



## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “AUTOMATIZACIÓN DEL EJE DE COORDENADAS Z DE LA  
CORTADORA DE PLASMA CNC DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ”**

**AUTOR: CISNEROS ACOSTA JOSÉ ESTEBAN**

**DIRECTOR: ING. ERIK PAÚL HERNÁNDEZ MSc.**

**IBARRA – ECUADOR**

**2018**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**

**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>		040121790-6	
<b>APELLIDOS NOMBRES</b>		CISNEROS ACOSTA JOSE ESTEBAN	
<b>DIRECCIÓN</b>		(Pastora Alomia) La Paz- Carchi	
<b>EMAIL</b>		<a href="mailto:jecisnerosa@utn.edu.ec">jecisnerosa@utn.edu.ec</a>	
<b>TELÉFONO FIJO</b>	06- 2979-129	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0985779424

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO</b>	“AUTOMATIZACIÓN DEL EJE DE COORDENADAS Z DE LA CORTADORA DE PLASMA CNC DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”
<b>AUTOR</b>	Cisneros Acosta José Esteban
<b>FECHA</b>	14-febrero-2018
<b>PROGRAMA</b>	PRE GRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
<b>DIRECTOR</b>	Ing. Erik Paúl Hernández MSc.

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, José Esteban Cisneros Acosta con cédula de identidad Nro. 040121790-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros. Ibarra, a los 14 días del mes de febrero del 2018.

AUTOR:

Firma: .....

Nombre: José Esteban Cisneros Acosta

Cédula: 040121790-6



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, José Esteban Cisneros Acosta con cédula de identidad Nro. **040121790-6**, manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“AUTOMATIZACIÓN DEL EJE DE COORDENADAS Z DE LA CORTADORA DE PLASMA CNC DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”** que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 14 días del mes de febrero del 2018.

Firma: 

Nombre: José Esteban Cisneros Acosta

Cédula: 040121790-6

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor: José Esteban Cisneros Acosta, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Atentamente:



---

Ing. Erik Paúl Hernández Msc.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **DEDICATORIA**

Dedicado a la memoria de Marcia Estela Acosta Narvaez, una mujer que a pesar de las circunstancias de la vida nunca perdió la fe.

José Esteban Cisneros Acosta.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios por haberme guiado, protegido y bendecido durante este trayecto de superación, como también extiendo un enorme agradecimiento a mi madre Nubia Cisneros, por la paciencia y fe puesta en mí, de igual manera a mi hermano Mateo Estévez y a mi padre José Cisneros Erazo, gracias por comprenderme en mis malos momentos, al mismo tiempo un muchas gracias y un Dios les pague a la familia Cisneros Quelal y Cisneros Cadena.

Sin dejar pasar por alto extiendo un agradecimiento a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, Coordinador Ing. Carlos Segovia, Director Ing. Erik Paúl Hernández y Asesores de trabajo de grado Ing. Carlos Mafla, Ing. Ignacio Benavidez e Ing. Edwin Arroyo gracias por esa ardua labor educativa, por la amistad y confianza brindada.

José Esteban Cisneros Acosta.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁG.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XX</b>
<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.	2
1.3 Formulación del problema.	2
1.4 Delimitación.	2
1.4.1 Temporal.	2
1.4.2 Espacial.	2
1.5 Objetivos.	2
1.5.1 Objetivo General.	2
1.5.2 Objetivos Específicos.	3
1.6 Justificación.	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
2.1 Maquinas-herramientas.	5
2.2 Máquinas-herramientas tipo común.	5
2.2.1 Máquinas-herramientas sin eliminación de viruta.	5
2.2.2 Máquinas-herramientas con eliminación de viruta.	6
2.3 Máquinas-herramientas tipo estándar.	6
2.3.1 Con movimiento circular.	6
2.3.1.1 Proceso de torneado.	6
2.3.1.2 Proceso de fresado.	7
2.3.1.3 Proceso de taladrado.	8
2.3.2 Con movimiento rectilíneo.	9
2.3.2.1 Proceso de Limado.	9
2.4 Máquinas-herramientas de tipo nueva generación.	10
2.4.1 Corte por rayo láser.	10
2.4.2 Corte por ultrasonido.	10
2.4.3 Corte por arco de electrodo carbono más CAC-A.	11
2.4.4 Corte por haz de electrones.	12
2.4.5 Corte por plasma.	13
2.4.5.1 Técnica de arco plasma.	13
2.4.5.2 Sistema de corte por plasma de alta definición.	14
2.4.5.3 Sistema de corte aire-oxígeno.	14
2.4.5.4 Equipos de corte aire-aire.	15
2.4.5.5 Parámetros fundamentales del plasma.	15
2.4.5.6 Velocidad de corte.	15
2.4.5.7 Pieza de tierra.	15
2.4.5.8 Fuente de energía.	16
2.4.5.9 Distribuidor de gas.	16
2.4.5.10 Generador de alta frecuencia.	16
2.4.5.11 Boquilla mecanizada o antorcha.	17



2.5	Controlador de altura de la antorcha.	17
2.6	Máquinas multitareas.	17
2.7	Máquinas de corte y conformado.	18
2.8	Sistema de mecanismos.	18
2.8.1	Mecanismo tipo carro portátil.	18
2.8.2	Mecanismo tipo cantiléver o voladizo.	19
2.8.3	Mecanismo tipo Gantry o pórtico.	19
2.8.4	Mecanismo brazo robótico.	20
2.8.5	Mecanismo mesa de aspiración.	20
2.8.6	Mecanismo mesa de agua.	21
2.9	Sistema de transmisión de máquinas herramienta.	21
2.9.1	Estabilidad de movimiento bajo carga.	21
2.9.2	Correderas y guías.	21
2.9.2.1	Material.	22
2.9.2.2	Presión.	22
2.9.2.3	Acabado superficial.	23
2.9.3	Husillos y rodamientos.	23
2.10	Control numérico (CN).	23
2.10.1	Máquina de Turing.	23
2.10.2	Control numérico computarizado (CNC).	23
2.10.3	Tipos de control.	24
2.10.3.1	Control punto a punto.	24
2.10.3.2	Control paraxial.	24
2.10.3.3	Control interpolar o continuo.	25
2.11	Programación.	25
2.11.1	Programación según el tipo de estructura.	25
2.11.1.1	Programación estructural.	25
2.11.1.2	Programación abierta.	26
2.12	Introducción de datos en programación.	26
2.12.1	Programación estándar.	26
2.12.2	Programación conversacional.	26
2.12.3	Programación mixta.	26
2.12.4	Sistema de escritura de programación.	26
2.12.5	Programación manual desde el ordenador.	27
2.12.6	Programación del maquinado por CN.	27
2.12.7	Realización con sistema CAM.	27
2.13	Comunicación gráfica.	27
2.13.1	Comunicación de diseño.	28
2.13.2	Diseño.	28
2.13.3	Diseño en ingeniería.	28
2.13.4	Diseño preliminar.	28
2.13.5	Diseño asistido por computador.	28
2.13.6	CAD, CAM Y CIMS.	29
2.14	Reconocimiento en la industria.	29
2.15	Manufactura.	29

2.15.1	Sistema de manufactura.	29
2.15.1.1	Tipo serie 5m.	29
2.15.1.2	Tipo serie 5s.	30
2.16	Automatización.	31
2.16.1	Automatización industrial.	31
2.16.2	Automatización de máquinas.	31
2.16.3	Efecto de automatización.	31
2.17	Clasificación de máquinas automatizadas.	31
2.17.1	Máquinas automatizadas por depósito.	31
2.17.2	Máquinas automatizadas de barra.	32
2.17.3	Máquinas automatizadas mono husillo.	33
2.17.4	Máquinas automatizadas multi-husillos.	33
2.17.5	Máquinas automáticas de transferencia.	34
2.17.6	Cortadoras automatizadas.	34
2.18	Identificación de referencia.	35
2.19	Normativa y lenguaje de máquinas.	35
2.19.1	Norma IEC 61131, un autómata programable.	35
2.19.2	Estándar ISO.	35
<b>3.</b>	<b>PROPUESTA</b>	<b>37</b>
3.1	Fundamentacion tecnologica.	37
3.2	Diseño.	38
3.2.1	Diseño de la estructura mecánica.	38
3.2.2	Razón del diseño.	39
3.2.3	Selección del tipo de diente del tornillo y tuerca.	39
3.2.4	Cálculo del tornillo y tuerca.	40
3.2.4.1	Torque para subir la carga.	41
3.2.4.2	Torque para bajar la carga.	41
3.3	Simulación y construcción del eje de coordenada Z.	42
3.3.1	Base superior e inferior.	42
3.3.2	Bocines de guía o riel.	43
3.3.3	Comprobación guías de alojamiento de base móvil.	43
3.3.4	Montaje del sistema portante de la antorcha de corte.	44
3.3.5	Terminación de ensambles.	44
3.4	Selección de equipos.	45
3.4.1	Generador de movimiento.	45
3.4.1.1	Comparación de Generadores de Movimiento Rotacional.	45
3.4.1.2	Datos técnicos de un motor paso a paso.	46
3.4.2	Tarjeta electrónica.	47
3.4.2.1	Selección de tarjeta electrónica.	47
3.4.3	Dispositivo del control de altura de la antorcha.	48
3.4.3.1	Selección del dispositivo de control de altura de la antorcha.	48
3.5	Equipos seleccionados.	49
3.6	Programación de software Mach3	50
3.6.1	Programación de medidas originarias.	50
3.6.1.1	Proceso de configuración de medidas originarias	50

3.6.2	Programación de puertos y pines.	52
3.6.2.1	Proceso de configuración de puertos y pines.	52
3.6.3	Programación de motores.	56
3.6.3.1	Proceso de configuración de motores.	56
3.6.4	Programación para el control de altura de la antorcha de corte.	58
3.6.4.1	Proceso de configuración del dispositivo THC.	58
3.6.5	Control de límites.	60
3.7	Programación en software ArtCam.	60
3.7.1	Programación de seguridad.	60
3.7.2	Orden de Perfilado.	61
3.8	Programación de automatización.	62
3.8.1	Códigos base.	62
3.8.2	Automatización de encendido y apagado de la antorcha de corte.	63
3.8.3	Automatización en códigos generados.	63
3.8	Configuración de la unidad de control de altura.	64
3.9	Exposición concluyente.	64
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>67</b>
4.1	Resultado de automatización.	67
4.1.1	Aplicaciones recomendadas.	68
4.2	Seguridad en la automatización del eje de coordenada Z.	69
4.3	Reconocimiento de elementos.	69
4.3.1	Controladores en el panel exterior.	69
4.3.2	Controladores en el panel interior.	70
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>71</b>
5.1	Conclusiones	71
5.2	Recomendaciones.	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA NÚM.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
3.1	Selección de tipo de paso para tornillo y tuerca	40
3.2	Criterio y apreciación	45
3.3	Comparativo de generadores de movimiento rotacional	45
3.4	Comparativo de tarjetas de control de movimientos	47
3.5	Comparativo de interpretadores de automatización	49
3.6	Unidades seleccionadas	50
3.7	Códigos de programación x axis	54
3.8	Códigos de programación y axis	54
3.9	Códigos de programación z axis	54
3.10	Códigos para x axis motor	57
3.11	Códigos para y axis motor	57
3.12	Códigos para z axis motor	57
3.13	Códigos thc on	59
3.14	Códigos thc up	59
3.15	Códigos thc down	59
3.16	Controladores limitantes de ejes x y	60
3.17	Códigos base	62
3.18	Códigos de automatización	63
3.19	Datos técnicos utilizados en el equipo	65
4.1	Aplicaciones recomendadas	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
2.1	Sin eliminación de viruta	5
2.2	Con eliminación de viruta	6
2.3	Proceso de torneado	7
2.4	Fresadora frontal y tangencial	7
2.5	Taladrado.	8
2.6	Corte por plasma	13
2.7	Pinza de tierra	15
2.8	Fuente de energía	16
2.9	Controlador de altura de la antorcha	17
2.10	Mecanismo tipo carro portátil	18
2.11	Mecanismo tipo cantiléver o voladizo	19
2.12	Mecanismo tipo Gantry o pórtico	19
2.13	Mecanismo brazo robótico	20
2.14	Mecanismo mesa de agua	21
2.15	Control punto a punto	24
2.16	Control paraxial	24
2.17	Control interpolar o continuo	25
2.18	Manufactura	30
2.19	Máquinas automatizas por depósito	32
2.20	Máquinas automatizas por barra	32
2.21	Máquinas automatizas mono husillo.	33
2.22	Máquinas automatizas multi-husillos	33
2.23	Máquina automatiza de transferencia	34
2.24	Cortadoras automatizada	34
2.25	Identificación de referencia	35
3.1	Desglose de elementos estructurales mecanismo de coordenada Z	38
3.2	Razón de diseño	39
3.3	Diámetros y áreas de roscas	40
3.4	Material de base superior, móvil e inferior	42
3.5	Ensamble de base superior e inferior y guías	42
3.6	Ensamble de bocín	43
3.7	Ensamble de guías	43
3.8	Sistema portante de la antorcha de corte	44
3.9	Culminación de ensambles y montaje	44
3.10	Motor eléctrico paso a paso nema 23	46
3.11	Tarjeta electrónica	48
3.12	Icono mach3	50
3.13	Selección de perfil	51
3.14	Selección “selec native units”	51
3.15	Selección de medidas	52
3.16	Selección de configuración	53

