8	Neutro
C9	Linea
BUTT1	Boton paro de Emergencia
BUTT2	Boton Selector
P2	X pulso
P3	X dirección
P4	Y pulso
P5	Y dirección
P6	Z pulso
P7	Z dirección
P8	A pulso
P9	A dirección
LED-G	Led verde
LED-R	Led rojo
EN-	Enable -(habilitar)
EN+	Enable +(habilitar)
DIR-	Dirección -
DIR+	Dirección +
PUL-	Pulso -
PUL+	Pulso +
DR	Drive
D1	Salida de voltaje positivo 12v
D2	Salida de voltaje negativo 12v
M	Motor a pasos
+	Positivo
-	Negativo
F	Fusible
V	Ventilador



TITLE: **DIAGRAMA DE CONEXIONES CONTROL CNC** REV: 1.0

Company: 'U. T. C.' Sheet: 1/1

Date: 2022-02-26 Drawn By: ACURIO\_AIMACAÑA

# ANEXO 2

# CONSTRUCCIÓN



**Figura 1.** Corte de perfiles de 2 pulgadas.

Fuente: Autores



**Figura 2.** Soldadura de base inferior

Fuente: Autores



**Figura 3.** Soldadura de base inferior 1

Fuente: Autores



**Figura 4.** Soldadura de base inferior en la base.

**Fuente:** Autores



**Figura 5.** Soldadura de base inferior en la base 1.

**Fuente:** Autores



**Figura 6.** Fijación con prensa para cortar.

**Fuente:** Autores



**Figura 7.** Medición de longitud a cortar.

**Fuente:** Autores



**Figura 8.** Toma de medidas de trípex para laterales.

**Fuente:** Autores



**Figura 9.** Colocación de trípex en la base.

**Fuente:** Autores



**Figura 10.** Fijación de trípex.

**Fuente:** Autores



**Figura 11.** Soldadura de ruedas.

**Fuente:** Autores



**Figura 12.** Pulida de filos de la mesa de control.

**Fuente:** Autores



**Figura 13.** Limpieza de la mesa de control.

**Fuente:** Autores



**Figura 14.** Fondeado de pintura a mesa de control.

**Fuente:** Autores



**Figura 15.** Ensamble de sistema de desplazamiento.

**Fuente:** Autores



**Figura 16.** Apertura de rosca en los perfiles de aluminio con machuelo.

**Fuente:** Autores



**Figura 17.** Colocación de placas en el eje y.

**Fuente:** Autores



**Figura 18.** Fijación con tornillos M5 de las placas del eje y.

**Fuente:** Autores



**Figura 19.** Cableado en la máquina.

**Fuente:** Autores



**Figura 20.** Colocación de la cama base.

**Fuente:** Autores



**Figura 21.** Fijación con correas de la banda dentada.

**Fuente:** Autores



**Figura 22.** Vista isométrica de la máquina.

**Fuente:** Autores



**Figura 23.** Conexión de motores paso a paso.

**Fuente:** Autores



**Figura 24.** Fijación de la oruga que cubre los cables.

**Fuente:** Autores



**Figura 25.** Cableado de la mesa de control.

**Fuente:** Autores



**Figura 26.** Encendido de la pantalla para el sistema de control.

**Fuente:** Autores



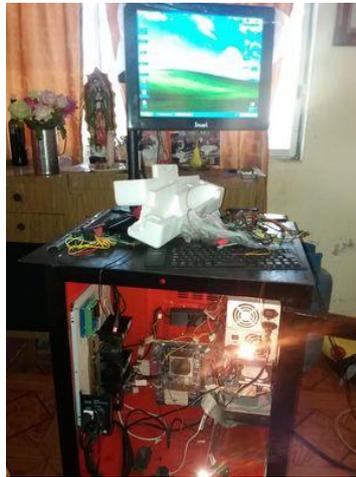
**Figura 27.** Calibración de la pantalla.

**Fuente:** Autores



**Figura 28.** Verificación de encendido correcto.

**Fuente:** Autores



**Figura 29.** Comprobación de funcionamiento de elementos mouse y teclado.

**Fuente:** Autores



**Figura 30.** Verificación de conectores de 4 pines.

**Fuente:** Autores



**Figura 31.** Perforación para agujeros de pernos de fijación de tríplex.

**Fuente:** Autores



**Figura 32.** Perforación de agujeros para pernos en paredes laterales.

**Fuente:** Autores



**Figura 33.** Carga de máquina CNC para traslado.

**Fuente:** Autores



**Figura 34.** Fijación con cabos para evitar inconvenientes.

**Fuente:** Autores



**Figura 35.** Desembarque de máquina CNC.

**Fuente:** Autores



**Figura 36.** Máquina CNC.

**Fuente:** Autores

ANEXO 3  
HOJAS DE DATOS Y  
MANUALES

ÁNGULOS ASTM A36

Ángulo de Acero ASTM A36



ÁNGULO ESTRUCTURAL A36

Ángulo estructural de acero, es laminado en caliente (LAC), lados iguales forman ángulo recto con radios interiores suavizados, ideales para todas las aplicaciones estructurales, fabricación general y reparaciones.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse. Longitud 6m.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm <sup>2</sup> ) min.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32", 4.5 mm y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 6.0 mm	17.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8" y 1/2"	20.0% mínimo

Lados		Espesor		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
19 x 19	3/4" x 3/4"	2.0	5/64"	3.582
		2.5	3/32"	4.416
		3.0	1/8"	5.226
25 x 25	1" x 1"	3.0	1/8"	7.143
		4.5	3/16"	10.358
		6.0	1/4"	13.304
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	3.0	1/8"	9.018
		4.5	3/16"	13.215
		6.0	1/4"	17.144
38 x 38	1 1/2" x 1 1/2"	3.0	1/8"	10.983
		4.5	3/16"	16.072
		6.0	1/4"	20.894
50 x 50	2" x 2"	3.0	1/8"	14.733
		4.5	3/16"	21.787
		6.0	1/4"	28.483
		8.0	5/16"	35.002
		9.5	3/8"	41.966
63 x 63	2 1/2" x 2 1/2"	4.5	3/16"	27.412
		6.0	1/4"	36.609
		8.0	5/16"	44.645
75 x 75	3" x 3"	9.5	3/8"	52.681
		4.5	3/16"	33.126
		6.0	1/4"	42.752
100 x 100	4" x 4"	8.0	5/16"	54.467
		9.5	3/8"	64.289
		12	1/2"	83.932
100 x 100	4" x 4"	6.0	1/4"	58.932
		8.0	5/16"	73.218
		9.5	3/8"	87.504
		12	1/2"	114.288

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

\* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

## PLATINA ASTM A36

### Platina de Acero ASTM A36



#### PLATINA ACERO A36

Platinas de acero laminado al caliente (LAC), son ampliamente utilizados para toda la fabricación en general y reparaciones en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar. Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm <sup>2</sup> ) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 1/8" y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1"	20% mínimo
	Doblado a 180°	Bueno
	Soldabilidad	Buena

Espesor		Ancho		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
3.0	1/8"	12	1/2"	1.92
		16	5/8"	2.34
		19	3/4"	2.88
		25	1"	3.84
		31	1 1/4"	4.80
		38	1 1/2"	5.70
		50	2"	7.62
		63	2 1/2"	9.48
		75	3"	11.4
4.5	3/16"	12	1/2"	2.88
		16	5/8"	3.66
		19	3/4"	4.44
		25	1"	5.88
		31	1 1/4"	7.08
		38	1 1/2"	8.52
		50	2"	11.40
		56	2 1/4"	12.84
		63	2 1/2"	14.22
		75	3"	17.10
		100	4"	22.8
		6.0	1/4"	12
16	5/8"			4.80
19	3/4"			5.70
25	1"			7.68
31	1 1/4"			9.48
38	1 1/2"			11.40
50	2"			15.18
63	2 1/2"			18.96
75	3"			22.80
100	4"			30.36
150	6"			45.6
7.94	5/16"	38	1 1/2"	14.22
		50	2"	19.00
		63	2 1/2"	24.60
		75	3"	28.50
9.5	3/8"	25	1"	11.52
		31	1 1/4"	14.28
		38	1 1/2"	17.10
		50	2"	22.80
		63	2 1/2"	28.44
		75	3"	34.20
12	1/2"	100	4"	45.60
		25	1"	15.24
		38	1 1/2"	22.74
		50	2"	30.36
		63	2 1/2"	37.98
16	5/8"	75	3"	45.60
		100	4"	60.78
		63	2 1/2"	47.46
19	3/4"	75	3"	57.00
		100	4"	75.96
25	1"	75	3"	91.14
		100	4"	121.56
		100	4"	91.14

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

\* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

## TUBO CUADRADO ASTM A500

# Tubo Cuadrado y Rectangular de Acero ASTM A500



### TUBO CUADRADO ACERO A500

El tubo cuadrado de acero estructural laminado al caliente (LAC), presenta una soldadura interna con el sistema ERW. Son ampliamente utilizados en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, ornamental, etc.

Especificaciones: ASTM A500, AISI A500

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Longitud 6 metros.

<b>Propiedades Mecánicas</b>	Límite de Fluencia (Mpa) mín.	269
	Resistencia a la Tracción (Mpa) mín.	310
	Elongación Probeta 8"	25.0% mínimo

### TUBO CUADRADO A500

Dimensiones		Espesor		Peso Teórico	
mm	pulg	mm	Kg/m		
25 x 25	1" x 1"	1.5	1.061		
		2	1.460		
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1.5	1.300		
		2	1.700		
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1.5	1.770		
		2	2.244		
		3	3.320		
		1.5	2.250		
50 x 50	2" x 2"	2	3.122		
		3	4.316		
		2	4.500		
		2.5	5.560		
75 x 75	3" x 3"	3	6.810		
		2	6.165		
		2.5	7.675		
		3	9.174		
100 x 100	4" x 4"	4	12.133		
		4.5	13.594		
		6	16.980		
		3	11.310		
		4	14.870		
125 x 125	5" x 5"	4.5	16.620		
		6	21.690		
		3	13.670		
150 x 150	6" x 6"	4.5	20.8		
		6	27.386		

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

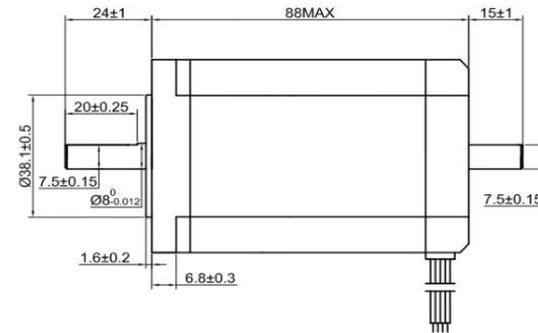
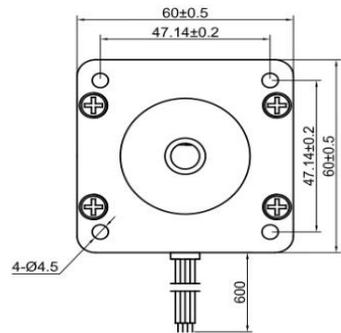
### TUBO RECTANGULAR A500

Dimensiones		Espesor		Peso Teórico	
mm	pulg	mm	Kg/m		
20 x 40	3/4" x 1 1/2"	1.5	1.354		
		2	1.700		
25 x 50	1" x 2"	1.5	1.650		
		2	2.261		
40 x 60	1 1/2" x 3 3/4"	1.5	2.260		
		2	3.033		
		2.5	3.600		
		3	4.250		
40 x 80	1 1/2" x 3 3/16"	1.5	2.710		
		2	3.660		
		2.5	4.390		
50 x 75	2" x 3"	3	5.423		
		2	4.500		
50 x 100	2" x 4"	2.5	5.560		
		3	6.600		
50 x 150	2" x 6"	4	8.590		
		2	6.165		
		2.5	7.676		
		3	9.174		
100 x 150	4" x 6"	4	11.730		
		3	10.850		
		4.5	16.600		
100 x 200	4" x 8"	6	21.700		
		3	13.670		
		4	18.010		
		4.5	20.150		
150 x 200	6" x 8"	6	26.400		
		4	21.150		
		4.5	23.680		
		6	31.100		

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

\*Nota: Todas las medidas son nominales. Los pesos en kg/m son teóricos.

MOTOR PASO A PASO NEMA 24

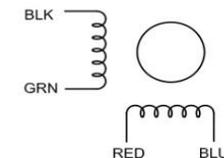


SPECIFICATION	CONNECTION	BIPOLAR
AMPS/PHASE		3.50
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C		1.10±10%
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz		5.60±20%
HOLDING TORQUE(Nm)[lb-in]		3.10[27.44]
STEP ANGLE(°)		1.80
STEP ACCURACY(NON-ACCUM)		±5.00%
ROTOR INERTIA(g-cm²)		840.00
WEIGHT(Kg)[lb]		—
TEMPERATURE RISE:MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED)		
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]		
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm (UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY)		
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]		
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1MIN.(BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE)		
AMBIENT HUMIDITY MAX.85%(NO CONDENSATION)		

TYPE OF CONNECTION (EXTERN)		MOTOR	
PIN NO	BIPOLAR	LEADS	WINDING
1	A+ —	BLK	A+
2	A- —	GRN	A-
3	B+ —	RED	B+
4	B- —	BLU	B-

FULL STEP 2 PHASE-Ex .  
WHEN FACING MOUNTING END (X)

STEP	A+	B+	A-	B-		CCW
1	+	+	-	-		
2	-	+	+	-		
3	-	-	+	+		
4	+	-	-	+		



APVD		10.30.2020
CHKD		
DRN		
SCALE	SIGNATURE	DATE

STEPPER MOTOR

24HS34-3504D



COMMITTED TO PRECISION

**SIZE NEMA 24 (60MM)  
( SQUARE FRAME )  
BIPOLAR WINDING MOTORS**

Sr. No.	Model No	Operating Voltage	Rated Voltage	Current / Phase	Resistance / Phase	Inductance / Phase	Holding Torque	Holding Torque	No of Leads	Rotor Inertia	Weight	Length
		VDC	V	A	$\Omega$	mH	Kgcm	Nm		g-cm <sup>2</sup>	Kg	
1	BH 60 SH 45 - 1404 AF	24 - 48	4.2	1.4	3	7.2	11	1.1	4	275	0.6	45
2	BH 60 SH 45 - 2804 AF	24 - 48	2.1	2.8	0.75	2	11	1.1	4	275	0.6	45
3	BH 60 SH 56 - 1404 AF	24 - 48	5.04	1.4	3.6	10.1	16.5	1.65	4	400	0.77	56
4	BH 60 SH 56 - 2804 AF	24 - 48	2.52	2.8	0.9	2.4	16.5	1.65	4	400	0.77	56
5	BH 60 SH 65 - 1404 AF	24 - 48	6.86	1.4	4.9	15.35	21	2.1	4	570	1.2	65
6	BH 60 SH 65 - 2804 AF	24 - 48	3.36	2.8	1.2	4.2	21	2.1	4	570	1.2	65
7	BH 60 SH 86 - 1404 AF	24 - 48	9.31	1.4	6.65	31.5	31	3.1	4	840	1.4	86
8	BH 60 SH 86 - 2804 AF	24 - 48	4.48	2.8	1.6	6.5	31	3.1	4	840	1.4	86
9	BH 60 SH 86 - 3204 AF	24 - 48	7.2	3.2	2.25	10.81	42	4.2	4	840	1.4	86
10	BH 60 SH 86 - 4004 AF	24 - 48	2.76	4.0	0.69	2.65	31	3.1	4	840	1.4	86



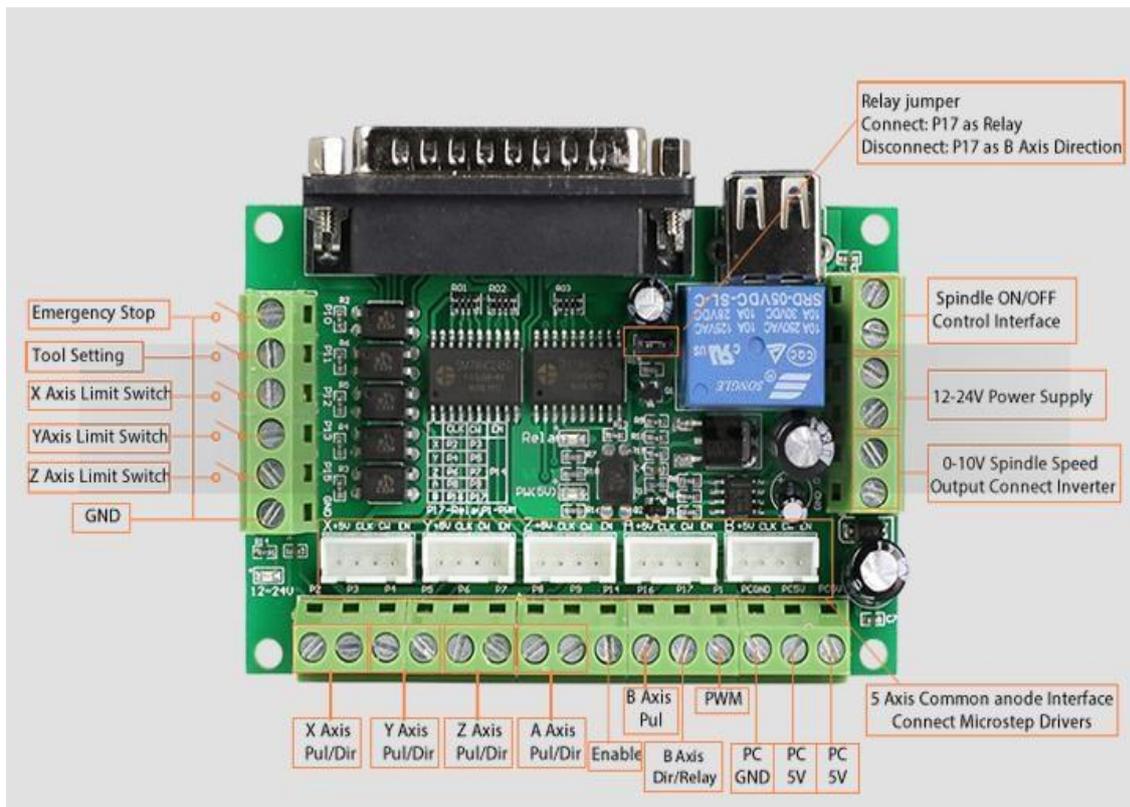
## TARJETA ST-V2 CONTROLADOR DEL MOTOR PASO A PASO

### Características principales

- Alto rendimiento, rentable.
- Máximo apoyo ejes Stepper Motor Driver controladores.
- Compatible con MACH3, Linux CNC (EMC2) etc Paralelo software de control de CNC.
- Fuente de alimentación USB y fase están separados para proteger la seguridad Informática Periféricos alimentados.
- Todas las señales son opto aislado que puede proteger la seguridad de su ordenador.
- Entradas interfaz para definir el límite, aparición-stop, cortador alineación etc.
- Rango de tensión de entrada: 12-24 V, y con la función anti-reverso.
- Una salida de relé interfaz de control, se accede por el motor de giro o de la bomba de aire, bomba de agua, etc.
- Salida 0-10 V de tensión analógica para el inversor para controlar la velocidad del cabezal.

### Propiedades eléctricas (temperatura ambiente Tj = 25C PM)

Voltaje de entrada	Puerto USB de la PC o 12-24 V fuente de alimentación (opcional)
Tipo de unidad	Señal de impulso y dirección de control
Conveniente Microstep Conductor	2 fase microstep conductor
Peso neto	Aprox 75g
Dimensiones	90*70*20mm (L * W * H)



## CONTROLADORES DE LOS MOTORES M542T (MANUAL)

## User's Manual

For

**M542T**

High Performance Microstepping Driver



## 1. Introduction, Features and Applications

### Introduction

The M542T is a high performance micro stepping driver based on pure-sinusoidal current control technology. Owing to the above technology and the self-adjustment technology (self-adjust current control parameters) according to different motors, the driven motors can run with smaller noise, lower heating, smoother movement and have better performances at higher speed than most of the drivers in the markets. It is suitable for driving 2-phase and 4-phase hybrid stepping motors.

### Features

- High performance, cost-effective
- Supply voltage up to 50DC
- Output current up to 4.5A
- Self-adjustment technology
- Pure-sinusoidal current control technology
- Pulse input frequency up to 300 KHz
- TTL compatible and optically isolated input
- Automatic idle-current reduction
- 16 selectable resolutions in decimal and binary, up to 51,200 steps/rev
- Suitable for 2-phase and 4-phase motors
- Short-voltage, over-voltage, over-current and short-circuit protection

### Applications

Suitable for a wide range of stepping motors, from NEMA size 17 to 34. It can be used in various kinds of machines, such as X-Y tables, labeling machines, laser cutters, engraving machines, pick-place devices, and so on. Particularly adapt to the applications desired with low noise, low heating, high speed performance.

## 2. Specifications

### Electrical Specifications ( $T_j = 25^\circ\text{C}/77^\circ\text{F}$ )

Parameters	M542T			
	Min	Typical	Max	Unit
Output current	1.5	-	4.5(3 RMS)	A
Supply voltage	+24	+36	+50	VDC
Logic signal current	7	10	16	mA
Pulse input frequency	0	-	300	KHz
Isolation resistance	500			MΩ

### Operating Environment and other Specifications

Cooling	Natural Cooling or Forced cooling	
Operating Environment	Environment	Avoid dust, oil fog and corrosive gases
	Ambient Temperature	0 °C – 50 °C (32°F – 122°F)
	Humidity	40%RH – 90%RH
	Operating Temperature	70 °C (158°F) Max
	Vibration	5.9m/s <sup>2</sup> Max
Storage Temperature	-20 °C – 65 °C (-4°F – 149°F)	
Weight	Approx. 290g	

**Connector P2 Configurations**

Pin Function	Details
DC+	Power supply, 20-50 VDC, including voltage fluctuation and EMF voltage.
DC-	
A+, A-	Motor Phase A
B+, B-	Motor Phase B

**4. Control Signal Connector (P1) Interface**

The M542T can accept differential and single-ended inputs (including open-collector and PNP output). The M542T has 3 optically isolated logic inputs which are located on connector P1 to accept line driver control signals. These inputs are isolated to minimize or eliminate electrical noises coupled onto the drive control signals. Recommend use line driver control signals to increase noise immunity of the driver in interference environments. In the following figures, connections to open-collector and PNP signals are illustrated.

