



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO  
COMPUTARIZADO - CNC DE CORTE POR PLASMA PARA OPTIMIZAR EL  
PROCESO Y LA CALIDAD DE CORTE.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
**INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

Autores:

Mora Martínez Joselyn Gianella  
Villa Morales Marlon Joel

Director:

Mg.C Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo

Latacunga - Ecuador  
2016



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros Mora Martínez Joselyn Gianella y Villa Morales Marlon Joel declaramos ser autores del presente proyecto de investigación:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO - CNC DE CORTE POR PLASMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO Y LA CALIDAD DE CORTE.”**, siendo el Mg.C Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

.....  
Mora Martínez Joselyn Gianella  
0502872989

.....  
Villa Morales Marlon Joel  
1725555278



## **AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO - CNC DE CORTE POR PLASMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO Y LA CALIDAD DE CORTE.”**, de Mora Martínez Joselyn Gianella y Villa Morales Marlon, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, 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 Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

El Director

.....  
Mg.C Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo



## 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 Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas ; por cuanto, el o los postulantes: Mora Martínez Joselyn Gianella y Villa Morales Marlon con el título de Proyecto de Investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO - CNC DE CORTE POR PLASMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO Y LA CALIDAD DE CORTE.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Para constancia firman:

(Presidente)

Nombre: Ing. Ph.D Hector Laurencio  
CC: I712813

Lector 2

Nombre: Ing. MsC. Efren Barbosa  
CC: 0501420723

Lector 3

Nombre: Ing. Carlos Espinel  
CC: 0502685183



## CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de coordinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que mediante el Proyecto de Investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO - CNC DE CORTE POR PLASMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO Y LA CALIDAD DE CORTE.”** Los señores MORA MARTÍNEZ JOSELYN GIANELLA Y VILLA MORALES MARLON JOEL realizan la entrega de una Máquina de Control Numérico Computarizado de Corte por Plasma para el laboratorio de la carrea de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

---

Ing. MgC. Edwin Homero Moreano Martínez

C.C. 0502607500

**COORDINACIÓN DE CARRERA  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

## AGRADECIMIENTO

*En el Proyecto de Investigación primeramente quiero agradecer a ti mi Dios por bendecirme con la dicha de tener a unos padres excepcionales que han estado conmigo cada día de este sueño.*

*Agradezco también a mi querida institución la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI especialmente a la CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA por brindarme la oportunidad de forjarme como profesional.*

*A todos mis profesores que dieron cada granito de conocimiento, sus experiencias, su motivación, por la confianza, el apoyo y sus sabios consejos brindados para que pueda culminar este sueño tan anhelado.*

*Son muchas las personas que han formado parte de mi vida como estudiante a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo, mi enamorado Joel, mis tíos Joffre, Maury, Darwin, mis preciosas Ángeles, Lutciana, Noelia y a la más Chiquita Eliana y otras en mis recuerdos y en mi corazón; mi abue Humberto Martínez, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.*

***Joselyn Gianella Mora Martínez***

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado sabiduría, fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.*

*Agradezco también la confianza, el apoyo y sus sabios consejos brindado por parte de mi padre que con el sudor de su frente me ha dado la dicha de terminar mis estudios, a mi madre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y llevándome por el camino del bien.*

*A mis hermanos David, Cristian Villa quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental en mi vida.*

*También me gustaría agradecer a mi novia y compañera Joselyn Mora por haberme brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles durante toda mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre puedo contar con ella.*

*Finalmente a mi Director de Tesis, Ing. MgC. Álvaro Mullo por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí, que pueda terminar mi carrera universitaria con éxito.*

**Marlon Joel Villa Morales**

## DEDICATORIA

*Este Proyecto de Investigación se lo dedico a mi Dios quien supo guiarme por el camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayaren los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca el entusiasmo, la dignidad y mucho menos desfallecer en el intento.*

*A mis padres Roberto y Lloconda por su apoyo, lecciones, amor y ayuda en los momentos más difíciles, por darme todo lo que he necesitado para forjarme como hija, persona, compañera, amiga, por todo eso y mucho más soy la persona que soy ya que siempre con perseverancia me enseñaron a conseguir mis objetivos planteados.*

*A mis abuelitos; Fanny Guerra y en especial a mi abuelito Humberto Martínez que supo enseñarme que el amor de un abuelo hacia sus nietos es lo preciado y lo más valioso por eso ahora que no está a mi lado, estoy segura que siempre ha sido mi ángel y el que me ha ayudado desde arriba a lograr el objetivo propuesto.*

*A mi compañero de sueños, mi amigo, mi ayuda incondicional, mi ayuda idónea Joel Villa que siempre ha estado ahí cuando lo he necesitado, en las buenas, en las malas, con su amor y sabiduría este camino ha sido más fácil para cumplir este sueño que nos propusimos juntos desde hace cinco años.*

*A mis hermanos Joel y Joanne Mora que siempre me ayudaron y me sacaron sonrisas cuando me vieron decaída y familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.*

***Joselyn Gianella Mora Martínez***

## DEDICATORIA

*Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar con los esfuerzos y los sueños que tengo; por ello con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.*

*A mis queridos padres por su apoyo, consejos, comprensión y amor, soy la persona que soy con mis valores y principios bien forjados, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.*

*A mi tía Carmen Morales la cual a pesar no esté a mi lado, ha estado siempre cuidándome y guiándome siempre desde el cielo.*

*Al amor de mi vida Joselyn Mora que con su valioso apoyo, conocimiento y amor ha sido parte fundamental para cumplir estos anhelados sueños juntos.*

*A mis hermanos David, Cristian Villa y familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.*

**Marlon Joel Villa Morales**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO - CNC DE CORTE POR PLASMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO Y LA CALIDAD DE CORTE.”

**Autor/es:** Mora Martínez Joselyn Gianella  
Villa Morales Marlon Joel

## RESUMEN

A través de los años a nivel mundial las industrias se han caracterizado por realizar productos de mejor calidad lo que ha generado nueva tecnología y por lo mismo competitividad entre las grandes empresas, lo que también ha afectado a los productores minoristas ya que estos no producen la tecnología avanzada para estar al mismo nivel de grandes industrias, las mismas que han estado renovando máquinas, herramientas de alta tecnología y software de diseño acorde a la década en la se encuentran para que así se llegue a una mejor posición dentro de la competitividad que se produce. Tomando en cuenta la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga se puede observar un gran avance tecnológico e industrial, no obstante, es visible que también existen pequeños productores los cuales pueden tratar de adquirir maquinaria para tener el mismo nivel que las grandes empresas. El presente trabajo de investigación es enfocado al ámbito de la industria de corte de metal ya que este trabajo se lo realiza manualmente, lo que con lleva que el tiempo en la realización de los trabajos sea mayor y con un índice de falla alto al momento de corte y precisión al momento de cortar las piezas de metal mientras que si se procede a utilizar esta máquina de control numérico computarizado de corte por plasma se optimizará el material de trabajo y calidad de corte y así abaratar costos para tener una mejor competitividad con las grandes empresas de tal manera mejorar la calidad de vida.

**Palabras clave:** Diseño, Implementación, Sistema CNC, Software.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## ACADEMIC UNIT OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

**TITLE:** “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MACHINE CONTROL COMPUTER NUMERIC - CNC PLASMA CUTTING TO OPTIMIZE THE PROCESS AND QUALITY OF COURT

**Authors:** Mora Martínez Joselyn Gianella  
Villa Morales Marlon Joel

### ABSTRACT

Over the years worldwide industries have been characterized by making better quality products; which has generated new technology and therefore competitiveness among large companies, which has also affected the retail producers since these do not produce the technology advanced to be at the same level of large industries, they have been renovating machines, high-tech tools and software design according to the decade are so that we reach a better position in competitiveness that produces. Considering the Cotopaxi Province Latacunga Canton, can observe a great technological advance and increased the industry production; however, it is visible that there are also small producers try for getting machinery to raise the same level as large companies. The present research is focused on the field of industrial metal cutting as this work is done manually, leads that time in carrying out the work is greater and with a higher rate of failure when cutting and precision metal parts while if we proceed to use this computerized numerical machine cutting control plasma process and cutting quality; will be optimized and lower production costs for better competitiveness with large companies so improve the quality of life.

**Keywords:** Design, Implementation, CNC Software System.

**1. Título del Proyecto:**

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO - CNC DE CORTE POR PLASMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO Y LA CALIDAD DE CORTE.”

**Fecha de inicio:** Octubre - 2015

**Fecha de finalización:** Agosto - 2016

**Lugar de ejecución:**

Barrio San Felipe – Eloy Alfaro – Latacunga – Cotopaxi - Zona 3 - Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Unidad Académica que auspicia**

Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Carrera de Ingeniería Electromecánica

**Equipo de Trabajo:**

**Nombre:** Mg.C Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo

**C.I:** 0502768542

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Correo electrónico:** alvaro.mullo@utc.edu.ec

**Nombres:** Joselyn Gianella

**Apellidos:** Mora Martínez

**C.I:** 0502872989

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Correo electrónico:** joselyng\_moram28@hotmail.com

**Área de Conocimiento:**

Ingeniería y profesiones afines

**Nombre:** Marlon Joel

**Apellidos:** Villa Morales

**C.I:** 172555278

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Correo electrónico:** joel\_villa28@hotmail.com

**Área de Conocimiento:**

Ingeniería y profesiones afines

**Coordinador del Proyecto**

**Nombre:** Mg.C Ing. Álvaro Santiago

**Apellido:** Mullo Quevedo

**C.I:** 0502768542

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Teléfonos:** 0998854012

**Correo electrónico:** alvaro.mullo@utc.edu.ec

**Estudios Realizados:**

TERCER NIVEL: Ingeniero Electromecánico (2007)

CUARTO NIVEL: Magister en Gestión de Energías (2014)

CUARTO NIVEL: Diplomado superior Administración y Gestión de Riesgos (2016)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

PROCESOS INDUSTRIALES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA**

EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO.

**PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR**

**IMPULSAR LA TRANSFORMACIÓN DE MATRIZ PRODUCTIVA**

Programa de Gobierno 2013-2017 define cambios en la estructura productiva para diversificar la economía, dinamizar la productividad, garantizar la soberanía nacional en la producción y el consumo internos, y salir de la dependencia primario-exportadora.

La conformación de nuevas industrias y el fortalecimiento de sectores productivos con inclusión económica en sus encadenamientos, apoyados desde la inversión pública, nueva

inversión privada, las compras públicas, los estímulos a la producción (CEPAL, 2012b), y la biodiversidad y su aprovechamiento 29 (Senplades, 2009), potenciarán la industria nacional, sustituirán importaciones y disminuirán la vulnerabilidad externa.

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

La presente investigación se elaborará con la finalidad de poder ejecutar cortes más rápidos y precisos que ayuden a disminuir la pérdida de material en los diferentes cortes de piezas, es decir, que se realizarán varias pruebas para determinar la calidad de corte de tal manera que será fundamental utilizar la investigación experimental.

Por esta misma razón el control numérico es esencial en las máquinas ya que éstas pueden llevar a cabo un conjunto de instrucciones, lo cual hace que sea la base de la automatización puesto que de esa manera permite realizar procesos. Esto aportará un gran beneficio ya que se disminuirá el tiempo de corte en segundos, se optimizará el material, así el proceso de corte incentivará a seguir pendientes de los avances tecnológicos.

La Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi tendrá procesos de corte que pueden ser más precisos a través de una máquina CNC de corte por plasma, el mismo que da lugar a impulsar la construcción y la investigación de estas máquinas.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El corte de piezas metálicas de acero con métodos manuales presenta inconvenientes como la manipulación de herramientas que perjudican al operario y la inexactitud al momento de realizar cortes de alta calidad que tengan la necesidad de obtener un buen acabado.

La máquina de control numérico computarizado (CNC) de corte por plasma facilita el diseño de piezas complejas para tener un proceso optimizado de corte manual a corte automatizado, lo cual se puede apreciar la uniformidad de la pieza terminada.

Los beneficiarios del proyecto de investigación serán los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

El impacto tecnológico de la máquina CNC es indispensable para mantener una armonía entre el humano y los cambios tecnológicos que pueden incrementar el rendimiento de trabajo preservando la seguridad, bienestar de las personas; reduciendo y controlando los desechos producidos por arranque de viruta.

Para el proyecto de investigación se toma en cuenta al plan nacional del buen vivir, en el objetivo diez manifiesta que potenciarán la industria nacional, sustituirán importaciones y disminuirán la vulnerabilidad externa.

La máquina CNC permite el corte de piezas imposibles o muy complejas determinando cada diseño distinto como por ejemplo diseño de letras, placas, siluetas, moldes, matrices entre otros. Para de esta manera obtener mayores beneficios en la carrera de Ingeniería Electromecánica mediante un software útil.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Los beneficiarios Directos de la Máquina de Control Numérico Computarizado son los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

Los beneficiarios Indirectos de la Máquina de Control Numérico Computarizado son los docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En el Cantón Latacunga existen diferentes maneras de cortar piezas manualmente de tal forma que se desperdicia el material por la inexactitud del corte porque no disponen totalmente de una máquina CNC que permita cortes exactos y rápidos.