3.17	Selección “motor outputs”	53
3.18	Selección “axis”	54
3.19	Selección “input signals”	55
3.20	Activación 1, 2, 3	55
3.21	Selección de configuración	56
3.22	Y axis motor movement profile	57
3.23	Selección de configuración	58
3.24	Marcación thc on, thc up, thc down	59
3.25	Seguridad de perfilado	59
3.26	Orden de perfilado	60
3.27	Asignación de guardado	63
3.28	Códigos generados	64
3.29	Configuración THC 150	64
4.1	Controladores de panel exterior	66
4.2	Controladores de panel interior	67
AI.1	Plano de diseño base superior	73
AI.2	Plano de diseño base inferior	73
AI.3	Plano de diseño base móvil	74
AI.4	Plano de diseño porta antorcha	74
AI.5	Plano de diseño bocines	75
AI.6	Plano de diseño guías	75
AII.1	Instructivo 1 THC	76
AII.2	Instructivo 2 THC	77
AII.3	Instructivo 3 THC	77
AII.4	Instructivo 4 THC	78
AII.5	Instructivo 5 THC	79
AII.6	Instructivo 6 THC	80
AII.7	Instructivo 7 THC	80
AII.8	Instructivo 8 THC	81
AII.9	Instructivo 9 THC	82
AII.10	Instructivo 10 THC	82
AII.11	Instructivo 11 THC	83
AIII.1	Equipo de protección personal	84
AIII.2	Señalética	84
AIV.1	Códigos "G" "M"	85
AV.1	Guía de proceso 1	86
AV.2	Guía de proceso 2	87
AV.3	Guía de proceso 3	88
AV.4	Guía de proceso 4	89
AV.5	Guía de proceso 5	90
AV.6	Guía de proceso 6	91
AV.7	Guía de proceso 7	92
AV.8	Guía de proceso 8	93
AV.9	Guía de proceso 9	94
AV.10	Guía de proceso 10	95

AV.11	Guía de proceso 11	96
AVI.1	Modificación en la cortadora por plasma 1	97
AVI.2	Modificación en la cortadora por plasma 2	97
AVI.1	Traslado de la cortadora por plasma 1	98
AVI.2	Traslado de la cortadora por plasma 2	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
<b>NÚM.</b>		
1	Planos de construcción del eje de coordenada Z	75
2	Seguridades THC	76
3	Equipo de protección personal y señáletica	84
4	Códigos "G" "M"	85
5	Guía de proceso	86
6	Modificación y traslado de la cortadora por plasma	97



## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN NÚM.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
1	Torque para subir la carga	39
2	Torque para bajar la carga	39

## Resumen

La presente investigación se encuentra directamente enlazada a la implementación del eje de coordenada Z de la máquina cortadora por plasma, basándose en investigación de diseño, construcción, programación y automatización del mismo, el cual se ha caracterizado en la mejora de procesos de mecanización e incrementación de la vida útil de los consumibles, reduciendo la afectación térmica producida en el material, destacando al posicionamiento de control de altura entre la antorcha de corte y el material, como también la disminución de incidentes o accidentes dirigidos directamente al operador. La aportación en el área mecánico industrial permite la vinculación de procesos de mecanización con aplicación de máquinas-herramientas automatizadas, por ende se ha generado de esta manera el aporte hacia el desempeño de la manufactura en la práctica pre-profesional, como el establecimiento de técnicas en procesos informáticos a optimizar los recursos. Este proyecto se ejecutó de manera investigativa en afinidad a los diferentes tipos de mecanismos existentes actualmente mismos que son utilizados en máquinas de corte por plasma, acogiendo de manera óptima al tipo de mecanismos apropiado para ser implementado. La automatización se logró a través de la intervención informática, la cual permite libre y manipulable el conocimiento de códigos algorítmicos los cuales acceden a la automatización mediante introducción de datos programables, con lo cual permite enlazar el software del ordenador, interfaz, actuadores de movimiento y generador de plasma, con el fin de establecer trayectorias de corte, como también la ignición y el apagado del efecto plasma, evitando la intervención directa manipulable por el operador en el eje de coordenada Z durante la mecanización lo que permite exponer una mejor calidad, precisión y presentación sin dejar pasar por alto la prolongación de la vida útil de los consumibles internos encontrados en la antorcha de corte.

## **Abstract**

The present investigation is directly linked to the implementation of the Z coordinate axis of the plasma cutting machine, based on design, construction, programming and automatization on research, which has been characterized in the improvement of mechanization and increase processes of the useful life of the consumables, reducing the thermal impact produced in the material, highlighting the positioning of height control between the cutting torch and the material, as well as the reduction of incidents or accidents directed directly to the operator. The contribution in the mechanical industrial area allows the linking of mechanization processes with the application of automated machine tools, therefore, the contribution to the performance of manufacturing has been generated in pre-professional practice, such as the establishment of techniques in computer processes to optimize resources. This project was executed in an investigative way in affinity to the different types of existing mechanisms that are currently used in plasma cutting machines, accepting in an optimal way the type of mechanisms appropriate to be implemented. The automatization on was achieved through computer intervention, which allows free and manipulable the knowledge of algorithmic codes which access automatization on the introduction of programmable data, and this allows linking the computer software, interface, motion actuators and generator of plasma, in order to establish cutting trajectories, as well as the ignition and shutdown of the plasma effect, avoiding direct intervention manipulated by the operator in the Z coordinate axis during machining, which allows to expose a better quality, precision and presentation without ignoring the prolongation of the useful life of the internal consumables found in the cutting torch.

## Introducción

La importancia de máquinas herramientas automatizadas implica a la investigación de nuevas tendencias tecnológicas utilizadas en el campo industrial automotriz, relacionando la eficiencia de productividad, empleo y manejo de maquinaria, tanto en procesos automáticos como en manufactura.

El objetivo principal en este proyecto es exponer la tendencia tecnológica actual como el control de altura de la antorcha de corte por plasma, mediante sistemas integrados de manera informática los cuales permitan la conducción de mecanismos para desenvolver trayectorias ante el proceso de mecanización. El desarrollo de marco teórico aborda temas como tipos de mecanización y tipos mecanismos utilizados en la aplicación de corte por plasma, seguido de un proceso de metodología estructural el cual permite extender este proyecto, destacándose a un proceso de comunicación gráfica, (CAD/CAM), programación, manufactura, automatización y normas en máquinas.

El desarrollo de la propuesta se encuentra dirigido a la automatización del eje de coordenada "Z", siendo éste el controlador de altura. Mecanismo actuante para mantenerse una distancia entre la antorcha de corte y el material a ser mecanizado mismo que es el encargado de relevar la manipulación del operador con lo que se disminuye el lapso de tiempo a la mecanización como también el índice de riesgos ante accidentes o incidentes laborales de manera que permite optimización de recursos. La incorporación de microprocesadores en máquinas herramientas es destaca a la eficacia de su implementación, demostrando que el lenguaje asociado a códigos algorítmicos ("G" y "M") permiten desarrollar diseños y la interpretación de trayectorias.

La culminación de resultados se caracteriza por el óptimo desempeño del mecanismo actuante para el control de altura entre la antorcha de corte y el material como también una mejor exposición de calidad ante la mecanización.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

#### 1.1 Antecedentes.

El desarrollo industrial que se ha producido por diferentes países en los últimos años muestra el resultado de la innovación tecnológica, la puesta en práctica de nuevos conceptos y tendencias, además de generar competitividad y productividad en el área.

En la actualidad el área del campo industrial presenta diferentes tipos de mecanizado, mismos que determinan procesos de: construcción, ensamblaje y reparación de elementos metal-mecánicos industriales, reduciendo en gran medida un coste económico, tiempo de fabricación y reducción del índice de riesgo laboral.

Si bien el proceso de corte por plasma se viene empleando comercialmente desde hace medio siglo, cabe destacar que los mayores logros de ingeniería que han contribuido a mejorar su rendimiento se han producido en los últimos 15 años, tendencia que aún continúa (De máquinas y herramientas, 2015, pág. 1).

En el proceso de formación de plasma implica un chorro de gas ionizado de alta velocidad lo que representa a una mezcla de núcleos cargados positivamente y numerosas partículas autónomas, las cuales se encuentran en disposición de conducir electricidad, misma que es la actuante para atacar al material a mecanizar sin la necesidad de formar un precalentamiento, (Teodoro, 2016, pág. 35).

El control numérico computarizado industrial, cuenta con la formación de códigos algorítmicos generados desde un ordenador el mismo que está diseñado para ser robusto, resistir un uso a largo plazo en entornos sucios, difíciles y con mucho ruido eléctrico. La automatización y el control de procesos es un sistema de electro-mecanización, desarrollado en el área industrial con el fin de reducir y simplificar la mano de obra, acrecentando procesos rápidos, eficientes y de calidad en productos con alta tendencia de exactitud en mecanización (Cruz Teruel F. , 2011, pág. 1).

## **1.2 Planteamiento del problema.**

El sistema de corte por plasma y control numérico computarizado que se encuentra actualmente en los talleres de soldadura de la Universidad Técnica del Norte, el eje de coordenada Z es dirigido manualmente, para control de altura de la antorcha, el operador debe diseñar y controlar el corte por etapas, realizando el diseño parte por parte, desde el perímetro interior y finalizando en el perímetro exterior, cada diseño a ser mecanizado toma un lapso de tiempo suspendido en la culminación del elemento.

## **1.3 Formulación del problema.**

¿Cómo automatizar el eje de coordenadas Z de la cortadora de plasma CNC de la carrera de Ingeniería Automotriz?

## **1.4 Delimitación.**

### **1.4.1 Temporal.**

El presente trabajo de grado se realizó desde el mes de marzo 2017, hasta febrero 2018.

### **1.4.2 Espacial.**

El proyecto será implementado en los talleres de soldadura de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte en la ciudad de Ibarra.

## **1.5 Objetivos.**

### **1.5.1 Objetivo General.**

Automatizar el eje de coordenadas Z de la cortadora de plasma CNC de la carrera de Ingeniería Automotriz.

### **1.5.2 Objetivos Específicos.**

- Definir el diseño apropiado del mecanismo que controlara el eje de coordenada Z.
- Identificar la unidad de control idónea para el posicionamiento de altura de la antorcha.
- Implementar el control de procesos de trabajo a la cortadora de plasma CNC.
- Evaluar el corte de materiales sin la automatización y con la automatización del eje de coordenada Z.

### **1.6 Justificación.**

La competitividad involucrada dentro del área técnica cada vez eleva su estándar de exigencia, lo que ha generado el uso de tecnología y sus aplicaciones se tornen en un procedimiento habitual de fortalecer los niveles de conocimiento técnico, práctico y teórico, con el objetivo de formar parte importante en la formación del profesionalismo capaz de operar procesos y lograr la adaptación a tendencias futuristas.

El área automotriz no solamente se vincula con motores autopropulsados o motores estacionarios sino que también enfrentan procesos de investigación e innovación al estudio tecnológico, es así que se convierte en una de las ramas más importantes a nivel mundial, lo que permite que la aplicación de procesos se vuelvan de manera automatizada desde diseños, mecanizaciones, moldeados, bases conceptuales, soldaduras, ensamblajes y hasta pintura. El tiempo y desarrollo de la tecnología aplicada en la automatización industrial, mecánica, electrónica, neumática e hidráulica ayuden a la mejora de productividad y eficiencia en diferentes áreas.

La automatización en el sistema de corte por plasma con control numérico computarizado es una contribución al desarrollo científico, tecnológico e investigativo con lo que aporta conocimiento a estudiantes involucrados en adquirir experiencia de manejo, al mismo tiempo una destreza de control en mecanización y el aporte a la

Universidad Técnica del Norte con el equipo de apoyo al aprendizaje superior, teórico-práctico, dirigido en asignaturas de la carrera de Ingeniería en Manteniendo Automotriz, con el fin de mantener procesos vanguardistas de calidad y actualización.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Maquinas-herramientas.

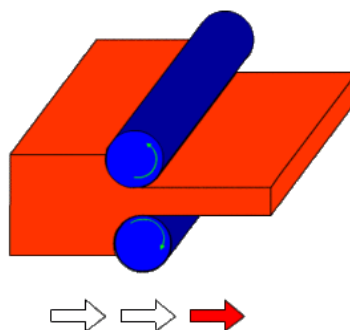
Las máquinas-herramientas, aparatos y montajes están formados por la reunión de piezas tales como, pernos, ejes manguitos, discos, ruedas, tornillos, placas, armazones y carcazas. Estas diversas piezas obtienen su forma mediante fundición, forja, laminado, estirado, corte de barras y de planchas, y, sobre todo arranque de viruta. Para que las piezas sean utilizables tienen que ser obtenidas con una cierta exactitud de medidas (precisión) y una determinada calidad superficial (por ejemplo, la superficie será más o menos lisa) (Gerling, 1964, pág. 3).

#### 2.2 Máquinas-herramientas tipo común.

Las máquinas-herramientas por lo general son máquinas de potencia para corte o conformación de metales que se utiliza para dar forma a metales mediante: La eliminación de virutas, prensado, estirado o corte, maquinado eléctrico controlado (Krar, Gill, & Smid, 2009, pág. 125).

##### 2.2.1 Máquinas-herramientas sin eliminación de viruta.

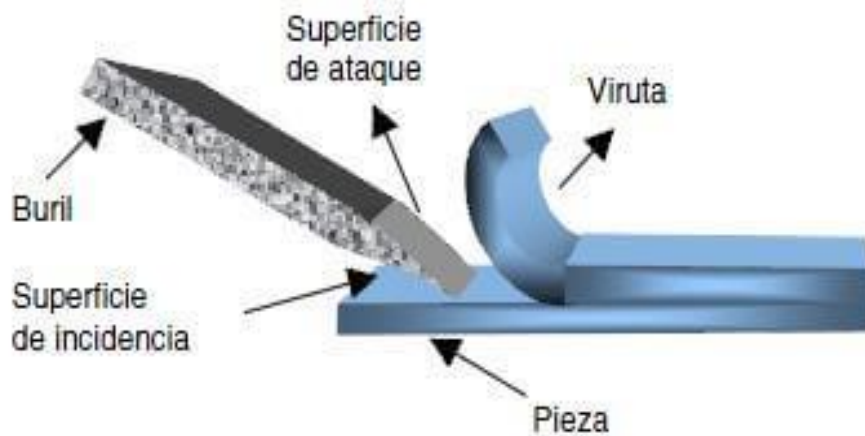
Es un proceso de fabricación de dispositivos mecánicos a través de la compresión de polvos y otros elementos, se necesita una prensa para comprimir los polvos, la compresión puede ser en frío o en caliente (Moreno & Guillermo, 2012, pág. 1).