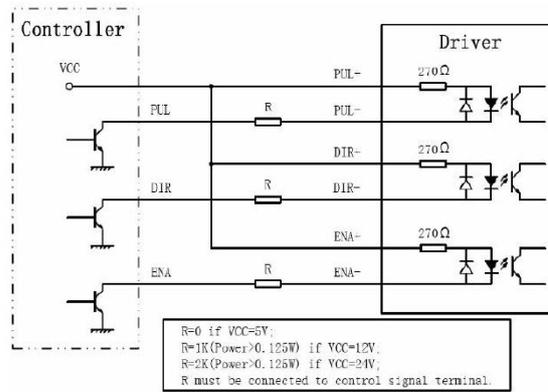


Figure 3: Connections to open-collector signal (common-anode)

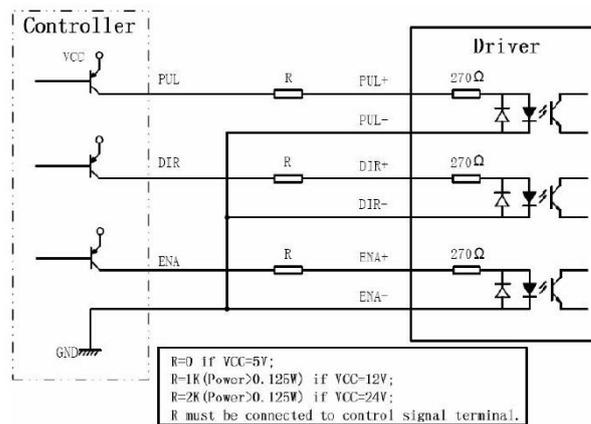


Figure 4: Connection to PNP signal (common-cathode)

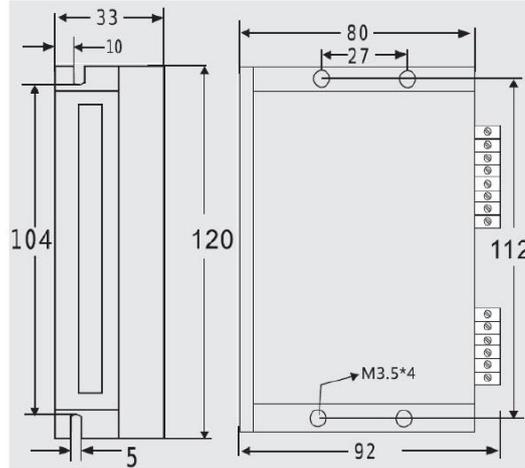
**Mechanical Specifications (unit: mm)**

Figure 1: Mechanical specifications

\*Recommend use side mounting for better heat dissipation

**Elimination of Heat**

Driver's reliable working temperature should be  $<70^{\circ}\text{C}$  ( $158^{\circ}\text{F}$ ), and motor working temperature should be  $<80^{\circ}\text{C}$  ( $176^{\circ}\text{F}$ );

It is recommended to use automatic idle-current mode, namely current automatically reduce to 60% when motor stops, so as to reduce driver heating and motor heating;

It is recommended to mount the driver vertically to maximize heat sink area. Use forced cooling method to cool the system if necessary.

**3. Pin Assignment and Description**

The M542T has two connectors, connector P1 for control signals connections, and connector P2 for power and motor connections.

The following tables are brief descriptions of the two connectors. More detailed descriptions of the pins and related issues are presented in section 4, 5, 9.

**Connector P1 Configurations**

Pin Function	Details
<b>PUL+</b>	Pulse signal: In single pulse (pulse/direction) mode, this input represents pulse signal; 4-5V when PUL-HIGH, 0-0.5V when PUL-LOW. For reliable response, pulse width should be longer than $1.5\mu\text{s}$ . Series connect resistors for current-limiting
<b>PUL-</b>	when +12V or +24V used. The same as DIR and ENA signals.
<b>DIR+</b>	DIR signal: In single-pulse mode, this signal has low/high voltage levels, representing two directions of motor rotation. For reliable motion response, DIR signal should be ahead of PUL signal by $5\mu\text{s}$ at least. 4-5V when DIR-HIGH, 0-0.5V when DIR-LOW. Please note that motion direction is also related to motor-driver wiring match. Exchanging the connection of two wires for a coil to the driver will reverse motion direction.
<b>DIR-</b>	
<b>ENA+</b>	Enable signal: This signal is used for enabling/disabling the driver. High level(NPN control signal, PNP and Differential control signals are on the contrary, namely Low level for enabling.) for enabling the driver and low level for disabling the driver.
<b>ENA-</b>	Usually left <b>UNCONNECTED (ENABLED)</b>

### Microstep Resolution Selection

Microstep resolution is set by SW5, 6, 7, 8 of the DIP switch as shown in the following table:

Microstep	Steps/rev.(for 1.8°motor)	SW5	SW6	SW7	SW8
2	400	ON	ON	ON	ON
4	800	ON	OFF	ON	ON
8	1600	ON	ON	OFF	ON
16	3200	ON	OFF	OFF	ON
32	6400	ON	ON	ON	OFF
64	12800	ON	OFF	ON	OFF
128	25600	ON	ON	OFF	OFF
256	51200	ON	OFF	OFF	OFF
5	1000	OFF	ON	ON	ON
10	2000	OFF	OFF	ON	ON
25	5000	OFF	ON	OFF	ON
50	10000	OFF	OFF	OFF	ON
125	25000	OFF	ON	ON	OFF
250	50000	OFF	OFF	ON	OFF

### Current Settings

For a given motor, higher driver current will make the motor to output more torque, but at the same time causes more heating in the motor and driver. Therefore, output current is generally set to be such that the motor will not overheat for long time operation. Since parallel and serial connections of motor coils will significantly change resulting inductance and resistance, it is therefore important to set driver output current depending on motor phase current, motor leads and connection methods. Phase current rating supplied by motor manufacturer is important in selecting driver current, however the selection also depends on leads and connections. The first three bits (SW1, 2, 3) of the DIP switch are used to set the dynamic current. Select a setting closest to your motor's required current.

#### Dynamic current setting

Peak Current	Ref Current (Screen printing)	SW1	SW2	SW3
1.5A	1.0A	ON	ON	ON
2.0A	1.4A	OFF	ON	ON
2.4A	1.7A	ON	OFF	ON
2.8A	2.0A	OFF	OFF	ON
3.2A	2.3A	ON	ON	OFF
3.7A	2.6A	OFF	ON	OFF
4.2A	3.0A	ON	OFF	OFF
4.5A	3.2A	OFF	OFF	OFF

**Notes:** Ref Current table on the screen printing is used for the users of the M542T to refer. Due to motor inductance, the actual current in the coil may be smaller than the dynamic current setting, particularly under high speed condition.

#### Standstill current setting

SW4 is used for this purpose. OFF meaning that the standstill current is set to be half of the selected dynamic current, and ON meaning that standstill current is set to be the same as the selected dynamic current.

The current automatically reduced to 60% of the selected dynamic current one second after the last pulse. Theoretically, this will reduce motor heating to 36% (due to  $P=I^2R$ ) of the original value. If the application needs a different standstill current, please contact NC-Tech.

## CORTADORA POR PLASMA ESAB 1250 (MANUAL)

**POWERCUT-1250 / 1500**

PAQUETE PLASMARC DE CORTE MANUAL Y MECANIZADO

**Manual de Instalación, Operación y Servicio (ES)**

Este manual proporciona instrucciones completas para las Consolas Manuales comenzando con el número de serie PxxJ245xxx, mayo de 2003:

Este manual proporciona instrucciones completas para las Consolas Mecanizadas comenzando con el número de serie PxxJ316xxx, mayo de 2003:

0558004232

## SECCIÓN 1

## DESCRIPCIÓN

### 1.2 PLASMA MANUAL

#### 1.2.1 PLASMA MANUAL PC-1250

El paquete de corte Plasma PowerCut-1250 combina efectiva fiabilidad de la PowerCut-1250 con la recién desarrollada antorcha PT-32EH. El material compuesto utilizado en la caja es muy fuerte, haciendo la PowerCut-1250 una excelente adición para cualquier flota de equipos de renta. La antorcha plasma PT-32EH fue desarrollada para propiciar alto desempeño y larga vida de los consumibles, resultando mayor nivel de producción con bajos costos.



#### Especificaciones; PowerCut-1250

Corta 1-1/4 pul. (32mm); Rompe 1-1/2 pul. (38mm)  
 1 fase Entrada ..... 208/230 vac, 1 fase, 50/60 Hz, 67/61 A  
 1 fase Salida ..... 70 amps @ 60% factor de trabajo  
 3 fases Entrada ..... 208/230 vac, 3 fases, 50/60 Hz, 33/29 A  
     ..... 230/460 vac, 3 fases, 50/60 Hz, 29/20 A  
     ..... 400 vac, 3 fases, 50/60 Hz, 18 A  
     ..... 575 vac, 3 fases, 50/60 Hz, 15 A  
 3 fases Salida ..... 70 amps @ 100% factor de trabajo  
 Dimensiones ..... Ancho = 12.5" (318mm)  
     ..... Altura = 16.5" (419mm)  
     ..... Profundidad = 31.5" (800mm)  
 Peso ..... 86 libras (39kg)  
 Requerimientos aire ..... 350 pch @ 80 PSig (165 l/min @ 5.5 bars)

#### Antorcha

La PowerCut-1250 utiliza la antorcha PT-32EH. Para una completa lista y detalles de las partes, consulte la figura 1.1.

#### Informaciones para ordenar:

PowerCut-1250, 208/230/460 V, 25' (7.6m) PT-32EH ..... 0558001933  
 PowerCut-1250, 208/230/460 V, 50' (15.2m) PT-32EH ..... 0558001934  
 PowerCut-1250, 575 V, 25' (7.6m) PT-32EH ..... 0558001939  
 PowerCut-1250, 575 V, 50' (15.2m) PT-32EH ..... 0558001940  
 PowerCut-1250, 400 V, "CE" 25' (7.6m) PT-32EH ..... 0558001936  
 PowerCut-1250, 400 V, "CE" 50' (15.2m) PT-32EH ..... 0558001937  
 PowerCut-1250, 460 V, 25' (7.6m) PT-32EH ..... 0558005332  
 PowerCut-1250, 460 V, 50' (15.2m) PT-32EH ..... 0558005333

Los componentes que están incluidos en los paquetes PowerCut-1250 (Consola, Antorcha, Juego de Partes de Reemplazo) pueden ser comprados en separado utilizando el número de parte apropiado al efectuar la orden de compra. Los números de partes individuales están en el listado abajo:

#### Consolas:

PowerCut-1250 (208/230/460 V, 50/60 Hz, 1/3-fases ..... 0558001935  
 PowerCut-1250 (208/230/460 V, 50/60 Hz, 1/3-fases (BL) ..... 0558001935F  
 PowerCut-1250 575 V, 50/60 Hz, 3-fases ..... 0558001941  
 PowerCut-1250 400 V, CE, 50 Hz, 3-fases ..... 0558001938  
 PowerCut-1250 460 V, 60 Hz, 3-fases ..... 0558005331

#### Antorchas PT-32EH:

Antorcha PT-32EH, 25-pies (7.6m) ..... 0558003548  
 Antorcha PT-32EH, 50-pies (15.2m) ..... 0558003549

#### Juego de Partes de Reemplazo: (ver sección 1.2.3)

PT-32EH Juego de Partes de Reemplazo 70A ..... 0558003508  
 PT-32EH, 400 V Protector Térmico Largo (PTL), Juego de Partes de Reemplazo 70A, solamente unidades CE ..... 0558003560

#### Datos de Corte PT-32EH – 70 AMPS

Powercut-1250, PT-32EH, Boquilla 70A  
 N/P 0558002618 Presión de Aire – 80 PSI (5.5 bar),  
 Altura 5/32" (4.0mm)

Placa Pulg. (mm)	Velocidades Máximas Acero Carbono	
	Corte Separación PPM (mm/min)	Romper PPM (mm/min)
0.250 (6.35)	131 (3327.4)	135 (3429)
0.500 (12.7)	50 (1270)	53 (1346.2)
0.750 (19.05)	21 (533.4)	23 (584.2)
1.000 (25.4)	10 (254)	12 (304.8)
1.250 (31.75)	6 (152.4)	7 (177.8)
1.500 (38.1)	--- (---)	3 (76.2)

## SECCIÓN 1

## DESCRIPCIÓN

### 1.2.3 PARTES DE REEMPLAZO / ACCESORIOS OPCIONALES (PLASMA MANUAL PC-1250 / 1500)

#### Juegos de Partes de Reemplazo:

Contenido del Juego de Partes de Reemplazo PT-32EH, 70 Amp N/P **0558003508**

Descripción	N/P	Cantidad
Protector Térmico	0558001957	2
Boquilla 70 Amp	0558002618	4
Boq. (arrastre) 40A	0558002908	1
Electrodo	0558001969	3
Válvula espiga	0558001959	1
Fusible 2A 600V	0558001379	1
Guia de altura	0558002393	1
Llave (herramienta)	19129 (0558000808)	1
Lubricante	17672 (0558000443)	1

Contenido del Juego de Partes de Reemplazo PT-32EH (PTL), 70 Amp N/P **0558003560, solamente unid."CE"**

Descripción	N/P	Cantidad
Prot. Térm. Longo(PTL)	0558003110	2
Boquilla 70 Amp	0558002618	4
Boq. (arrastre) 40A	0558002908	1
Electrodo	0558001969	3
Válvula espiga	0558001959	1
Fusible 2A 600V	0558001379	1
Protector Térmico para Arrastre	0558004206	1
Llave (herramienta)	19129 (0558000808)	1
Lubricante	17672 (0558000443)	1

La PowerCut-1250 viene lista para trabajar. La antorcha ya viene conectada con las partes en sus posiciones, el cable de alimentación también ya viene conectado y el filtro/regulador instalado.

Solamente conecte el aire, electricidad y empiece a cortar.

(NOTA: Número de partes en paréntesis solamente se aplican a las unidades Europeas "CE")

Contenido del Juego de Partes de Reemplazo PT-32EH, 90 Amp N/P **0558003062**

Descripción	N/P	Cantidad
Protector Térmico	0558001957	2
Boquilla 90 Amp	0558002837	4
Boq. (arrastre) 40A	0558002908	1
Electrodo	0558001969	3
Válvula espiga	0558001959	1
Fusible 2A 600V	0558001379	1
Guia de altura	0558002393	1
Llave (herramienta)	19129 (0558000808)	1
Lubricante	17672 (0558000443)	1

Contenido del Juego de Partes de Reemplazo PT-32EH (PTL), 90 Amp N/P **0558003557, solamente un."CE"**

Descripción	N/P	Cantidad
Prot. Térm. Longo(PTL)	0558003110 2	
Boquilla 90 Amp	0558002837	4
Boq. (arrastre) 40A	0558002908	1
Electrodo	0558001969	3
Válvula espiga	0558001959	1
Fusible 2A 600V	0558001379	1
Protector Térmico para Arrastre	0558004206	1
Llave (herramienta)	19129 (0558000808)	1
Lubricante	17672 (0558000443)	1

La PowerCut-1500 viene lista para trabajar. La antorcha ya viene conectada con las partes en sus posiciones, el cable de alimentación también ya viene conectado y el filtro/regulador instalado.

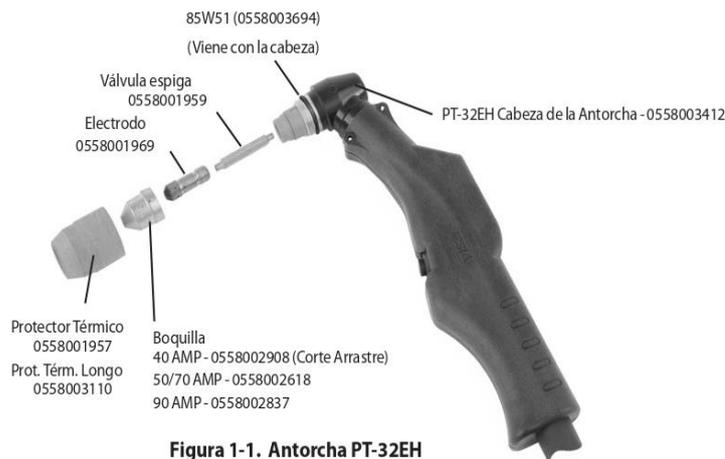


Figura 1-1. Antorcha PT-32EH

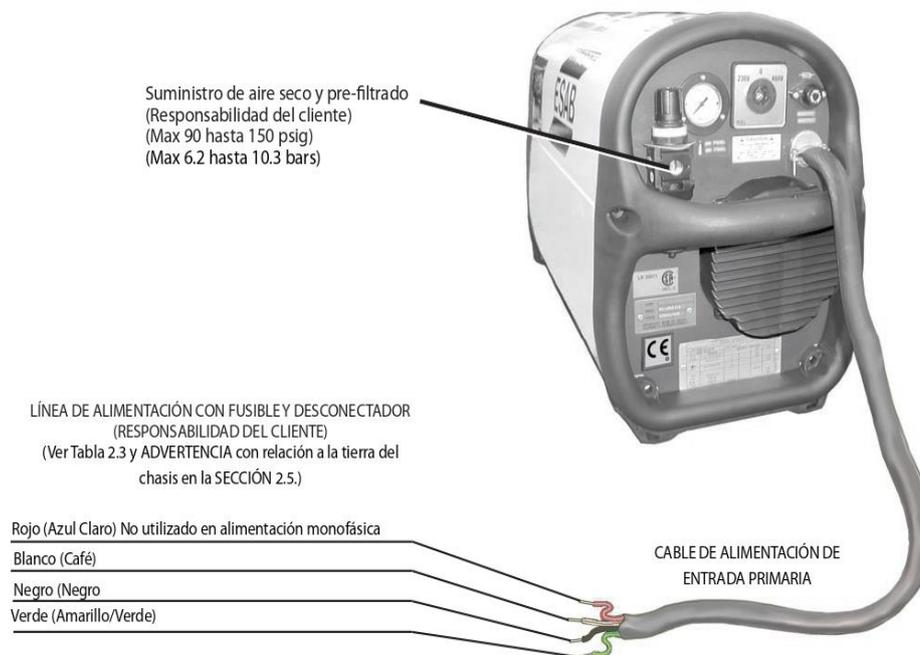
**ADVERTENCIA**

**UNA DESCARGA ELÉCTRICA PUEDE SER MORTAL! Deben tomarse medidas de precaución para obtener la máxima protección ante una descarga eléctrica. Asegúrese de que la alimentación esté desactivada abriendo el interruptor de desconexión de línea y desenchufando el cable de alimentación de la unidad mientras realice las conexiones en el interior de la fuente de alimentación.**

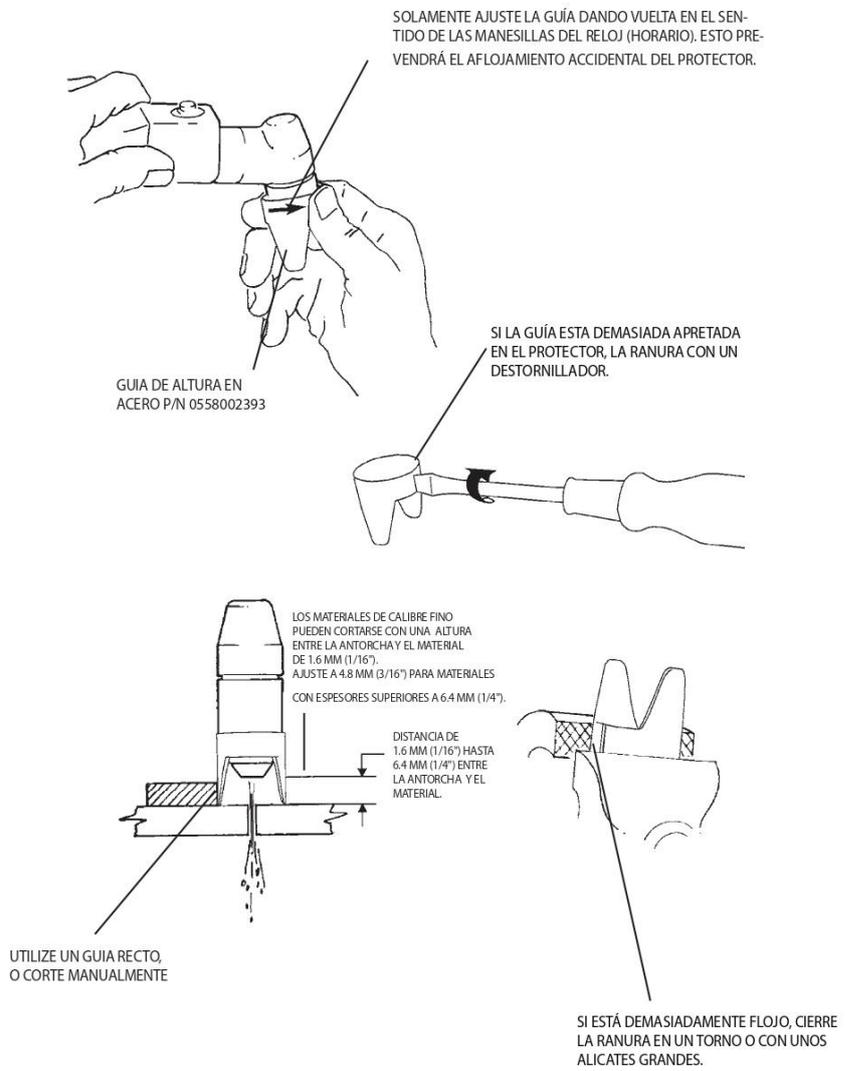
**2.5 CONEXIONES ELÉCTRICAS DE ENTRADA - PAQUETE DE CORTE PLASMA MANUAL**

Las consolas PowerCut-1250 / 1500 son equipadas con un cable de alimentación de 4 conductores de aproximadamente 10 pies para conectar con las 3 fases. Si preferir utilizar la entrada monofásica, aisle el conductor Rojo (Azul Claro) en el cable de alimentación de entrada. Conecte la fase única de alimentación solamente a los conductores blanco y negro. Al operar esta máquina con una alimentación monofásica, debe ser utilizada una red exclusiva con capacidad para 100 Amp. Debido a las altas corrientes de entrada requeridas, el factor de trabajo de la máquina es menor de que en operación en red trifásica. El factor de trabajo en operación monofásica es de 60% para la PC-1250 y 40% para la PC- 1500.