Las máquinas que existen actualmente a nivel industrial operan con un tiempo estimado de proceso de segundos, lo cual hace que los mismos sean más productivos y optimicen material, por otra parte las mismas quedan obsoletas debido a que existen averías de piezas eléctricas y

mecánicas como también la programación de las mismas, que en el país son relativamente caras alrededor de \$25.000 a \$50.000 disponen en el mercado nacional.

En el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los Estudiantes necesitan comprobar que los procesos de corte, pueden ser más precisos a través de una máquina CNC de corte por plasma, el mismo que da lugar a impulsar la construcción de estas máquinas con software amigables para el estudiante.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. General**

Implementar una máquina de control numérico computarizado de corte por plasma mediante la sistematización de implementos mecánicos y electrónicos para la optimización del proceso de corte de piezas metálicas en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **6.2. Específicos**

- Seleccionar los materiales acorde a las necesidades de la máquina CNC de corte por plasma mediante especificaciones técnicas para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina CNC.
- Implementar una máquina CNC que sirva como apoyo académico o investigativo y a la vez como una herramienta de corte de piezas metálicas para el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.
- Realizar prácticas sobre el manejo de la máquina CNC para la demostración del funcionamiento y la precisión del corte en piezas metálicas.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

**TABLA 1**

*Actividades y Sistema de Tareas en relación a los objetivos Planteados*

| <b>Objetivo 1</b>   | <b>Actividad</b>   | <b>Resultado de la actividad</b>  | <b>Descripción de la metodología por actividad</b>   |
|---|--|---|--|
| Seleccionar los materiales acorde a las necesidades de la máquina CNC de corte por plasma mediante especificaciones técnicas para garantizar el correcto funcionamiento.          | Recopilación de datos y de investigaciones anteriores.                             | Asimilar el principio y funcionamiento de las máquinas CNC.               | Investigación de Campo                               |
| Implementar de una máquina CNC que sirva como apoyo y a la vez como una herramienta de corte de piezas metálicas para el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica. | Implementación de un mecanismo que satisfaga la necesidad prevista.                | Ensamble de Máquina CNC de corte por plasma.                              | Investigación Experimental                           |
| Realizar prácticas sobre el manejo de la máquina CNC para la demostración de la factibilidad del funcionamiento y de la precisión del corte en piezas metálicas.                  | Prácticas sobre el manejo de la máquina CNC para comprobar la precisión y calidad. | La precisión de corte, vista en el material realizado por la máquina CNC. | Investigación de Campo<br>Investigación Experimental |

*Nota:* Los objetivos se determinan con cada actividad y con una descripción de cada una de los resultados del mismo.

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

Wealleans (2001) afirma: “El presente proyecto de investigación se basa en la metodología PLAN, DO, CHECK, ACT (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), también conocido como PDCA” (p.122).

Este plan es necesario como apoyo para realizar la investigación del proyecto de la máquina CNC de corte por plasma ya que tiene parámetros a seguir.

### **8.1. Máquina - Control Numérico Computarizado (CNC)**

La automatización es el empleo de equipo especial para controlar y llevar a cabo los procesos de fabricación con poco o ningún esfuerzo humano.

Se aplica en la fabricación de todos los tipos de artículos y procesos desde la materia prima hasta el producto terminado ya que esta es una de las ventajas del control numérico computarizado.

Es la facilidad de operación, programación más sencilla, mayor exactitud, adaptabilidad y menos costos de mantenimiento, la combinación del diseño con computadora, mayor productividad.

Mikell Groover (1997) afirma: “Un sistema de control numérico tiene tres componentes básicos: 1) un programa de partes, 2) una unidad de control de máquina y 3) el equipo de procesamiento” (p. 926).

Es decir que una máquina que tenga un sistema de control numérico computarizado es el empleo que utiliza para tener el control y llevar a cabo el proceso de fabricación con poco esfuerzo del ser humano.

### **8.1.1. Control numérico computarizado**

Entre las operaciones de maquinado que se pueden realizar en una máquina CNC, se encuentran las de torneado y fresado. Sobre la base de esta combinación es posible generar la mayoría (si no son todas) de las piezas de la industria.

Cruz (2005) afirma:

El control numérico por computadora, también llamado CNC (en inglés Computer Numerical Control) a todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de información numérica en tiempo real. Para maquinar una pieza se usa un sistema de coordenadas que se especificarán el movimiento de la herramienta de corte. (p.10).

Una máquina es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza. Estos dispositivos pueden recibir cierta forma de energía y transformarla en otra para generar un determinado efecto.

## **8.2. Máquina CNC de corte por Plasma**

Francisco Orozco (2013) afirma: “El corte por plasma no se produce una reacción química. Este procedimiento consigue unas temperaturas altas capaces de fundir instantáneamente cualquier metal” (p. 64).

Es decir el corte por plasma se puede describir como un proceso de corte térmico por arco que corta por fusión localizada del material que alcanza altas temperaturas y produce un corte con precisión requerida.

### **8.2.1. Definición y función del Plasma**

Tanarro I y De los Arcos T. (2011) afirma: “El plasma está presente de forma mayoritaria tras gran parte de la industria microelectrónica, entre otras cosas por su habilidad para depositar películas delgadas de distintos materiales.” (p.73.).

Es decir que por eso son buenos conductores eléctricos y sus partículas responden fuertemente a las interacciones electromagnéticas de largo alcance. El plasma presenta características propias que no se dan en los sólidos, líquidos o gases, por lo que es considerado otro estado de agregación de la materia.

### **8.2.2. Corte por plasma**

Cruz (2005) manifiesta: “El corte por plasma se puede definir como un proceso de corte térmico por arco que corta por fusión localizada del material”. (p.64.).

La tecnología de uniones de piezas metálicas por arco eléctrico vio sus éxitos en 1930 al construir un barco totalmente soldado en Carolina del Sur en Estados Unidos. Años después se introdujeron mejoras en el proceso como corriente alterna y se utilizó protección como fundente granulado.

### **8.3. Motores paso a paso**

Conti (2005) afirma:

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. (p.01).

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.

Los motores paso a paso como se muestra en la figura 1 son dispositivos electromecánico, 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  $360^\circ$ .

**Figura 1** Motor paso a paso nema 24



| 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 |

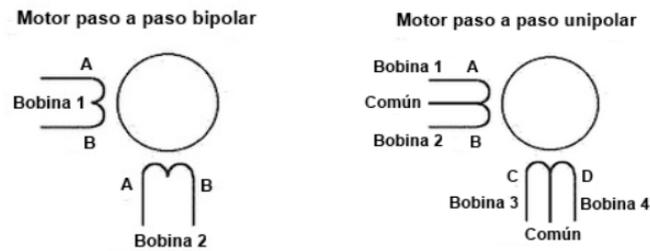
Fuente: STEPPERONLINE (2015)

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. Véase en el Anexo A.

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.

### 8.3.1. Características de los motores paso a paso

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator como se muestra en la figura 2 de un motor bipolar que solo tiene dos bobinas mientras que, un motor unipolar tiene cuatro bobinas y dos puntos en común.

**Figura 2** Bobinas en un motor paso a paso bipolar y unipolar

Fuente: Conti, F (2005)

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.

En la tabla 2 se puede verificar que estos motores de paso a paso tienen condiciones diferentes a los servomotores y cuál es su utilidad ya que es necesario saber cuáles son sus diferencias, como es el ejemplo del motor paso a paso, no se necesita realimentación ya que es un lazo abierto mientras que un servomotor si la necesita a través de potenciómetros entre otros.

**TABLA 2**

*Servomotor de CC VS. Motor paso a paso*

| <b>MOTOR PASO A PASO</b>                                   | <b>SERVOMOTOR C.C</b>  |
|--|--|
| 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)                             |

*Nota:* Diferencia entre motor paso a paso y un servomotor c.c con sus especificaciones de uso. Adaptado, por el Departamento de Ingeniería Mecánica. (2001), Universidad Tecnológica Nacional.

Es decir que se escoge un motor de pasos para aplicaciones más sensibles y específicas para un eficiente uso del mismo.

### 8.3.2. Cálculo de Potencia de Motores

- Potencia eléctrica del motor

$$pe = \frac{pc}{\eta_e} \quad \text{Ecuación 1 (8.3.2)}$$

Dónde:

$pc$  = Potencia de corte

$\eta_e$  = Eficiencia eléctrica del motor

- Potencia eléctrica mínima aceptable del motor

$$pef = pe \times fs \quad \text{Ecuación 2 (8.3.2)}$$

Dónde:

$pe$  = Potencia eléctrica del motor

$fs$  = Factor de seguridad

- Velocidad de corte

La velocidad de corte se trata de la velocidad lineal en la periferia de la zona que se está mecanizando.

$$V_c = \frac{\pi \cdot b \cdot n}{1000} \quad \text{Ecuación 3 (8.3.2)}$$

Dónde:

$V_c$  = Velocidad de corte

**b** = Ancho de corte

**n** = Velocidad de corte superficial

**1000** = Constante (accionamiento proporcional)

- **Fuerza de corte (F)**

Este parámetro se toma cuenta para evitar roturas y deformaciones en la herramienta de corte así como también en la pieza que está siendo tallada.

$$F_c = K \cdot A_c$$

Ecuación 4 (8.3.2)

De donde se deduce que:

**F<sub>c</sub>** = Fuerza de corte

**K** = Constante de proporcionalidad

**A<sub>c</sub>** = Área de corte

#### 8.4. Tarjeta de adquisición de datos

Lajara (2011) afirma:

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. (p.61).

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.

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. Véase en el Anexo B.

**Figura 3** Tarjeta De Adquisición De Datos



**Fuente:** STEPPERONLINE (2015)

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 4 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.

**Figura 4:** Sistema De Adquisición De Datos



**Fuente:** Libro Entorno Grafico de Programación (2011).

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.

#### 8.4.1. 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 3.

**TABLA 3**

*Tarjetas de control*

| <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 24V                     |
| 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.

La tarjeta que controla los motores ayuda para un alto rendimiento el cual sirve para tener una comunicación con los motores la que se utilizo es M542T como se muestra en la Figura 5 y en el Anexo C se puede constatar su funcionamiento y sus especificaciones técnicas.

**Figura 5** Control Driver M542T



Fuente: STEPPERONLINE (2015)

## 8.5. 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.

## 8.6. Sistema CAD/CAM

García A., Castillo F. (2007) afirma:

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. (p 191).

Los sistemas CAD (Diseño asistido por Computadora)/CAM (Fabricación Asistida por computadora)/CAE (Ingeniería asistida por ordenador) se refiere a la integración de las computadoras en el ciclo completo que va desde el diseño hasta la fabricación de un producto o planta, este sistema es poderoso ya que tiene una computadora.

El sistema CAD/CAM se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costos y acortar los tiempos de diseño.

El termino CAM es el uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta en el sistema informático.

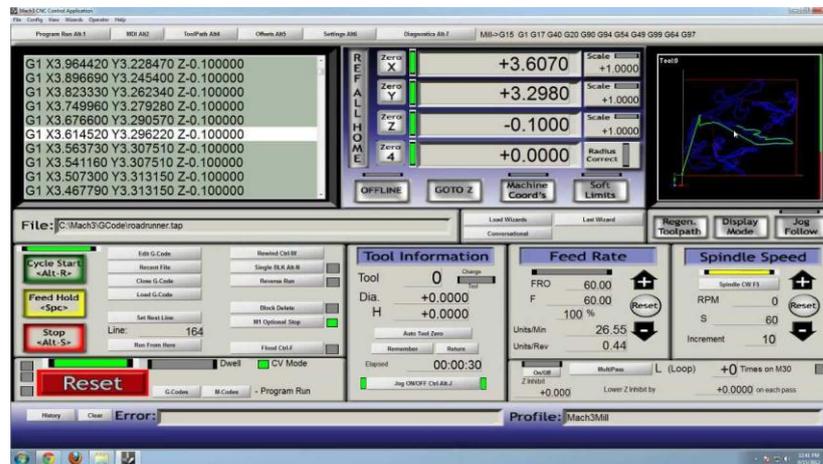
### **8.7. Software Mach 3**

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 servo 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 modernas sistemas de motores servo DC y AC con codificadores digitales.

**Figura 6** Pantalla Principal Del Software Mach3



**Fuente:** ManualMach3castellano (2010)

### 8.7.1. Principales características de Mach3

Entre las principales características que MACH3 puede realizar están las siguientes:

- Usa un lenguaje formato Gcode, característico en sistemas CNC, que permitirá la fácil programación de los movimientos de la máquina.
- Genera Gcode través LazyCam o ArtCAM
- Visualizar grafica tridimensional de códigos G

### 8.8. Lenguaje G Code

El G-Code (o código G, en castellano) es el nombre de un lenguaje de descripción de operaciones para máquinas de control numérico por ordenador (CNC) que puede ser usado también como lenguaje de programación para controlar estos dispositivos para simplificar operaciones.