**Figura 2.1** Sin eliminación de viruta  
(López de Ponce, 2015, pág. 142)

### 2.2.2 Máquinas-herramientas con eliminación de viruta.

El arranque de viruta o partículas se realiza mediante la penetración de una herramienta, cuyo material es de mayor dureza que el de la pieza a cortar, este enclavamiento ocurre mientras se efectúa el movimiento rotativo entre la pieza a trabajar y la herramienta de corte (Napoles & Salueña, 2014, pág. 161).



**Figura 2.2** Con eliminación de viruta  
(Cruz Teruel F. , 2011, pág. 1)

## 2.3 Máquinas-herramientas tipo estándar.

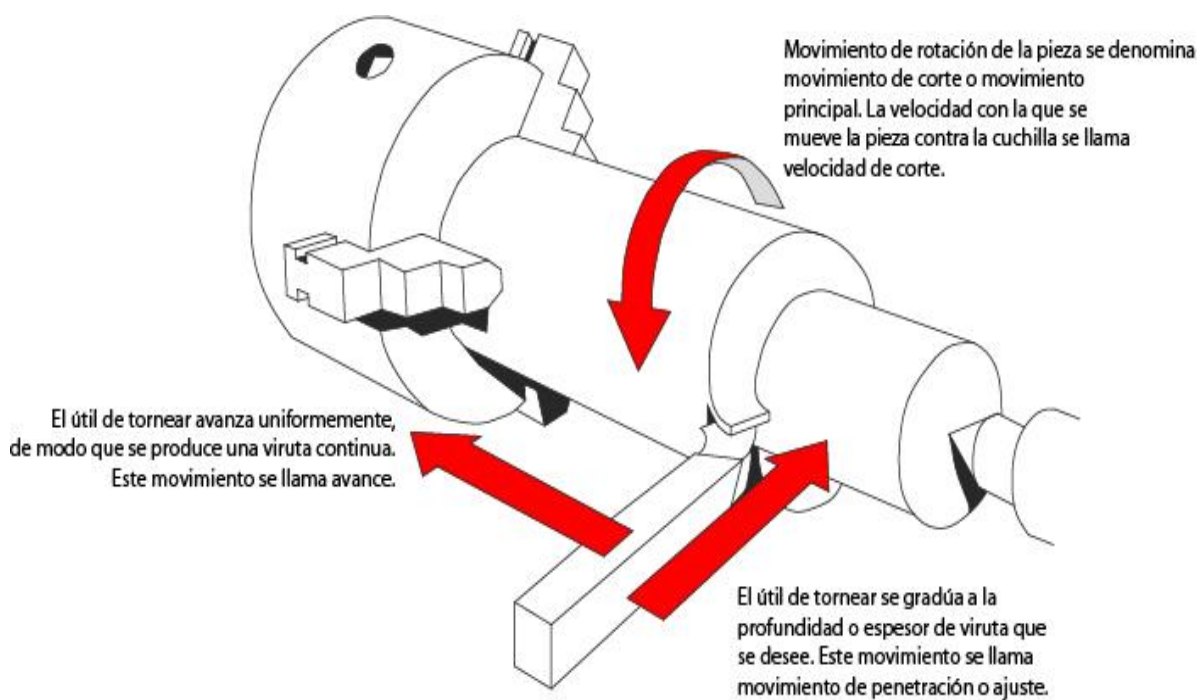
### 2.3.1 Con movimiento circular.

Este movimiento comprende:

- Con movimiento de corte en la pieza: torno paralelo y vertical.
- Con movimiento de corte en la herramienta: fresadoras, punteadoras, taladradoras mandriladoras (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 140).

#### 2.3.1.1 Proceso de torneado.

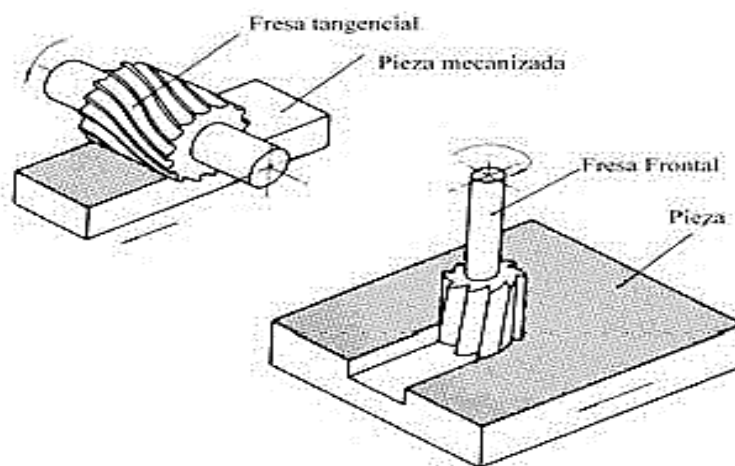
Para obtener la forma cilíndrica se pone la pieza mediante el torno en movimiento de rotación alrededor de su propio eje (eje de rotación), de tal manera como se observa en Figura 2.3, al mismo tiempo se hace que se mueva la pieza contra una cuchilla que produce el arranque de la viruta. Este proceso de trabajo se llama torneado y en el cabe distinguir diversos movimientos. (Gerling, 1964).



**Figura 2.3** Proceso de torneado  
(Contreras, 2016, pág. 1)

### 2.3.1.2 Proceso de fresado.

Como se observa en la Figura 2.4, el proceso de fresado se puede realizar en operaciones de mecanización con arranque de viruta en el material. A continuación se presenta las más usuales, ya que sería interminable abordar todas (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 140).



**Figura 2.4** Fresadora frontal y tangencial  
(Mecanizado de la fresadora, 2014, pág. 1)

Ranurado, para todo tipo de ranuras, chiveteros, y de forma (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 140).

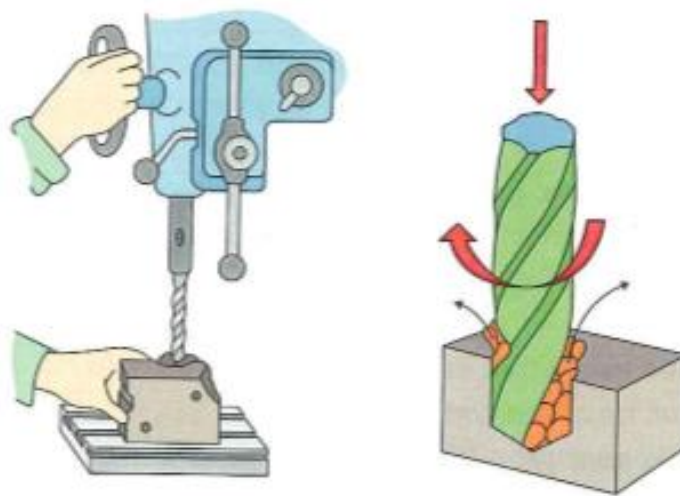
Cortado, para separar o dividir en trozos las piezas, se utiliza fresas sierra que no son más que una sierra circular (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 140).

Fresado frontal, el peso del corte lo lleva la parte frontal de la fresa y es parecido al planeado (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 140).

Taladrado, se realiza con la broca y es de más precisión que el realizado en taladros normales. También se puede realizar el escariado (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 140).

### 2.3.1.3 Proceso de taladrado.

Taladro vertical, probablemente el primer dispositivo mecánico desarrollado en la prehistoria, se utiliza principalmente para producir perforaciones redondas, los taladros van desde el tipo simple manual, hasta la más complejas máquinas automáticas y de control numérico utilizadas para fines de alta producción. (Krar, Gill, & Smid, 2009, pág. 122).



**Figura 2.5** Taladrado.  
(Krar, Gill, & Smid, 2009, pág. 123)

### 2.3.2 Con movimiento rectilíneo.

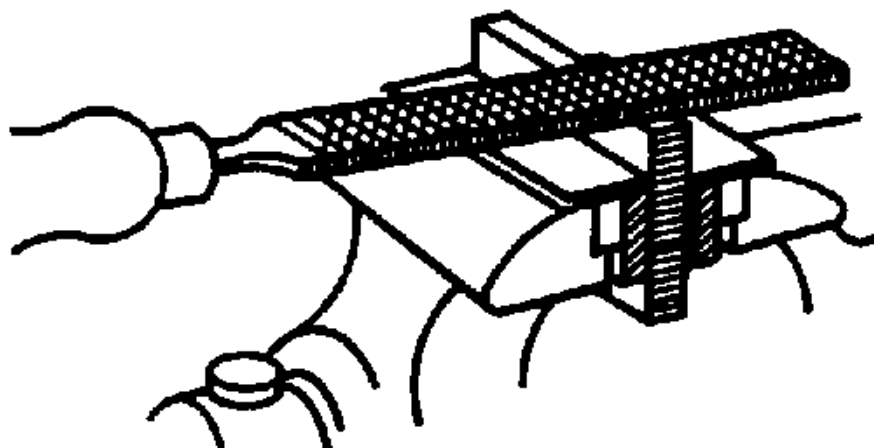
Este otro movimiento comprende:

- De la herramienta como por ejemplo, sierras mecánicas, limadoras, mortajadoras, brochadotas (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 138).
- De la pieza como por ejemplo, cepilladoras (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 138).

#### 2.3.2.1 Proceso de Limado.

Según Cristóbal López Gálvez, el proceso de limado se desarrolló en el siglo XIX con el objetivo de producir superficies planas, que pueden ser horizontales, verticales y en ángulo.

Es una máquina- herramienta que mecaniza por arranque de viruta con un movimiento alternativo de vaivén, donde la herramienta tiene el movimiento longitudinal y la mesa, donde va montado la pieza, un movimiento transversal de avance (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 139).



**Figura 2.6** Proceso de limado  
(Crystal, 2011, pág. 1)

Normalmente se utiliza herramientas de un solo filo, parecidas a las del torno y se fabrican de acero rápido y acero al cobalto habitualmente.

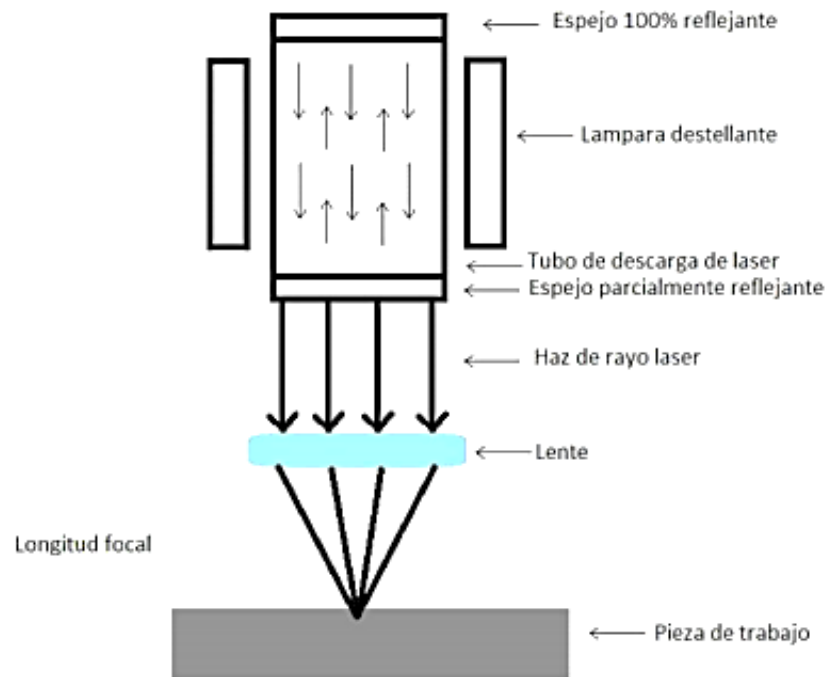
Según la superficie que trabaje, pueden ser para desbaste, para afinado, para ranurado, para perfilado (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 139).

## 2.4 Máquinas-herramientas de tipo nueva generación.

Desarrolladas para llevar a cabo operaciones que serían muy difíciles, si no imposibles de realizar en máquinas productoras o no productoras de viruta. Las máquinas de electro, electroerosión, electroquímicas y láser, por ejemplo, utilizan la energía química para configurar el metal a su tamaño y forma (Krar, Gill, & Smid, 2009, pág. 127).

### 2.4.1 Corte por rayo láser.

La mecanización por rayo láser se consigue dirigiendo con mucha precisión un rayo láser, para vaporizar el material que se desea eliminar, este método es muy adecuado para hacer orificios con gran exactitud, también puede perforar metales refractarios, cerámicos y piezas muy finas sin abarquillarlas, otra aplicación es la fabricación de alambres muy finos (Hernández K. , 2015, pág. 1).