Conecte el suministro de aire a la conexión de entrada del filtro-regulador.



**Figura 2-1. Conexiones de Entrada**



**Figura 3-5. Instalación y operación del guía de altura (Solamente para la PT-32EH)**

3.2.3 PARTES DE INSTALACIÓN DE LA ANTORCHA PT-32EH  
(SOLAMENTE PLASMA MANUAL)**ADVERTENCIA**

Asegurese de que el interruptor principal de la POWERCUT está en la posición OFF antes de trabajar en la antorcha.

**ADVERTENCIA**

La cabeza de la antorcha PT-32EH contiene una válvula de verificación de flujo de gas que actúa conjuntamente con el interruptor y el trazado de circuito de flujo dentro de la Fuente de Poder. Este sistema evita que la antorcha sea energizada con alto voltaje si el interruptor de la antorcha es cerrado accidentalmente cuando se quita el protector. Sustituya siempre la antorcha por una antorcha manufacturada por ESAB puesto que solamente las originales contienen el dispositivo de seguridad patentado por ESAB.

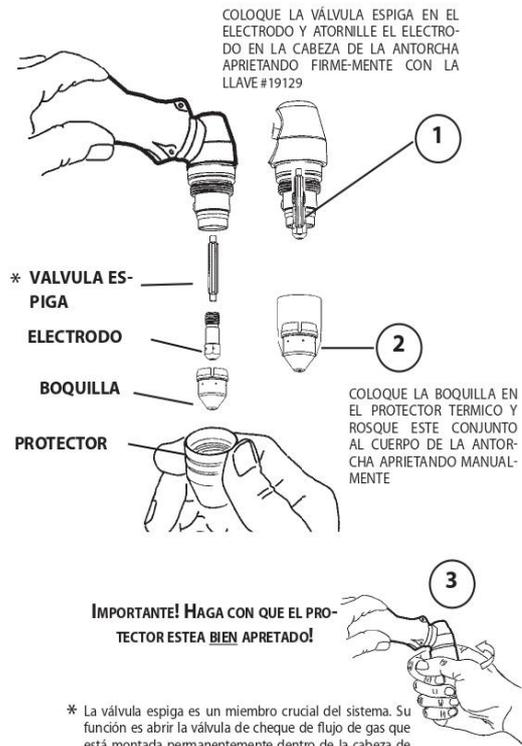


Fig 3.4. Vista detallada de la antorcha PT-32EH

**3.2.2 CORTE DE ARRASTRE CON LA ANTORCHA PT-32EH / PAQUETE POWERCUT 1500.**

- A. OPCIÓN DE CORTE DE ARRASTRE AUTOMÁTICO CON CORRIENTE BAJA  
Si desea utilizar el corte de arrastre para materiales de espesor inferior a 9.5 mm (3/8"), quite la boquilla estándar de 70/90 amperios de la antorcha PT-32EH y instale la boquilla ESAB de 40A. Disminuya el nivel de corriente hasta alcanzar el rango de ARRASTRE-AUTOMÁTICO de 20 a 40A (ver *Escala de Arrastre automático en el panel frontal*). Siga después los pasos de la sección 3.2.1. También consulte el Manual de Instrucciones de la PT-32EH, No. F15-747.
- B. CORTE DE ARRASTRE CON CORRIENTE ALTA  
Si se desea cortar por arrastre materiales de espesor superior a 9.5 mm (3/8"), asegúrese de haber instalado una boquilla de 70/90A en la antorcha PT-32EH. Acople la guía de altura ESAB y trabaje tal y como se muestra en la Figura 3.3.

**PRECAUCIÓN**

El corte de arrastre, incluso con niveles de corrientes más bajos, puede reducir significativamente la vida de los consumibles de la antorcha. Intentar el corte de arrastre con corrientes más altas (40 amperios) puede causar daños catastróficos e inmediatos en los consumibles.

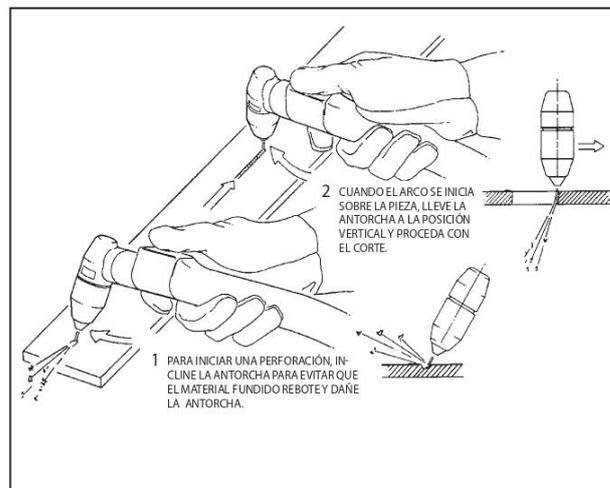


Figure 3-3. Técnica de perforación utilizando la antorcha PT-32EH

- F. Después de iniciar el corte, la antorcha deberá mantenerse en un ángulo de avance entre  $5^{\circ}$  y  $15^{\circ}$  (Figura 3-2). Este ángulo es especialmente útil para ayudar a crear un corte "en caída" (la pieza cae al final). Si no se utiliza el guía de altura, mantenga la boquilla aproximadamente a 6.4 mm ( $1/4"$ ) de la pieza de trabajo.

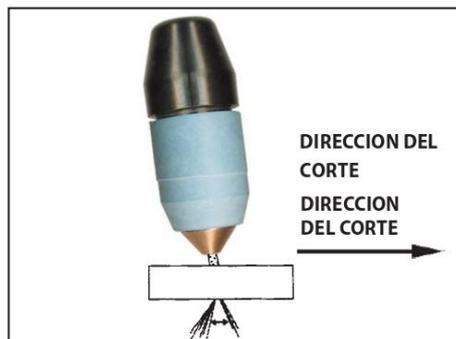


Figura 3-2a. El ángulo de inclinación recomendado de la antorcha durante el corte es de  $5^{\circ}$  hasta  $15^{\circ}$ .



Figura 3-2b. Altura versus salida de potencia durante el corte

- G. Al finalizar un corte, deberá soltarse el interruptor de la antorcha (presione y suelte si tiene seleccionado el modo BLOQUEO) y elevarse la misma alejándola de la pieza de trabajo justo antes de acabar el corte. Así se evita la posibilidad de la alta frecuencia dar reinicio al arco, después que el arco de corte se extinga, causando daños a la boquilla (arco eléctrico doble).
- H. Para conseguir reinicios rápidos, como para corte de rejillas o de mallas reforzadas, no suelte el interruptor de la antorcha. En el modo de flujo posterior, el arco podrá reiniciarse inmediatamente presionando el interruptor de la antorcha. Esto evitará el flujo previo de 2 segundos del ciclo de corte.

**ADVERTENCIA**

La **DESCARGA ELÉCTRICA** puede matar.

- **NO** trabaje con la unidad mientras tenga retiradas las cubiertas.
- **NO** aplique alimentación a unidad mientras segure o transporte la unidad.
- **NO** toque ninguna pieza de la antorcha que pertenece a la parte delantera del mango (boquilla, protector térmico, electrodo, etc.) con el interruptor de alimentación en la posición ON.

**ADVERTENCIA**

Los **RAYOS DE ARCO** pueden quemar los ojos y la piel; El **RUIDO** puede dañar los oídos.

- Utilice casco de soldar con una lente opaca de grado N° 6 ó 7.
- Utilice protección para los ojos, oídos y el resto del cuerpo.

**ADVERTENCIA**

**NOTA:** Interruptor de bloqueo de la antorcha (gatillo).

Operación Manual utilizando la antorcha PT-32EH – Al seleccionar la posición LOCK, se permite soltar el botón interruptor de la antorcha una vez iniciado el arco de corte. Para apagar el arco al finalizar del corte, presione y suelte el botón interruptor de la antorcha o afaste la antorcha de la pieza de trabajo. Al seleccionar la posición UNLOCK, se deberá mantener presionado el interruptor de la antorcha durante toda la operación de corte y soltar-se para finalizar.

**PRECAUCIÓN**

Coloque el PowerCut 1500 al menos a 10 pies (3 metros) de la zona de corte. Las chispas y la escoria caliente del corte pueden dañar la unidad.

**3.2 ANTORCHA PT-32EH UTILIZADA SOLAMENTE PARA PLASMA MANUAL****3.2.1 CORTANDO CON LA POWERCUT-1250 / 1500 UTILIZANDO LA ANTORCHA PT-32EH (SOLAMENTE PARA PLASMA MANUAL)**

Utilice los siguientes procedimientos para cortar con la antorcha PT-32EH

- Asegúrese de que el interruptor de desconexión en la pared esté activado. Active el interruptor de alimentación del panel frontal.
- Ajuste el regulador de presión a 5.5 bar (80 psig).
- Mantenga la boquilla de la antorcha aproximadamente entre 3.2 hasta 4.8 mm (1/8 hasta 3/16 de pulgada) sobre la pieza de trabajo y con una inclinación de 15 - 30°. Esto reduce la posibilidad de entrada de salpicaduras en la boquilla. Si la PT-32EH se utiliza el guía de altura, la distancia entre electrodo y la pieza de trabajo será aproximadamente de 4.8 mm (3/16 de pulgada).
- Presione el interruptor de la antorcha. Debe salir aire de la boquilla de la antorcha.
- Dos segundos después de presionar el interruptor de la antorcha, deberá iniciarse el arco piloto. El arco principal debería iniciarse inmediatamente después, haciendo que se inicie el proceso de corte. (Si emplea el modo de BLOQUEO, el interruptor de la antorcha de se puede soltar después de establecer el arco de corte.) Ver nota.



Interruptor de bloqueo de la antorcha (gatillo).

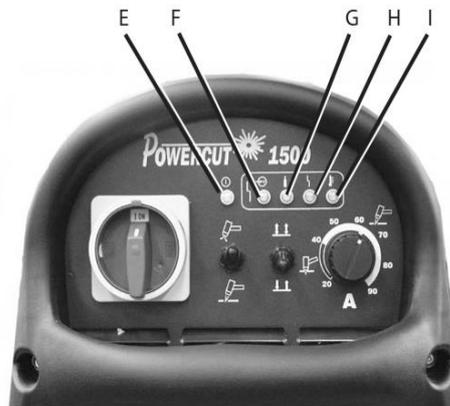


Figura 3-1B. Controles de la PowerCut-1250 / 1500

- D. Control de Corriente de Salida.** Ajustable de 20 hasta 70 amperios para la Powercut-1250. Ajustable de 20 hasta 90 amperios para la Powercut-1500.
- E. Indicador de Energía Encendida "ON":** Ilumina siempre que el interruptor del panel delantero esté en la posición encendida "ON".
- F. Indicador línea AC o indicador alto-bajo de voltaje de línea:** Esta luz de avería irá titilar cuando el voltaje de entrada esté fuera de "+ o -" 15% del rango de nominal de entrada.
- G. Indicador de Flujo de Gas:** Esta luz de la avería irá titilar cuando el suministro de flujo de aire esté bajo o no tenga ninguna presión posterior.
- H. Indicador de Avería:** Cuando esta luz titila, o el sistema no puede iniciar el arco piloto después de un número de tentativas, o hay tenido un evento de sobreintensidad de corriente dentro del sistema. Si la luz titila por 10 segundos y se para, el problema es la iniciación del arco piloto. Verifique los consumibles de la antorcha.
- Si la luz continúa titilando, y el sistema no reinicia, la avería es un evento de sobreintensidad de corriente. Consulte la sección de localización de averías.
- I. Indicador de Temperatura Excesiva:** Esta luz de la avería irá a titilar para indicar que el factor de trabajo se ha excedido. Permita que la fuente de poder se enfríe antes de volver a la operación.

**Todas las señales de avería quedarán encendidas por un mínimo de 10 segundos. Si la avería se resuelve, todas reiniciarán automáticamente a excepción de sobreintensidad de corriente. Para resolver la sobreintensidad de corriente, se debe apagar la energía por 5 segundos y después encender la máquina de nuevo.**



Figura 3-1A. Controles del PowerCut-1250 / 1500

### 3.0 FUNCIONAMIENTO

#### 3.1 CONTROLES DEL POWERCUT 1250/1500

- A. **Interruptor de alimentación.** Al colocarse en la posición ON, la luz blanca del testigo brillará indicando que el circuito de control esté recibiendo corriente de alimentación.
- B. **Interruptor de comprobación de aire.** Si se coloca en la posición Test, el regulador/filtro de aire podrá ser ajustado a la presión deseada (5.5 bar / 80 psig) antes de iniciar la operación de corte. Deje que el aire circule durante unos cuantos minutos. Esto eliminará cualquier condensación que pudiera haberse acumulado durante el periodo de apagado. Asegúrese de colocar el interruptor en la posición OPE-RATE antes de iniciar la operación de corte.
- C. **Interruptor de bloqueo de la antorcha (gatillo).**
  1. **Operación Manual** utilizando la antorcha PT-32EH – Al seleccionar la posición LOCK, se permite soltar el botón interruptor de la antorcha una vez iniciado el arco de corte. Para apagar el arco para finalizar el corte, presione y suelte el botón interruptor de la antorcha o afaste la antorcha de la pieza de trabajo. Al seleccionar la posición UNLOCK, se deberá presionar el interruptor de la antorcha durante toda la operación de corte y soltarse para finalizar.
  2. **Operación mecanizada** usando la antorcha de PT-21AMX - En la operación mecanizada la función de bloqueo de la antorcha es inhabilitada. En lugar, el interruptor funciona como un selector de "Auto-Restrike" (Reinicio Automático). Para activar el modo "Auto-Restrike" (corte de rejilla), ponga el interruptor en la posición superior. Para desactivar el modo "Auto-Restrike" (corte de rejilla), ponga el interruptor en la posición inferior.



**TRIGGER  
LOCK**

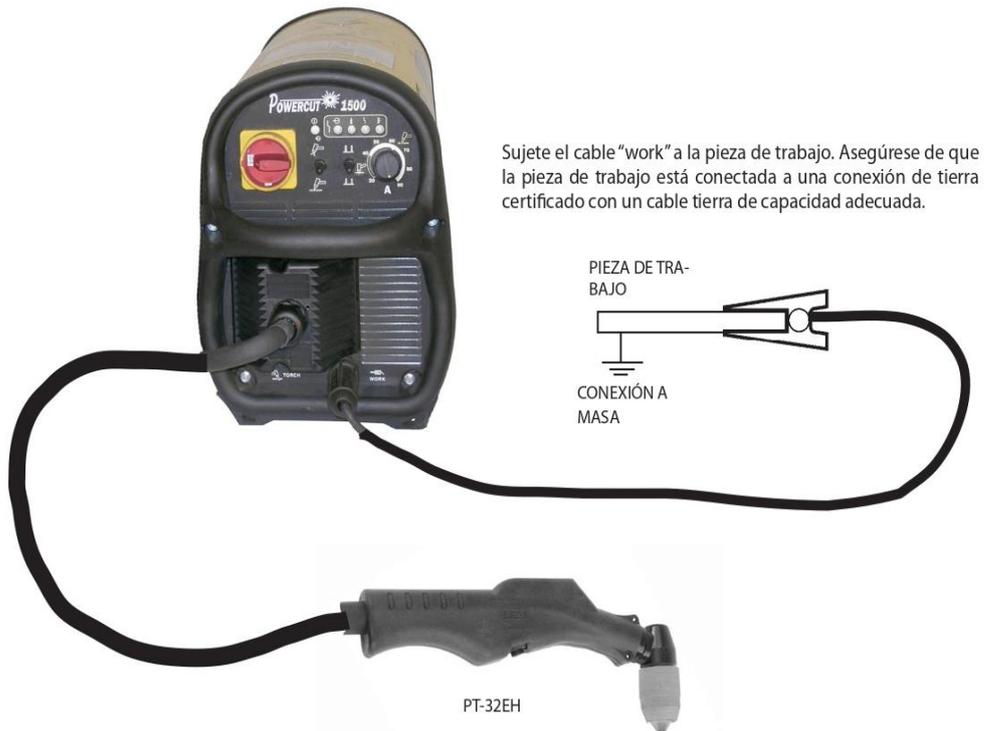
Reinicio Automático En-  
cendido

**UNLOCK**

Reinicio Automático  
Apagado

**2.6 CONEXIONES AUXILIARES DE SALIDA PARA CORTE MANUAL**

La antorcha viene montada de fábrica.



**Figura 2-2. Diagrama de interconexiones del PowerCut 1500**

**ADVERTENCIA****¡UNA DESCARGA ELÉCTRICA PUEDE SER MORTAL!**

Antes de realizar las conexiones eléctricas de entrada a la fuente de alimentación, deben utilizarse los "Procedimientos de bloqueo de maquinaria". Si se han de realizar las conexiones desde un interruptor de desconexión de línea, coloque el interruptor en la posición off y bloquéelo para evitar que se produzca un corte no deliberado. Si la conexión se realiza desde una caja de fusibles, retire los fusibles correspondientes y bloquee la cubierta de la caja. Si no es posible utilizar los bloqueos, coloque una etiqueta roja de advertencia en el interruptor de desconexión de línea (o en la caja de fusibles) avisando otros que estas trabajando en el circuito.

**ADVERTENCIA**

El chasis debe estar conectado a una toma de masa autorizada. Si no es así, puede producirse una descarga eléctrica, quemaduras graves o la muerte.

**PRECAUCIÓN**

Antes de realizar cualquier tipo de conexión a los terminales de salida de la fuente de alimentación, asegúrese de que la alimentación principal de entrada está desactivada (off) en el interruptor de desconexión principal y que el cable de alimentación de entrada está desenchufado.

Antes de conectar a la energía de entrada, asegure que hay un interruptor de desconexión de línea (pared) con fusibles o disyuntores en el panel de la alimentación principal. Usted puede tanto utilizar el cable que viene de fábrica (4/c, tipo SO (90 °C), 10 pies (3.1 m) de largo) o proporcionar su propio cable para energía de entrada. Si usted elige proporcionar su propio, asegure que son conductores de cobre aislados. Usted debe tener dos (monofásico) o tres (trifásico) conductores de energía y un conductor de tierra. Los conductores pueden ser cables cubiertos con goma reforzada o se pueden estar instalados en un conducto sólido o flexible. Refiera a la tabla 2-1 y 2-2 para los conductores recomendados de entrada de línea y capacidades de los fusibles.

**Tabla 2-1, (PC-1250) Capacidades recomendadas de los conductores de la entrada y fusibles de línea.**

Requerimientos de entrada			Entrada y Tierra	Fusible
Volts	Fase	Amps	Conductor	Capac.
			CU/AWG	Amps
208	1	67A	6	100
208	3	33A/Fase	6	50
230	1	61A	6	100
230	3	29A/Fase	6	50
460	3	20	6	50
400	3	18	6mm <sup>2</sup>	50
575	3	15	10	25

**Tabla 2-2, (PC-1500) Capacidades recomendadas de los conductores de la entrada y fusibles de línea.**

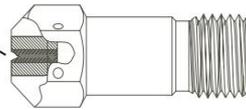
Requerimientos de entrada			Entrada y Tierra	Fusible
Volts	Fase	Amps	Conductor	Capac.
			CU/AWG	Amps
208	1	82A	6	100
208	3	44A/Fase	6	80
230	1	74A	6	100
230	3	40A/Fase	6	80
460	3	27	6	50
400	3	24	6mm <sup>2</sup>	50
575	3	18	10	50

**!!!NOTA IMPORTANTE!!!****Exigencias del suministro eléctrico de 400 V CE:**

Debido a la corriente principal producida por el suministro eléctrico, los equipos de alta potencia podrían influir en la calidad de la energía de la red. Por lo tanto, pueden aplicarse las restricciones o exigencias de conexión relativas a la impedancia eléctrica máxima permitida o la capacidad de suministro mínima necesaria en el punto de interfaz con la red pública para algunos tipos de equipos (véanse los datos técnicos). En este caso, es responsabilidad del instalador o del usuario del equipo el hecho de asegurarse, mediante consulta del operador de la red de distribución si procede, que el equipo pueda conectarse.

**3.3 POSIBLES PROBLEMAS DE CORTE CON LA PT-32EH**

Sustituir si la erosión tiene una profundidad de más de 1.5mm (0.06").