Es decir es el nombre que habitualmente recibe el lenguaje de programación más usado en Control numérico (CNC), el cual posee múltiples implementaciones. Usado principalmente en automatización, forma parte de la ingeniería asistida por computadora, es el lenguaje más utilizado en la fabricación por ordenador.

### 8.8.1 Descripción G Code

El G-Code se almacena en formato texto, es decir, puede leerse (y modificarse) con un editor de texto plano aunque lo más habitual es que se genere y se visualice desde una aplicación de modelado y/o fabricación 3D o alguna herramienta o accesorio específico.

En ese uso el G-Code especifica dónde posicionar el extrusor, en horizontal y vertical, cuánto calentarlo y cómo disponer el filamento entre otras cosas.

El G-Code describe el movimiento y las diferentes operaciones que la máquina CNC debe realizar para la fabricación del objeto que se describe. Actualmente el G-Code se ha popularizado mucho gracias a la impresión 3D. Se lo puede interpretar con la tabla 4 especificando su código con su debido significado.

**TABLA 4**

*Lenguaje G- Code*

| <b>G CODE</b> | <b>DESCRIPCION</b>                              |
|---------------|---|
| G00           | Posición Rápido                                 |
| G01           | Interpolación Lineal                            |
| G02           | Interpolación Circular en sentido horario       |
| G03           | Interpolación Circular en sentido anti horario  |
| G04           | Temporización                                   |
| G05           | Arista matada                                   |
| G06           | Interpolación Circular con centro en absolutas  |
| G07           | Arista Viva                                     |
| G08           | Arco Tangente a la trayectoria anterior         |
| G09           | Interpolación Circular definida por tres puntos |
| G10           | Anulación imagen espejo                         |
| G11           | Imagen espejo en eje X                          |
| G12           | Imagen espejo en eje Y                          |
| G13           | Imagen espejo en eje Z                          |
| G17           | Plano XY  |
| G18           | Plano XZ  |
| G19           | Plano YZ  |
| G20           | Llamada a sub-rutina standard                   |
| G21           | Llamada a sub-rutina paramétrica                |
| G22           | Definición de sub-rutina standard               |
| G23           | Definición de sub-rutina paramétrica            |
| G24           | Final de definición de sub-rutina               |
| G25           | Llamada incondicional                           |
| G26           | Llamada Condicional si igual a 0                |

|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| G27 | Llamada condicional si distinto a 0   |
| G28 | Llamada condicional si menor          |
| G29 | Llamada condicional si mayor o igual  |
| G30 | Visualizar error definido por K       |
| G31 | Guardar origen de coordenadas         |
| G32 | Recuperar origen de coordenadas       |
| G33 | Roscado electrónico                   |
| G36 | Redondeo controlado de aristas        |
| G37 | Entrada tangencial                    |
| G38 | Salida tangencial                     |
| G39 | Achaflanado                           |
| G40 | Anulación de compensación de radio    |
| G41 | Compensación de radio a la izquierda  |
| G42 | Compensación de radio a la derecha    |
| G43 | Compensación de longitud              |
| G44 | Anulación de compensación de longitud |
| G47 | Bloque único                          |
| G48 | Anulación de bloque único             |
| G49 | Feed Programable                      |
| G50 | Carga de longitudes de herramienta    |
| G53 | Traslado de origen                    |
| G54 | Traslado de origen                    |
| G55 | Traslado de origen                    |
| G56 | Traslado de origen                    |
| G57 | Traslado de origen                    |
| G58 | Traslado de origen                    |
| G59 | Traslado de origen                    |
| G70 | Programación en Pulgadas              |
| G71 | Programación en milímetros            |
| G72 | Escalado definido por K               |
| G73 | Giro de Sistema de Coordenadas        |
| G74 | Búsqueda de cero máquina              |

*Nota:* Los códigos g son de gran utilidad para poder programar y tener un diseño que sea compatible con el programa Mach 3, Adaptado del ManualMach3castellano (2010)

### **8.8.2. Programa LazyCam**

LazyCam es un programa informático que viene como parte integrante del Mach3, básicamente se encarga de importar archivos DXF como del AutoCad que son esenciales al momento de diseñar, CMX, y otros tipos para permitir que aquellos que no utilizan programas CAM puedan generar códigos G y de esta manera se ejecute en Mach3.

### **8.8.3. Programa ArtCAM Pro**

El programa ArtCAM Pro al igual que LazyCam es un programa informático que nos permite realizar trabajos de grabados de alta calidad mediante máquinas CNC, esto se logra ya que en éste se puede generar dibujos o diseños en 2D realizados con vectores y además por sus flexibilidad y sus diversas opciones puede generar relieves en 3D tomando como referencia a los realizados en 2D.

Para que ArtCAM Pro trabaje conjuntamente con la máquina CNC, una vez realizados los diseños requeridos y determinados las dimensiones se deberá transferir ésta al software Mach3 quien es el encargado de realizar los procesos de corte.

### **8.9. Diseño mecánico de la estructura de la máquina CNC**

Utilizando los métodos de investigación, se propone un sistema de estructura adecuada para la construcción y futuro funcionamiento de la máquina de control numérico computarizado CNC de corte por plasma véase en el Anexo G.

Rodríguez F., Mejías F y Serrano D. (2013) afirma:

Para que la máquina pueda trabajar con las cotas de posición especificadas, estos datos deben darse en un sistema de referencia que coincida con las direcciones de desplazamiento de los carros de los ejes. Para ello, se utiliza un sistema de coordenadas con los ejes X, Y, Z. Este es el denominado sistema de coordenadas cartesianas. (p.02).

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 sujeta el material en el que se realizará el corte del metal.

### 8.9.1 Ecuaciones a utilizar en el diseño

Las ecuaciones que se va a utilizar para el diseño estructural de la máquina CNC son las siguientes:

- Momento Flexionante o momento flector 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 normal o esfuerzos por flexión lo cual se toma en cuenta el equilibrio en relación de las cargas y los propios esfuerzos.
- Esfuerzo cortante estas no producen movimientos con respecto al eje ni tampoco a las fuerzas cortantes interiores.

**TABLA 5**

*Ecuaciones para las Vigas de la estructura de la Máquina CNC.*

| <b>Momento Flector (M)</b> | <b>Esfuerzo Cortante</b>                     | <b>Peso</b>        |
|----------------------------|--|--------------------|
| Ecuación 5 (8.9.1)         | Ecuación 6 (8.9.1)                           | Ecuación 7 (8.9.1) |
| $0 \leq z \leq a$          |  |                    |
| $M = -\frac{M_o}{L} x z$   | $\sigma_{max} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{S}$ | PT= pv1+...+pv14   |
| $a \leq z \leq L$          |  |                    |
| $M = -\frac{M_o}{L} x z$   |  |                    |

*Nota:* Las ecuaciones que se suelen utilizar para determinar las condiciones de una estructura a realizarse.

### 8.9.2. El deslizamiento lineal de la Máquina CNC

El motor paso a paso en el sistema CNC es utilizado para generar una parte mecánica y así poder generar energía para ser utilizada en el movimiento del CNC, utilizando drivers que generarán pulsos hacia el motor.

Analizando los sistemas de movimiento lineal para utilizarlo en un sistema CNC se pudo encontrar entre los más conocidos tenemos:

- Tornillo y tuerca embalada
- Cremallera
- Cadena y piñón

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 6 que indica cuales son las diferencias entre los siguientes sistemas de transmisión.

**TABLA 6**

*Sistemas de Transmisión*

| <b>Husillo de Bolas</b>  | <b>Piñón Cremallera</b>   | <b>Cadena</b>   |
|--|---|---|
| Son capaces de posicionar tolerancias en micras.   | Pueden presentar una precisión de hasta 10 micras para un movimiento seguro y suave.  | Tiene una relación de transmisión constante (no existe gran deslizamiento). |
| La eficiencia llega aproximadamente del 90% al 95%.  | Son una excelente opción para recorridos largos su eficiencia llega al 97%.   | Alta eficiencia en el orden de 95% y menos cargas sobre los ejes.           |
| Estos sistemas resultan más económicos cuando las longitudes de husillo son menores a 4 m. | Pueden ser hasta dos veces más caros que un sistema husillo a bolas para longitudes inferiores a 4m y por encima de distancias cercanas a los 7m. | Larga duración, costos económicos, reutilizables, fácil mantenimiento.      |

*Nota:* el sistema de transmisión tiene como la finalidad de interconectar y realizar funciones como transmitir un movimiento de tal manera se ha puesto a consideración tres de estos. Adaptado de Fundamentos de manufactura moderna, (p.929) por Groover, 1997, México, por Pearson.

## 8.10. Selección de Cadenas

Las transmisiones por cadena han adquirido amplia difusión para potencias de hasta 100 kW a velocidades tangenciales y relaciones de transmisión y como estas son de fácil adquisición y costo accesible en el mercado.

Los datos a considerar para seleccionar una transmisión de cadena son:

- Velocidad de la cadena
- Tensión del Ramal conductor
- Tipo de carga

### 8.10.1. Cálculo para el Sistema de Transmisión por Cadena

- Velocidad de la Cadena

$$v = \frac{P z_1 n_1}{1000} \quad \text{Ecuación 9 (8.10.1)}$$

Dónde:

$v$  = Velocidad lineal de la cadena (m/min)

$P$  = Paso de la Cadena (mm)

$z_1$  = Número de dientes del piñón o rueda pequeña.

$n_1$  = Número de vueltas del piñón (r.p.m)

- Tensión del Ramal conductor

$$T = \frac{6120 \times W}{v} \quad \text{Ecuación 10 (8.10.1)}$$

Dónde:

$T$  = Tensión de la cadena (kg)

$v$  = Velocidad lineal de la cadena (m/min)

$W$  = Potencia a Transmitir (kW)

6120 = Constante

## 9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

### 9.1. Hipótesis

La implementación de una máquina CNC de corte por plasma permite mejorar el proceso de calidad de corte en piezas metálicas.

#### 9.1. 1 Variable Independiente

**TABLA 7**

*La implementación de una máquina CNC de corte por plasma.*

| CONCEPTUALIZACIÓN   | DIMENSIONES       | INDICADORES             | ÍTEM BÁSICOS                          | TÉCNICA E INSTRUMENTOS      |
|---|-------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| La implementación de una máquina CNC de corte por plasma. | Máquina CNC       | Tiempos de mano de Obra | Datos obtenidos al momento del corte. | Observación<br>Experimental |
|   | Sistema Operativo | Tiempo de Conexión      | Tiempo de mano de obra                | Observación                 |
|   |                   | Comunicación CAD- CAM   | Software                              | Experimental                |

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

### 9.1.2. Variable Dependiente

**TABLA 8**

*Mejora el proceso y calidad de corte en piezas metálicas.*

| CONCEPTUALIZACIÓN  | DIMENSIONES      | INDICADORES           | ÍTEM BÁSICOS                          | TÉCNICA E INSTRUMENTOS   |
|--|------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Mejora el proceso de calidad de corte en piezas metálicas. | Máquina CNC      | Esfuerzos mecánicos   | Datos obtenidos al momento del corte. | Observación Experimental |
|  |                  | Comunicación CAD- CAM |                                       |                          |
|  | Calidad de Corte | Tiempo de Corte       | Instrumentos de Medición              | Observación Experimental |
|  |                  | Horas de Práctica     |                                       |                          |

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

### 9.1.3. Validación de hipótesis

Una vez aplicados los instrumentos de investigación, se obtuvo información importante que demostró, la factibilidad del proyecto, se verificó que la hipótesis es la adecuada para continuar con el desarrollo del presente proyecto de investigación ya que la máquina al realizar las prácticas se comprobó que los diseños terminados pueden estar alrededor de 10 a 35 segundos con un amperaje del plasma de 30 a 35 Amp. Los diseños varían según la complejidad del diseño, el espesor de la pieza, la presión del aire comprimido y el amperaje del plasma de tal manera que permite tener calidad y precisión en el corte.

## 10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La metodología conjuntamente con el diseño experimental permitió aplicar métodos, técnicas y pruebas para que se demostrara, la necesidad de la implementación y saber el beneficio que significará este proyecto al avance del aprendizaje.

## **10.1. Metodologías**

### **10.1.1. Método Deductivo**

Aranzeta Carlos (2005) afirma: “El método deductivo es opuestamente al razonamiento inductivo en el cual se formulan leyes a partir de hechos observados, el razonamiento deductivo infiere esos mismos hechos basándose en la ley general.” (p. 25).

Se utiliza este método ya que es necesario al momento de poner una hipótesis que involucre tentativas las cuales dan 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 el diseño e implementación de la máquina CNC de corte por plasma.

### **10.1.2. Método Hipotético- Deductivo**

Pascual Juan., García F. (2009) afirma: “Consiste en hacer observaciones manipulativas y análisis, a partir de las cuales se formulan hipótesis que serán comprobadas mediante experimentos controlados. Aunque esta no es la única forma de hacer ciencia, es la más utilizada y validada.” (p. 69).