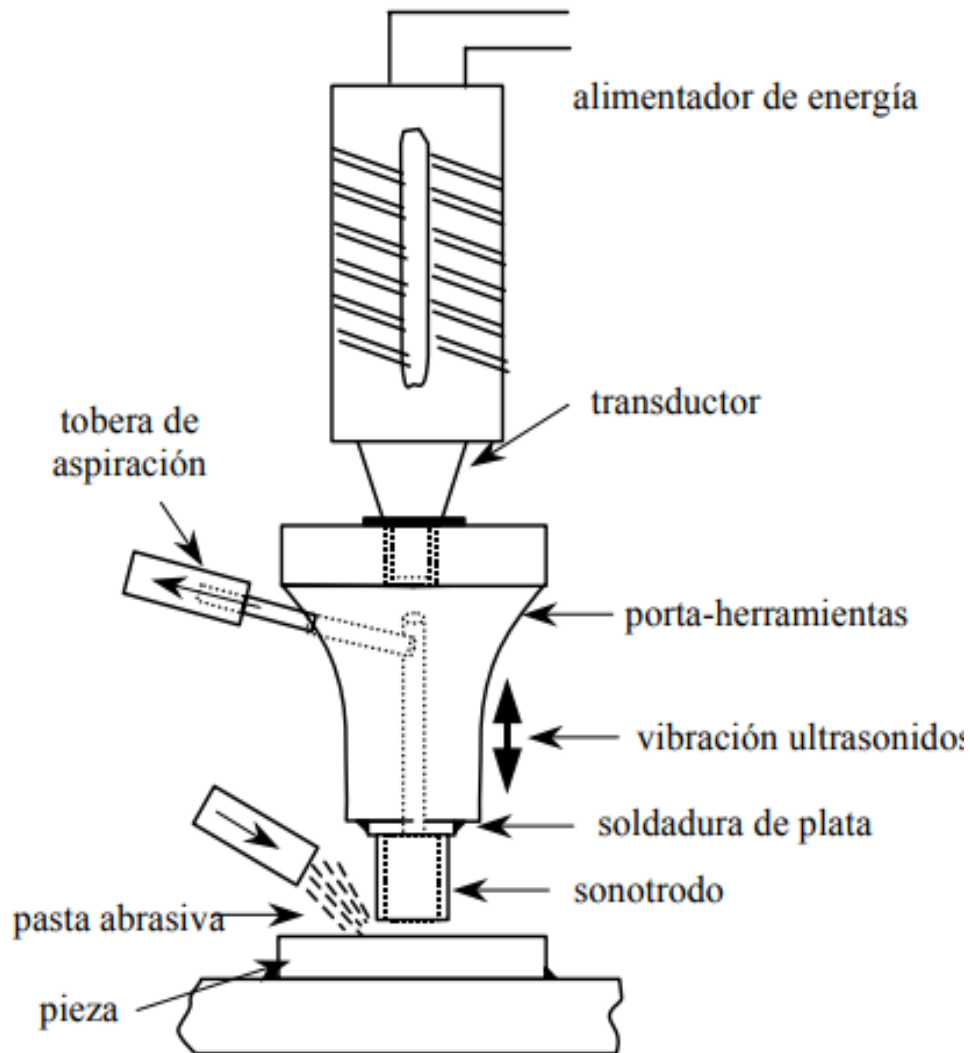


**Figura 2.7** Mecanizado por rayo laser  
(Teodoro, 2016, pág. 15)

### 2.4.2 Corte por ultrasonido.

En el proceso se utiliza una solución líquida, contenida en un recipiente, que es una mezcla de agua, partículas de nitrato, carburo de boro, óxido de aluminio, carburo de silicio y diamante, con una concentración en el agua, la cual varía del 20 al 60 por

ciento, que circula constantemente a lo largo del proceso de mecanizado, con el propósito de desprender el material, y además, retirar la viruta y restos del material producido durante el proceso (Machining, 2015, pág. 4).



**Figura 2.8** Mecanizado por ultrasonido  
(Bilbao, 2017, pág. 8)

### 2.4.3 Corte por arco de electrodo carbono más CAC-A.

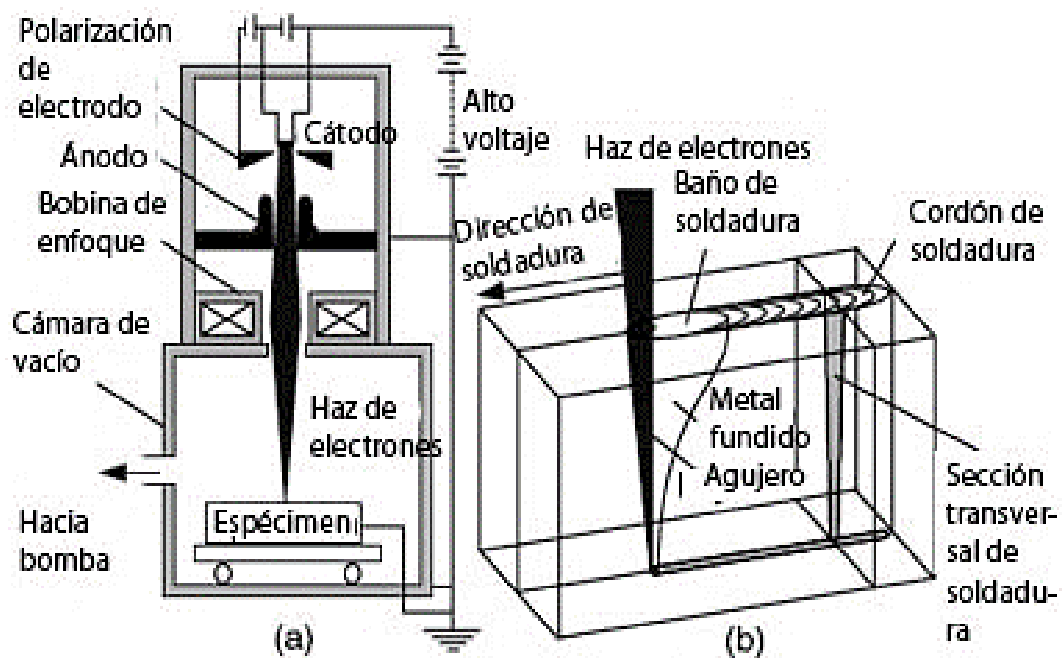
En el proceso de corte con arco de carbono y aire, el intenso calor del arco entre un electrodo de carbón, grafito y la pieza de trabajo derrite una porción de esta última. Al mismo tiempo, se hace pasar por el arco un chorro de aire con velocidad y volumen suficientes para que el material fundido salga despedido en la Figura 2.9 se observa su proceso (Hernández H. , 2013, pág. 10).



**Figura 2.9** Corte por arco de electrodo carbono más CAC-A  
(Calupiña & Oña, 2012, pág. 10)

#### 2.4.4 Corte por haz de electrones.

El funcionamiento de la fusión por haz de electrones es muy cercano al de la fusión selectiva por láser, de hecho, la materia prima es al principio en forma de polvo que se pone en un tanque al interior de la máquina. Este polvo es luego depositado en forma de finas capas que se precalientan y se hacen fundir en los lugares donde se desea construir la pieza (Sánchez, 2015, pág. 1).



**Figura 2.10** Corte por haz de electrones EBC  
(Chaparro, 2014, pág. 8)



### 2.4.5 Corte por plasma.

A principios de los años 50 se desarrolló la Plasma Arc Welding, PAW (soldadura por arco plasma) derivada de la tecnología TIC (tecnologías de información y comunicación), donde se consigue un aumento de la temperatura y el voltaje de trabajo. Posteriormente se introducen pequeñas variaciones en el flujo de gases estrechando el arco de corte, lo cual incrementaba la temperatura y lo hacía útil para el corte, esta técnica es el Plasma Arc Cutting, PAC (corte por arco plasma) (Teodoro, 2016, pág. 35).



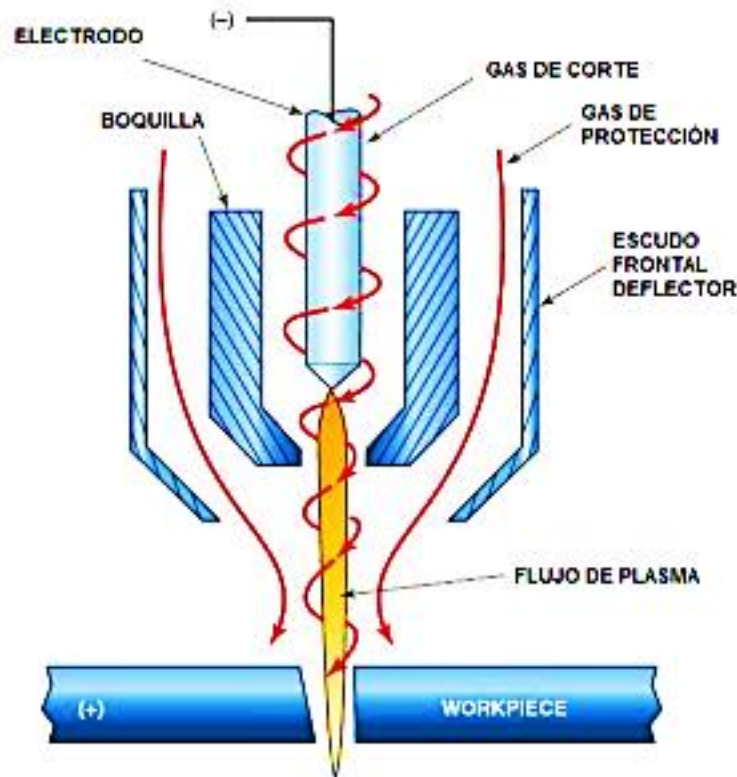
**Figura 2.6** Corte por plasma  
(Teodoro, 2016, pág. 9)

#### 2.4.5.1 Técnica de arco plasma.

Mediante un gas ionizado, eléctricamente cargado, el denominado plasma puede realizar cortes en materiales metálicos con un equipo portátil o una mezcla controlada por ordenador o por control numérico computarizado CNC (López de Ponce, 2015, pág. 224).

El arco plasma utiliza el arco eléctrico en una atmosfera (aire comprimido) de gas que resulta ionizado, como en el proceso de soldeo TIG (gas inerte de tungsteno) que utiliza un gas protector puro, como argón o helio, para proteger el electrodo de tungsteno o wolframio (López de Ponce, 2015, pág. 225).

Esta tecnología hace unos años supuso una revolución, ya que permitía realizar separaciones de materiales utilizando la electricidad en vez de la mezcla de gases del oxicorte con sus posibles riesgos laborales de explosión de combustible (López de Ponce, 2015, pág. 225).



**Figura 2.12** Corte de arco por plasma PAC  
(Calupiña & Oña, 2012, pág. 3)

#### 2.4.5.2 Sistema de corte por plasma de alta definición.

Basa su principio en el uso de una boquilla dividida en dos piezas con diámetros diferentes, obteniendo un arco más estrechado aún, lo que aumenta la intensidad por centímetros en comparación al sistema convencional (Teodoro, 2016, pág. 42).

#### 2.4.5.3 Sistema de corte aire-oxígeno.

En el sistema aire-oxígeno se consigue velocidades de corte más rápido, mayor vida útil de los consumibles y mayor uniformidad en el corte. Muchos de los sistemas de generación de plasma tienen la posibilidad de ser utilizados tanto manualmente como motorizados (Teodoro, 2016, pág. 42).

#### **2.4.5.4 Equipos de corte aire-aire.**

Son sistemas de un solo gas (aire o nitrógeno), tienen un coste bajo de operación y alto rendimiento. Existen tanto para equipos portátiles como para sistemas automatizados (Teodoro, 2016, pág. 43).

#### **2.4.5.5 Parámetros fundamentales del plasma.**

La calidad que se obtiene con el arco plasma es considerable, realizar a alta velocidad y con la característica diferenciadora, respecto al oxicorte, de que la parcela afectada se reduce a una zona muy estrecha alrededor de la línea de corte. Los espesores que puede cortar el arco plasma van desde 2 a 15 milímetros, con equipos especiales, de alcanzar hasta los 200 milímetros (López de Ponce, 2015, pág. 225).

#### **2.4.5.6 Velocidad de corte.**

La velocidad en corte es el desplazamiento de la punta de la herramienta respecto a la superficie a mecanizar; se debe conseguir la máxima producción y el menor desgaste de la herramienta, en consecuencia, el menor coste posible de la operación (Carrasco & Mallorquin, 2015, pág. 15).

#### **2.4.5.7 Pieza de tierra.**

La fuente de energía va conectada a la pieza a trabajar por medio de un cable y una pinza de tierra en su extremo, con la que se cierra el círculo por el polo positivo (Teodoro, 2016, pág. 45)



**Figura 2.7** Pinza de tierra  
(Teodoro, 2016, pág. 45)

#### 2.4.5.8 Fuente de energía.

Se utiliza un transformador trifásico para conseguir una alta intensidad a partir de la electricidad de la red, por lo que la tensión en vacío será de 10 a 400 voltios, es necesario es estos equipos de corte por plasma mantener una intensidad constante, aplicada al tipo de material y espesor con el que se esté trabajando (López de Ponce, 2015, pág. 41).



**Figura 2.8** Fuente de energía  
(Econocut40, 2017, pág. 1)

#### 2.4.5.9 Distribuidor de gas.

Se canaliza hasta el interior de la boquilla, donde se mezcla con el arco eléctrico. Los gases utilizados, que se puede convertir en plasma, son aire, hidrógeno, nitrógeno o, como en la suelda TIG antes referida argón o helio (López de Ponce, 2015, pág. 47).

#### 2.4.5.10 Generador de alta frecuencia.

Utilizado exclusivamente para ionizar el gas de protección, lo que permite que la producción de impulsiones del gas en alta frecuencia ionice al mismo, aportando al transcurso de generación del efecto plasma (López de Ponce, 2015, pág. 41).

#### 2.4.5.11 Boquilla mecanizada o antorcha.

En ella se genera el plasma para cortar la pieza, a partir del electrodo de tungsteno y el gas plasmágeno (López de Ponce, 2015, pág. 43)

### 2.5 Controlador de altura de la antorcha.

Este elemento sirve para mantener una distancia óptima entre la antorcha y la pieza a cortar. Es un sistema de control por microprocesador que ajusta con precisión la altura inicial de perforación y la distancia antorcha-pieza durante las operaciones de corte (Teodoro, 2016, pág. 83).

Esta separación es decisiva para la calidad de corte. Una altura de corte adecuada mejora el ángulo del borde del corte, la expulsión de la escoria y la velocidad de corte, a la vez que reduce la formación de escoria (Teodoro, 2016, pág. 84).