**PRECAUCIÓN**

**SUSTITUYA EL ELECTRODO ANTES DE QUE EL DESGASTE SEA SUPERIOR A 1.5 MM (0.06 PULGADAS).**

**Figura 3-6. Límite de desgaste del electrodo**

*NOTA: Cuando reemplazar la boquilla, compruebe el desgaste del electrodo. Si es superior a 1.5mm (0.06"), reemplaze el electrodo. Si el electrodo es utilizado arriba del límite recomendado de desgaste, puede dañarse la antorcha y la fuente de poder. La vida de la boquilla también se reduce considerablemente si se usa un electrodo abajo el límite recomendado.*

**PERFILES DE ALUMINIO V-SLOT TIPO C 40x80mm**

Perfil 4080 de aluminio 6063-T5, ideal para fabricación de estructuras. Permiten el uso de ruedas V-slot para realizar movimientos lineales mediante carros.

**Descripción**

Los rieles V-slot son perfiles estructurales fabricados en aluminio 6063-T5, de gran calidad y con canales en forma de V. Son muy fáciles de manejar y permiten fabricar infinidad de máquinas o prototipos gracias a su naturaleza modular.

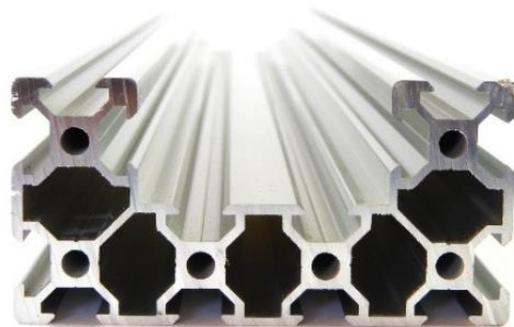
Además, estos perfiles V-slot son mejores que los perfiles de aluminio T-slot tradicionales ya que:

1. Sirven como soporte o para crear estructuras.
2. Sus canales en V, permiten que se puedan usar ruedas para realizar movimientos lineales.

El mismo perfil puede cumplir las dos funciones.

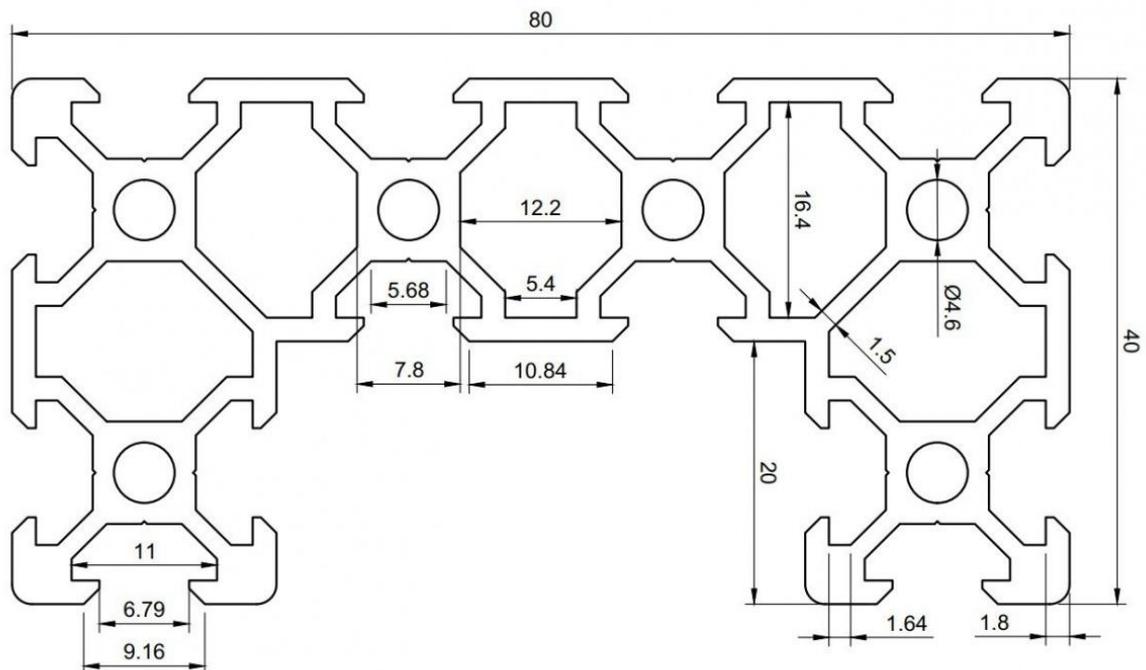
Los rieles lineales V-slot son altamente usados para muchos proyectos, por ejemplo:

- Impresoras 3D
- Máquinas CNC
- Cortadoras láser
- Deslizadores para cámaras
- Cortadores plasma
- Robótica
- Y muchos otros



ESPECIFICACIONES	
<b>Tipo de perfil</b>	V-slot
<b>Serie</b>	C4080
<b>Material</b>	Aluminio
<b>Grado</b>	6063-T5
<b>Acabado</b>	Anodizado
<b>Color</b>	Plateado/Negro
<b>Ancho (W)</b>	80 mm
<b>Alto (H)</b>	40 mm
<b>Momento de inercia IX</b>	$117.760 \times 10^{-9} \text{ m}^4$
<b>Momento de inercia IY</b>	$565.646 \times 10^{-9} \text{ m}^4$
<b>Esfuerzo de fluencia</b>	145 MPa
<b>Módulo de elasticidad</b>	68.9 GPa
<b>Peso por metro lineal</b>	2.65 Kg/m

**MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA EL PERFIL DE ALUMINIO V-SLOT TIPO C DE 40x80mm**



**PERFILES DE ALUMINIO V-SLOT TIPO C 20x40mm**

Perfil 4080 de aluminio 6063-T5, ideal para fabricación de estructuras. Permiten el uso de ruedas V-slot para realizar movimientos lineales mediante carros.

**Descripción**

Los rieles V-slot son perfiles estructurales fabricados en aluminio 6063-T5, de gran calidad y con canales en forma de V. Son muy fáciles de manejar y permiten fabricar infinidad de máquinas o prototipos gracias a su naturaleza modular.

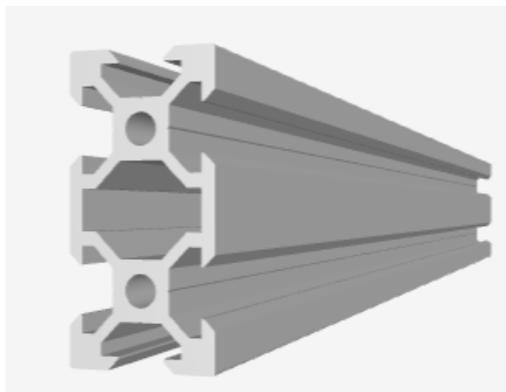
Además, estos perfiles V-slot son mejores que los perfiles de aluminio T-slot tradicionales ya que:

3. Sirven como soporte o para crear estructuras.
4. Sus canales en V, permiten que se puedan usar ruedas para realizar movimientos lineales.

El mismo perfil puede cumplir las dos funciones.

Los rieles lineales V-slot son altamente usados para muchos proyectos, por ejemplo:

- Impresoras 3D
- Máquinas CNC
- Cortadoras láser
- Deslizadores para cámaras
- Cortadores plasma
- Robótica
- Y muchos otros





## TORNILLOS DE BAJO PERFIL M5

Tornillo M5 de longitud con perfil de cabeza extra delgado, muy usado en toda la gama de productos V-Slot

### Descripción

Los tornillos M5 son una gran elección para cualquier proyecto, su cabeza extra plana permiten que no se interpongan con otros objetos.

Los tornillos M5 son los más usados con la gama de productos V-Slot, son usados para hacer uniones en conjunto con accesorios, funcionan como ejes para las ruedas y poleas, se pueden atornillar a los agujeros centrales en los perfiles V-Slot luego de roscarlos.

## TORNILLOS DE BAJO PERFIL M5\*6

### ESPECIFICACIONES

#### TÉCNICAS

- **Cabeza hexagonal: 3mm**
- **Rosca: M5**
- **Longitud (L): 6mm**
- **Paso: 0.8mm**
- **Material: Acero**
- **Color: Negro**
- **Peso: 1.24g**



## TORNILLOS DE BAJO PERFIL M5\*10

### ESPECIFICACIONES

#### TÉCNICAS

- **Cabeza hexagonal: 3mm**
- **Rosca: M5**
- **Longitud (L): 10mm**
- **Paso: 0.8mm**
- **Material: Acero**
- **Color: Negro**
- **Peso: 1.67g**



### TORNILLO DE BAJO PERFIL M5\*25

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Cabeza hexagonal: 3mm
- Rosca: M5
- Longitud (L): 25mm
- Paso: 0.8mm
- Material: Acero
- Color: Negro
- Peso: 3.37g



### TORNILLO DE BAJO PERFIL M5\*35

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Cabeza hexagonal: 3mm
- Rosca: M5
- Longitud (L): 35mm
- Paso: 0.8mm
- Material: Acero
- Color: Negro
- Peso: 4.57g



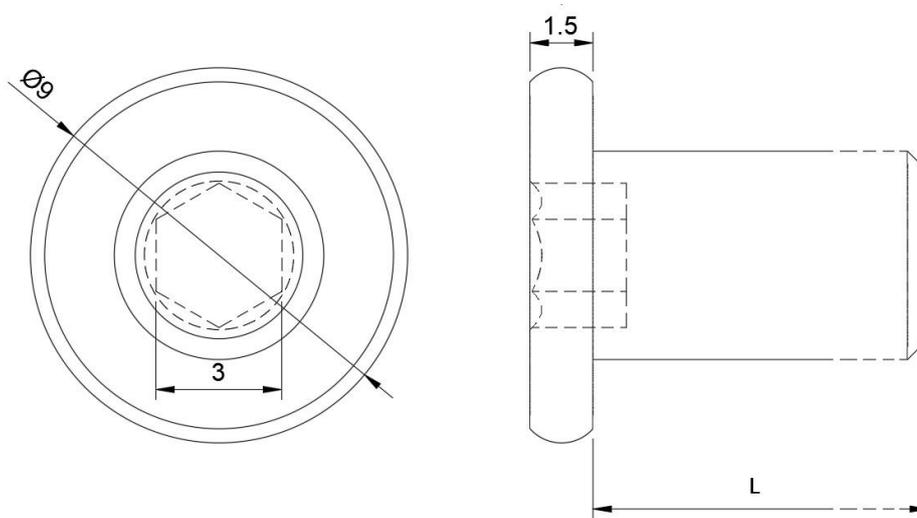
### TORNILLOS DE BAJO PERFIL M5\*60

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Cabeza hexagonal: 3mm
- Rosca: M5
- Longitud (L): 60mm
- Paso: 0.8mm
- Material: Acero
- Color: Negro
- Peso: 7.62g



## MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA EL TORNILLO DE BAJO PERFIL M5\*6



### LLAVE ALLEN 3.0mm PARA AJUSTE DE TORNILLOS

#### DESCRIPCIÓN

Una llave Allen se usa con pernos prisioneros (Allen), pernos/tornillos de bajo perfil, tornillos socket entre otras variedades de pernos con interior hexagonal.

Existen dos estándares en medidas de pernos Allen, Métrico e Imperial, el primero se expresa en milímetros y el segundo en pulgadas, se recomienda no usar una llave milimétrica para un tornillo que necesita una llave en pulgadas y viceversa. Se considera como medida la distancia entre dos caras opuestas del perfil hexagonal.

La Llave Allen 3.0mm es compatible con los Tornillos de bajo perfil para V-Slot.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Medida(s): 3.0mm**
- **Dimensiones: 57x20mm**
- **Material: Acero cromado**
- **Peso: 5g**



## CUÑA DE ALTA PRECISIÓN

La cuña de alta precisión es usada como separador entre dos rodamientos o entre rodamiento y tuerca u otro accesorio, de esta forma la arandela hace contacto solo con el anillo interno y dejando libre el anillo externo del rodamiento para que este pueda girar libremente.

El proceso de fabricación de esta cuña es por maquinado metálico logrando una mayor precisión que las arandelas echas por estampado mecánico. Gracias a la precisión que tiene es usada en mecanismos V-Slot donde se necesita una alta precisión.

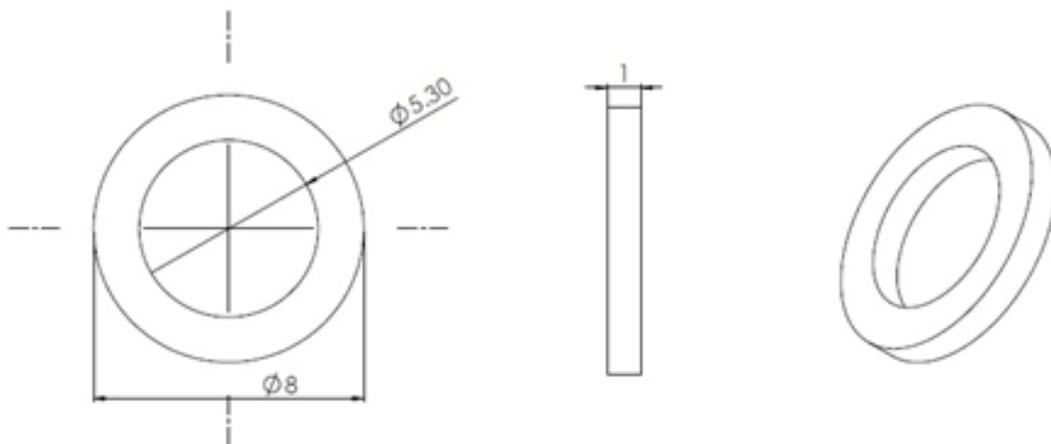
### CUÑA DE ALTA PRECISIÓN T1\*5.3\*8

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material: Acero**
- **Diámetro interno: 5.3 mm**
- **Diámetro externo: 10 mm**
- **Espesor: 1 mm**



#### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA CUÑA DE ALTA PRECISIÓN T1\*5.3\*8 EN ACERO INOXIDABLE (mm)



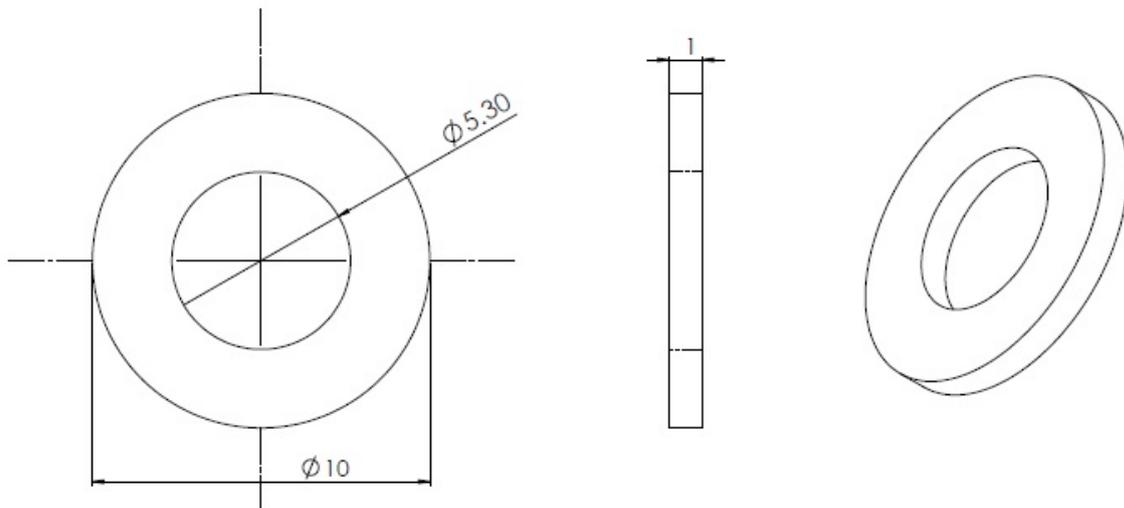
## CUÑA DE ALTA PRECISIÓN T1\*5.3\*10

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material:** Acero
- **Diámetro interno:** 5.3 mm
- **Diámetro externo:** 8 mm
- **Espesor:** 1 mm



### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA CUÑA DE ALTA PRECISIÓN T1\*5.3\*8 EN ACERO INOXIDABLE (mm)



## ESPACIADORES DE ALUMINIO

Espaciador mayormente usado para separar dos rodamientos internos en un kit de polea.

### ESPACIADOR DE ALUMINIO L3.175mm (1/8") T8

Separadores de aluminio, ideal para generar un espacio de 1/8 de pulgada entre dos piezas, el diámetro interno es para un tornillo M5 y el diámetro externo es de 10mm, esto entre otras aplicaciones lo hace ideal para usarlo como separador interno de los rodamientos en una polea loca para V-Slot. De esta manera se puede ajustar el tornillo sin temor a romper la polea.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material:** Aluminio Maquinado
- **Diámetro interno:** 5.3 mm
- **Diámetro externo:** 8 mm
- **Altura:** 1/8" (3.175 mm)



### ESPACIADOR DE ALUMINIO L6mm T10

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material:** Aluminio
- **Longitud:** 6mm
- **Diámetro exterior:** 10mm
- **Diámetro interior:** 5.1mm



### ESPACIADOR DE ALUMINIO L40mm T10

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material:** Aluminio  
**Maquinado**
- **Diámetro interno:** 5.3 mm
- **Diámetro externo:** 10 mm
- **Altura:** 40 mm



### ESPACIADOR EXCÉNTRICO L6.35mm (1/4")

Espaciador excéntrico de 6.35mm (1/4") para tornillo M5, usado para poder ajustar la presión de las ruedas con el riel del perfil V-Slot, son esenciales en un kit deslizador.

#### Descripción

Los espaciadores o separadores excéntricos permiten regular el ajuste de las ruedas con el perfil V-slot, al girar el espaciador excéntrico provoca que el eje de la rueda(tornillo) se desplace alejándose o acercándose del riel, de esta forma se logra una fácil y rápida calibración.

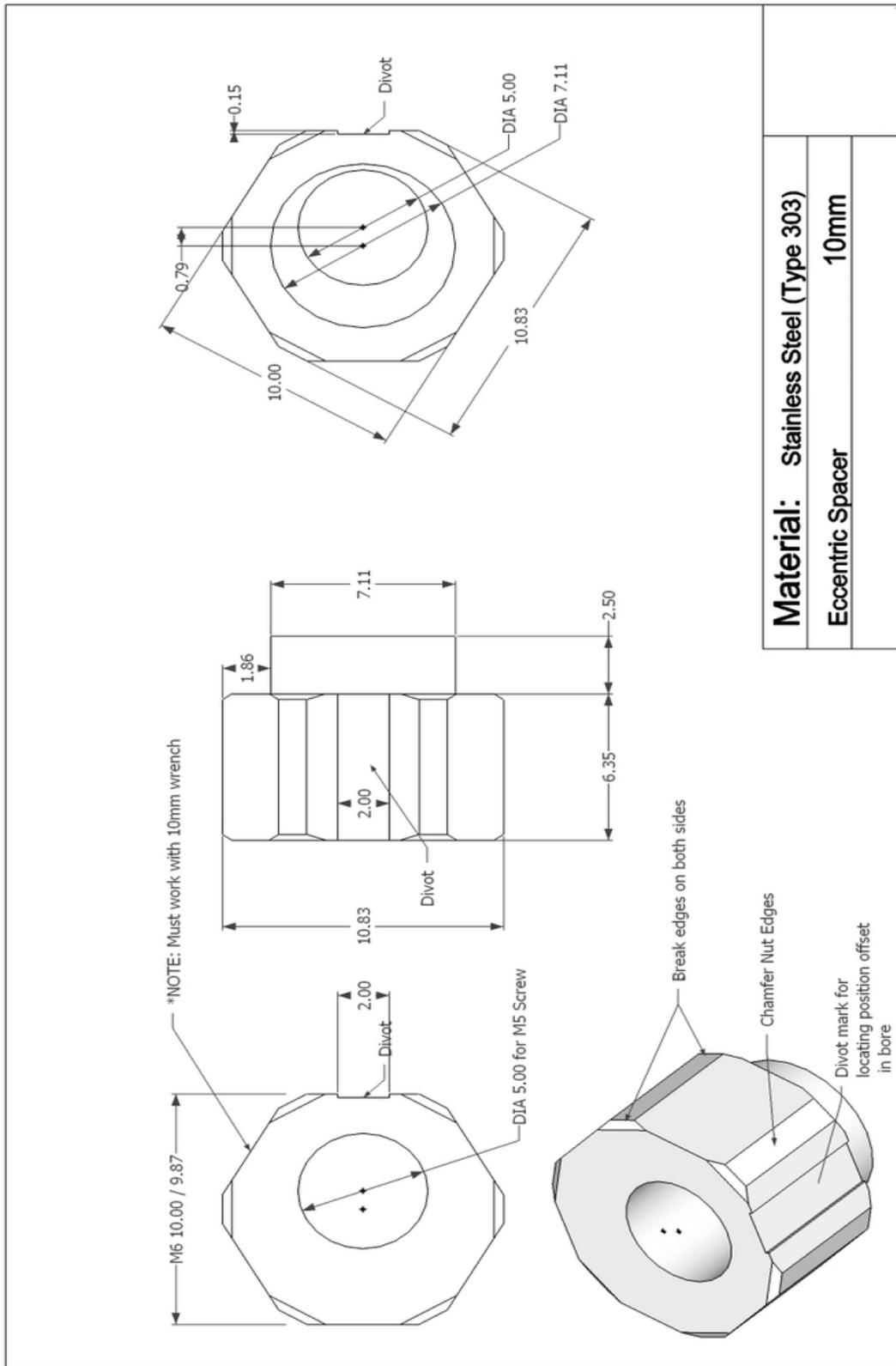
Están diseñados para usar con tornillos M5 y junto a separadores de aluminio, placa y kits de ruedas mini V forman un deslizador lineal.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material:** Acero
- **Longitud:** 6.35mm (1/4")
- **Diámetro interno:** 5.3 mm
- **Diámetro externo:** 7 mm
- **Excentricidad:** 0.79 mm
- **Llave hexagonal:** 10 mm



## MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA EL ESPACIADOR EXCÉNTRICO



## TUERCAS

### TUERCA AUTOBLOQUEANTE M5

Tuerca M5 con bloqueo de nylon, ideal para mecanismos con vibraciones.