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 diseño e implementación de la máquina CNC de corte por plasma.

### **10.1.3. Método Experimental**

Cohen N (2003) afirma: “El Método experimental es como un instrumento de prueba o de descubrimiento”. (p. 90).

El método experimental se utiliza para implementar la máquina CNC de tal manera que ayuda a determinar la viabilidad del proyecto de investigación a través de las prácticas.

## **10.2. Diseño Experimental**

Los actuadores comúnmente utilizados en sistemas CNC, son motores paso a paso y servomotores. En este caso, se utilizan motores paso a paso ya que tienen una gran precisión de movimiento (en pasos completos, medio paso y micropasos), son más económicos y fáciles de manejar. Su única desventaja es que el torque disminuye considerablemente cuando se alcanzan velocidades cercanas a la máxima permisible.

Por lo que se realizó la práctica determinando que tan rápido es el proceso CNC ya que al momento de realizar figuras se necesitó de cronómetros, los cuales nos ayudan a determinar el tiempo en el que se demora en realizar las piezas.

### **10.2.1. Diseño del Sistema Mecánico de la Máquina CNC.**

Una vez que se ha definido el problema y se ha obtenido especificaciones y requerimientos para la máquina CNC se inicia con el proceso de una síntesis en el que se recopila toda la información de la creación de la máquina.

#### **10.2.1.1. Sistema de movimiento lineal**

La máquina CNC posee tres ejes como se aprecia en la figura 7. Dos de ellos se asocian al movimiento en el plano horizontal (movimiento longitudinal y transversal), mientras que el tercero es el desplazamiento vertical del cabezal de la máquina.

**Figura 7** Ejes de una Máquina



Fuente: Grupo de Investigación

Para lograr el movimiento en cada uno de los ejes se debe seleccionar actuadores mecánicos, los cuales convierten el movimiento rotativo en movimiento lineal. Los métodos mecánicos se llevan a cabo mediante procesos que incluyen el uso de tornillo de bolas, transmisión por piñón - cremallera y cadena.

La selección del método se realiza a través de la tabla 5 la cual está basada en precisión, eficiencia y costos relativos de las alternativas. De tal manera que la mejor alternativa del sistema de transmisión que se obtuvo es el sistema de piñón-cadena, el cual garantiza una buena eficiencia, por su fácil mantenimiento, costo accesible, disponibilidad del mercado y una relación de transmisión constante.

#### **10.2.1.1. Selección del material para la Máquina CNC**

El grupo de investigación 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, la cual en su totalidad tiene una medida de 100cm x100 cm, con una área de corte de 40cm x 80cm, se decidió realizar de ese tamaño puesto que la plancha de acero ASTM -36 que se encuentra en el mercado tiene las siguientes medidas estandarizadas de ancho 1.20 m x 2.40 m de largo lo cual se distribuye de la siguiente manera 6 partes de 40cm x 80 cm y así optimizar el material y por ende el área de trabajo.

Con las dimensiones de la parte útil 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) = 1000mm.
- Recorrido vertical (Eje Z) = 180mm.
- La superficie de la mesa (S)

De lo anterior se estima la superficie útil de la mesa, siendo esta igual a:

$$S = X \cdot Y$$

$$S = 1000\text{mm} \cdot 1000\text{mm}$$

$$S = 1000000\text{mm}^2$$

$$S = 1000\text{m}^2$$

Para seleccionar el material de la estructura, debe tener 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 9.

Por razones de composición siendo el más importante el hierro y el de menos presencia el carbono lo cual nos indica que facilita el proceso de moldeo del acero ya que tiene una ventaja lineal y elástico 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.

**TABLA 9**

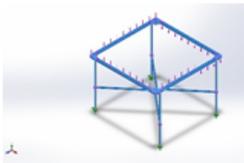
Porcentaje del Acero ASTM

| Acero         | PORCENTAJE |    |      |          |      |       |     |
|---------------|------------|----|------|----------|------|-------|-----|
|               | 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 ANSI 304 y sus características importantes para verificar si es útil el uso de acero. Adaptado de Mejoramiento de los parámetros de Trabajo para una Máquina de corte por plasma y oxiacetilénica tipo CNC-4000 Marca Hugong Welder, (p 140), por Calupiña, J.C y Oña, R. D (2012).

La estructura de la máquina CNC se puede ver en la figura 8 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 H se establece los planos de la estructura de la máquina CNC.

**Figura 8** Estructura mecánica de la Máquina CNC

|  | Propiedades                                 |
|--|---|
|  | Nombre: ASTM A36 Acero                      |
|  | Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal  |
|  | Límite elástico: 2.5e+008 N/m <sup>2</sup>  |
|  | Límite de tracción: 4e+008 N/m <sup>2</sup> |
|  | Módulo elástico: 2e+011 N/m <sup>2</sup>    |
|  | Coeficiente de Poisson: 0.26                |
|  | Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup>            |
|  | Módulo cortante: 7.93e+010 N/m <sup>2</sup> |

Fuente: Grupo de Investigación.

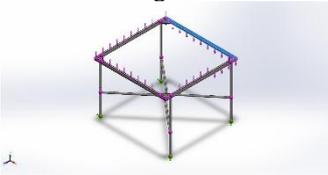
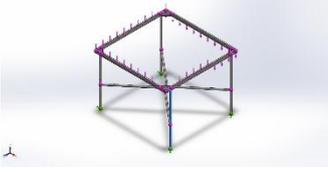
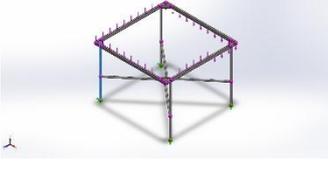
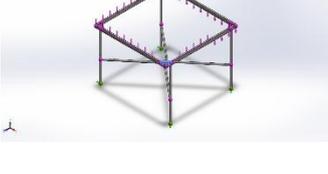
### 10.2.1.2 Cálculo para la Estructura de la Máquina CNC.

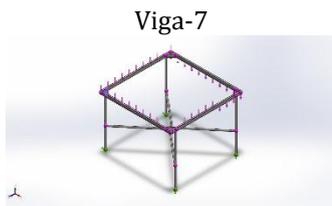
El cálculo de vigas se lo realiza para saber si la estructura está en condiciones de soportar el peso que se pretende tener para lo cual se determina cuantas vigas existen en la estructura, es decir son catorce y se detalla sus especificaciones, dimensiones con ensayos realizados a través de un software como se ve en la tabla 10.

**TABLA 10**

*Especificaciones de las Vigas en la Estructura de la Máquina CNC*

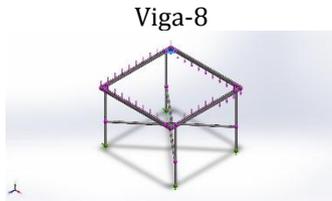
| Nombre de documento y referencia | Formulación | Propiedades |
|----------------------------------|-------------|-------------|
|----------------------------------|-------------|-------------|

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>Viga-1</p>    | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>rectangular tube/50 x 30 x 2.6<br/>Longitud:1000mm<br/>Volumen:0.000167782m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:1.31708kg<br/>Peso:12.9074N</p>      |
| <p>Viga-2</p>    | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>pipe/21.3 x 2.3<br/>Longitud:730.05mm<br/>Volumen:6.33052e-005m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:0.496946kg<br/>Peso:4.87007N</p>                 |
| <p>Viga-3</p>    | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>pipe/21.3 x 2.3<br/>Longitud:730.05mm<br/>Volumen:6.33045e-005m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:0.49694kg<br/>Peso:4.87001N</p>                  |
| <p>Viga-4</p>  | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>pipe/21.3 x 2.3<br/>Longitud:730.05mm<br/>Volumen:6.33053e-005m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:0.496946kg<br/>Peso:4.87007N</p>                 |
| <p>Viga-5</p>  | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>rectangular tube/50 x 30 x 2.6<br/>Longitud:103.491mm<br/>Volumen:1.37652e-005m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:0.108057kg<br/>Peso:1.05896N</p> |
| <p>Viga-6</p>  | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>pipe/21.3 x 2.3<br/>Longitud:730.05mm<br/>Volumen:6.33045e-005m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:0.49694kg<br/>Peso:4.87002N</p>                  |



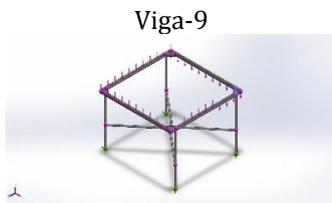
Viga – Sección transversal uniforme

Estándar de sección-iso/  
rectangular tube/50 x 30 x 2.6  
Longitud:103.491mm  
Volumen:1.37654e-005m<sup>3</sup>  
Densidad:7850kg/m<sup>3</sup>  
Masa:0.108059kg  
Peso:1.05897N



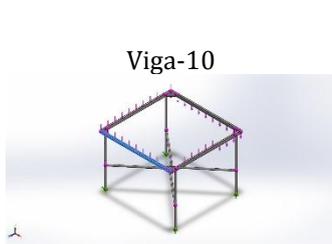
Viga – Sección transversal uniforme

Estándar de sección-iso/  
rectangular tube/50 x 30 x 2.6  
Longitud:103.489mm  
Volumen:1.37656e-005m<sup>3</sup>  
Densidad:7850kg/m<sup>3</sup>  
Masa:0.10806kg  
Peso:1.05899N



Viga – Sección transversal uniforme

Estándar de sección-iso/  
rectangular tube/50 x 30 x 2.6  
Longitud:103.489mm  
Volumen:1.37655e-005m<sup>3</sup>  
Densidad:7850kg/m<sup>3</sup>  
Masa:0.108059kg  
Peso:1.05898N



Viga – Sección transversal uniforme

Estándar de sección-iso/  
rectangular tube/50 x 30 x 2.6  
Longitud:1000mm  
Volumen:0.000167782m<sup>3</sup>  
Densidad:7850kg/m<sup>3</sup>  
Masa:1.31708kg  
Peso:12.9074N



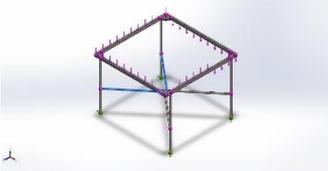
Viga – Sección transversal uniforme

Estándar de sección-iso/  
rectangular tube/50 x 30 x 2.6  
Longitud:1000mm  
Volumen:0.000167782m<sup>3</sup>  
Densidad:7850kg/m<sup>3</sup>  
Masa:1.31708kg  
Peso:12.9074N



Viga – Sección transversal uniforme

Estándar de sección iso/pipe/  
21.3 x 2.3  
Longitud:1320.45mm  
Volumen:0.000113885m<sup>3</sup>  
Densidad:7850kg/m<sup>3</sup>  
Masa:0.894001kg  
Peso:8.76121N

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p>Viga-13</p> | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>rectangular tube/50 x 30 x 2.6<br/>Longitud:1000mm<br/>Volumen:0.000167782m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:1.31708kg<br/>Peso:12.9074N</p> |
|  <p>Viga-14</p> | <p>Viga – Sección transversal uniforme</p> | <p>Estándar de sección-iso/<br/>pipe/21.3 x 2.3<br/>Longitud:1320.44mm<br/>Volumen:0.00011389m<sup>3</sup><br/>Densidad:7850kg/m<sup>3</sup><br/>Masa:0.89404kg<br/>Peso:8.76159N</p>              |

*Nota:* Mediante esta tabla se puede determinar cada una de las vigas que se encuentran en la estructura como son el volumen, densidad, masa, peso de cada una de ellas.

Mediante las ecuaciones se encuentran en la Tabla 5 anteriormente mencionadas se determinan los siguientes valores de cada una de las vigas que hay en la estructura.

**TABLA 5**

*Cálculos para las Vigas*

| Momento Flector (M)      | Esfuerzo Cortante                            | Peso               |
|--------------------------|--|--------------------|
| Ecuación 5 (8.9.1)       | Ecuación 6 (8.9.1)                           | Ecuación 7 (8.9.1) |
| $0 \leq z \leq a$        |  |                    |
| $M = -\frac{M_o}{L} x z$ | $\sigma_{max} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{S}$ | PT= pv1+...+pv14   |
| $a \leq z \leq L$        |  |                    |
| $M = -\frac{M_o}{L} x z$ |  |                    |

*Nota:* Se determina los momentos en cada una de las vigas mediante las ecuaciones y su peso total de la estructura.

En el ensayo que se encuentra que se realiza mediante un software se puede establecer los momentos y el peso que tiene cada una de la viga como se ve en la tabla 11.