**Figura 2.9** Controlador de altura de la antorcha  
(Teodoro, 2016, pág. 84)

### 2.6 Máquinas multitareas.

Estas máquinas consisten en un centro de torneado con dos ejes independientes y un centro de maquinado vertical con un eje de herramienta giratorio.

Estas máquinas combinan la tecnología de información (TI) y la tecnología de manufactura (TM) para la eficacia de las múltiples fases de maquinado de las piezas de trabajo (Krar, Gill, & Smid, 2009, pág. 127).

## 2.7 Máquinas de corte y conformado.

El avance de la técnica en el siglo XXI ha llevado al desarrollo de gran cantidad de maquinaria adaptada a cualquier industria, y en especial a la mecánica, ya que los programas de diseño y optimización que utilizan recursos informáticos facilitan las labores del operario a la vez que generan unos enormes beneficios en las empresas (López de Ponce, 2015, pág. 199).

## 2.8 Sistema de mecanismos.

Los sistemas de automatización para corte y soldadura suelen ser los mismos tanto para oxicorte como para plasma. Ambos tipos de antorchas y tecnología se pueden montar sobre estas máquinas.

### 2.8.1 Mecanismo tipo carro portátil.

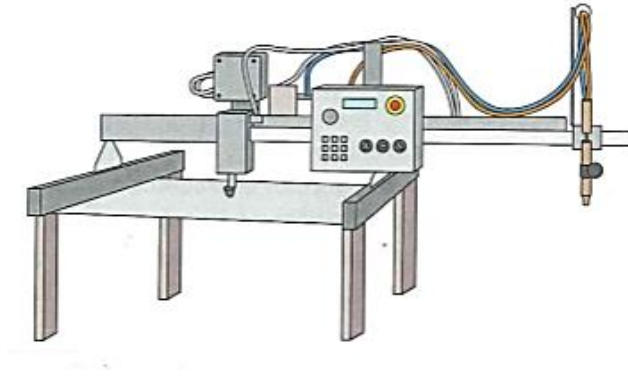
Se trata de una máquina versátil con un fácil manejo, robustez y gran precisión para realizar cualquier tipo de figura sin necesidad de tener que adquirir una máquina más grande y, por lo tanto, una mayor inversión. Este sistema suele equipar con un motor de cremallera dentada y tiene la opción de poder ser instalado en una mesa de corte (mesa de agua o con extracción de humos) (Teodoro, 2016, pág. 51).



**Figura 2.10** Mecanismo tipo carro portátil  
(Teodoro, 2016, pág. 52)

### 2.8.2 Mecanismo tipo cantiléver o voladizo.

Estas máquinas, también pantógrafo horizontal, tienen una gran versatilidad para el corte fácil y rápido.



**Figura 2.11** Mecanismo tipo cantiléver o voladizo  
(Teodoro, 2016, pág. 53)

### 2.8.3 Mecanismo tipo Gantry o pórtico.

Son máquinas especializadas para una buena calidad, velocidad, precisión, repetición y flexibilidad de producción. Los cabezales están motorizados con sensor electrónico de altura para que no se produzca contacto con la pieza (Teodoro, 2016, pág. 54).

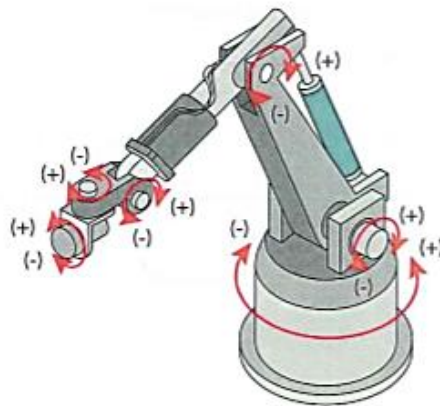
Estas máquinas van con sistemas CNC y según el modelo se puede montar para oxicorte o plasma. También se puede encontrar en tamaños más compactos y asequibles (Teodoro, 2016, pág. 54).



**Figura 2.12** Mecanismo tipo Gantry o pórtico  
(Teodoro, 2016, pág. 54)

#### 2.8.4 Mecanismo brazo robótico.

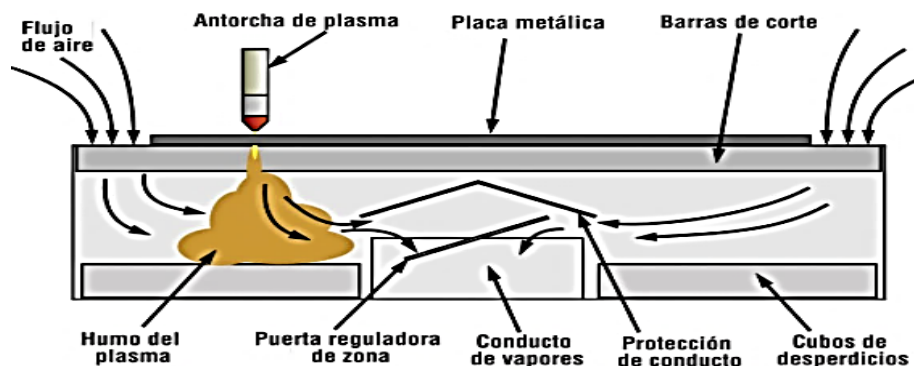
El corte por plasma con brazo antropomórfico ha sido reemplazando al pantógrafo (pórtico y Gantry) en muchos procesos de producción donde se requiere un mejor acceso a la pieza, mayor precisión, movimientos de posicionamientos más veloces y menor espacio ocupado, los signos positivo (+) y negativo (-) designan el sentido de giro del mecanismo (Teodoro, 2016, pág. 54).



**Figura 2.13** Mecanismo brazo robótico  
(Teodoro, 2016, pág. 54)

#### 2.8.5 Mecanismo mesa de aspiración.

El diseño de estas mesas tiene que tener alta rigidez, resistencia al calor generado durante el corte, capacidad de carga y fácil manipulación para la eliminación de los desechos. Una buena salida de la escoria y humos formada por la combustión protege la salud de los operarios y aumenta la vida útil de la máquina (Teodoro, 2016, pág. 55).

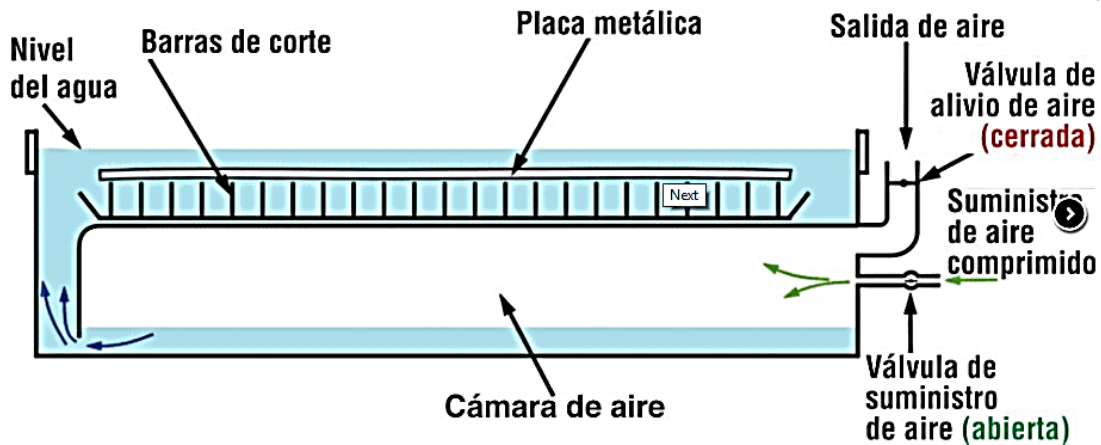


**Figura 2.20** Mecanismo mesa de aspiración  
(Fernández, 2012, pág. 1)



### 2.8.6 Mecanismo mesa de agua.

Las mesas de agua llegan a capturar casi el 100% de humo del corte y tiene una inversión menor debido a que no es necesario un filtro de humos y polvo, por lo que también tienen menor coste eléctrico. Además reduce el sonido significativamente (Teodoro, 2016, pág. 55).



**Figura 2.14** Mecanismo mesa de agua  
(Fabricator, 2017, pág. 1)

## 2.9 Sistema de transmisión de máquinas herramienta.

Las transmisiones de las máquinas herramienta se pueden clasificar ampliamente en las siguientes cuatro categorías:

- Mecánicas, es el tipo de sistema que requiere un mecanismo o soporte.
- Eléctricas, es el tipo de sistema que requiere un suministro eléctrico.
- Hidráulicas, es el tipo de sistema que requiere movimiento de fluidos.
- Neumáticas, es tipo de sistema que adquiere su movimiento mediante gases.

### 2.9.1 Estabilidad de movimiento bajo carga.

Tanto la estabilidad estática como la dinámica del carro de construcción del eje de coordenada son obligatorias para obtener un movimiento longitudinal preciso.

### 2.9.2 Correderas y guías.

Durante las operaciones de maquinado, la pieza de trabajo o la herramienta de corte se desplaza en línea recta o en círculo.

En máquinas herramientas se utiliza dos tipos de guías:

- Guías a fricción deslizante
- Guías de fricción rodante

Las principales características.

- Precisión del desplazamiento
- Durabilidad
- Rigidez
- Resistencia al desgaste y la rotura

La resistencia al desgaste de las guías es uno de los factores más importantes para determinar su vida útil, la resistencia al desgaste es función de:

- El tipo y características del material
- Fuerzas que actúan sobre él y sus efectos
- El acabado de la superficie
- La fricción
- La lubricación y el medio ambiente

#### **2.9.2.1 Material.**

Los materiales comúnmente utilizados para construir las guías son hierro fundido, acero y plásticos. Las guías plásticas tienen la ventaja ya que tienen un bajo coeficiente de fricción, padecen menor riesgo de pegarse, tienen una buena capacidad de amortiguación y menos atoramientos (Bawa, 2007, pág. 9).

#### **2.9.2.2 Presión.**

La presión sobre la carga, refiere al diseño de las guías las mismas que deben ser comprensibles de manera que presión que actúa sobre ellas se distribuya uniformemente por todo el elemento, con la finalidad de brindar confiabilidad (Bawa, 2007, pág. 9)

### **2.9.2.3 Acabado superficial.**

Un buen acabado superficial incrementa la vida útil de las guías debido a la presencia de menos crestas y valles, lo que afecta el espesor de la macropartícula hidrodinámica entre dos superficies (Bawa, 2007, pág. 9).

### **2.9.3 Husillos y rodamientos.**

La presión de maquinado de una máquina herramienta depende considerablemente de la presión rotacional de los husillos (Bawa, 2007, pág. 10).

La rigidez de un husillo recae en su capacidad para conservar su posición correcta cuando diversas fuerzas de trabajo actúan sobre él, mismos que también deben ser resistentes al desgaste (Bawa, 2007, pág. 10).

## **2.10 Control numérico (CN).**

### **2.10.1 Máquina de Turing.**

Las máquinas de Turing son un formalismo matemático descrito por primera vez por Alan Turing, con la finalidad de disponer de una herramienta abstracta para estudiar la teoría de la compatibilidad. Se dice que un problema es computable si existe un algoritmo (una secuencia de pasos) que permita obtener una solución. Turing ideó herramientas cuyo comportamiento se pueda describir de manera sencilla y no ambigua, lo que permite procedimiento algebraico de compatibilidad (Alfonseca Cubero, Alfonseca Moreno, & Moriyon Salomon, 2007, pág. 34).

### **2.10.2 Control numérico computarizado (CNC).**

Es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico, normalmente una herramienta que está montada en una máquina. Esto quiere decir que mediante un software y un conjunto de órdenes, controlaremos las coordenadas de posición de un punto (la herramienta) respecto a un origen (0,0,0 de máquina), o sea, una especie de GPS pero aplicado a la mecanización, y mucho más preciso (Cosmocax, 2007, pág. 2).

### 2.10.3 Tipos de control.

#### 2.10.3.1 Control punto a punto.

Controla puntos definidos por programación, no teniendo ningún control del recorrido de la herramienta en un punto a otro, ni a nivel trayectoria, hasta alcanzar la posición, ni en el ámbito de la velocidad de desplazamiento entre ambos puntos (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 13).



**Figura 2.15** Control punto a punto  
(Cruz Teruel F. , 2007, pág. 13)

#### 2.10.3.2 Control paraxial.

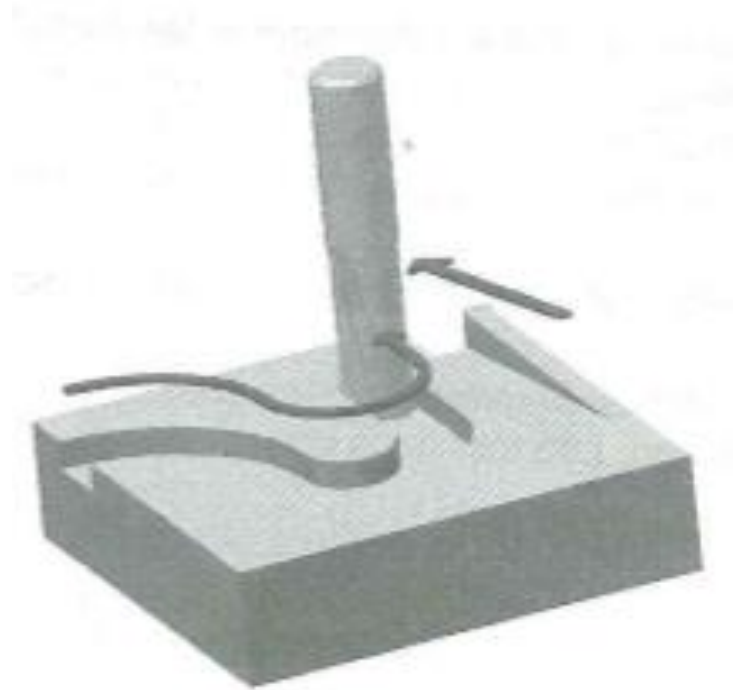
La velocidad de desplazamiento, el recorrido lo realiza de forma controlada pero solo paralela u ortogonalmente a los ejes, solo puede mover y controlar un motor a la vez (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 13).