#### Descripción

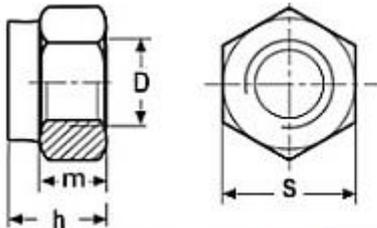
Tuerca autobloqueante M5 para tornillo de bajo perfil M5 o de 5mm de diámetro en general. Al ser de tipo autobloqueante, no pierde su ajuste a pesar de las vibraciones, esto es especialmente útil en sistemas CNC.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material tuerca: Acero**
- **Material bloqueo: Nylon**
- **Rosca: Métrica**
- **Diámetro: 5mm**



#### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA TUERCA AUTOBLOQUEANTE M5



copyright by gedex-service

D	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	D	M10	M12	M14	M16	M18	M20
s	5	5,5	7	8	10	13	s	17	19	22	24	27	30
m	2,3	2,4	2,9	3,2	4,0	5,5	m	6,5	8,0	9,5	10,5	13,0	14,0
h	3,5	4	5	5	6	8		10	12	14	16	18,5	20
D	M22	M24	M27	M30			D						
s	32	36	41	46			s						
m	15	15	17	19			m						
h	22	24	27	30			h						

## TUERCA EN T M5 SIMPLE

Tuerca en T simple M5, encaja perfectamente dentro de las ranuras de los perfiles V-SLOT.

### Descripción

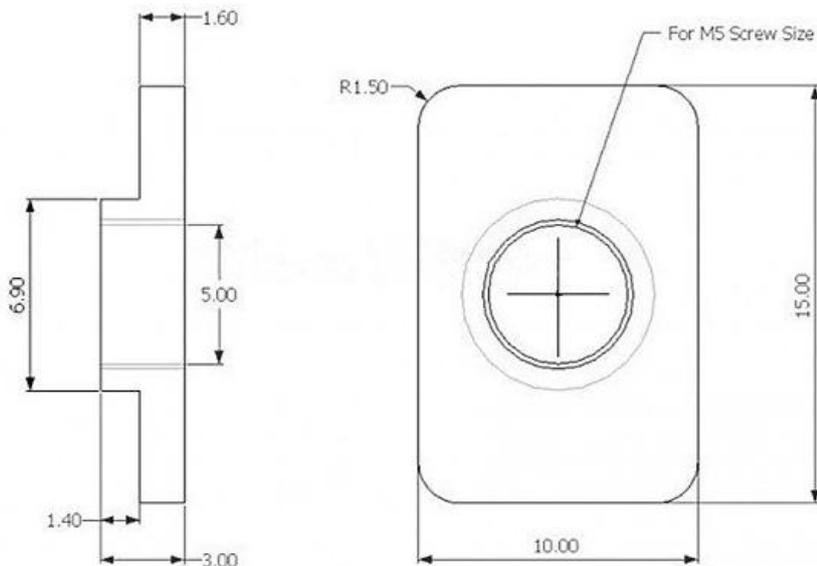
Las tuercas en T están diseñadas para encajar dentro de los perfiles V-Slot, es necesario introducirlas por un extremo del perfil y gracias a sus esquinas curvas permiten deslizar fácilmente dentro del perfil a la ubicación deseada.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Material:** Acero niquelado
- **Dimensiones:** 10 x 15 mm
- **Espesor:** 1.6 mm
- **Rosca:** M5



### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA TUERCA EN T M5 SIMPLE



## TUERCA EN T DE INSERCIÓN M5

### Descripción

Tuerca de inserción en perfil V slot para tornillo M5.

### ESPECIFICACIONES

- **Material: Acero**



**KIT DE RUEDAS DELRIN (D.E= 23.89mm)+ RODAMIENTOS****Descripción:**

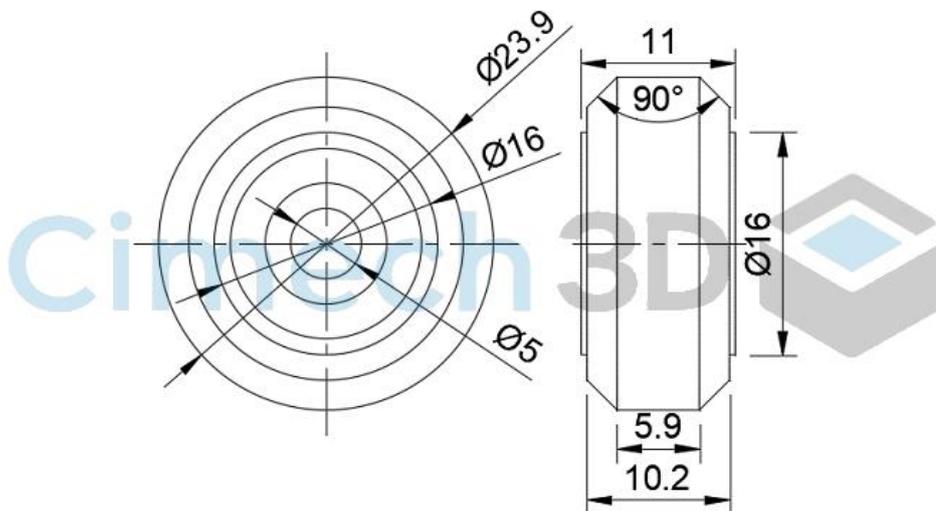
Estas ruedas están diseñadas para funcionar con el sistema de perfiles V-slot. Permiten crear máquinas con movimiento sin necesidad de rodamientos lineales.

El kit incluye:

- Rueda de Delrin Diámetro externo 23.89mm -1 unidad
- Rodamiento 16x5x4.2mm -2 unidades
- Golilla de precisión 10x5x1mm -1 unidad

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

<b>Material</b>	Delrin
<b>Color</b>	Negro
<b>Diámetro Externo</b>	23.9 mm
<b>Diámetro interno</b>	5 mm
<b>Ancho</b>	11 mm
<b>Peso</b>	N/D

**MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA LA RUEDAS DELRIN**

## CORREA DENTADA HTD 3M

Esta correa es especial para aplicaciones de movimiento lineal

### Descripción

La correa dentada HTD es especial para aplicaciones de sistemas CNC. La forma redondeada de su diente evita que haya deslizamiento que cause backlash. El movimiento es suave y preciso, lo que permite obtener una mejor calidad en el trabajo. Esta correa dentada trabaja con las poleas para HTD. Su ancho de 15mm le permite una gran fuerza de contacto con la polea, soportando mayores cargas. Posee un núcleo reforzado de hilos de acero, que le permite trabajar bajo altas cargas sin sufrir deformaciones permanentes.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

**Tipo:** HTD 3M-15

**Paso:** 3mm

**Ancho:** 15mm

**Altura:** 2.41mm

**Altura diente:** 1.17mm

**Material:** Neopreno Caucho  
con refuerzo en el núcleo  
de hilos de acero

**Color:** Negro



## POLEA DENTADA GT2

Polea de aluminio diseñada para trabajar con motores paso a paso Nema 24 con un diámetro de eje de 6.35mm (1/4"). Trabaja con la correa HTD 3M ancho: 15mm. Ideal para aplicaciones V-Slot.

### Descripción

Estas poleas son especiales para aplicaciones de movimiento lineal como el que se utiliza en las impresoras 3D y los sistemas CNC. Con estas poleas se obtiene una buena precisión en el movimiento, sin el inconveniente del juego por Backlash. Estas poleas están diseñadas para trabajar con motores paso a paso Nema23 con un diámetro de eje de 6.35mm (1/4").

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>Tipo:</b>	24-3M-15-6.35
<b>Material:</b>	Material: Aluminio
<b>Eje interno:</b>	<b>6.35 mm</b> (Motor PaP NEMA24)
<b>Especial para Correa dentada HTD 3M, grosor de 15mm</b>	
<b>Número de dientes:</b>	24 dientes
<b>Doble Flange</b>	
<b>Paso de diente:</b>	3mm
<b>Doble Tornillo prisionero Allen M5 para ajuste de eje</b>	
<b>Diámetro externo (DO):</b>	22.16mm
<b>Diámetro bloque:</b>	26mm
<b>Largo:</b>	27mm



## BRACKET DE ESQUINA DE 90°

Estos Brackets son usados para conectar dos perfiles de aluminio en un ángulo de 90°.

### Descripción:

Este bracket es usado para realizar una conexión fuerte y segura de 90° entre dos perfiles de aluminio de la serie 20.

Este bracket se puede utilizar junto con tornillos M5x8 y tuercas en T M5 para fijarlo a los perfiles de aluminio. Además, tienen dos pestañas salientes por lado que van dentro de las ranuras de los perfiles a unir, son ideales cuando se hace la conexión en la dirección de la ranura de los perfiles de aluminio, si se desea conectar de manera perpendicular a la dirección de las ranuras se pueden lijar estas pestañas para lograr una conexión segura.

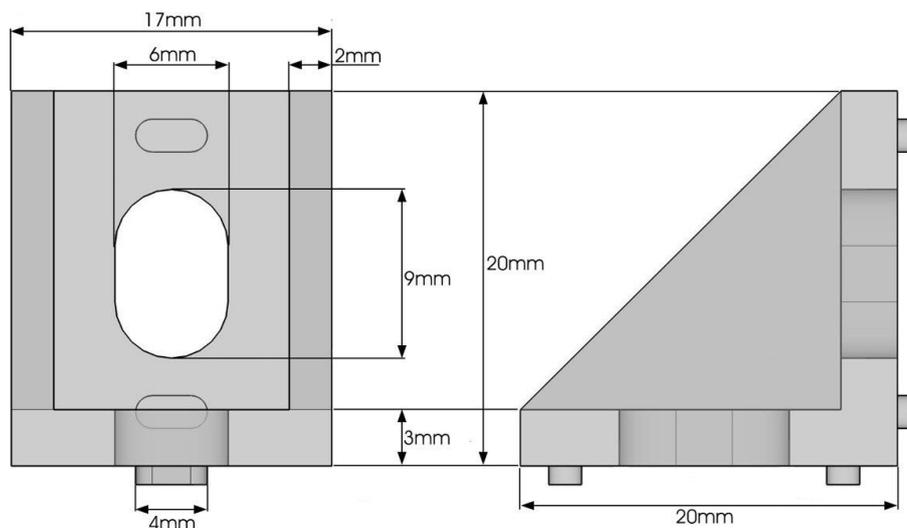
El tipo de ajuste de la conexión es por fricción, además de reconfigurable ya que no necesita maquinado en los perfiles a unir.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>Material:</b>	Aluminio fundido
<b>Dimensiones:</b>	20x20x17mm
<b>Ancho de pestañas:</b>	4mm
<b>Color:</b>	Plata
<b>Peso:</b>	6.15g



### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA EL BRACKET DE ESQUINA DE 90°



## BRACKET L UNIVERSAL SIMPLE

Bracket versátil para construir máquinas o trabajar con perfiles de aluminio

### Descripción:

Este bracket de uso múltiple puede ser usado para hacer uniones de 90° entre perfiles de aluminio o con otros componentes.

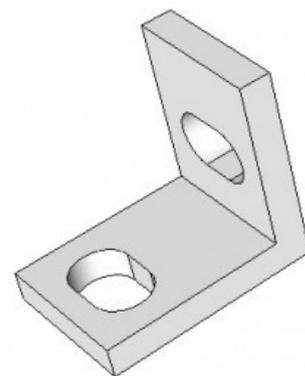
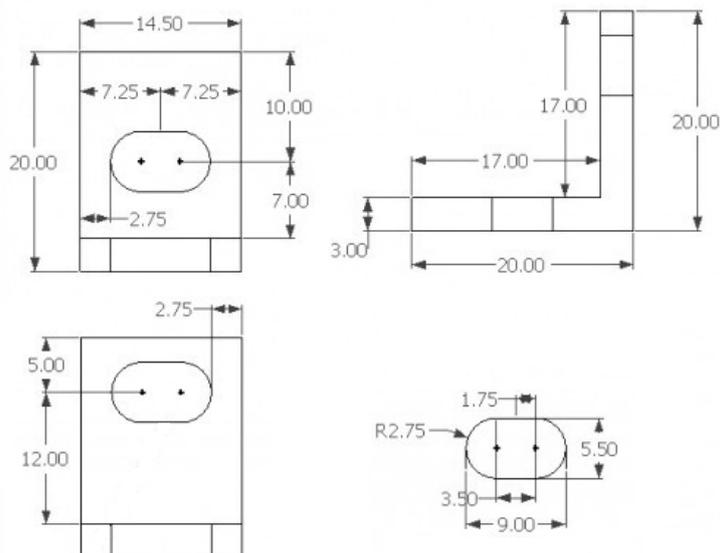
El bracket tiene un agujero en cada lado donde pueden pasar tornillos M5. Si se van a usar para fijar dos perfiles de aluminio se recomienda usar tornillos M5x8 y tuercas en T.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>Material:</b>	Aluminio 6105-T5
<b>Dimensiones:</b>	20x20x14.5 mm
<b>Agujeros:</b>	5.5x9 mm
<b>Color:</b>	Anodizado claro
<b>Peso:</b>	3.5g



### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA EL BRACKET DE ESQUINA DE 90°



## BRACKET L UNIVERSAL TRIPLE

Bracket versátil para construir máquinas o trabajar con perfiles de aluminio.

### Descripción:

Este bracket de uso múltiple puede ser usado para hacer uniones de 90° entre perfiles de aluminio 2060 o con otros componentes.

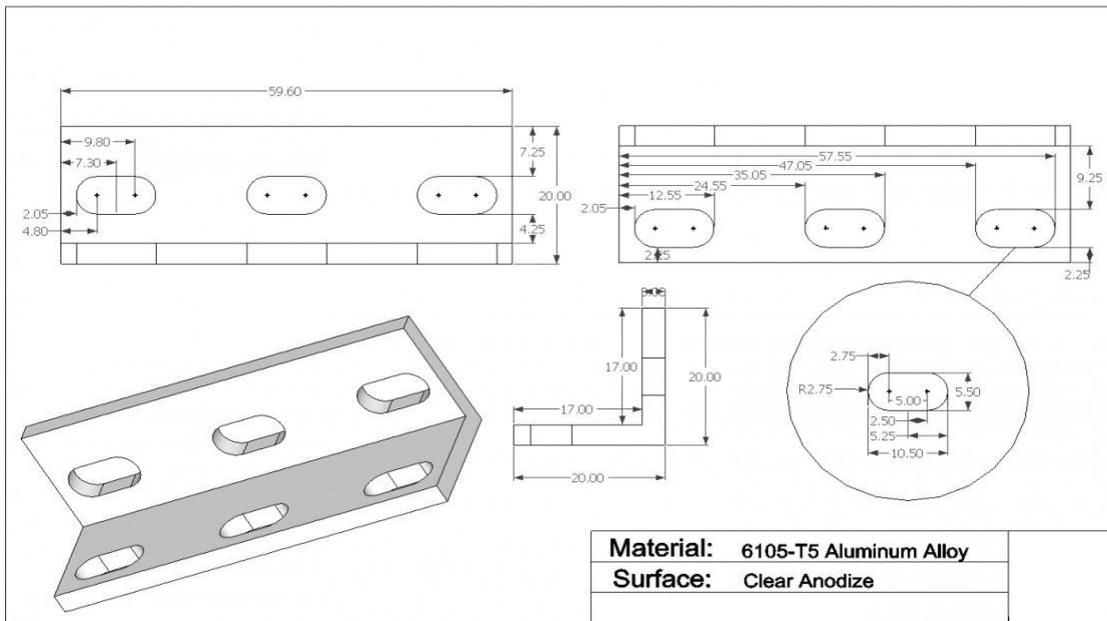
El bracket tiene un agujero en cada lado donde pueden pasar tornillos M5. Si se van a usar para fijar dos perfiles de aluminio se recomienda usar tornillos M5x8 y tuercas en T.

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>Material:</b>	Aluminio 6105-T5
<b>Dimensiones:</b>	20x20x59.6 mm
<b>Agujeros:</b>	5.5x9 mm
<b>Color:</b>	Anodizado claro
<b>Peso:</b>	14.9g



### MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA EL BRACKET DE ESQUINA DE 90°



# **ANEXO 4**

# **GASTOS**

Nathaly Giovanna Moina Cando  
 RUC: 0105187991001  
 Dir.:Hurtado de Mendoza 2-42 y Gabriel García Moreno  
 Teléf.: 0996229121-0984918792

PERFILES | CNC  
 www.perfilesnc.com



## PROFORMA

N° 00828

30/9/2021

LEAD

RUC:

DIRECCIÓN:

TELÉFONO:

	Producto	Precio	Total
56	Rodillo 625-2rs	0.89	50.00
28	Rueda derlin (negro)	0.89	25.00
14	Espaciador 6mm	0.27	3.75
8	Espaciador 40mm	1.34	10.71
4	Acople flexible 8mm a 8mm	4.46	17.86
14	Espaciador 3mm	0.22	3.13
14	Arandela M5	0.04	0.56
14	Espaciador 9mm	0.40	5.63
14	Espaciadores excéntricos 6mm	1.12	15.63
22	Tuerca T insertable M5 serie 20	0.18	3.93
13	SopORTE universal en L doble serie 20	1.83	23.79
26	SopORTE de esquina serie 20	0.89	23.21
119	Tuerca T serie 20	0.09	10.63
4	Conector angular a 90º	2.62	10.46
16	SopORTE universal en L simple serie 20	1.00	16.00
2	Placa de unión L de 5 agujeros serie 20	1.88	3.75
13	Tapa de plástico 2020	0.22	2.90

18	Perno M5x20	0.09	1.61
6	Tuerca bloque 8mm	5.63	33.75
48	Perno M5x20	0.09	4.32
8	Perno M5x50	0.18	1.43
12	Perno M5x65	0.18	2.14
8	Rodillo 688-zz	0.89	7.14
8	Arandelas 8 x 12	0.09	0.71
8	Collar de seguridad 8mm	0.80	6.43
31	Perno M5x10	0.09	2.77
102	Perno M5x8	0.09	9.11
8	SopORTE de extremo para perfil C	10.18	81.43
1	Tuerca bloque anti-backlash	7.68	7.68
7	Placa pórtico para perfil lineal C grande	16.79	117.50
12	Perno M5x12	0.09	1.07
4	Perno M5x30	0.09	0.36
2	Perno M5x45	0.13	0.27
16	Tuerca hexagonal de seguridad M5	0.09	1.43
1	Perfil de Aluminio V 40x80 C beam serie 20 x 250mm	8.86	8.86
2	Tornillo sinfín D8 1580mm	32.59	65.18
1	Tornillo sinfín D8 1180mm	24.34	24.34
1	Tornillo sinfín D8 290mm	5.98	5.98
2	Perfil de Aluminio V 40x80 C beam serie 20 x 1500mm	51.03	102.05
1	Perfil de Aluminio V 40x80 C beam serie 20 x 1100mm	37.42	37.42
1	Perfil de Aluminio V 20x20 serie 20 x 1100mm	8.73	8.73
2	Perfil de Aluminio V 20x80 serie 20 x 250mm	7.02	14.04
3	Perfil de Aluminio V 20x40 serie 20 x 1500mm	22.77	68.30
2	Perfil de Aluminio V 20x40 serie 20 x 1180mm	17.91	35.82
4	Tuerca T serie 20	0.09	0.36
2.5 m	Cadena portacable TP 18 x 25	16.07	40.18

Qty	Part Name	Part Link	Comments
1	LEAD CNC 1010 (40" x 40")	<a href="https://oper">https://oper</a>	Click Bundle
56	Ball Bearing 625 2RS 5x16x5	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 30
28	Xtreme Solid V Wheel (Wheel Only)	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 55
14	Aluminum Spacers - 6mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 14
8	Aluminum Spacers - 40mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 8
4	1/4" x 8mm Flexible Coupling	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 155
14	Aluminum Spacers - 3mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 14
14	Slot Washer - 15x5x2mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 185
14	Aluminum Spacers - 9mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 14
14	Eccentric Spacer - 6mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 226
22	Drop In Tee Nuts	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 230
13	Double L Brackets	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 485
26	Cast Corners	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 490
119	Tee Nuts - M5	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 119
4	Black Angle Corner Connectors	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 540
16	Single L Brackets	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 545
2	90 Degree Joining Plate	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 610
13	End Cap	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 715
18	Self Tapping Screws	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 720
6	Nut Block	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 740
48	Low Profile Screws - 20mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 48
8	Low Profile Screws - 50mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 8
12	Low Profile Screws - 65mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 12
8	Ball Bearings 688z 8x16x5	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 780
8	Shim - 12x8x1mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 835
8	Lock Collar - 8mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 840
31	Low Profile Screws - 10mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 31
102	Low Profile Screws - 8mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 102
8	C-Beam End Mount	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 965
1	Router/Spindle Mount	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 990
1	Anti-Backlash Nut Block	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 1055
7	XLarge C-Beam Gantry Plate	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 2030
12	Low Profile Screws - 12mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	In Packs - Need 4
4	Low Profile Screws - 27mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	In Packs - Need 4
16	Nylon Insert Hex Locknut - Black	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 2285
1	C-Beam Linear Rail - 250mm, Silver	<a href="https://oper">https://oper</a>	06-LP, Black
3	8mm Metric Acme Lead Screw - 104	<a href="https://oper">https://oper</a>	15-LP
1	8mm Metric Acme Lead Screw -290	<a href="https://oper">https://oper</a>	25-LP
3	C-Beam Linear Rail - 1000mm, Silver	<a href="https://oper">https://oper</a>	80-LP, Black
1	V-Slot Linear Rail - 20x20x1000mm,	<a href="https://oper">https://oper</a>	170-LP, Black
2	V-Slot Linear Rail - 20x80x250mm,	<a href="https://oper">https://oper</a>	270-LP, Black
5	V-Slot Linear Rail - 20X40X1000mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	175-LP (2 cut to
5	Slot Covers - 1000mm, black (or ch	<a href="https://oper">https://oper</a>	105-LP-B
4	Slot Covers - 250mm, black (or cho	<a href="https://oper">https://oper</a>	125-LP-B
1	M5 Low Profile Screws - 30mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	Packs - Need 1
4	Tee Nuts - M3	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 2165
2	Drag/Cable Chain - 1000mm	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 2455
1	Xtension Wire 2C - 18'	<a href="https://oper">https://oper</a>	SKU 2750