**TABLA 11**

*Cálculos para las Vigas*

| <b>Nombre de viga</b> | <b>Juntas</b> | <b>Momento1 (N.m)</b> | <b>Momento2 (N.m)</b> | <b>Peso (kg)</b> |
|-----------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Viga-1</b>         | 1             | 3.02111               | -77.4874              | 1.31             |
|                       | 2             | -3.01946              | 77.4873               |                  |
|                       | 3             | -0.421905             | -21.1685              |                  |
|                       | 4             | 0.422076              | 21.1685               |                  |
| <b>Viga-2</b>         | 1             | 69.9569               | -20.0965              | 0.49             |
|                       | 2             | 135.857               | -46.0236              |                  |
|                       | 3             | 14.6185               | -3.87062              |                  |
| <b>Viga-3</b>         | 1             | 20.0966               | -69.9569              | 0.49             |
|                       | 2             | 46.0243               | -135.857              |                  |
|                       | 3             | 3.87058               | -14.6186              |                  |
| <b>Viga-4</b>         | 1             | -20.0965              | 69.9569               | 0.49             |
|                       | 2             | -46.0238              | 135.857               |                  |
|                       | 3             | -3.87069              | 14.6185               |                  |
| <b>Viga-5</b>         | 1             | -7.02916              | 183.842               | 0.10             |
|                       | 2             | -4.64634              | 31.6915               |                  |
| <b>Viga-6</b>         | 1             | -69.9569              | 20.0965               | 0.49             |
|                       | 2             | -135.857              | 46.0239               |                  |
|                       | 3             | -14.6186              | 3.87065               |                  |
| <b>Viga-7</b>         | 1             | -7.02551              | 183.842               | 0.10             |
|                       | 2             | -4.64666              | 31.6913               |                  |
| <b>Viga-8</b>         | 1             | -4.64608              | -31.6914              | 0.10             |
|                       | 2             | -7.02275              | -183.842              |                  |
| <b>Viga-9</b>         | 1             | -4.64575              | -31.6915              | 0.10             |
|                       | 2             | -7.02643              | -183.842              |                  |
| <b>Viga-10</b>        | 1             | 3.01955               | 77.4873               | 1.31             |
|                       | 2             | -3.02121              | -77.4873              |                  |
|                       | 3             | 0.421922              | -21.1685              |                  |
|                       | 4             | -0.422093             | 21.1685               |                  |
| <b>Viga-11</b>        | 1             | 0.421994              | 12.7264               | 1.31             |
|                       | 2             | -7.23635              | 153.732               |                  |
|                       | 3             | 7.23502               | -153.732              |                  |
|                       | 4             | -0.422014             | -12.7263              |                  |
| <b>Viga-12</b>        | 1             | 2.09679               | 5.32435               | 0.89             |
|                       | 2             | -2.09676              | -5.32432              |                  |

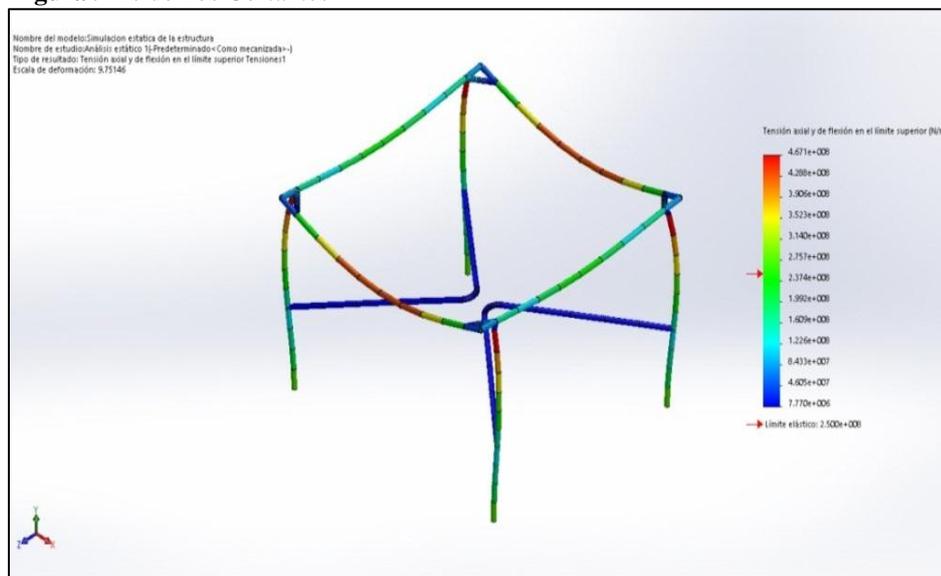
|                |   |           |          |      |
|----------------|---|-----------|----------|------|
| <b>Viga-13</b> | 1 | -0.422162 | 12.7264  | 1.31 |
|                | 2 | 7.24117   | 153.732  |      |
|                | 3 | -7.23985  | -153.732 |      |
|                | 4 | 0.422182  | -12.7263 |      |
| <b>Viga-14</b> | 1 | -2.09676  | -5.32426 | 0.89 |
|                | 2 | 2.0967    | 5.32425  |      |

*Nota:* En los ensayos que se realizó de cada una de las vigas, se aprécialos datos que arroja dando a conocer los momentos y los cortes.

En la tabla 11 se puede determinar que el peso de la estructura es de 9.38 kg de cada una de las vigas que se determinó en la Tabla 10.

En el ensayo de la figura 9 de la estructura de la máquina, se puede apreciar mediante la simulación de termografía en este caso se realiza para determinar el esfuerzo cortante máximo de la máquina es  $4.67112e+008 \text{ N/m}^2$ , utilizando el Programa de Solidwork.

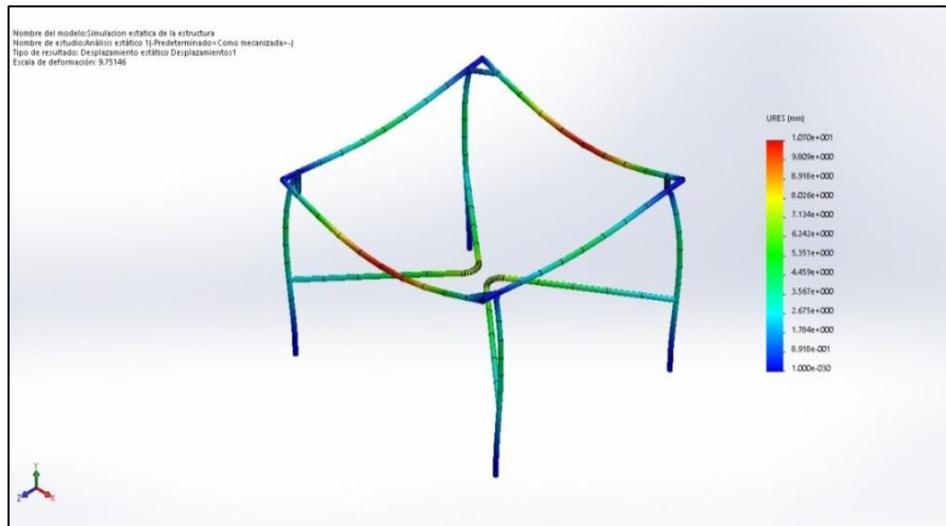
**Figura 9** Esfuerzos Cortantes



**Fuente:** Solidwork (2014)

En el ensayo de esfuerzos resultantes en la figura 10 que consta en la estructura de la máquina. Realizando el respectivo ensayo este arroja que 10.7012 mm es el máximo que puede soportar la estructura.

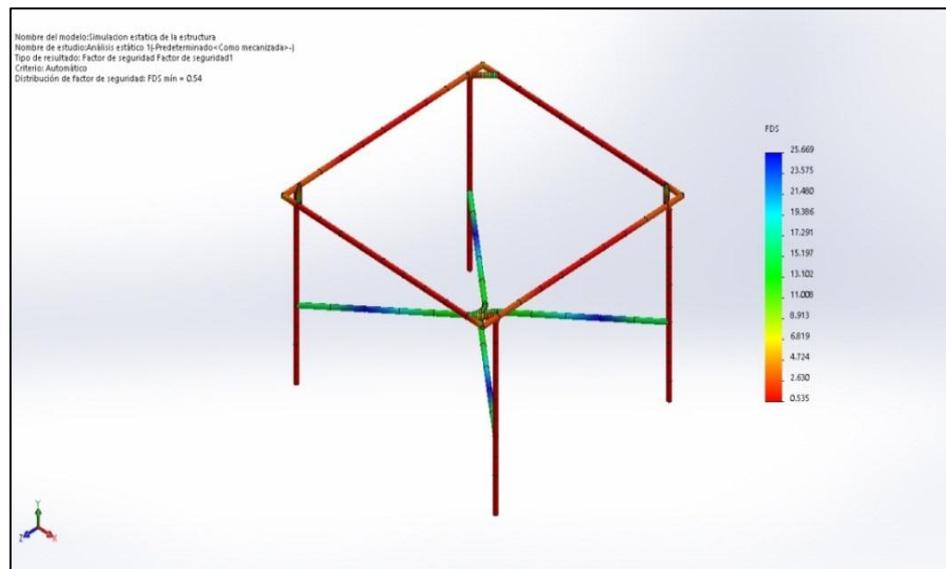
**Figura 10** Desplazamientos Resultantes



Fuente: Solidwork (2014)

El Factor de seguridad en la figura 11 según el ensayo que se realizó indica que tiene la máquina es de 0.54 Utilizando el Programa de Solidwork.

**Figura 11** Factor de Seguridad



Fuente: Solidwork (2014)

### 10.2.2. Diseño del Sistema Eléctrico y Electrónico de la Máquina CNC.

Para el control de movimientos de una máquina CNC es necesario tener en cuenta el espacio en que se moverán los ejes ya que con la ayuda de los motores nema 24 se podrán mover al

gusto que el software y las partes de control deseen ya que para eso se utiliza los programas que ya se ha mencionado anteriormente.

### 10.2.2.1. Potencia de los motores

Como es conocido los actuadores seleccionados para la máquina de corte por plasma son del tipo paso a paso y cumplen exclusivamente la función de traslado de los mecanismos, venciendo únicamente el rozamiento existente de los mismos como se puede ver en la tabla 12. Con la velocidad que se utiliza en la ecuación 3 (8.3.2), es teórica, de tal manera que es recomendado utilizar valores alrededor de los 1500 mm/min, la misma que debe ser calibrada durante las pruebas de funcionamiento de la máquina CNC.

**TABLA 12**

*Cálculos para el Motor*

| Potencia eléctrica del motor     | Potencia eléctrica mínima aceptable del motor | Velocidad de corte                       | Fuerza de corte (F)              |
|----------------------------------|---|--|----------------------------------|
| Utilizando la Ecuación 1 (8.3.2) | Utilizando la Ecuación 2 (8.3.2)              | Utilizando la Ecuación 3 (8.3.2)         | Utilizando la Ecuación 4 (8.3.2) |
| $p_e = \frac{pc}{\eta_e}$        | $p_{ef} = p_e \times fs$                      | $V_c = \frac{\pi \cdot b \cdot n}{1000}$ | $F_c = K \cdot A_c$              |
| $p_e = 0,45 W$                   | $p_{ef} = 0.675 W$                            | $V_c = 15.39 \text{ m/min}$              | $F_c = 2.8 N/m$                  |

*Nota:* Se determina los valores que se obtuvo para la selección de los motores los cuales se determina por la Fuerza cortante.

Los cálculos que se han realizado es para determinar potencia, velocidad y fuerza de un solo motor de tal manera que en la máquina CNC de corte por plasma se necesita tres motores se procede a realizar la suma de sus potencias, las velocidades que en conjunto se tiene y la fuerza de corte con la que se puede trabajar.

### **10.2.2.2 Selección de las tarjetas electrónicas de control.**

El control electrónico en máquinas CNC consta de las siguientes tarjetas:

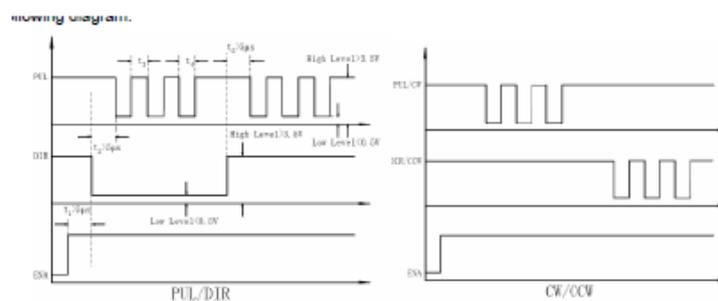
- Tarjeta de interface principal (Breakoutboard).
- Tarjetas controladoras para motores paso a paso (Stepper Drive).

En el caso de la tarjeta de control de la herramienta, hay que especificar que la máquina CNC es para corte con arco de plasma. Esta tarjeta es la que cumple con las características que se requiere como poder manipular manualmente las revoluciones que se necesita para que los motores funcionen con los parámetros propuestos por el grupo de investigación.

Como se muestra en la figura 12 la tarjeta que comanda los motores tienen la siguiente configuración que hace que los motores puedan funcionar acorde las necesidades del proyecto.