**Figura 2.16** Control paraxial  
(Cruz Teruel F. , 2007, pág. 13)

### **2.10.3.3 Control interpolar o continuo,**

Tiene la capacidad de controlar varios ejes simultáneamente, pudiendo realizar cualquier recorrido en un plano, tanto líneas curvas como líneas rectas con cualquier tipo de inclinación (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 14).



**Figura 2.17** Control interpolar o continuo  
(Cruz Teruel F. , 2007, pág. 14)

## **2.11 Programación.**

Es la base del control numérico, es absolutamente imprescindible para cualquier operario que intervenga en el proceso constructivo, desde la oficina técnica, hasta la mecanización última. No es más que la sucesión de órdenes y procesos correlativos, que tienen que realizarse en el orden lógico establecido y no en otro (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 57).

### **2.11.1 Programación según el tipo de estructura.**

#### **2.11.1.1 Programación estructural.**

Es el tipo de programación que se utiliza siguiendo una tabla o estructura de forma, este sistema de programación se utiliza poco, pero algunos de los fabricantes o controles más importantes han optado por el sistema (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 58).

### **2.11.1.2 Programación abierta.**

Es el más utilizado por los fabricantes de controles, es decir, se pueden escribir líneas con dos caracteres o líneas con hasta 250 caracteres, respetando normas y en el orden de escritura predeterminado. (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 58).

## **2.12 Introducción de datos en programación.**

### **2.12.1 Programación estándar.**

Es el tipo más habitual, pensando para la programación directa, en el que necesita mejor conocimiento de las órdenes de programación y la de estructura de la misma, por lo tanto requiere que el operario o técnico programador tenga un óptimo conocimiento. (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 58).

### **2.12.2 Programación conversacional.**

Consiste en programar manteniendo una conversación con el control. El control según la orden que se haya indicado, va a ir preguntando por los diferentes datos que se necesita. Este sistema aparentemente, en principio es el más indicado para programar a pie de máquina, o para operarios no iniciados en programación, adquirida la experiencia, está demostrado que se recurre al sistema estándar para agilizar y ganar tiempo (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 58).

### **2.12.3 Programación mixta.**

Es una mezcla entre estándar y conversacional. Actualmente existen controles que permiten actuar de una manera o de otra según el interface que decida el operario de la máquina. La tendencia suele ir en línea, teniendo en cuenta que de esta manera se puede programar según la necesidad y capacidad de cada operario (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 59).

### **2.12.4 Sistema de escritura de programación.**

Programación manual a pie de máquina, este sistema ha sido el más empleado hasta ahora. El operario a partir del plano ha escrito el programa directamente en el control.

Esto teóricamente no afecta al tiempo de mecanización, pues los controles permiten escribir un nuevo programa mientras se está efectuando el actual (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 59).

#### **2.12.5 Programación manual desde el ordenador.**

La elaboración manual de programas desde ordenador, permite la creación de los mismos de forma totalmente aislada del operario de máquina, los programas se escriben a mano, tal y como se haría a pie de máquina, pero en este caso desde el ordenador (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 59).

#### **2.12.6 Programación del maquinado por CN.**

Los sistemas estáticos y los dinámicos son los dos principales sistemas de control. En el primero, la información alimentada a la máquina se refiere al posicionamiento del husillo o de la pieza de trabajo, en el segundo, la información se alimenta para mantener las correderas en movimiento para contornear, los movimientos estáticos se pueden controlar fácilmente, ya que el movimiento de punto a otro no requiere de una trayectoria prescrita (Bawa, 2007, pág. 519).

#### **2.12.7 Realización con sistema CAM.**

Es el más potente de los procesos de elaboración de programas CNC y posiblemente es hacia donde se inclinarán todas las tendencias técnicas de hecho existen controles que ya llevan incorporados procesos asistidos por computar para diseño (Cruz Teruel F. , 2007, pág. 60).

### **2.13 Comunicación gráfica.**

El proceso comienza con la habilidad para visualizar, para ver el problema y las posibles soluciones. La visualización, los bocetos, el modelado y el detallado constituyen la forma en que los ingenieros y técnicos se comunican cuando diseñan productos y estructuras nuevos para el mundo tecnológico, cumpliendo de esta manera una comunicación (Bertoline Wiebe, 1999, pág. 60).

La comunicación gráfica utiliza los dibujos de ingeniería y los modelos como lenguaje, claro y preciso, con reglas bien definidas que es necesario dominar si se desea tener éxito en el diseño de ingeniería. En ingeniería el 92% del proceso de diseño se basa en gráficas. El 8% restante se divide entre matemáticas y la comunicación escrita y verbal (Bertoline Wiebe, 1999, pág. 60).

#### **2.13.1 Comunicación de diseño.**

Siempre debe mantenerse en mente que el propósito del diseño es satisfacer las necesidades de un usuario o cliente. Por tanto, el diseño terminado debe comunicarse apropiadamente, o puede perder mucho de su efecto o importancia (Bawa, 2007, pág. 568).

#### **2.13.2 Diseño.**

El diseño es el proceso de concebir o inventar ideas mentalmente y comunicarlas a otros en una forma que sea fácil de comprender. La herramienta de comunicación más utilizada son las gráficas, el diseño se utiliza para dos fines principales, expresión personal y desarrollo de productos o procesos (Bertoline Wiebe, 1999, pág. 62).

#### **2.13.3 Diseño en ingeniería.**

Es un proceso para resolver problemas que utilizan conocimiento, recursos y productos existentes para crear bienes y procesos nuevos.

#### **2.13.4 Diseño preliminar.**

Los diseñadores industriales pueden crear modelos preliminares por computadora creados en la fase de ideas para controlar las máquinas que generan los modelos físicos (Bertoline Wiebe, 1999, pág. 62).

#### **2.13.5 Diseño asistido por computador.**

Una computadora ejecuta un programa mediante su capacidad de manipular datos y números en forma elemental. Los cuales se representan en ellas mediante señales



eléctricas. La CPU regula la operación de todos los componentes del sistema y realiza las operaciones aritméticas y lógicas de los datos (Bawa, 2007, pág. 568).

#### **2.13.6 CAD, CAM Y CIMS.**

Se puede definir como el uso de sistemas computarizados para auxiliar en la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. El diseñador puede utilizar el computador y sus dispositivos de entrada y salida gráfica con mucha mayor velocidad y menor coste. (Bawa, 2007, pág. 570).

### **2.14 Reconocimiento en la industria.**

El reconocimiento de necesidades comprende la investigación y desarrollo de componentes por lo general, las necesidades surgen de la falta de satisfacción con la necesidad existente. Dichas necesidades pueden ser: reducir costos, incrementar la confiabilidad del desempeño o simplemente cambiar porque el público se ha aburrido del producto (Bawa, 2007, pág. 575).

### **2.15 Manufactura.**

Es el medio para elaborar diversos productos, los cuales varían en su diseño, tamaño y composición misma que da un valor agregado con el fin de crear mayor demanda en el mercado. Para que la manufactura ofrezca mayor valor agregado a sus productos requiere aplicar alta tecnología e imaginación, que es uno de los rubros de mayor importancia en la industria (Hernandez Lopez & Mendoza Valencia, 2015, pág. 15).

#### **2.15.1 Sistema de manufactura.**

##### **2.15.1.1 Tipo serie 5m.**

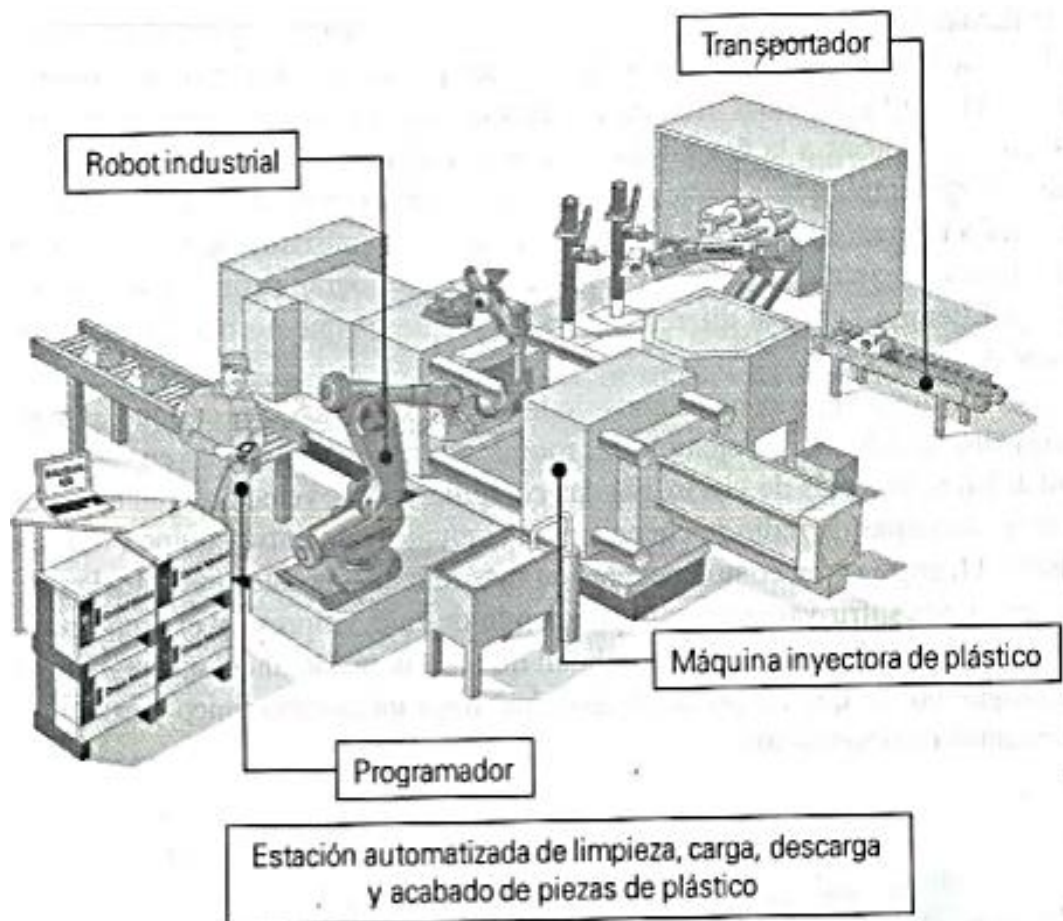
Conforma el sistema de manufactura clásico de cualquier industria, además de ser el detonador de toda la cadena de producción y de la empresa en sus diferentes áreas, las 5M se comenzaron a utilizar en el sistema Toyota para el análisis cualitativo de problemas que ocurrían en las empresa, o bien, de la variable que afectaba los

parámetros de seguridad, calidad o nivel de producción (Hernandez Lopez & Mendoza Valencia, 2015, pág. 15).

### 2.15.1.2 Tipo serie 5s.

Es un programa desarrollado por el sistema de producción de Toyota de enfoque sistemático, cuyo objetivo principal es encontrar mejor duraderas en la empresa en cuanto al orden y limpieza en las áreas de trabajo (Hernandez Lopez & Mendoza Valencia, 2015, pág. 16).

La efectividad del sistema 5S se constituyen al empleo de: Seire, Seitob, Seiso, Seiketzu, Shitsuke (seleccionar, ordenar, limpiar, estandarizar, seguir estándares) (Hernandez Lopez & Mendoza Valencia, 2015, pág. 16).



**Figura 2.18** Manufactura  
(Hernandez Lopez & Mendoza Valencia, 2015, pág. 16)

## **2.16 Automatización.**

### **2.16.1 Automatización industrial.**

Es un conjunto de tecnologías que, agrupan en forma secuencial, conforman una alternativa de desarrollo tecnológico para cualquier industria, el desarrollo de la manufactura moderna por su formación sistemática, la cual parte de una plataforma sólida y única, compuesta por la idea conceptual de que a través de una serie de técnicas se facilita la manufactura (Bawa, 2007, pág. 478).

### **2.16.2 Automatización de máquinas.**

Las máquinas capaces de manejar la pieza de trabajo, así como realizar las operaciones de corte de metales sin intervención del operario, se las conoce como máquinas automáticas. Estas juegan un papel vital en el incremento de la capacidad de producción y se utilizan desde hace mucho tiempo en la producción de componentes (Bawa, 2007, pág. 478).

### **2.16.3 Efecto de automatización.**

El manejo incluye carga y descarga de componentes, montaje y remoción de herramienta de corte, alimentación de la herramienta e inspección de la pieza de trabajo durante la operación. Una mayor automatización de la máquina significa que más operaciones se realizan automáticamente, una vez que ha establecido los operaciones el operario (Bawa, 2007, pág. 478).

## **2.17 Clasificación de máquinas automatizadas.**

### **2.17.1 Máquinas automatizadas por depósito.**

Como se observa en la Figura 2.19, este tipo de máquina se utiliza para maquinar bloques de acero mismos que pasan por un proceso de pre maquinado, el operador es quien determina las dimensiones apropiadas las cuales serán ingresadas ya estandarizadas por el mismo, su finalidad es obtener un producto el cual cumpla y satisfaga con las necesidades de los consumidores, el proceso efectuado de alcanza elevadas temperaturas.