**PERFILES | CNC**Guías de aluminio y accesorios para CNC  
www.perfilescnc.com**MOINA CANDO NATHALY GIOVANNA**

Dir. Matriz: AV. HURTADO DE MENDOZA 2-42 Y GABRIEL GARCIA MORENO

Teléfono: 072870180 - 0996229121

Email: perfilescnc@gmail.com

Obligado a llevar contabilidad: NO

Contribuyente Régimen Microempresas

RUC: 0105187991001

**FACTURA** No. 001-100-00000817

NUMERO DE AUTORIZACION

211220210101051879910012001100000008179876543210

Ambiente PRODUCCION

Emision NORMAL

CLAVE DE ACCESO

2112202101010518799100120011000000

Cliente: **JACOME EDWIN**RUC / CI / Pasaporte: **0502112360001**Direccion: **LATACUNGA**

Telefono:

Fecha **21/12/2021** Hora **15:12:51**Orden de Compra: **817**

Codigo	Cant	Descripcion	Pre Unit	Dscptos%	Total
00304	1.00	Motor NEMA 23 23HS76-2804A 76mm 2N.m 2.8A	\$ 64.29	0	\$ 64.29

Cod.	Descripcion Forma de Pago	Valor	Plazo(dias)
01	SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	72.00	0

**Datos Adicionales:**

Mail: f\_hancock@hotmail.com

Usuario: nathy

Puede descargar este comprobante en formato electrónico luego de 24 horas desde: www.sri.gob.ec

SubTotal 12%	\$ 64.29
SubTotal 0%	\$ 0.00
Total Descuento	0.00
SubTotal	\$ 64.29
IVA 12%	7.71
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 72.00</b>

**MOINA CANDO NATHALY GIOVANNA****PERFILES CNC**

Dir. Matriz: AV. HURTADO DE MENDOZA 2-42 Y GABRIEL GARCIA MORENO

Teléfono: 072870180 - 0996229121

Email: perfilescnc@gmail.com

www.perfilescnc.com

Obligado a llevar contabilidad: NO

Contribuyente Régimen Microempresas

RUC: 0105187991001

**FACTURA** No. 001-100-00000817

NUMERO DE AUTORIZACION

211220210101051879910012001100000008179876543210

Ambiente PRODUCCION

Emision NORMAL

CLAVE DE ACCESO

2112202101010518799100120011000000

Razón Social: **JACOME EDWIN**RUC / CI / Pasaporte: **0502112360001**Direccion: **LATACUNGA**

Telefono:

Fecha **21/12/2021** Hora **15:12:51**Orden de Compra: **817**

Codigo	Cantidad	Und	Descripcion	Pre Unitario	Dscptos%	Total
00304	1.00	un	Motor NEMA 23 23HS76-2804A 76mm 2N.m 2.8A	\$ 64.29	0	\$ 64.29

Cod.	Descripcion Forma de Pago	Valor	Plazo(dias)
01	SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	72.00	0

**Datos Adicionales:**

Mail: f\_hancock@hotmail.com

Usuario: nathy

Puede descargar este comprobante en formato electrónico luego de 24 horas desde: www.sri.gob.ec

SubTotal 12%	\$ 64.29
SubTotal 0%	\$ 0.00
Total Descuento	0.00
SubTotal	\$ 64.29
IVA 12%	7.71
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 72.00</b>



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



### MANUAL DE GUÍA RÁPIDA PARA MACH 3 EN CORTE POR PLASMA

#### **Introducción a Mach 3**

Mach3 es un paquete de software que corre sobre una computadora y lo vuelve en un controlador de máquina muy poderoso y económico para reemplazar el control manual que lo realiza el hombre.

Este capítulo lo introducirá en la terminología usada en el resto de este manual y le permitirá comprender el propósito de los diferentes componentes en un sistema de corte por plasma controlado numéricamente.

Estas páginas no pretende ser un manual completo para el uso de Mach 3, la idea es tener una referencia rápida de sus componentes más importantes.

La documentación completa del software se puede bajar directamente de Internet del sitio de su desarrollador:

<http://www.machsupport.com/documentacion.php>

La misma se encuentra en inglés, además en este sitio se podrán ver videos y otras guías de ayuda.

Se puede descargar la versión en español en el siguiente link.

<https://cupdf.com/document/manual-mach3-en-espanol.html>

## **Índice:**

- 1.- Pantalla Principal de Mach 3
- 2.- Sección de control del programa Código "G"
3. Sección de posición y estado de los ejes
- 4.- Sección de control de Antorcha/Plasma
5. Sección de avance
- 6.- Sección de puntos predeterminados
- 7.- Visualización de la programación Código "G"
8. Modo MPG
- 9.- Pantalla MDI
- 10.-Sincronización del 4to eje
- 11.-Velocidad y avance de motores
- 12.-Final de carrera virtuales

# 1. Pantalla principal de Mach3

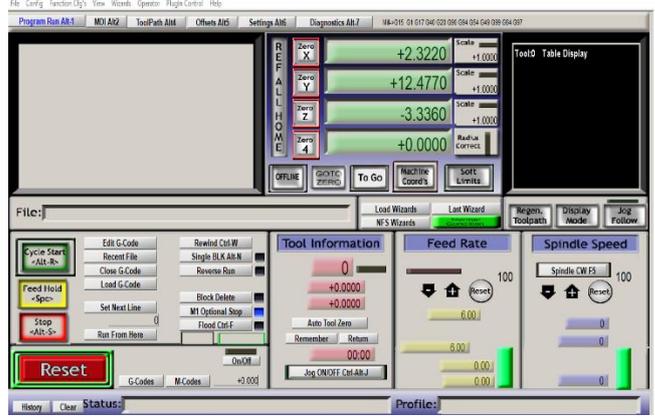


Figura 1. Pantalla principal mach 3

Fuente: Software Mach 3

Se puede acceder a la misma desde cualquier parte del programa apretando ALT-1 en el teclado. Al arrancar el programa, el botón de "Reset" debería estar titilando, lo que indica que el programa no hará mover la máquina hasta tanto se presione este botón y quede de color verde. Para que el botón quede en verde la máquina CNC tiene que estar previamente prendida, con el botón rojo de "Reset" liberado y con los interruptores de fin de carrera sin presionar, caso contrario dará un mensaje de error. Luego de que Mach3 se encuentre operativo, lo siguiente que hay que hacer es referenciar los ejes para que Mach3 sepa donde se encuentran los cero de la tabla, estos concuerdan con los interruptores de fin de carrera y también serán utilizados por los fines de carrera virtuales (Soft limits).

Ahora veamos una explicación detallada de cada una de las secciones que componen la pantalla principal de Mach3.

## 2. Sección de control del programa código G

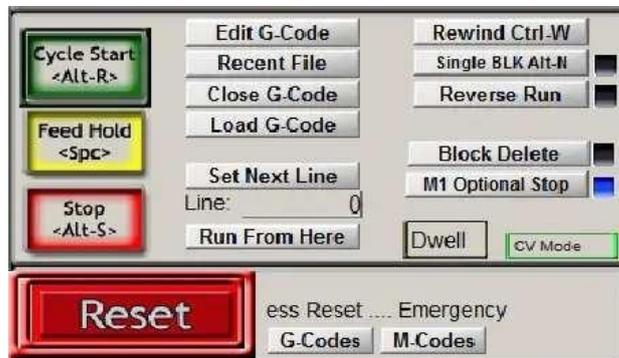


Figura 2. Sección de control del programa código G

Fuente: Software Mach 3

**Cycle Start:** Inicia el programa que se encuentra cargado, o reinicia uno que fue pausado/parado.

**Feed Hold:** Pausa el programa sin detenerlo Stop: para el programa y el husillo.

**Edit G-Code:** Si hay un programa cargado permite editarlo sin salir de Mach3. Si no hay ninguno, permite crearlo con el bloc de notas.

**Recent File:** Lista de los programas cargados recientemente.

**Close G-Code:** Cierra el programa que se encuentra actualmente cargado.

**Load G-Code:** Carga un programa desde el disco rígido o similar.

**Set Next Line:** Le indica a Mach3 desde que línea queremos arrancar un programa, en caso de no especificarse y el programa fue recién cargado, arranca desde la primera línea.

En caso de que el programa haya sido parado durante su ejecución, en el campo Line dirá la línea actual. Con Run From Here se memoriza este valor y con Cycle Start se reinicia el programa.

**Rewind:** Rebobina el programa como si lo cargáramos de cero.

**Single BLK:** permite ejecutar el programa línea por línea, para pasar a la siguiente línea apretar el botón de Cycle Start.

Para anular esta opción, volver a apretar este botón, el indicador azul al costado se apagará.

**Reverse Run:** Cuando este botón está activado el programa en lugar de avanzar a la línea siguiente lo hace a la anterior.

**G-Codes y M-Codes:** Referencia rápida de los códigos G soportados por el control numérico Mach3.

Para volver a la pantalla principal apretar ALT-1 o el botón Program Run en la parte superior de la pantalla.

### 3. Sección de posición y estado de los Ejes



**Figura 3.** Sección de posición y estado de los Ejes

**Fuente:** Software Mach 3

**Ref All Home:** Este botón referencia todos los ejes a cero, es decir, lleva los mismos al extremo indicado por los interruptores de límite de carrera, este el límite FÍSICO de la máquina.

**Machine Coord's:** Cuando este botón se encuentra enmarcado en color rojo, significa que estamos viendo la posición absoluta de los ejes.

Es importante diferenciar esta posición del cero trabajo (CERO PIEZA) que se va a realizar en la máquina, estas coordenadas, las del trabajo a realizar, se ven cuando el botón Machine Coord's no se encuentra enmarcado en rojo. Una vez que los ejes están referenciados, los botones de cada eje tendrán un recuadro verde.

**Zero X/Y/Z/4:** Estos botones permiten ajustar el cero del trabajo a realizar luego de desplazar la tabla hasta la posición deseada. Estos botones no funcionan cuando el botón Machine Coord's se encuentra en marcado en rojo (posición absoluta de la máquina).

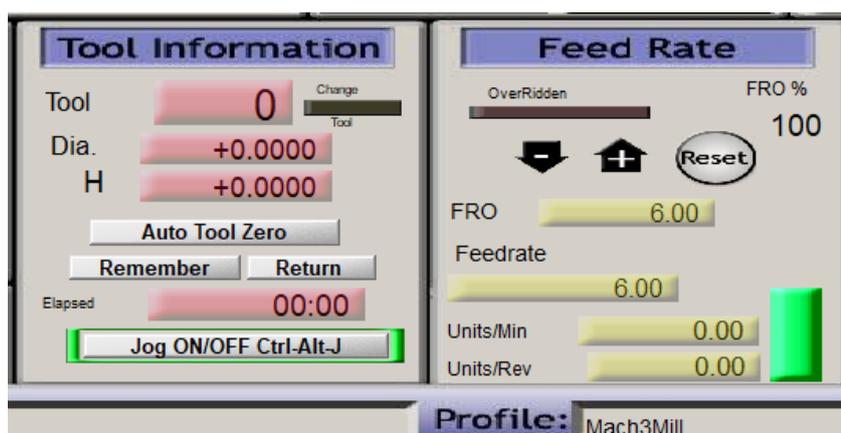
**Offline:** Permite ejecutar el programa cargado, pero sin mandarle las instrucciones a la Máquina, es decir simula la ejecución del programa.

**Goto Z:** Mueve automáticamente los ejes al cero del trabajo.

**Soft Limits:** Activa/Desactiva los fines de carrera virtuales, estos son muy útiles como primer aviso de que estamos llegando a los extremos útiles de los ejes y permiten configurar la desaceleración de los ejes hasta llegar a los interruptores de fin de carrera.

**Scale X/Y/Z:** Permite llevar los valores de cada eje a un valor en escala. Un valor de 0.5 divide por dos los valores del programa para el eje en cuestión.

#### 4. Sección de control de Antorcha/ Plasma



**Figura 4.** Sección de control de Antorcha / Plasma

**Fuente:** Software Mach 3

El control de encendido de la antorcha puede ser activado o desactivado con la tecla F5.

El sistema automático de control de altura (si viene instalado) se activa o desactiva con el botón THC.

El botón Jog ON/Off habilita/deshabilita el movimiento manual de los ejes mediante los cursores o el Mouse.

### 5. Sección de avance



**Figura 5.** Sección de avance

**Fuente:** Software Mach 3

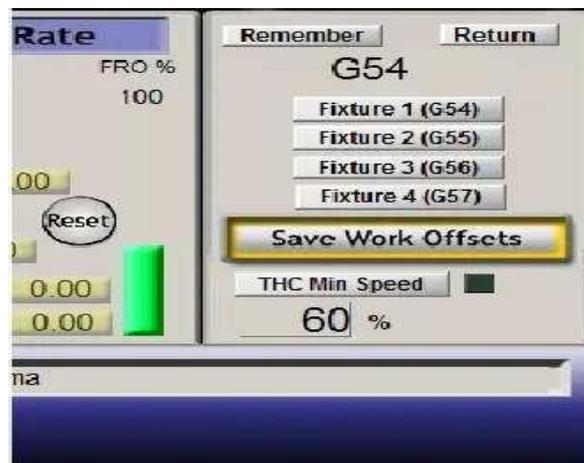
**Feedrate:** Permite ingresar un avance para movimientos de corte. Para ingresar un valor, marcar este campo con el Mouse y luego ingresar el valor deseado, luego apretar Retorno en el teclado para confirmarlo, en caso de no hacerlo el valor no quedará registrado.

**FRO:** (Feed Rate Override) este campo muestra el valor del avance actual, en caso que el mismo se haya alterado subiendo o bajando la barra verde.

**Reset:** Lleva nuevamente el avance al valor ajustado en el campo Feedrate.

**Units/Min:** Mientras se ejecuta un programa, muestra la velocidad actual de avance, este valor varío con las aceleraciones/desaceleraciones.

## 6. Sección de puntos predeterminados.

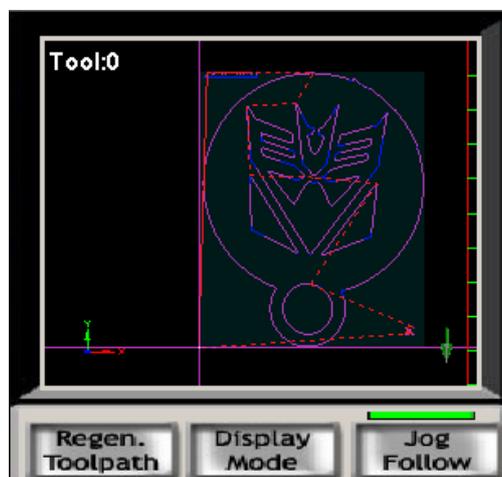


**Figura 6.** Sección de puntos predeterminados.

**Fuente:** Software Mach 3

Esta sección es para ajustar puntos predeterminados de la maquina como pueden ser medidas de altura, posición cartesiana de ejes, simple configuración con pocos botones de fácil acceso.

## 7. Visualización del programa



**Figura 7.** Visualización del programa

**Fuente:** Software Mach 3

En esta sección vemos una representación visual del programa código G que se encuentra cargado.

**Regen Toolpath:** Cada vez que modifiquemos el cero del trabajo deberemos apretar este botón para regenerar el dibujo para que se posicione correctamente.

**Display Mode:** Alterna entre un detalle del trabajo en particular y la visualización del mismo en la mesa de trabajo.

Jog Follow: Alterna la forma en que se va viendo el trabajo mientras se está realizando.

## 8. Modo MPG



Figura 8. MODO MPG

Fuente: Software Mach 3

Al apretar la tecla TAB en el teclado aparece sobre el margen derecho de la pantalla este control, con el mismo podremos mover todos los ejes usando las flechitas verdes/rojas en la parte inferior.

Podremos también alterar el valor, en términos porcentuales, de los movimientos rápidos de posicionamiento mediante el campo Slow Jog Rate.

## 9. Pantalla MDI

Se puede acceder a esta pantalla desde cualquier parte del programa apretando en el teclado las teclas ALT-2.

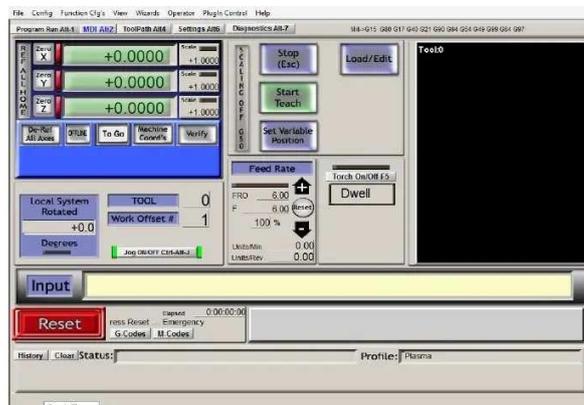


Figura 9. Pantalla MDI

Fuente: Software Mach 3

Esta pantalla es muy similar a la anterior, la gran utilidad de la misma es la posibilidad de ingresar líneas individuales de código G, esto se hace haciendo clic con el Mouse en el campo Input, cualquier código G que se ingrese aquí será ejecutado instantáneamente luego de apretar la tecla Retorno en el teclado.

### 10. Sincronización del 4to eje

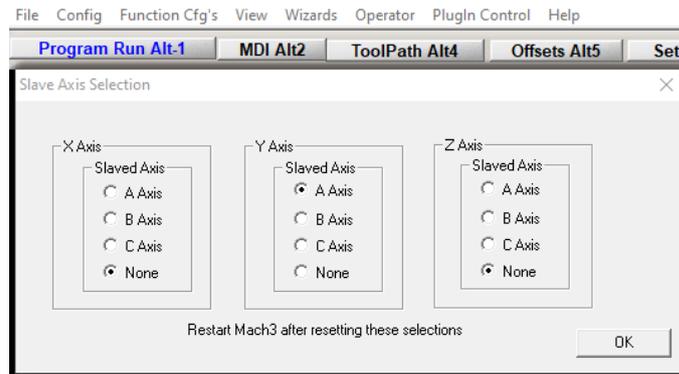


Figura 10. Sincronización del 4to eje

Fuente: Software Mach 3

Se puede acceder a esta pantalla presionando el icono config ubicado en la parte superior izquierda del programa.

Esta pantalla nos permite seleccionar el cuarto eje a clonar.

**Slaved Axis:** Permite seleccionar de manera fácil cual eje se desea clonar, la maquina CNC cuenta con un eje Y con dos motores, razón por la cual se clonará el eje mencionado.