**Figura 12** Descripción de los Pines del Driver M542T

| CONFIGURACIÓN DE LOS CONECTORES P1 |   |
|------------------------------------|---|
| Función de Pines                   | Descripción   |
| PUL+                               | <b>Señal de Pulso:</b> En el modo de un solo pulso (pulso/dirección), ésta entrada representa el pulso de la señal, de 4-5V para PULSO ALTO y de 0-0.5V para PULSO BAJO. En el modo doble pulso (pulso/pulso), (CW) esta entrada representa pulsos en sentido horario, se activa tanto a nivel alto y bajo. Para una respuesta confiable, el ancho de pulso debe ser superior a 1.5µs. Conectar resistencias en serie para limitar la corriente límite cuando se use 12V o 24V. |
| PUL-                               |   |
| DIR+                               | <b>Señal DIR:</b> En modo de pulso único, ésta señal tiene niveles de tensión bajo/alto, representando dos direcciones de giro de motor; en modo de doble pulso, estas señales son de pulso anti-horario (CCW), se activa tanto a nivel alto y bajo. Para la respuesta de movimiento confiable y de DIR debe estar por encima de la señal de pulso 5µs por lo menos 4 – 5V cuando DIR está en alto y 0 – 0.5V cuando DIR es bajo  |
| DIR-                               |   |
| ENA+                               | Activar la señal: Esta señal es usada para habilitar/deshabilitar el driver. Nivel alto (señales NPN, PNP), para habilitar el driver y bajo nivel para deshabilitar el driver.  |
| ENA-                               |   |
| CONFIGURACION DE LOS CONECTORES P2 |   |
| Función de Pines                   | Descripción   |
| +Vdc                               | Fuente de alimentación, 20 – 50 VDC, incluyendo fluctuación de voltaje y voltaje EMF.   |
| GND                                | Puesta a tierra.  |
| A+, A-                             | Fase motor A  |
| B+, B-                             | Fase motor B  |



**Fuente:** STEPPERONLINE (2015)

La tarjeta M542T tiene dos conectores, los conectores P1 es para las señales de control y los conectores P2 para las conexiones de la fuente de alimentación y motores como se ve en la Figura 12 cada descripción de cada conector que dispone.

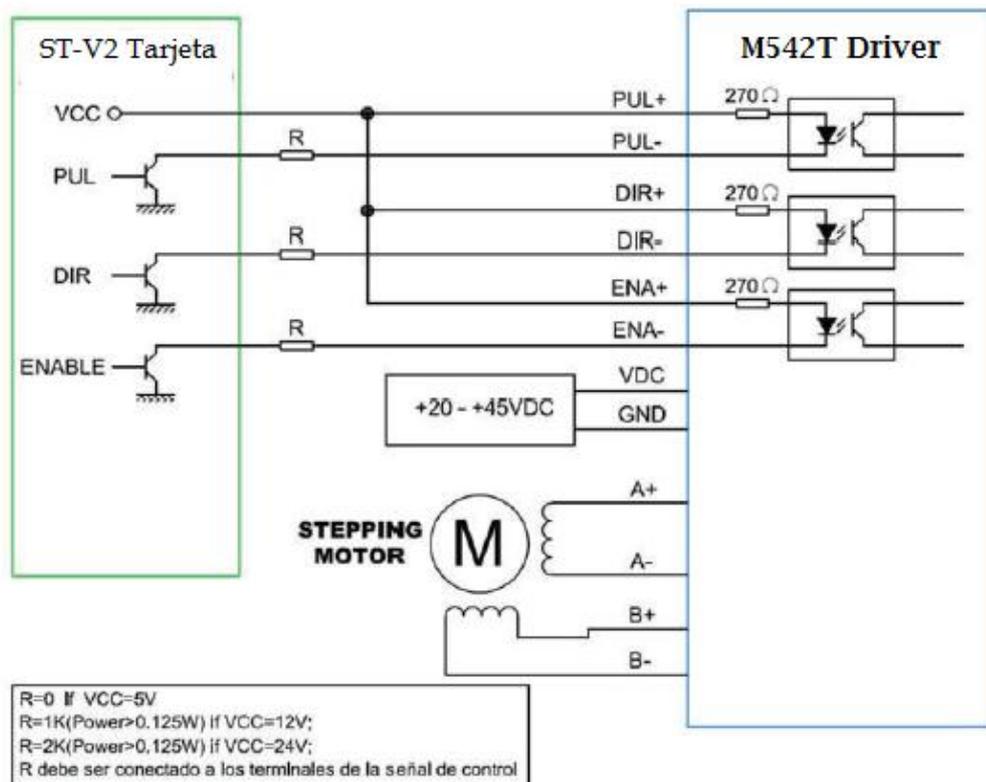
Al escoger el motor nema 24 de la empresa STEPPER ONLINE CO., LTD dispone de los kits que son necesarios acorde el motor así como las tarjetas de los motores y de adquisición

de datos dentro de las cuales existe tres modelos acordes a este motor como se puede observar en la Tabla 2 la cual mediante una diferencia de cada una se determina que se requiere la tarjeta de control de drivers M542T ya que cuenta con especificaciones que se los puede ver en el Anexo C que la hacen idónea para el proyecto de investigación.

### 10.2.2.3 Esquema de conexión de los dispositivos electrónicos

La conexión completa del sistema debe incluir los motores, driver, fuente de alimentación y un controlador como se muestra en la figura 13 es la conexión que se utiliza entre los drivers de los motores de paso a paso con la tarjeta de control y la fuente.

**Figura 13** Esquema de Conexión



Fuente: STEPPERONLINE (2015)

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La máquina de corte por plasma CNC desarrollada, cumple de manera satisfactoria los objetivos planteados en el proceso de investigación de tal manera que se ha logrado implementar un equipo con tecnología local, lo que reduce significativamente el costo del prototipo, sin dejar de lado el aspecto más importante de este tipo de máquinas que es la precisión y la flexibilidad funcional como máquina herramienta.

Las practicas realizadas son de tres tipos de diseños distintos que puede realizar la máquina CNC de corte por plasma el cual se realiza mediante los programas ArtCam Pro, LazyCam, AutoCAD y Mach3 los cuales son de mucha utilidad para eso, el plasma POWERCUT 1250 ESAB tiene los siguientes parámetros con los cuales se requiere que trabaje.

**Tabla 13**

*Velocidad de corte recomendada POWERCUT 1250 ESAB*

| Esesor de metal (mm) | Presión del Aire(psi) | Arco de Corriente o Boquilla (amp) | Velocidad de corte (mm/min) |
|----------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 2                    | 75                    | 40                                 | 3937                        |
| 3                    | 75                    | 40                                 | 2540                        |
| 5                    | 85                    | 50                                 | 2590                        |
| 6                    | 85                    | 50                                 | 1676                        |
| 4                    | 80                    | 70                                 | 4826                        |
| 13                   | 85                    | 70                                 | 762                         |

*Nota:* El proceso de corte de ESAB 1250 con sus diferentes boquillas y la presión del aire nos indica las distintas velocidades que podemos tener al momento de un corte. Adaptado de Cutting Products (2015).

### 11.1. Práctica 1

Para crear el diseño de la pieza o un patrón mediante un software de diseño asistido por computador, en este caso se utilizó ArtCAM Pro como se muestra en la figura 14 que es un diseño de un nombre el cual ha sido que las letras del nombre se hagan unidas y un corte por adentro de la pieza, mediante este programa se va a determinar el tamaño de la pieza, el tipo

de letra, el diseño, la cantidad de aire y los amperios a utilizarse como también el tiempo que la pieza queda ya terminada.

**Figura 14** Diseño Joanne



Fuente: Grupo de Investigación

Para lo cual se utilizó en el diseño del nombre el tipo de letra Bankgothic It bt font con una pieza metálica de 350mm x 130mm y 3mm de espesor, para poner en funcionamiento el plasma se necesita que el aire este entre 75 - 80 psi para 3 mm del espesor del material con una corriente de 30 a 35 Amp, con una boquilla de 40 Amp y el tiempo que se realiza la pieza es de 31 segundos con una velocidad de corte de 2540 mm/min, teniendo en cuenta que el margen de error del corte por el chorro del plasma es de  $\pm 3$ mm.

## 11.2. Práctica 2

El diseño que se va realizar mediante el programa ArtCAM Pro como se muestra en la figura 15 es de igual manera de un equipo de futbol con la diferencia que este diseño se hace las letras separadas para un acabado distinto al anterior y por la misma razón se determinará los parámetros anteriormente mencionados.

**Figura 15** Diseño Liga



Fuente: Grupo de Investigación

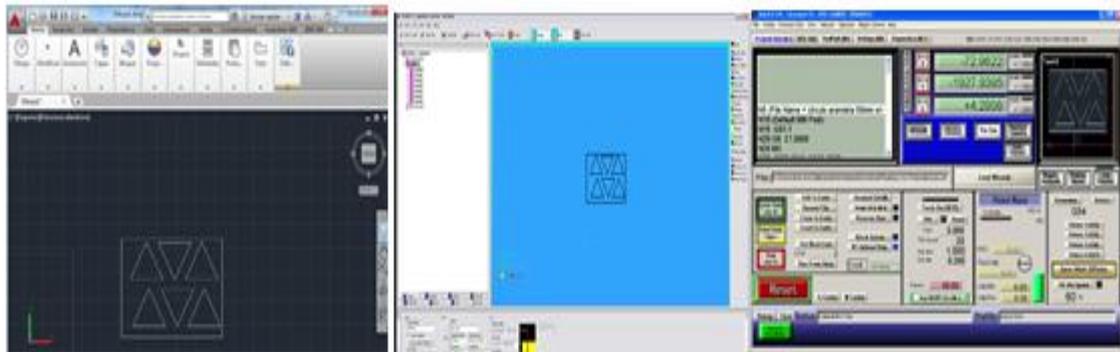
Para este diseño en el programa se utilizó el tipo de letra Arial y una pieza metálica de 350mm x 130mm de 2 mm de espesor, para poner en funcionamiento el plasma se necesita que el aire este entre 75 - 80 psi para 2 mm del espesor del material con una corriente de 30 a 35 Amp, con una boquilla de 40 Amp y el tiempo que se realiza la pieza es de 27 segundos con una velocidad de corte de 3937 mm/min teniendo en cuenta que el margen de error del corte por el chorro del plasma es de  $\pm 3$ mm.

### 11.3. Práctica 3

Para esta prueba se utilizará el AutoCAD, LazyCAM y Mach 3 como se muestra en la figura 16, la misma que deber ser guardada en extensión \*.dxf. El cual dispone de un proceso de optimización de áreas de para utilizar de manera adecuada el material a utilizar y así se aumenta el número de piezas con el comando array o matriz que permite realizar varias copias de un objeto en diferentes maneras, las tres principales son en forma rectangular, eje o camino y en forma circular, este debe estar colocado lo más cercano posible al punto de origen X y Y.

El diseño dependiendo del uso que se le puede dar en el LazyCAM y se puede mejorar la trayectoria al momento del corte y optimizar tiempo, damos clic en “Optimise” y se puede mejorar el diseño.

**Figura 16** Diseño de la pieza patrón en AutoCAD.



Fuente: AutoCAD 2012

Seguidamente se pone la opción Generate G- Code en el Lazy y luego Done, una vez concluida la importación de la superficie a mecanizar, el Mach3 debe generar automáticamente los códigos que servirán como instrucciones para el mecanizado y se procede a ejecutarse la figura que se necesita que se realice.

En la parte superior de la ventana del Mach3, damos un clic en el menú File, ► Import DXF's, se desplegara la ventana DXF Import, ejecutamos Load File ► Abrir, aquí se selecciona el archivo \*.dxf.

Para este diseño en el programa se utilizó el programa AutoCAD y una pieza metálica de 530mm x 350mm de 4 mm de espesor, para poner en funcionamiento el plasma se necesita que el aire este a 80 psi para 4 mm del espesor del material con una corriente de 35 a 40 Amp, con una boquilla de 70 Amp. y el tiempo que se realiza la pieza es de 35 segundos con una velocidad de corte de 4826 mm/min, teniendo en cuenta que el margen de error del corte por el chorro del plasma es de  $\pm 3$ mm.

A través de las prácticas realizadas se determina que la máquina CNC de corte por plasma tiene un margen de error de  $\pm 3$ mm por el chorro del plasma más no por la máquina, con las siguientes características para que se pueda tomar en cuenta y realizar de manera adecuada los diseños como se puede ver en la tabla 14.

**TABLA 14**

*Especificaciones de corte de la máquina.*

| <b>Material</b> | <b>Espesor (mm)</b> | <b>Boquilla del plasma</b> | <b>Amperaje del plasma</b> | <b>Tiempo de ejecución (segundos)</b> |
|-----------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| ASTM A-36       | 2                   | 40 A                       | 25 a 30 A                  | 27                                    |
|                 | 3                   |                            |                            | 31                                    |
|                 | 4                   | 70 A                       | 30 a 40 A                  | 35                                    |

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

## **12. IMPACTOS**

### **12.1 Tecnológicos**

La máquina CNC consta de accionamientos específicos (motores paso a paso), las tarjetas de control y mando y el software de intercomunicación pc-máquina seleccionados son de fácil manejo y ajuste para cualquier tipo de fabricación de una máquina CNC (fresadora, plasma y torno), lo que representó un gran aporte en la fase de implementación del proyecto de investigación.