**Figura 2.19** Máquinas automatizadas por depósito  
(Fabricator, 2017, pág. 1)

### 2.17.2 Máquinas automatizadas de barra.

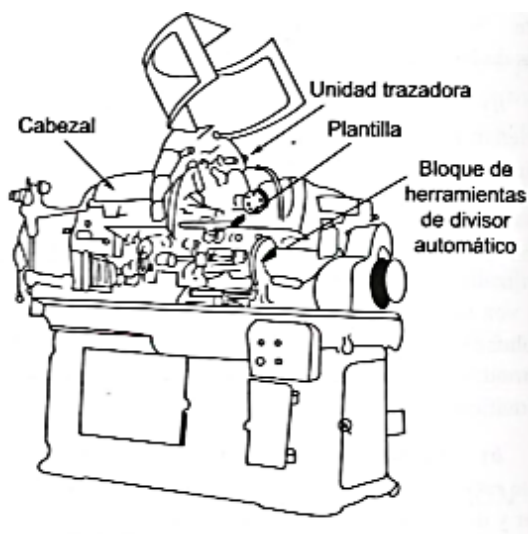
Estas se diseñan para maquinar piezas de trabajo a partir de barras o tubos.



**Figura 2.20** Máquinas automatizadas por barra  
(Fabricator, 2017, pág. 1)

### 2.17.3 Máquinas automatizadas mono husillo.

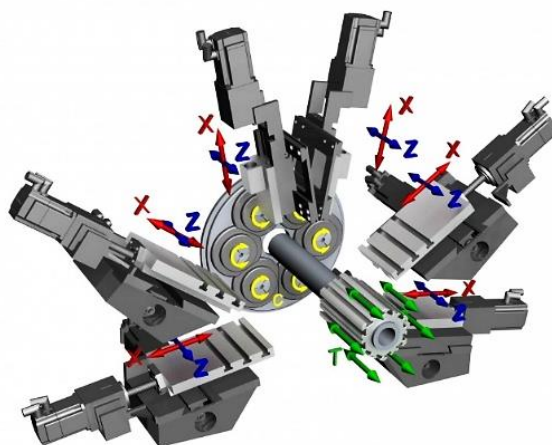
Las máquinas utilizadas para trabajar sobre un solo componente a la vez se les conoce como tornos automáticos mono husillo, las que más se utilizan son: máquinas cortadoras automáticas y máquinas roscadoras automáticas (Bawa, 2007, pág. 479).



**Figura 2.21** Máquinas automatizadas mono husillo.  
(Bawa, 2007, pág. 479)

### 2.17.4 Máquinas automatizadas multi-husillos.

Se puede decir que estas máquinas son desarrollados de los tornos revolver y torreta y se utiliza para maquinar barras, así como trabajos de sujeción en planos. El maquinado se realiza simultáneamente en varias piezas de trabajo, cada variable de sujeción  $x$ ,  $z$  permite un ajuste diferente (Bawa, 2007, pág. 479).



**Figura 2.22** Máquinas automatizadas multi-husillos  
(Fabricator, 2017, pág. 2)

### 2.17.5 Máquinas automáticas de transferencia.

Estas máquinas se utilizan para realizar varias operaciones en componentes semiterminados. Consiste en varias composiciones de herramienta que, por lo general se arreglan en línea recta (Bawa, 2007, pág. 479).



**Figura 2.23** Máquina automatiza de transferencia  
(Fabricator, 2017, pág. 2)

### 2.17.6 Cortadoras automatizadas.

Estas máquinas utilizan para producir pequeñas piezas de trabajo de diseño y formas simples mediante el empleo de herramientas con carros transversales. Los dos carros transversales se montan sobre la bancada de la máquina cerca del extremo delantero del husillo. Estas máquinas cuentan con accesorios especialmente diseñados (uno, dos o tres) para maquinarse agujeros y cortar en las piezas de trabajo (Bawa, 2007, pág. 479)



**Figura 2.24** Cortadoras automatizada  
(Fabricator, 2017, pág. 2)

## 2.18 Identificación de referencia.

La descripción del movimiento de un cuerpo requiere la introducción de un sistema de coordenadas espaciales que identifiquen unívocamente cada punto del espacio, y una coordenada temporal, la cual determina el orden cronológico de sucesos en cualquier punto del espacio (Madrid, 2015, pág. 15).



**Figura 2.25** Identificación de referencia  
(Fabricator, 2017, pág. 2)

## 2.19 Normativa y lenguaje de máquinas.

### 2.19.1 Norma IEC 61131, un autómata programable.

Una máquina electrónica programable diseñada para ser utilizada en un entorno industrial (hostil), que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas, tales como funciones lógicas, secuencias, temporización, recuento, funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales, analógicas diversos tipos de máquinas o procesos (Antunez Soria, 2016, pág. 25).

### 2.19.2 Estándar ISO.

El lenguaje ISO, se establece en un sistema de introducción de medidas basado en un sistema de ejes ortogonales x, y, z donde z se hace coincidir con el movimiento principal de la máquina (Cristobal Lopez Galvez, 2013, pág. 142).





## CAPÍTULO III

### 3. PROPUESTA

#### 3.1 Fundamentación tecnológica.

En la actualidad la tendencia tecnología marca relevancia en aspectos de proceso y rendimiento de los mismos, es así que el desarrollo de manufactura que los fabricantes emplean permite a los consumidores obtener prestaciones y exigencias necesarias para lograr un fin.

Si bien se conoce en el campo de la industria automotriz el cambio que ha surgido desde la presentación del primer automotor, la técnica de aplicación en mejoras ha llegado más allá de una buena presentación estética, alcanzando diferentes exigencias frente al usuario, las cuales le permite centrarse con mayor cuidado al confort y seguridad entre estas se presenta, estilo, marca, modelo, precio, prestigio, estos puntos son primordiales para las industrias automotrices, razón por la cual alcanzan elevados índices tecnológicos fiables con la finalidad de satisfacer la exigencia del consumidor.

La comparativa de una matriz productiva entre operaciones manuales y operaciones por medio de un ordenador, demuestra que operaciones de un ordenador y la aplicación de equipos integrados con un sistema de control numérico computarizado automatizado presenta alta productividad, confiabilidad y eficacia.

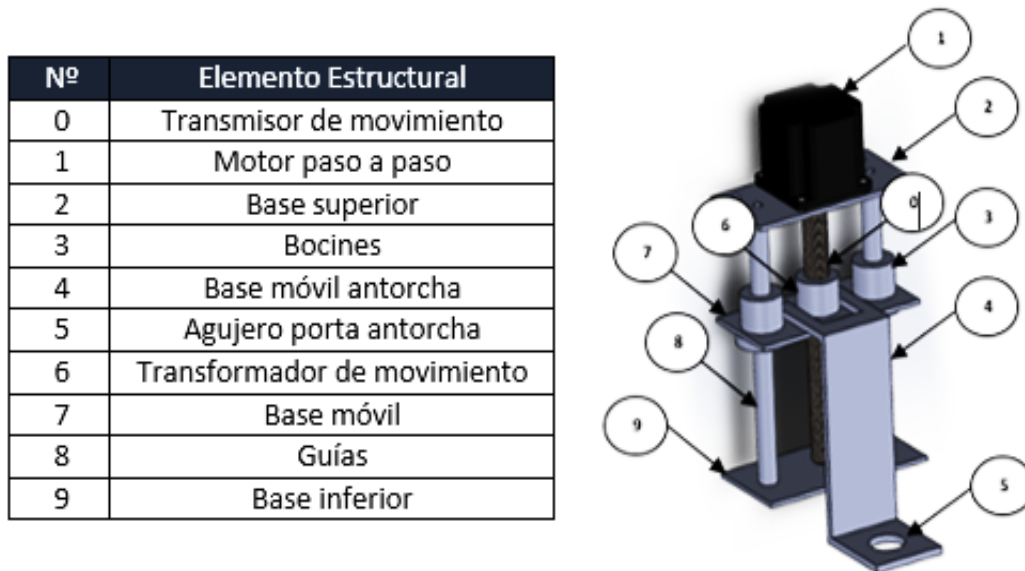
El interior de una cadena de ensamblaje se conoce que sus costos de implementación, montaje y diseño de planta se encuentran elevados, pero una vez que se desarrolla su producción la inversión se halla justificada debido al régimen de eficiencia productora. Hablar de automatización no significa alardear la manipulación del operario, al contrario, la capacidad humana será irremplazable, ya que el operario determina que funciones específicas debe realizar un sistema automatizado, es decir, una máquina automatizada capta órdenes del operario las procesa y desarrolla, mientras que, el

operario razona manteniendo mayor seguridad y menor esfuerzo físico ante la producción.

### 3.2 Diseño.

#### 3.2.1 Diseño de la estructura mecánica.

El diseño del mecanismo para el eje de coordenada Z, utilizado en máquinas con mecanismo tipo Gantry o pórtico con sistema de control numérico computarizado, es presentado a continuación, su diseño y simulación es realizado en el programa SolidWorks 2017.



**Figura 3.1** Desglose de elementos estructurales mecanismo de coordenada Z

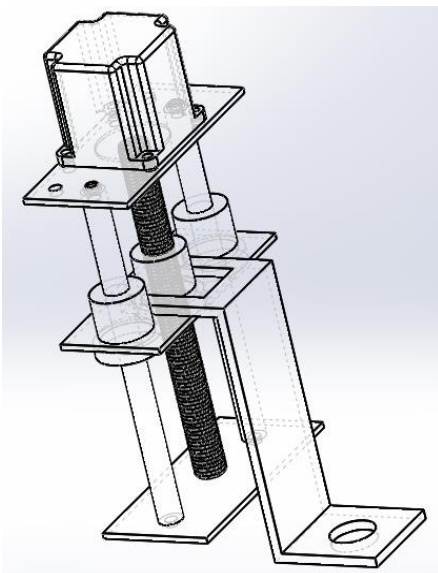
El eje de coordenada Z en la máquina cortadora por plasma es basado al diseño, construcción, ensamblaje e implementación, un sistema con en gestión electrónica de control de movimientos y control de altura de la antorcha, finalizando con la automatización del mismo.

Una vez realizado los bosquejos mecánicos, mismos que se encuentra fundamentados a cálculos, mediciones, trazados, proceso de torneado, corte, soldadura, roscado,

ensamblaje, devastación, mandrilado y pulido se obtiene la estructura del eje de coordenada Z, su plano de construcción se encuentra en el Anexo I.

### 3.2.2 Razón del diseño.

La manera ideal para que una estructura brinde un buen soporte debe caracterizarse por mantener seguridad, soportar cargas externas sin deformaciones o ruptura por fuerzas críticas, la relevancia de un diseño muestra que el mismo puede ser censado por tramos con el fin de conseguir que sus características dominantes brinden las prestaciones necesarias en el sistema.



**Figura 3.2** Razón de diseño

El mecanismo dominante Z como se lo presenta en el Estándar ISO es determinado al tornillo, tuerca sinfín, bocines, motor eléctrico, base móvil, base fija superior e inferior del eje de coordenada Z.

### 3.2.3 Selección del tipo de diente del tornillo y tuerca.

Como se muestra en la Tabla 3.1 la selección del tipo de diente en cuanto a precisión, potencia y estándar normalizado, muestra que el tipo de paso fino presenta características y requerimientos mismos que son indispensables para brindar un buen

desempeño de la máquina y garantizar el funcionamiento del mecanismo en el eje de coordenada Z.

**Tabla 3.1** Selección de tipo de paso para tornillo y tuerca

Tipo de paso	Precisión	Potencia	Estándar Normalizado.
Paso grueso	✗	✗	✓
Paso fino	✓	✓	✓
Paso extrafino	✓	✓	✗
Paso ocho hilos	✗	✓	✓

### 3.2.4 Cálculo del tornillo y tuerca.

Posterior al análisis de selección de la Tabla 3.1, anteriormente detallada se procede a la identificación de los parámetros del tornillo, determinando las dimensiones adecuadas de acuerdo al dimensionamiento de la máquina cortadora por plasma.

Donde:

(Fuerza de compresión)  $F$ : 9.8 N

(Diámetro medio)  $dm$ : 1.47 cm

(Paso)  $l$ : 2 mm

(Coeficiente de fricción)  $f = fc$ : 0.05

(Diámetro del collarin)  $dc$ : 28 mm

Diámetro nominal	Paso $p$	Diámetro interior $d_1$	Diámetro medio $d_2$	Profundidad de la rosca $h_1$	Radio del fondo $r_1$	Sección del núcleo $mm^2$
1	0,25	0,676	0,838	0,162	0,03	0,36
1,2	0,25	0,876	1,038	0,162	0,03	0,60
1,4	0,3	1,010	1,205	0,195	0,03	0,80
2	0,4	1,480	1,740	0,260	0,04	1,72
3	0,5	2,350	2,675	0,325	0,05	4,34
3,5	0,6	2,720	3,110	0,390	0,06	5,81
4	0,7	3,090	3,545	0,455	0,08	7,50
5	0,8	3,960	4,480	0,520	0,09	12,3
6	1	4,700	5,350	0,650	0,11	17,3
7	1	5,700	6,350	0,650	0,11	25,5
8	1,25	6,376	7,188	0,812	0,14	31,9
10	1,5	8,052	9,026	0,974	0,16	50,9
12	1,75	9,726	10,863	1,137	0,19	74,3
14	2	11,402	12,701	1,299	0,22	102
16	2	13,402	14,701	1,299	0,22	141
18	2,5	14,752	16,376	1,624	0,27	171
20	2,5	16,752	18,376	1,624	0,27	220

**Figura 3.3** Diámetros y áreas de roscas  
(Shigley, 2007, pág. 404)

Para sustentar su elección se procede a calcular con los siguientes requerimientos con parámetros seguidamente detallados.