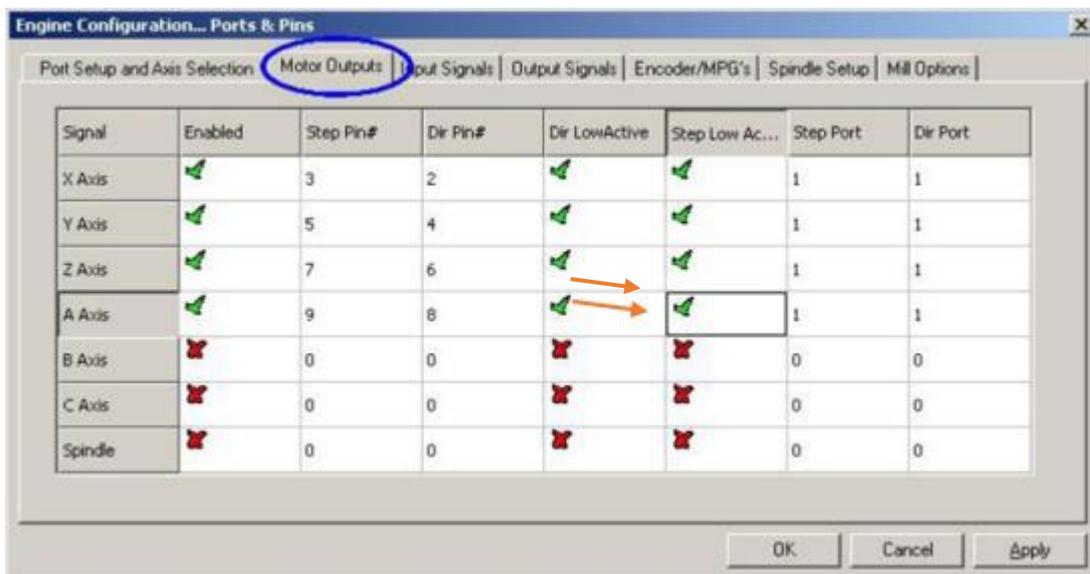
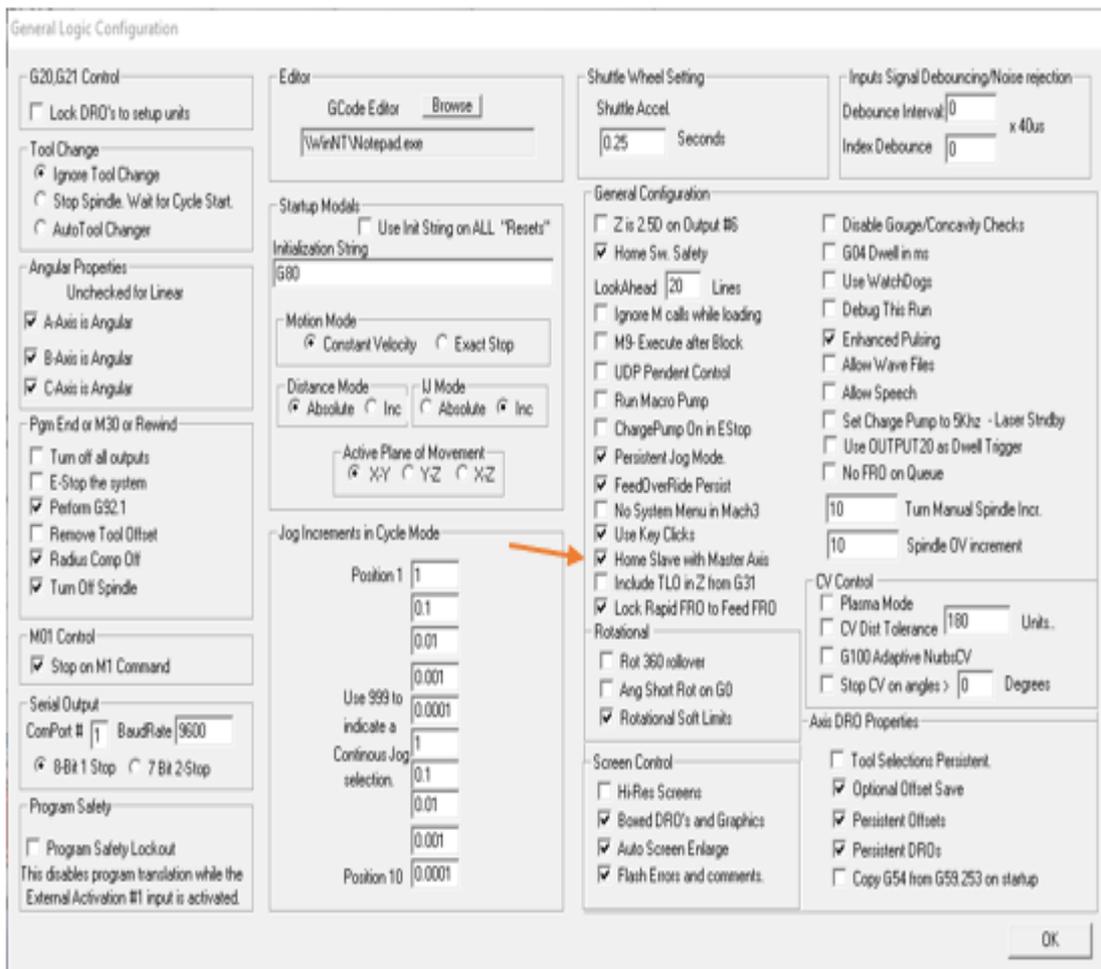


Figura 11. Apertura de puertos para el 4to eje

Fuente: Software Mach 3

**Motor Outputs:** Habilita los puertos de salida para el cuarto eje se asigna valores para los puertos

Si la velocidad de su correa, husillo será controlada por Mach3 entonces necesita habilitar (Enable) y asignar un pin/puerto de paso (Step) por si usa un control de pulso modulado en ancho con relés para controlar su dirección o asignar pines /puertos de paso (**Step**) y dirección (**Dir**) si este tiene control completo. Debería también definir si esta señal es activa “lo”. Luego de hacerlo, haga clic en el botón **Apply** para guardar los datos de esta pantalla



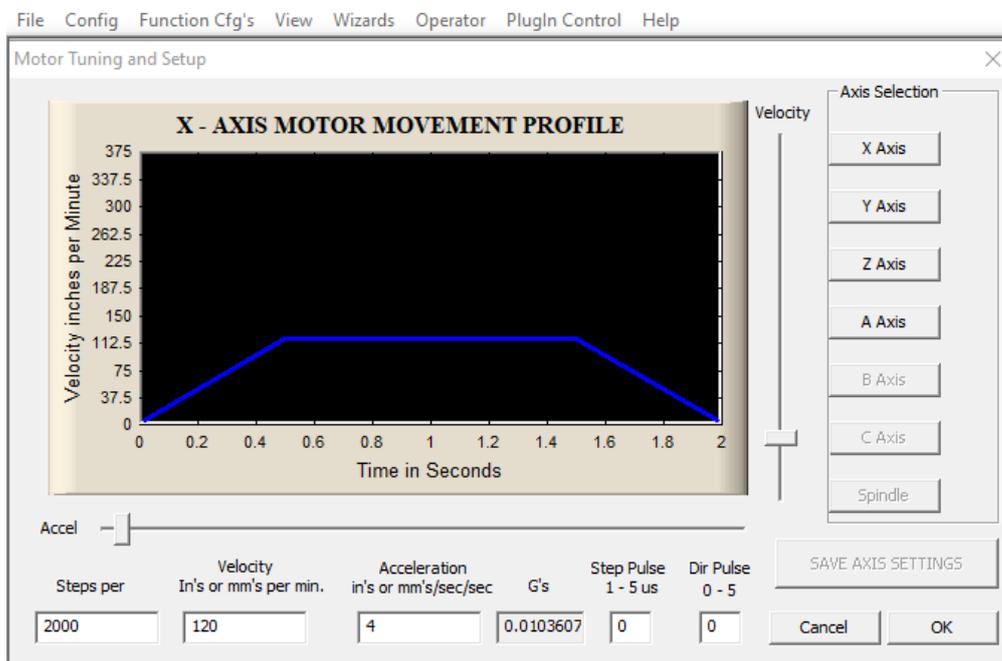
**Figura 12.** Activación del 4to eje

**Fuente:** Software Mach 3

**General config;** Permite guardar la clonación realizada dando clic en la opción Home Slave with Master Axis

Cierre el programa, ejecute nuevamente para que el valor se guarde por completo.

## 11. Velocidad y avance de motores



**Figura 13.** Velocidad y avance de motores

**Fuente:** Software Mach 3

La figura muestra el cuadro de diálogo para Config>Motor Tunning. Haga clic sobre un botón para escoger el eje que está configurando y entre el valor calculado de paso por unidad en Mach3 en el recuadro que está sobre el botón Save. Este valor no tiene que ser un entero, así que usted puede lograr tanta exactitud como usted lo desee. Para evitar olvidar posteriormente, haga clic en “Save Axis Settings” ahora.

**Motor tuning:** Permite configurar la velocidad y los pasos de los motores.

**Steps per:** Permite seleccionar el número de pasos que detalle la placa del motor.

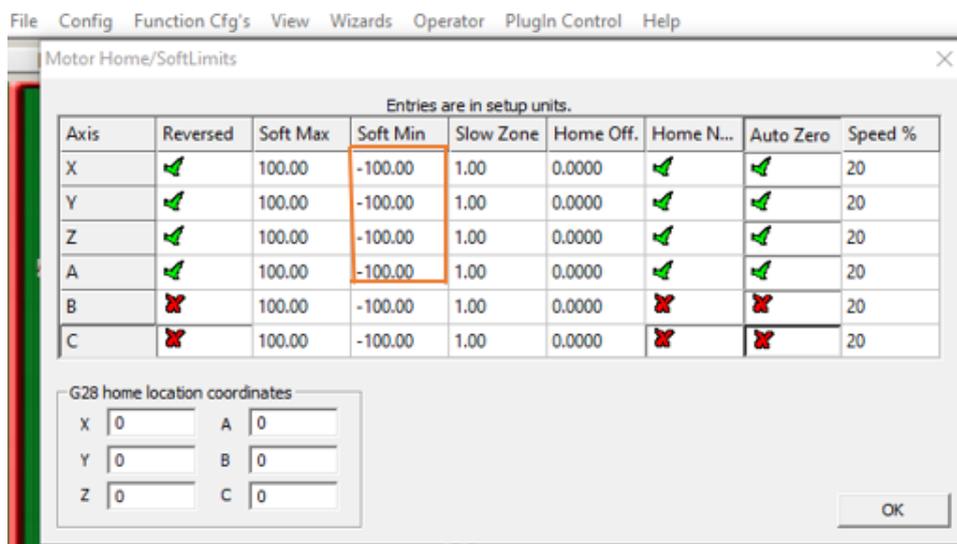
**Velocity:** Esta casilla permite ingresar el valor de velocidad de avance se recomienda verificar valores

**Específicos para cada motor.**

**Aceleración:** Permite ingresar valores de acuerdo a la necesidad que se requiera.

Cierre el programa, ejecute nuevamente para que el valor se guarde por completo.

## 12. Final de carrera virtuales



**Figura 14.** Final de carrera virtuales

**Fuente:** Software Mach 3

La figura muestra el cuadro de diálogo para Config>Motor Home SoftLimits. Haga clic sobre un botón para escoger el valor a configurar, así que usted puede manipular la distancia con tanta exactitud como usted lo desee, haga clic en “OK” ahora.

Cierre el programa, ejecute nuevamente para que el valor se guarde por completo.



**Figura 15.** Puesta en cero. Final de carrera virtual

**Fuente:** Software Mach 3

Setting alt 6: Permite visualizar un entorno en el cual se puede controlar los valores antes ingresado de puesta en cero para los finales de carrera virtuales.

Encoder Position: Muestra los valores de posicionamiento de cada uno de los ejes.

Reset interp Alt-i. Presione este botón para llevar a cero todos los valores.

# **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE POR PLASMA**

Es de suma importancia seguir cada una de las recomendaciones que se indican en este manual, para la conservación y buen funcionamiento de la máquina. Si se realiza una adecuada instalación, se lleva a cabo el mantenimiento del equipo y se opera según las instrucciones estipuladas en este documento, la máquina no presentara problemas de ningún tipo logrando preservar su buen funcionamiento.

## **Instalación y uso**

El operario debe ser responsable de la instalación y uso del equipo de corte plasma de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Si se detectan disturbios electromagnéticos, será la responsabilidad del operario resolver la situación ya que fue instruido en los posibles problemas de la máquina, si existe otro problema no especificado en el manual contactar con el fabricante.

En algunos casos la acción para remediar el problema de interferencia, suele darse por la mala conexión a tierra al circuito de corte, ver la toma a tierra de la pieza de trabajo. En otros casos puede consistir en la construcción de una pantalla electromagnética para proteger tanto la fuente de energía como el trabajo, incluyendo filtros de entrada. En todos los casos los disturbios electromagnéticos deben reducirse a un nivel en que ya no sean problemáticos.

La puerta que protege el tablero y las conexiones deben estar cerrada correctamente durante la operación de corte. El intervalo de chispa del encendido del arco y los dispositivos estabilizadores deben ajustarse y mantenerse de acuerdo a lo recomendado en las tablas de las guías prácticas.

Verificar que las bandas se encuentren tensadas y no estén colgadas o descarriladas, realizar el ajuste de los sujetadores mediante amarras de plástico. Revisar que no hay cables salidos en las canaletas y tampoco objetos que obstruyan a los mecanismos de la porta cables ubicados en los ejes X, Y.

El operario debe cerciorase que no hay ninguna persona en el área de trabajo, antes de poner en funcionamiento la máquina, revisar el funcionamiento de los paros de emergencia, el ajuste de la altura de la antorcha.

## **SEGURIDAD.**

Los símbolos que se muestran en esta sección se utilizan para identificar los posibles peligros. Cuando vea un símbolo de seguridad en este manual o en su máquina, recuerde que existe la posibilidad de que se produzcan lesiones personales y siga las instrucciones correspondientes para evitar el peligro.

En este manual, la palabra **ADVERTENCIA** va seguida de instrucciones que, si no se siguen correctamente, pueden provocar lesiones e inclusive la muerte.

En este manual, la palabra **PRECAUCIÓN** va seguida de instrucciones que, si no se siguen correctamente, pueden provocar daños en el equipo.

### **Riesgos**

Los riesgos en el proceso de corte se agrupan en las siguientes categorías Riesgo Físico.

Riesgo eléctrico.

Riesgo Químico.

### **Riesgo Físico.**

**Fuego y explosión:** Debido a que utiliza un arco eléctrico la cual produce una mecha, llegando su núcleo a una temperatura de 10000°C. Por lo cual se debe verificar que el material no contenga polvos o líquidos inflamables. Verificar el buen estado de las líneas de suministro del aire comprimido, así como sus accesorios, ya que la presión de trabajo del equipo es de 4 bares, esto puede provocar daños al contacto al momento de su ruptura.

**Quemaduras:** Las piezas se encuentran en elevadas temperaturas, por lo cual se recomienda utilizar guante de cuero o fibra para evitar lesiones o quemaduras. Manténgase alejado de la punta de la antorcha, aun después de varios minutos puede estar muy caliente.

**Radiación:** Los rayos del arco de plasma producen rayos intensos visibles e invisibles (ultravioleta e infrarrojo) que pueden quemar los ojos y la piel.

- Utilice protección para los ojos de conformidad con los códigos locales o nacionales aplicables.
- Colóquese protectores para los ojos (gafas o anteojos protectores con protectores laterales, y bien un casco de soldar) con lentes con sombreado adecuado para proteger sus ojos de los rayos ultravioleta e infrarrojos del arco.

**Ruido:** La exposición prolongada al ruido propio de las operaciones de corte y ranurado puede dañar la audición.

- Utilice un método de protección de los oídos aprobado al utilizar el sistema de plasma.
- Advierta a las demás personas que se encuentren en las cercanías acerca del peligro que supone el ruido excesivo.

### **Riesgo eléctrico.**

El sistema trabaja con 2 voltajes, la cortadora trabaja con 220 VCA y el control electrónico con 120 VCA. El contacto directo con piezas eléctricas conectadas puede provocar un electrochoque fatal o quemaduras graves.

Al hacer funcionar el sistema de plasma, se completa un circuito eléctrico entre la antorcha y la pieza a cortar. La pieza a cortar es una parte del circuito eléctrico, como también cualquier cosa que se encuentre en contacto con ella. Nunca toque el cuerpo de la antorcha o la pieza a cortar.

Tome las siguientes medidas preventivas.

- Use guantes y botas aislantes y mantenga el cuerpo y la ropa secos.
- No se siente, se pare o se ponga sobre cualquier superficie húmeda cuando esté trabajando con el equipo.
- Instale este equipo y conéctelo a tierra según el manual de instrucciones.
- Inspeccione el cable de alimentación primaria con frecuencia para asegurarse de que no esté dañado ni agrietado.
- No toque la pieza ni los recortes cuando se está cortando. Riesgo Químico.

**Humo tóxico:** El arco plasma es por si solo la fuente de calor que se usa para cortar. Según esto, aunque el arco de plasma no ha sido identificado como la fuente de humo tóxico, el material que se corta puede ser la fuente de humo o gases tóxicos que vacían el oxígeno.

El humo producido varía según el metal que está cortándose. Metales que pueden liberar humo tóxico incluyen, pero no están limitados a, acero inoxidable, acero al carbón, cinc (galvanizado), y cobre.

- Para reducir el riesgo de exposición al humo:
- Quite todos los recubrimientos y solventes del metal antes de cortar.
- Use ventilación extractora local para quitar humo del aire.
- No inhale el humo. Use una mascarilla y verificar la ventilación.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación, se muestra a bajo la ficha técnica de la máquina CNC cortadora por plasma.

**TABLA # 1**

FICHA TÉCNICA					
<b>Realizado por:</b>	Acurio Fernando Aimacaña Jefferson	Fecha:	23/01/2022		
<b>Máquina-equipos</b>	Máquina CNC cortadora por plasma	Ubicación	Taller de mecanizado		
<b>Fabricante</b>	ESAB	Sección	Corte		
<b>Modelo</b>	PT-TORCH 32 1250	Código inventario	1	<b>AÑO FABR.</b>	
<b>Marca</b>	ESAB			2015	
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MESA CNC					
<b>Altura</b>	<b>Ancho</b>	<b>Peso</b>	<b>Largo</b>	<b>Color</b>	
1450 mm	1300mm.	120 Kg	1700mm.	Naranja /negro	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			Foto de la máquina-equipos		
POTENCIA NOMINAL: 3.98 KW/ FUENTE DE ENERGIA 220 VCA/ FERCUENCIA 60Hz/ Corte de espesor 1 a 32 mm / presión trabajo: 5.17 Bar o 75 PSI					
<b>Función</b> Realizar cortes de mediana complejidad a planchas metálicas de acero bajo carbón, acero inoxidable aluminio.					

**Fuente:** Manual de funcionamiento de la cortadora ESAB modelo PT-TORCH 32 1250.

## Símbolos IEC

Los siguientes símbolos pueden aparecer en la placa de datos de la fuente de energía, de las etiquetas de control, en interruptores y en los indicadores LED.

	Corriente directa (DC)		Fuente de energía con inversor
	Corriente alterna (AC)		Las características de la curva Volt/amp son de corriente constante
	Cortes con antorcha de plasma		El indicador luminoso LED muestra que la energía está encendida ("ON")
	Conexión de entrada de alimentación AC		La presión de gas de entrada está baja
	Toma para el conductor de protección (tierra) exterior		Consumibles faltantes o sueltos
	La energía está encendida		La fuente de energía se ha recalentado
	La energía está apagada		

**Figura 1.** Símbolos más frecuentes

-Para el control de la máquina CNC se necesita una computadora, el cual debe estar instalada el programa Mach3, las características mínimas que debe tener el computador son:

- PC de escritorio (no se admiten computadoras portátiles) con al menos un puerto paralelo
- Versión de **32 bits** de Windows 2000, Windows XP, Windows Vista o Windows 7 (las versiones de 64 bits no funcionarán)
- CPU de 1 GHz
- 512 MB de RAM
- Tarjeta de video no integrada con 32 MB de RAM (los archivos grandes con código G, especialmente los archivos 3D requerirán una tarjeta de video con 512 MB de RAM o más)

## INSTALACIÓN

Las conexiones para el funcionamiento de la máquina CNC se dividen en 3 grupos la parte eléctrica, neumática y la parte de control electrónico.

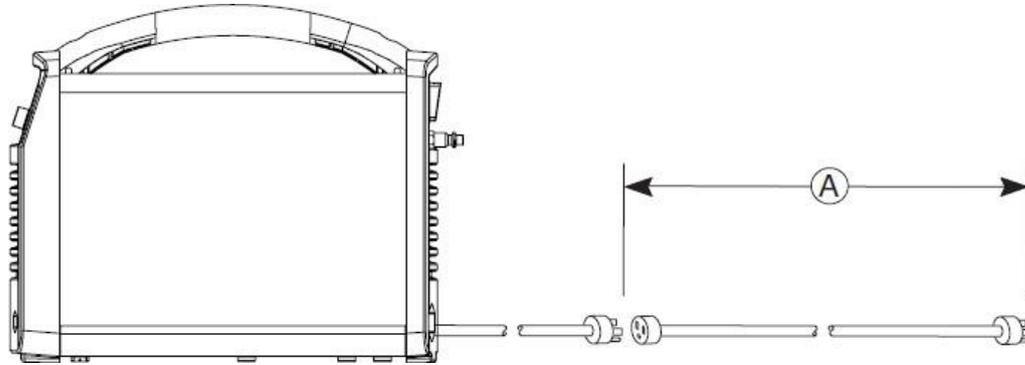
### Parte eléctrica.

Consiste en la alimentación de la cortadora a la línea de 220 VCA y la alimentación del tablero

control electrónico de 120VCA.

Usar cable de extensión de tamaño apropiado para la longitud del cable y sistema de voltaje.

Usar un cable que cumpla con códigos nacionales y locales.