Los elementos antes mencionados poseen alta calidad y pueden ser acondicionados para cualquier aplicación industrial sin ningún impedimento de tal manera que cumple con los parámetros que se plantearon, reducir el tiempo, mayor número de piezas 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. Véase en el anexo C.

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 que requieren la suavidad de baja velocidad. Véase en el anexo B.

Por último, la etapa de pruebas se logró evidenciar la gran aplicación y como la máquina propuesta redujo el tiempo y se aprovechó la materia prima para que se obtenga más piezas.

### 13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El propósito de esta valoración económica es la de conocer el presupuesto necesario para la construcción de una Máquina CNC de corte por plasma, los gastos que conlleva la adquisición de los materiales y equipos detallados para la implementación de la misma.

Los precios y tipos de materiales para la construcción de la máquina se los recopiló de diferentes distribuidores locales, nacionales y de empresas internacionales tales como: STEPPER ONLINE CO., LTD, INTERMEC, entre otras.

**TABLA 15**

*Presupuesto Total*

| Resultados/Actividades                | Proyecto de Investigación |               |              |               |               |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
|                                       | 1er Bimestre              | 2do Bimestre  | 3er Bimestre | 4to Bimestre  | 5to Bimestre  |
| Búsqueda de Información Bibliográfica | 20.00                     |               |              |               |               |
| Costo de Construcción                 |                           | 500           | 850          | 150           | 300           |
| Compra de Kit CNC                     |                           |               | 1.230        |               |               |
| Gastos Extras                         |                           |               |              |               | 100           |
| Transporte                            |                           |               | 10           | 10            | 20.00         |
| Conectores                            |                           |               |              | 8.00          |               |
| Adaptadores                           |                           |               |              | 5.00          | 20.00         |
| <b>Total</b>                          | <b>20.00</b>              | <b>500.00</b> | <b>2.090</b> | <b>173.00</b> | <b>440.00</b> |

**Total General 3. 223**

*Nota:* Datos de los costos para realizar la máquina de control numérico computarizado de corte por plasma.

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1. 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.
- La implementación de una máquina de control numérico computarizado- CNC de corte por plasma permite tener varios diseños en cuestión de segundos como se pudo determinar en las prácticas realizadas que varían entre los 27 -35 segundos dependiendo de la dificultad del diseño y con espesor del material a utilizar de 2 a 4 mm, lo que indica que mientras que el material aumenta de espesor la velocidad de corte será menor.
- Las prácticas realizadas ayudan a establecer parámetros como la cantidad de aire, el amperaje del plasma, el espesor del material y el tiempo con que la pieza queda terminada para tener un margen de error  $\pm 3\text{mm}$  debido al chorro del plasma al momento del corte de metales.
- 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.

### **14.2. Recomendaciones**

- Si el operario en el caso de realizar cortes sobrepasando el límite de espesor con el que se realizó las prácticas poner 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 con su función.
- 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.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

### 15.1. La bibliografía citada.

Aranzata, C. (2005). *Introducción a la Metodología Experimental*. Mexico: Noriega Editores

Cohen, N. (2003). *Metodología de la Investigación*. Buenos Aires: CIES Estudios Sociologicos .

Conti, F. (2005). *Motores paso a paso*. Editex: Madrid.

Cruz Teruel, F. (2005). *Control Numerico y Programación*. Barcelona: Marcombo S.A.

Calupiña, J; Oña,R. (2012). *Mejoramiento de los parametros de Trabajo para una Máquina de corte por plasma y oxiacetilénica tipo CNC-4000 Marca Hugong Welder*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

De los Arcos, T. I. (2011). *Plasma: El cuarto estado de la materia*. Madrid: CSIC.

García, Andres; Castillo Fernando. (2013). *Comprobación y optimización del programa CNC para el mecanizado por arranque de viruta*. Madrid: IC Editorial.

Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna:materiales, procesos y sistemas*. Mexico: Pearson.

Lajara, Jose; y Pelegrí, Jose. (2011). *LabVIEW entorno gráfico de programación*. Mexico DF.: Marcombo S.A.

Orozco, Roldan, R. (2013). *Trazado, corte y conformado*. Madrid: Paraninfo.

Pascual, G. (2009). *Manual de Psicología Experimental*. Barcelona : Ariel Editorial.

Rodríguez, Francisco; Mejías Fernando y Serrano David. (2013). *Comprobación y optimización del programa CNC para el mecanizado por arranque de viruta*. Madrid: IC Editorial.

Wealleans, D (2001). *The Organizational Measurement*. Burlington: Gower Publishing Company

## **15.2. La bibliografía electrónica**

CNC Manual. (09 de Junio de 2010). *CNC Manual*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de <http://cncmanual.com/mach3-spanish-manual/>

Dpto. de Ingeniería Mecánica. (01 de Febrero de 2001). *Universidad Tecnológica Nacional* . Recuperado el 06 de Agosto de 2015, de <http://www.frlp.utn.edu.ar/mecanica/Materias/CNCMH/ClaseDemo.PDF>

Dpto. de Ingeniería Mecánica. (31 de Agosto de 2012). *Escuela Tecnica Superior de Ingeniería Bilbao* . Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de [http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/737\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/737_ca.pdf)

Jimenez, R. (12 de Mayo de 2013). *Ingeniería de Manufactura*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2016, de <http://materias.fi.uba.ar/7565/U4-control-numericopor-computadora.pdf>

# **ANEXOS**



# CURRÍCULUM VITAE



## **1.- DATOS PERSONALES**

---

NOMBRES Y APELLIDOS: Álvaro Santiago Mullo Quevedo

FECHA DE NACIMIENTO: 1982-10-04

CEDULA DE CIUDADANÍA: 050276854-2

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 098854012

E-MAIL: alsamullo@hotmail.com

## **2.- ESTUDIOS REALIZADOS**

---

NIVEL PRIMARIO: Escuela "Isidro Ayora"

NIVEL SECUNDARIO: Instituto Técnico Superior "Ramón Barba Naranjo"

NIVEL SUPERIOR: Escuela Politécnica del Ejército

NIVEL Post GRADO: Universidad Técnica de Cotopaxi

## **3.- TÍTULOS**

---

TERCER NIVEL: Ingeniero Electromecánico (2007)

CUARTO NIVEL: Magister en Gestión de Energías (2014)

CUARTO NIVEL: Diplomado superior Administración y Gestión de Riesgos (2016)

## **4.- EXPERIENCIA LABORAL**

---

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 2009 – Continúo

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO 2009-2015

IMHOTEPCON CIA. LTDA 2009-2012

REBINDUC 2008 -2009

FAIRIS 2007

## **5.- HABILIDADES**

---

- Diseño, construcción de la Red Eléctrica Trifásica de distribución.
- Manejo del Software ARCGIS.
- Manejo del programa AutoCAD.
- Análisis Eléctricos, Vibraciones y Termografías de Generadores.

-----  
Álvaro Santiago Mullo Quevedo

Ci. 050276854-2



## CURRÍCULUM VITAE



### 1.- DATOS PERSONALES

---

NOMBRES Y APELLIDOS: Mora Martínez Joselyn Gianella

FECHA DE NACIMIENTO: 1993-07-06

CEDULA DE CIUDADANÍA: 050287298-9

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 0995400984

E-MAIL: joselyng\_moram28@hotmail.com

### 2.- ESTUDIOS REALIZADOS

---

NIVEL PRIMARIO: Escuela “Elvira Ortega”

NIVEL SECUNDARIO: Unidad Educativa Experimental Fae N°5”

NIVEL SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

### 4.- EXPERIENCIA LABORAL

---

ELEPCO SA 2016/03/01 - 2016/07/31

KONTROLEC 2015/02/01 - 2015/07/27

### 5.- HABILIDADES

---

- Diseño de Redes Eléctricas de distribución.
- Manejo del Software ARCGIS.
- Manejo del programa AutoCAD.
- Manejo del programa Dialux

-----  
Mora Martínez Joselyn Gianella

Cl. 0502872989



# CURRÍCULUM VITAE



## 1.- DATOS PERSONALES

---

NOMBRES Y APELLIDOS: Villa Morales Marlon Joel

FECHA DE NACIMIENTO: 1992-06-030

CEDULA DE CIUDADANÍA: 172555527-8

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 0995922411

E-MAIL: joel\_villa28@hotmail.com, joel.villa28jv@gmail.com.

## 2.- ESTUDIOS REALIZADOS

---

NIVEL PRIMARIO: "Simón Bolívar"

NIVEL SECUNDARIO: Instituto Técnico Superior "Ramón Barba Naranjo"

NIVEL SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

## 4.- EXPERIENCIA LABORAL

---

IMHOTEP CON CIA. LTDA 2016/03/01 - 2016/07/31

KONTROLEC 2015/02/01 - 2015/07/27

## 5.- HABILIDADES

---

- Diseño de Redes Eléctricas de distribución.
- Manejo del Software ARCGIS.
- Manejo del programa AutoCAD.
- Técnico en Instalaciones Eléctricas
- Manejo de Electricidad del Automóvil.

-----  
Villa Morales Marlon Joel

Cl. 17255527-8

## Nema 24 Stepper Motor

|        |
|--------|
| Rev: A |
| Date:  |

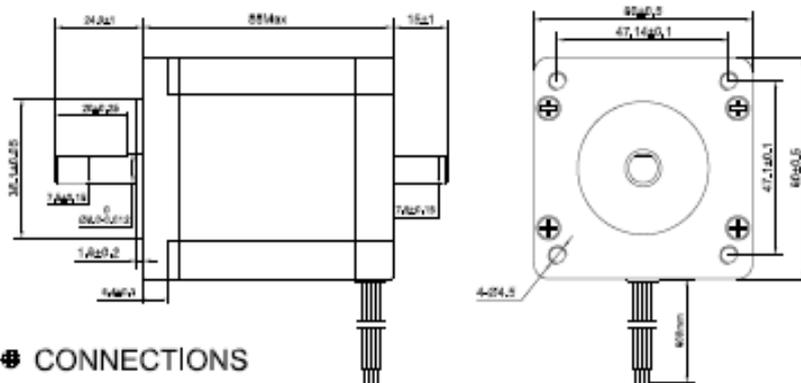
### COMMON RATINGS

|                       |                    |                         |                 |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|
| Step angle :          | 1,8°               | Dielectric strength :   | 500VAC          |
| Positional accuracy : | ±5%                | Insulation resistance : | 100Mohm(500VDC) |
| Number of Phase :     | 2                  | Ambient Temperature :   | -10°C~50°C      |
| Temperature rise :    | 80°C MAX           | Insulation class :      | B               |
| Rotor Inertia :       | 840cm <sup>2</sup> | Weight :                | 1,34Kg          |

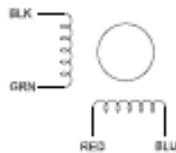
### SPECIFICATIONS

| Holding Torque<br>( 2 phases on )<br>N m | Rated<br>Current/Phase<br>(Amps DC ) | Phase<br>Resistance<br>( ohms ) ±10% | Rated<br>Voltage/Phase<br>( V DC ) | Phase Inductance<br>( mH ) ±20%(1KHz)<br>Typical |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| 3,1                                      | 3,5                                  | 1,1                                  | 3,85                               | 5,6  |

### DIMENSIONS unit=mm



### CONNECTIONS



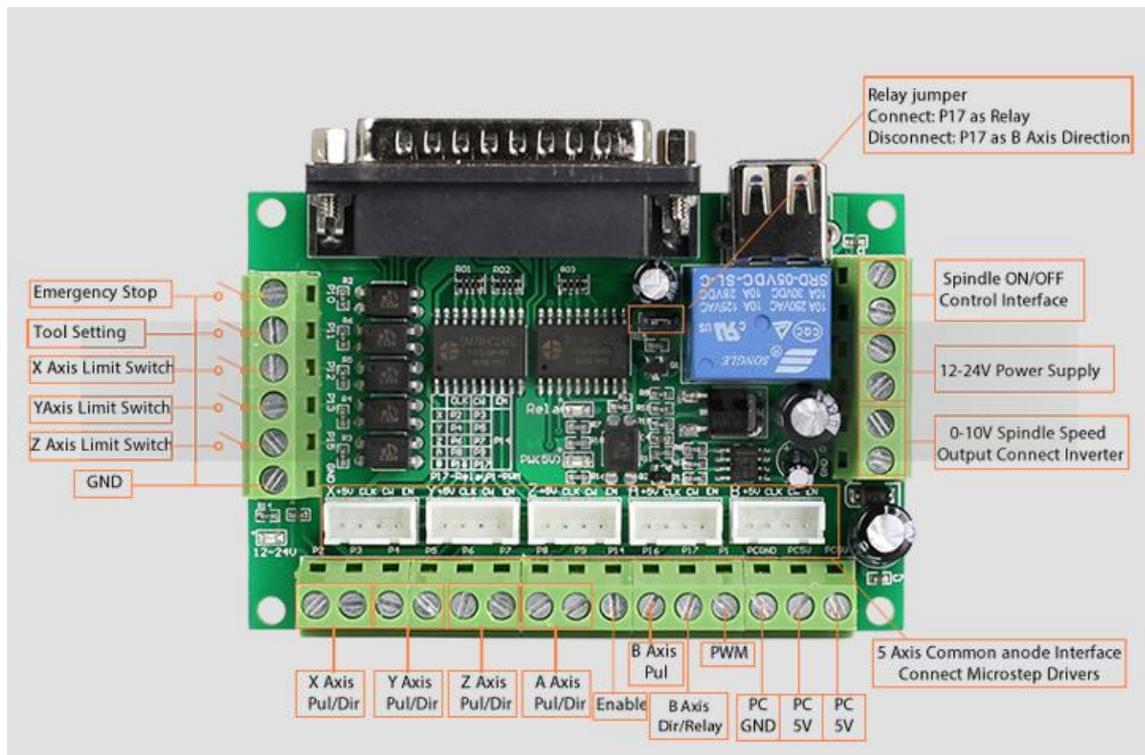
|    |    |    |       |    |              |  |                           |  |
|----|----|----|-------|----|--------------|--|---------------------------|--|
|    |    |    |       |    | 24HS34-3504D |  | 技术规格书                     |  |
| 设计 | 审核 | 分区 | 修改文件号 | 签名 | 日期           |  |                           |  |
| 设计 | 审核 | 分区 | 修改文件号 | 签名 | 日期           |  |                           |  |
|    |    |    |       |    | 阶 段 标 记      |  | 家 量 比 例                   |  |
|    |    |    |       |    | 共 张          |  | 第 张                       |  |
|    |    |    |       |    |              |  | www.OMC-StepperOnline.com |  |

### 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)  |



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

| Parameters            | M542T |         |            | Unit       |
|-----------------------|-------|---------|------------|------------|
|                       | Min   | Typical | Max        |            |
| 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   |         |            | M $\Omega$ |

**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                      |   |

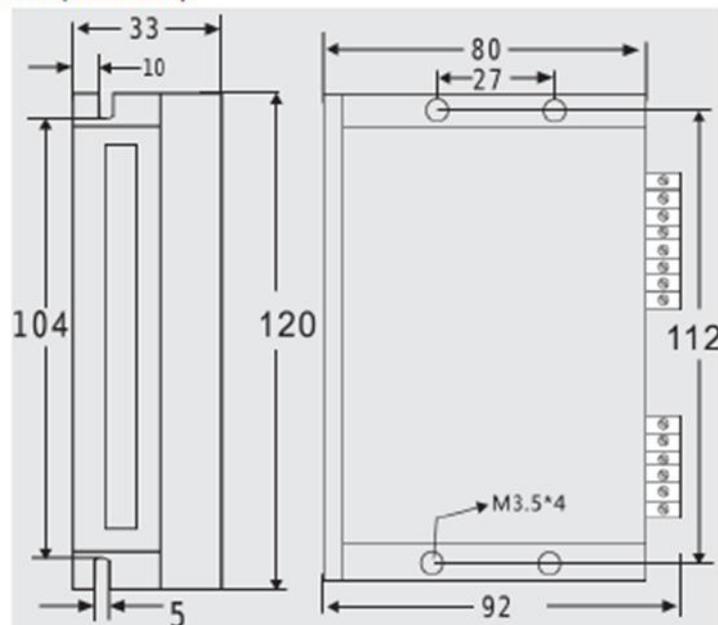
**Mechanical Specifications (unit: mm)**

Figure 1: Mechanical specifications

Connector P1 Configurations

| Pin Function | Details   |
|--------------|---|
| PUL+         | 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 1.5µs. Series connect resistors for current-limiting when +12V or +24V used. The same as DIR and ENA signals.   |
| PUL-         |   |
| DIR+         | 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 5µs 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. |
| DIR-         |   |
| ENA+         | 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. Usually left UNCONNECTED (ENABLED)   |
| ENA-         |   |

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   |

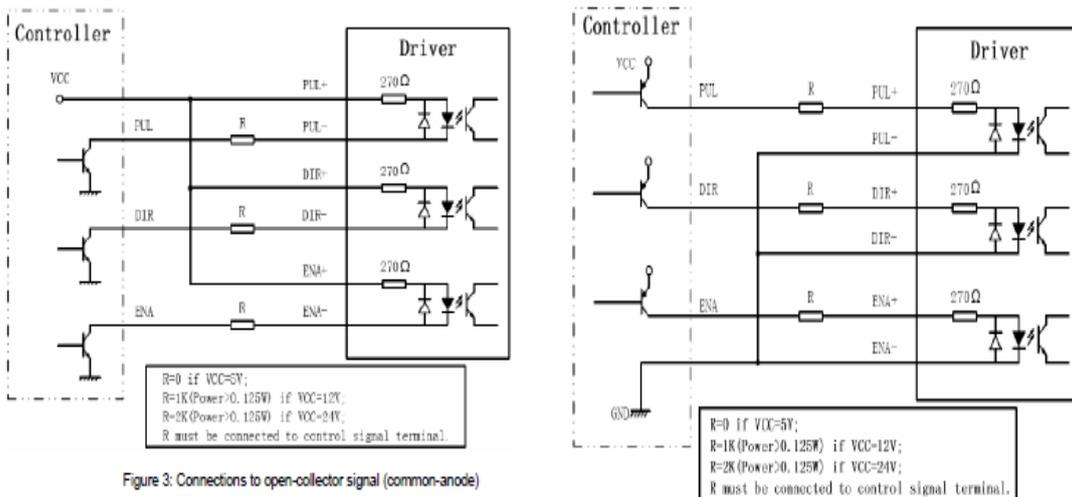


Figure 3: Connections to open-collector signal (common-anode)

**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 |

**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 |

- Stepper Motors
  - Nema 8 Stepper Motors
  - Nema 11 Stepper Motors
  - Nema 14 Stepper Motors
  - Nema 16 Stepper Motors
  - Nema 17 Stepper Motors
  - Nema 23 Stepper Motors
  - Nema 24 Stepper Motors
  - Nema 34 Stepper Motors
  - Nema 42 Stepper Motors
  - 3 Phase Stepper Motors
- .....
- Geared Stepper Motors
- .....
- Linear Stepper Motors
- .....
- Stepper Motor Drivers
- .....
- CNC Router Kits
  - 3 Axis CNC Kits
  - 4 Axis CNC Kits
- .....
- CNC Breakout Boards
- .....
- Power Supplies
- .....
- Shaft Couplings
  - Jaw Couplings
  - Flexible Couplings
  - Rigid Couplings
- .....
- Motor Mounting Brackets
- .....
- Stepper Motor Encoders

Home > Stepper Motors > Nema 24 Stepper Motors > Nema 24 Dual Shaft CNC Stepper Motor 3.5A 3.1Nm(439 oz.in) 24HS34-3504D



**Nema 24 Dual Shaft CNC Stepper Motor 3.5A 3.1Nm(439 oz.in) 24HS34-3504D**



Browse StepperOnline on Mobile



**Description**

This is another popular cnc stepper motor, it with 1.8°step angle (200 steps/revolution). Each phase draws 3.5A, allowing for a holding torque of 3.1Nm(439oz.in). A rear shaft was made for encoder or equals.

**Electrical Specification**

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Manufacturer Part Number | 24HS34-3504D    |
| Motor Type               | Bipolar Stepper |
| Step Angle               | 1.8°            |
| Holding Torque           | 3.1Nm(439oz.in) |
| Rated Current/phase      | 3.5A            |
| Phase Resistance         | 1.1ohms         |
| Recommended Voltage      | 24-48V          |
| Inductance               | 5.6mH±20%(1KHz) |

**Physical Specification**

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Frame Size         | 60 x 60mm |
| Body Length        | 88mm      |
| Shaft Diameter     | φ8mm      |
| Front Shaft Length | 24mm      |
| Rear Shaft Length  | 15mm      |
| D-cut Length       | 20mm      |
| Number of Leads    | 4         |
| Lead Length        | 600mm     |
| Weight             | 1.34kg    |

**Connection**

|                 |       |       |     |      |
|-----------------|-------|-------|-----|------|
| Wire Color      | Black | Green | Red | Blue |
| Board Connector | A     | C     | B   | D    |

**Related Products**

- **Stepper Motor Driver**  
For each stepper motor, it should work with a stepper motor driver, below is a matched stepper motor driver:
  - **ST6600:** Economical stepper driver, Output current 0.60 - 4.0A, Input voltage 12V - 48VDC, Max. step resolution 1/16.
  - **MS42T:** High performance stepper driver, Output current 1.5 - 4.5A, Input voltage 24-60VDC, Max. step resolutions 1/256, Ideal solution for applications that require low-speed smoothness.
  - **MA560H:** High performance stepper driver, Output current 2.6 - 7.20A, Input voltage 24 - 80VAC/36 - 110VDC, Max. step resolutions 1/256.
- **Stepper Motor Power Supply**  
Recommended Driving Voltage is 24 - 48VDC.

**Custom Options**

- **Connectors:** Molex, Harwin, Tyco/AMP, JST etc.
- **Lead wires & cables:** Special lengths, Protective hose
- **Shaft:** Round, D-Cut, Cross drilled, Key-Way, Thread or Hollow

**Resources**

- Full datasheet about 24HS34-3504D: [OSM Datasheet](#)

INTERMEC

www.intermec.com.co

### TABLA DE DIMENSIONES DE LAS CADENAS ANSI SENCILLAS

En pulgadas. El paso figura tanto en pulgadas como en milímetros. Para convertir a milímetros cualquier otra dimensión, multiplíquese por 25.4



| CADENA<br>NUMERO | PASO<br>"P"<br>mm    | DIMENSIONES             |                            |                            |                          |                         | M.    | LIMITE DE<br>ROTURA<br>Lbs. | PESO Lbs.<br>POR PIE<br>30.5 cms. |
|------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------------|
|                  |                      | LARGO<br>RODILLO<br>"W" | DIAMETRO<br>RODILLO<br>"D" | DIAMETRO<br>PASADOR<br>"C" | GRUESO<br>CHAPETA<br>"F" | ANCHO<br>CHAPETA<br>"H" |       |                             |                                   |
| 25               | 1.4" *<br>6.35 mm    | 0.125                   | 0.130                      | 0.0905                     | 0.030                    | 0.234                   | 0.188 | 0.875                       | 0.09                              |
| 35               | 3/8" *<br>9.52 mm    | 0.187                   | 0.200                      | 0.141                      | 0.050                    | 0.350                   | 0.267 | 2.100                       | 0.21                              |
| 40               | 1/2" *<br>12.7 mm    | 0.312                   | 0.312                      | 0.156                      | 0.060                    | 0.466                   | 0.380 | 3.700                       | 0.42                              |
| 50               | 5/8" *<br>15.87 mm   | 0.375                   | 0.400                      | 0.200                      | 0.080                    | 0.584                   | 0.460 | 6.100                       | 0.69                              |
| 60               | 3/4" *<br>19.05 mm   | 0.500                   | 0.468                      | 0.234                      | 0.094                    | 0.700                   | 0.586 | 8.500                       | 1.00                              |
| 80               | 1" *<br>25.4 mm      | 0.625                   | 0.625                      | 0.312                      | 0.125                    | 0.934                   | 0.741 | 14.500                      | 1.71                              |
| 100              | 1 1/4" *<br>31.75 mm | 0.750                   | 0.750                      | 0.375                      | 0.156                    | 1.166                   | 0.923 | 20.000                      | 2.58                              |
| 120              | 1 1/2" *<br>38.10 mm | 1.000                   | 0.875                      | 0.437                      | 0.187                    | 1.400                   | 1.150 | 34.000                      | 3.87                              |
| 140              | 1 3/4" *<br>44.45 mm | 1.000                   | 1.000                      | 0.500                      | 0.219                    | 1.634                   | 1.215 | 46.000                      | 4.95                              |
| 160              | 2" *<br>50.80 mm     | 1.250                   | 1.125                      | 0.562                      | 0.250                    | 1.866                   | 1.451 | 58.000                      | 6.61                              |
| 200              | 2 1/2" *<br>63.50 mm | 1.500                   | 1.562                      | 0.781                      | 0.312                    | 2.250                   | 1.777 | 95.000                      | 10.96                             |
| 240              | 3" *<br>76.20 mm     | 1.875                   | 1.875                      | 0.937                      | 0.375                    | 2.800                   | 2.187 | 130.000                     | 16.50                             |

\* Significa sin rodillos

**NOTA:** Para convertir libras (peso) a kilos, se divide por 2.2. Las transmisiones no se deben calcular con fundamento en el límite de rotura de las cadenas, sino teniendo en cuenta la capacidad de carga de trabajo o la capacidad de transmisión de potencia expresada en HP Véase tablas de transmisión de potencia.