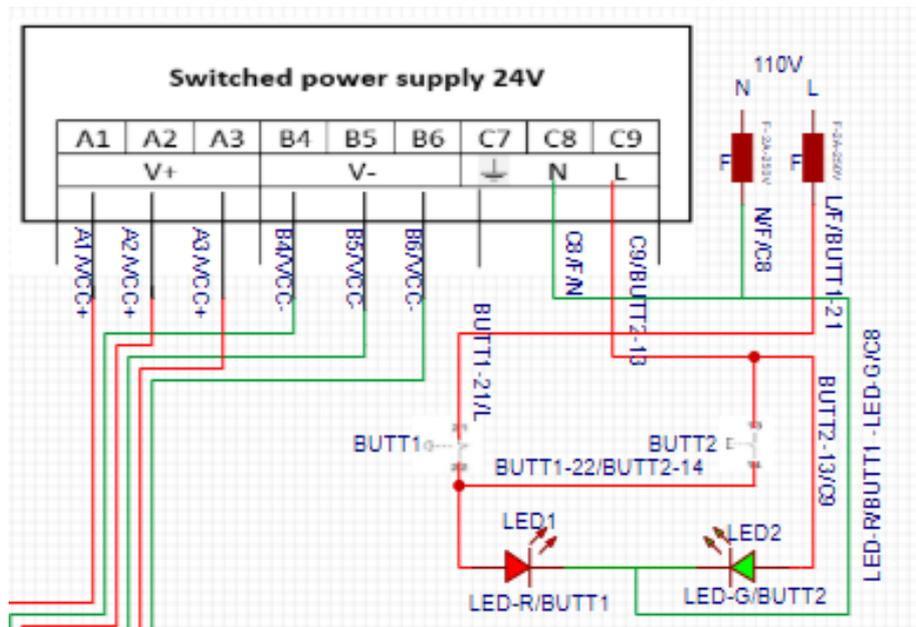


**Figura 2.** Máquina ESAB PT-32

Voltaje de entrada	Fase	Tamaño recomendado para calibre de cable <span style="float: right;">(A)</span>	
		Tamaño recomendado para calibre de cable	Largo
120 VCA	1	4 mm <sup>2</sup> (12 AWG)	Hasta 16 m
200 – 240 VCA	1	2 mm <sup>2</sup> (14 AWG)	Hasta 40,5 m

**Figura 3.** Tabla de valores de conexión máquina Esab PT 32

### Conexión panel de control 110v



**Figura 4.** Conexiones panel de 110V

## Conexión fuente de poder 110v/ 12v

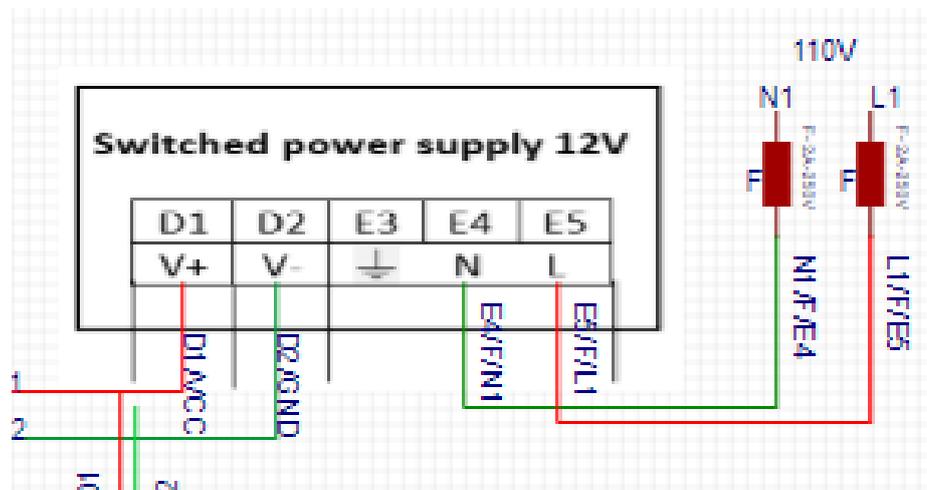


Figura 5. Conexiones de 110V/12V

## Conexión placa de control DB 25 -12v

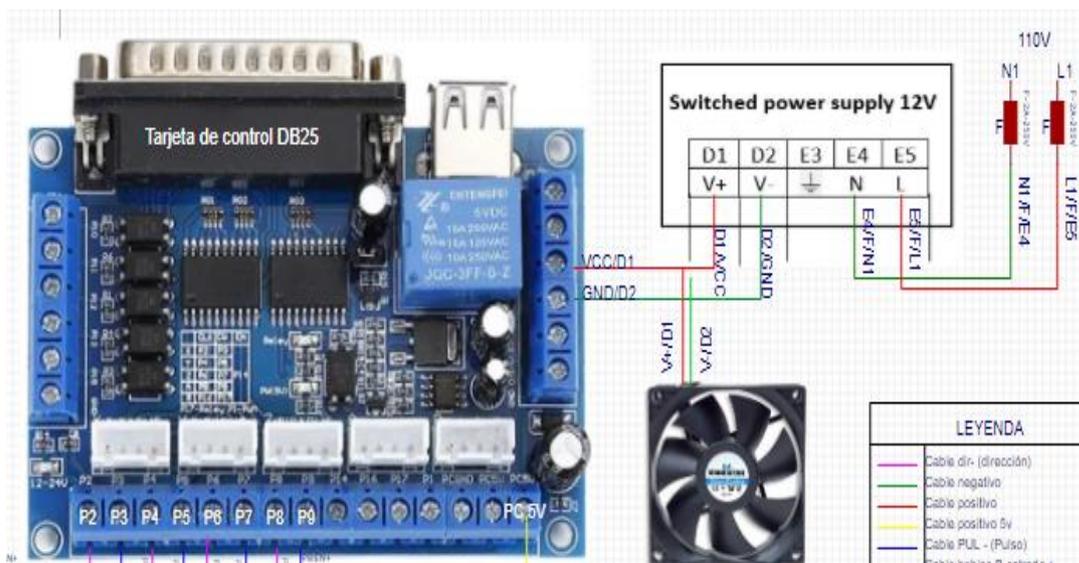


Figura 6. Conexiones placa de control.

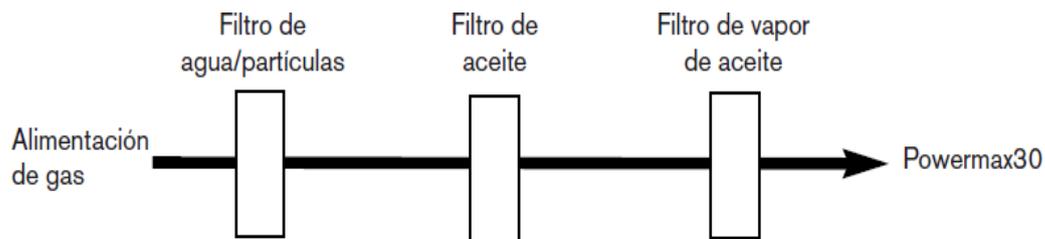
## Parte neumática

Puede ser comprimida en el taller o comprimida en cilindro. Se debe usar un regulador de presión alta en ambos tipos de fuente de energía y debe ser capaz de dotar aire al filtro de la fuente de energía a 100 l/min a 4,5 bar. Para asegurar una presión adecuada a la fuente de energía, fije el regulador a 5,5 a 6,9 bar.

Conecte la fuente de aire comprimido al sistema usando una manguera de 9,5 mm de diámetro interno y con acople de conexión rápida 1/4 NPT, que tenga un acople rápido para la conexión

de la manguera.

Se recomienda usar un sistema de filtración coalescente de 3 etapas, la cual consiste en la eliminación de agua, aceite y vapores de aceite como se indica en la figura de abajo:



**Figura 7.** Diagrama de bloques.

### **Parte electrónica**

Para el funcionamiento de la parte electrónica se debe conectar el cable USB que va del tablero de control al CPU, este cable alimenta a la tarjeta de interfaz CNC.

Para la comunicación del computador con la interfaz CNC, se utiliza un cable D25, el cable es de color blanco y contiene un conector Db25 el cual va conectado al puerto paralelo del CPU.



**Figura 8.** Conexión de cableado.

Por último, se conecta el interruptor de encendido de la antorcha, el cual está en la parte frontal de la cortadora plasma, esta va conectada, mediante un cable de 2 hilos al relé de la interfaz del CNC. Este ayudará a accionar la antorcha cuando comience el proceso de corte.

## CONEXIÓN PLACA DE CONTROL DB 25 con el drive M542 T -12V

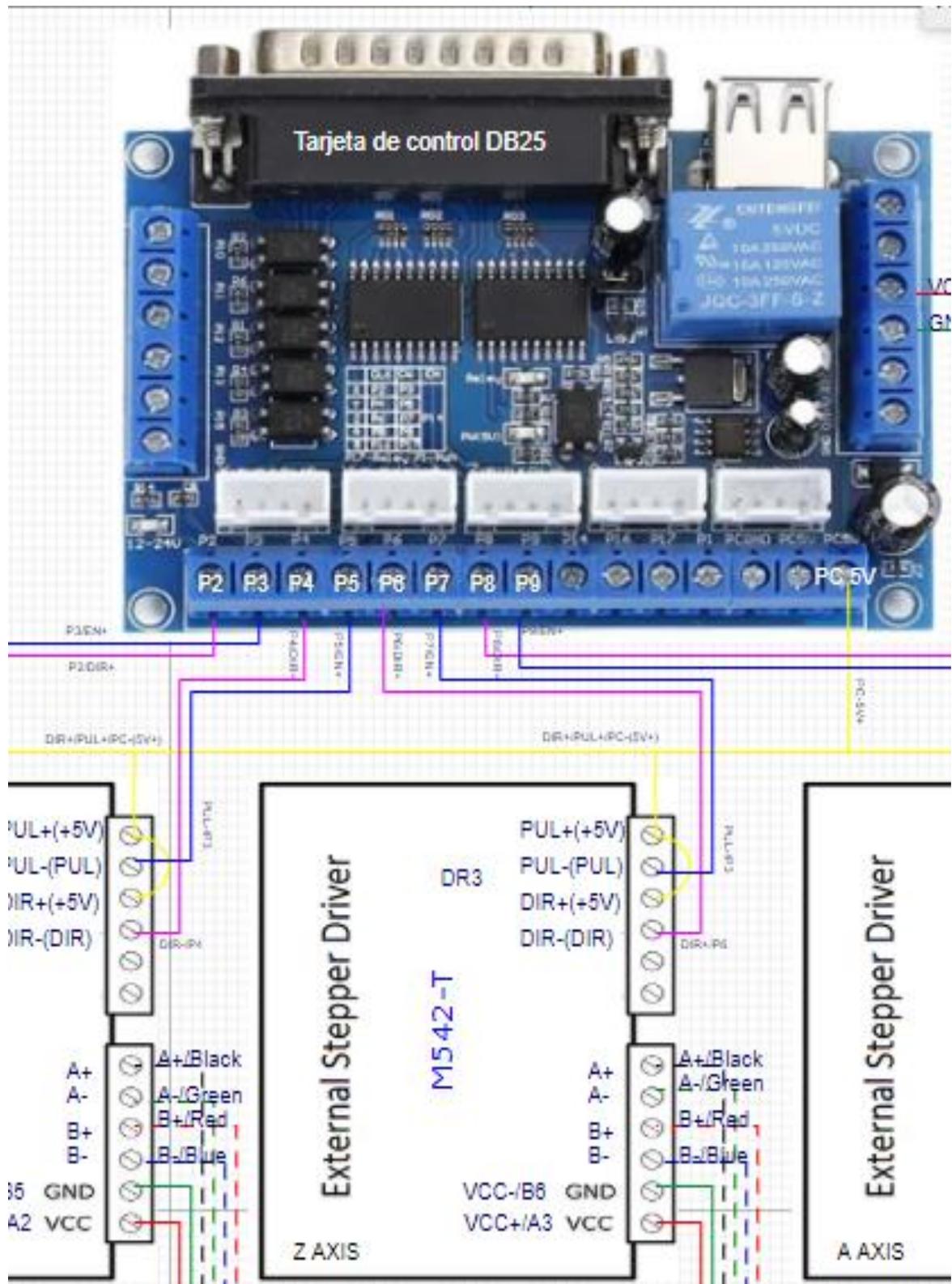


Figura 9. Conexión placa de control DB 25 con el drive M542 T -12v

# CONEXIÓN PLACA DE CONTROL DB 25 con el drive M542 T , Motor nema 24

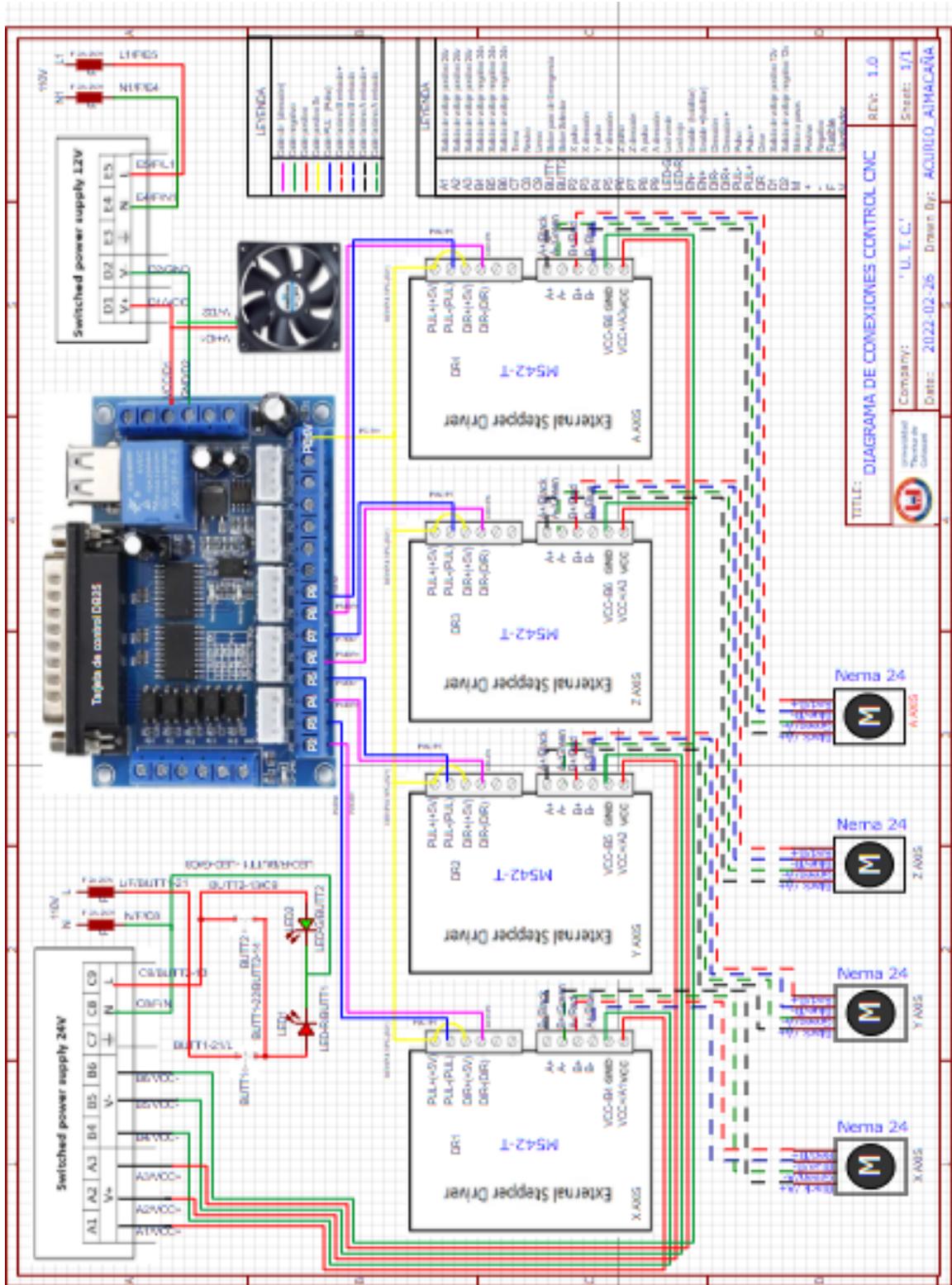


Figura 10. Conexión placa de control DB 25 con el drive M542 T -12v

## **FUNCIONAMIENTO.**

- Conectar a la línea de alimentación de 110 VCA del tablero de control.
- Encender la computadora e ingresar al software Mach 3.
- Mantener el cable USB conectado a la tarjeta controladora que se encuentra en tablero de control de la Computadora.
- Asegúrese que el cable Db25 que está dentro del tablero de control esté conectado al puerto paralelo de la computadora.
- Encender el tablero de control mediante el selector de inicio.
- Revisar e insertar la antorcha en la porta antorcha de la máquina, revisar el ajuste de la altura para el corte de la plancha metálica.
- Conectar la alimentación del equipo a la línea de 220 VCA. Encender el equipo cortador plasma.
- Conectar la manguera que alimenta de aire comprimido al equipo cortador plasma.
- Revisar y regular la presión de aire a 4,5 Bar.
- Revisar la conexión del puerto en el software, en la pestaña Configuraciones/ Port Setup/ Port Adress.
- Revisar el funcionamiento de los ejes con el teclado del computador y sus sistemas de seguridad. Bloque el equipo con el pulsador de emergencia.

## **Corte de una plancha metálica.**

- Ingresar al software Mach3, ingresar Load G Code y elija el archivo con los códigos G&M.
- Colocar en posición la plancha metálica sobre la mesa de corte, cuadre la plancha con el borde de la mesa.
- Desbloquear el paro de emergencia
- Posicionar la antorcha en el punto de inicio de corte de la plancha metálica, con la ayuda del teclado de dirección, pulse según lo necesario para posicionar.
- Regular la altura de la antorcha entre la boquilla y la plancha metálica, según las indicaciones del manual de la cortadora plasma.
- Seteo de la máquina dando clic en los ejes X, Y, Z en el recuadro Zero X, Zero Y y. Zero Z. Esto indica a la máquina que se inicia en el punto cero de cada eje.
- Colocar la pinza de tierra de la cortadora en la plancha metálica a ser cortada.
- Dar Click en el recuadro de Cycle Start o Aplastar en el teclado (Alt-R).

- Cuando termine el ciclo la máquina apagará automáticamente la antorcha e indicará en la pantalla el fin del ciclo del programa. Si no programo la máquina para que se alejara de la pieza después del corte, mueva los ejes con el teclado de dirección.
- Active el paro de emergencia.
- Retire la pieza con cuidado y evite el contacto directo puede causar quemaduras por la temperatura de corte.
- Apague el equipo de cortador plasma, luego apague el tablero de control electrónico y salga del programa, este paso realizarlo si ya no va a realizar más cortes.

Según el manual de funcionamiento de la ESAB PT-32EH, recomienda lo siguiente.

Para operar la antorcha de ESAB PT-32EH, se debe tener un juego completo de partes de Consumibles instalado: un capuchón de retención, boquilla, difusor y electrodo. También se puede usar un deflector opcional.



**Figura 11.** Antorcha ESAB PT-32EH

Con el interruptor apagado, posición OFF (O), verificar que los consumibles de la antorcha estén instalados como aparecen.

Si la fuente de energía se recalienta porque se excede el ciclo de trabajo, el LED de temperatura se iluminará, el arco se apagará, y el ventilador seguirá funcionando. Para reanudar el corte, espere que se apague el LED de temperatura.

- Fallas comunes de cortes
- La antorcha no corta por completo la pieza en que se trabaja.

Las causas pueden ser:

- La velocidad de cortar es demasiado rápida.
- Los consumibles están gastados.
- El metal que se corta es demasiado grueso.
- La abrazadera o pinza de trabajo no está bien adjuntada a la pieza que se va a cortar

- El arco chisporrotea y la durabilidad de los consumibles es menor que lo que se anticipaba.
- Las causas pueden ser:
- Hay humedad en la fuente de gas.

## MANTENIMIENTO

A continuación, se detalla el mantenimiento que debe realizarse para la conservación y el buen funcionamiento de la máquina CNC cortadora por plasma

**TABLA # 2**

Plan de mantenimiento de la Máquina CNC Cortadora por Plasma						
Parte	Actividad de mto.	Insumo	Cantidad	Tiempo	Frecuencia	Observaciones
<b>Estructura</b>	Limpieza de las guías. Limpieza general	Guaípe, franela	1/4 libra	30 min	diario	Limpiar antes de cada corte, las guías de aluminio.
<b>Bancada móvil eje Y</b>	Lubricación de los patines	Grasa NLGI2	1 gr/punto	6 min	Mensual	Existe 4 patines, se debe lubricar cada uno. Puede ser multi propósito.
<b>Transmisión</b>	Inspección de las bandas dentadas			10 min	Trimestral	Revisar que no hay agrietamientos o deformaciones en la banda, realizar cambio si es necesario.
<b>Bancada móvil eje X</b>	Inspección de ruedas	Laina	1 u	5 min	semestral	Verificar que no haya holgura en las ruedas guías.
<b>Transmisión</b>	tensado de las bandas dentadas	Templador	1 u	10min	Mensual	Si es necesario verificar el ajuste de la banda.
<b>Antorcha</b>	Inspección limpieza de los consumibles	Cepillo metálico	1 u	5min	diario	Realizar esta actividad antes de cortar.
<b>Antorcha</b>	Cambio de la boquilla	Boquilla	1 u	2 min	según necesidad	Según el espesor se desgasta más rápido la boquilla.
<b>Antorcha</b>	Cambio de la boquilla	Electrodo	2 u	2min	según necesidad	Según el espesor se desgasta más rápido la boquilla.
<b>Motores</b>	Revisar el desgaste de las poleas			20 min	Anual	Realizar esta actividad realizar cambio si es necesario.
<b>Motores</b>	Chequear la condición del motor			1	Anual	Medir la resistencia de las bobinas.

<b>Transmisión</b>	cambio de banda dentada	banda dentada	6 m	1h	2400 horas	Realizar esta actividad. De manera obligatoria.
<b>Línea de aire</b>	Revisar y purgar los filtros.			5min	Semanal	
<b>Tablero de control eléctrico</b>	reajuste de borneras de las terminales de conexión	destornillador	1 u	30 min	Anual	
<b>Revisado:</b>		<b>Aprobado:</b>				

**Fuente:** Tabla de Mantenimiento maquina CNC

### TABLA # 3

Posibles Fallas de funcionamiento y sus causas.

N°	Falla	Causa
1	<b>Al cortar un círculo esta no tiene la forma correcta.</b>	-Revisar Compensación de herramienta de giro en el software. -Revisar y comprobar la calibración del número de pasos por vuelta del motor.
2	<b>La máquina no se activa</b>	Revisar si algún paro de emergencia está activado o final de carrera.
3	<b>No se activa la antorcha al momento de realizar el corte.</b>	-Revisar si está encendida la cortadora plasma. Revisar si está conectada la manguera de aire comprimido.
4	<b>Los cortes no son exactos.</b>	-Revisar el tensado de las bandas. -Revisar el número de pasos en el software. -Revisar el estado de las guías, realizar la limpieza.
5	<b>Se detuvo la máquina en medio proceso de corte.</b>	-Revisar fuente de energía si se desconectó. -Revisar si el equipo está a una toma de tierra.
6	<b>Los cortes no son continuos.</b>	-Revisar el estado de la boquilla y el electrodo. -Revisar la presión del aire y el sistema de filtrado.

**Fuente:** Tabla de valores de conexión máquina ESAB PT-32