### 3.2.4.1 Torque para subir la carga.

Según el capítulo 8 del libro de Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, se utiliza la siguiente fórmula matemática la cual involucra a la Ecuación 3.1, determinando que el par torsional para realizar el giro del tornillo contra carga es:

$$Tr = \frac{F.dm}{2} \left( \frac{l + \pi f.dm}{\pi.dm - f.l} \right) \quad [3.1]$$

Lo que representa el reemplazo a:

$$Tr = \frac{(9.8 N)(1.47 cm)}{2} \left( \frac{2 + \pi(0.05)(1.47 cm)}{\pi(1.47 cm) - (0.05)(2)} \right)$$

Generando una respuesta de:

$$Tr = 3.56 N.cm$$

### 3.2.4.2 Torque para bajar la carga.

El análisis puede realizarse de manera similar para el caso en el cual la carga baja deduciendo la siguiente ecuación:

$$Tl = \frac{F.dm}{2} \left( \frac{\pi f.dm - l}{\pi.dm + f.l} \right) \quad [3.2]$$

Lo que representa el remplazo a:

$$Tl = \frac{(9.8N)(1.47cm)}{2} \left( \frac{\pi(0.05)(1.47cm) - (2)}{\pi(1.47cm) + (0.05)(2)} \right)$$

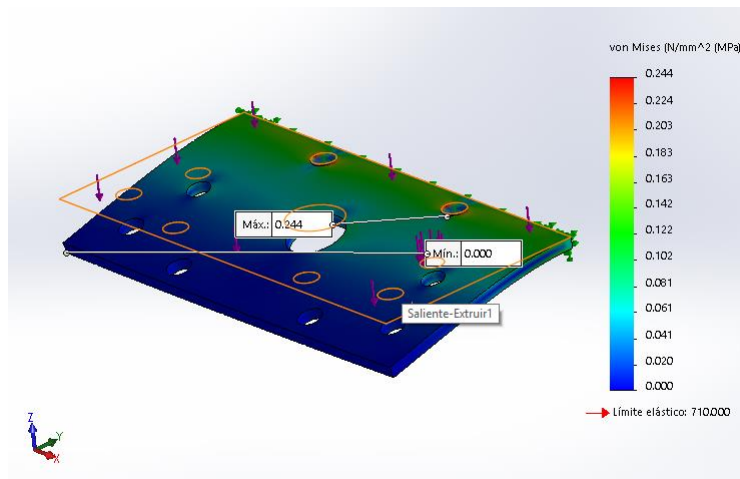
Generando una respuesta de:

$$Tr = -2.70 N.cm$$

### 3.3 Simulación y construcción del eje de coordenada Z.

#### 3.3.1 Base superior e inferior.

Es la encargada de brindar alojamiento, acoplamiento al motor eléctrico paso a paso, cabeza de guías y orificios para carcasa de protección.



**Figura 3.4** Material de base superior, móvil e inferior

Una vez realizado la simulación de esfuerzos en el programa Solidworks 2017, se determinó que las características del material escogido brindan los requerimientos necesarios para ser utilizados en la implementación del eje de coordenada Z.

Como se observa en la Figura 3.4, determinando que el límite elástico no supera la flexión ante roturas del mismo, los puntos críticos son bajos por lo que se torna fiable tanto el material escogido como la simulación.



**Figura 3.5** Ensamble de base superior e inferior y guías

En la Figura 3.5, se presenta la construcción y ensamble de la base superior e inferior incluyendo las guías por la cual la base móvil portante de la antorcha.

### 3.3.2 Bocines de guía o riel.

Los Bocines de guías son diseñados y construidos de material plástico como se respalda en el ítem 2.9.2.1 Materiales, mismos que guiaran la trayectoria de ascenso y descenso de la base móvil.



**Figura 3.6** Ensamble de bocín

El ensamble de bocines de guías es comprobado ante sus dimensiones de construcción con el fin de asegurar buenas prestaciones al movimiento de ascenso y descenso de la base móvil del eje de la antorcha de corte.

### 3.3.3 Comprobación guías de alojamiento de base móvil.

Son las encargadas de generar la guía de la trayectoria de pieza móvil, brindando un recorrido de ascenso y descenso, en la Figura 3.7, se observa su comprobación de medida.



**Figura 3.7** Ensamble de guías

### 3.3.4 Montaje del sistema portante de la antorcha de corte.

Una vez definido el diseño, se realiza su construcción y se procede al ensamblaje de la pieza portante de la antorcha de corte, realizando una prueba de control de movimiento y reacción entre la unidad generadora (motor), transmisora (tornillo), transformador de movimiento (tuerca), sistema mecánico móvil y sistema portante de la antorcha de corte.



**Figura 3.8** Sistema portante de la antorcha de corte

### 3.3.5 Terminación de ensambles.

Culminado el ensamblaje de los elementos que componen el eje de coordenada Z se procede a su implementación acoplándose de manera directa al eje de coordenada X.



**Figura 3.9** Culminación de ensambles y montaje



### 3.4 Selección de equipos.

En la presente selección de equipos para el desarrollo de implementación del eje de coordenada Z y su automatización se encuentra basada en una tabla de criterio y apreciación, donde los factores de caracterización son: eficiencia, peso, mantenimiento, accesibilidad y coste económico.

**Tabla 3.2** Criterio y apreciación

Criterio	Apreciación
Bueno	✓✓✓
Moderado	✓✓
Regular	✓
Nulo	✗

#### 3.4.1 Generador de movimiento.

##### 3.4.1.1 Comparación de Generadores de Movimiento Rotacional.

En la siguiente presentación se evalúa los motores eléctricos como actuadores con el fin de conseguir un óptimo desempeño en el movimiento de desplazamiento del mecanismo de las piezas móviles del eje de coordenada Z de la máquina cortadora por plasma con sistema de control numérico computarizado.

**Tabla 3.3** Comparativo de generadores de movimiento rotacional

Variable	Requerimiento	Motores paso a paso	Servomotores
Torque	14 Kg.cm	16 Kg.cm	30 Kg.cm
		✓✓✓	✓
Velocidad	200 pasos / revolución	200 pasos / revolución	600 pasos / revolución
		✓✓✓	✓✓✓
Revoluciones por minuto	200 rpm	500 rpm	+1000 rpm
		✓✓✓	✓✓✓
Peso	600 gramos	500 gramos	3 Kg
		✓✓✓	✗
Mantenimiento	Sostenibilidad	Accesible	Especializado
		✓✓	✓
Accesibilidad	Mercado Local	Disponibilidad	Disponibilidad
		✓✓✓	✗
Coste económico	Entre 50. <sup>00</sup> \$ y 250. <sup>00</sup> \$	Medio	Alto
		✓✓✓	✗
<b>Suma de Apreciaciones Generales</b>		<b>20</b> ✓	<b>8</b> ✓

Una vez realizado el comparativo entre el motor paso a paso y el servomotor en la Tabla 3.3, ante los requerimientos, se demuestran de manera evidente la variable en la suma de apreciación general, lo que da una ventaja superior al motor paso a paso, el mismo que presenta confiabilidad, seguridad, eficiencia y distintas propiedades en la utilización de labores en movimiento y precisión para el eje de coordenada Z con control de altura de la antorcha de la máquina cortadora por plasma.

Sin dejar pasar por alto las características y prestaciones que brindan los servomotores y conformación de alta gama tecnológica se puede apreciar que presenta el requerimiento en un rango superior ante prestaciones, con variables no aceptables en: peso, mantenimiento, disponibilidad local y coste económico.

#### 3.4.1.2 Datos técnicos de un motor paso a paso.

Una vez llegado a la determinación del motor eléctrico paso a paso para dicha implementación cabe recalcar que sus factores de mantenimiento, peso, tamaño, precio y accesibilidad del mercado local se encuentran activas.

## HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	4.5
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	2.0
Ambient Temperature (°C)	-20 ~ +50	Resistance Per Phase ( $\pm 10\%$ $\Omega$ )	2.25 (25°C)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase ( $\pm 20\%$ mH)	3.6
Insulation Resistance (M $\Omega$ )	100 Min (500VDC)	Holding Torque (N.cm)	135
Insulation Class	Class B		
Max. radial force (N)	28 (20mm from the flange)		
Max. axial force (N)	10		

**Figura 3.10** Motor eléctrico paso a paso nema 23  
(Bricogeek, 2017)

### 3.4.2 Tarjeta electrónica.

#### 3.4.2.1 Selección de tarjeta electrónica.

En los sistemas de control numérico computarizado las interfaces presentadas para el control de movimientos de los ejes de coordenadas X, Y, Z y automatización por medio de procesadores presentan alternativas en el funcionamiento de las mismas, estas son presentadas en comparativa en la Tabla 3.4.

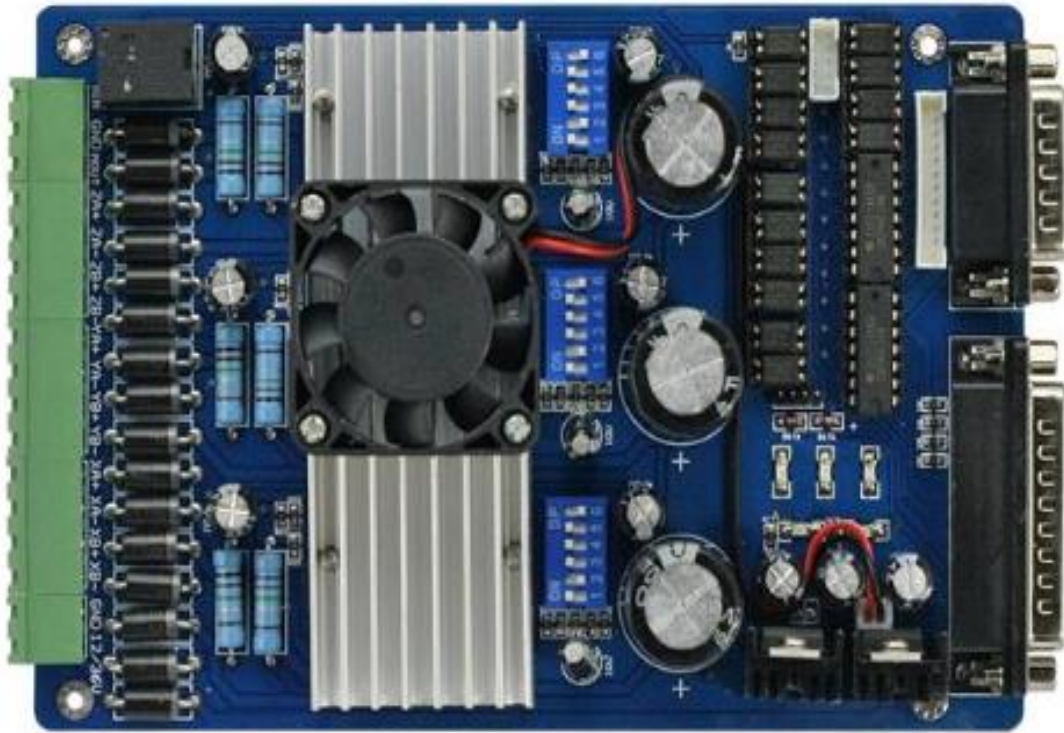
**Tabla 3.4** Comparativo de tarjetas de control de movimientos

Bases	Requerimiento	Interfaz	PLC
Procesador	Alto	Alto	Alto
		✓✓✓	✓✓✓
Aplicación en sistemas CNC	Común	Común	Alta
		✓✓	✓✓
Perdurabilidad	Prolongada	Moderado	Muy Eficiente
		✓✓	✓✓✓
Relación de lectura con motores paso a paso	Común	Común	Común
		✓✓	✓✓✓
Sustento	Asequible	Asequible	Sustento técnico
		✓✓✓	✓
Manipulación del sistema	Destacado	Publica	Capacitada
		✓✓✓	✓
Coste económico	Viable entre 350 <sup>00\$</sup> y 550 <sup>00\$</sup>	Viable	No viable
		✓✓✓	✗
Accesibilidad	Mercado Internacional	Envío Internacional	Envío Internacional
		✓✓✓	✓✓
<b>Suma de Apreciación General</b>		<b>21</b> ✓	<b>16</b> ✓

La interpretación de comunicación entre una tarjeta de control electrónico y dispositivos actuadores, por ejemplo, motores paso a paso, se encuentra en vínculos de lectura e interpretación con el software de ordenador, las ordenes son comandadas por quien opera el sistema, es decir, quien determina la configuración de cada motor, como velocidad, aceleración, posicionamiento de la antorcha y trayectoria de corte.

Una ventaja superior presentada en la tarjeta de interfaz brinda confiabilidad, eficiencia y propiedades de configuración ante el control de movimiento de los ejes de coordenada X, Y, Z y su automatización, se la ha determinado como apropiada para la aplicación de uso en el sistema comunicación e interpretación de datos. Al mismo

tiempo ofrece alta resistencia para ser aplicada en lugares con exceso de ruido y campos de industria, tales como talleres automotrices e industriales.



**Figura 3.11** Tarjeta electrónica  
(XYZ control de movimiento lineal, 2017)

El total conocimiento en la manipulación del software de una tarjeta de control de movimientos de los ejes coordenadas y la automatización es amplio, al mismo tiempo éste se presenta de manera manipulable, su adquisición en el mercado local es limitada y tardía, razón por la cual se acuerda su importación de manera inmediata con el fin de continuar dicha implementación en la máquina cortadora por plasma con sistema de control numérico computarizado.

### **3.4.3 Dispositivo del control de altura de la antorcha.**

#### **3.4.3.1 Selección del dispositivo de control de altura de la antorcha.**

El control de altura de la antorcha de la máquina cortadora por plasma da lugar a la tendencia tecnológica actual, los dispositivos utilizados en cortadoras oxicorte o plasma con sistema CNC se presenta a continuación en comparativa, presentando alternativas y requerimientos.

**Tabla 3.5** Comparativo de interpretadores de automatización

Bases	Requerimiento	THC Compact 150	Compact THC 3T
Interpretador de datos	Inmediato	Alto	Alto
		✓✓✓	✓✓✓
Aplicación en sistemas CNC	Común	Alto	Moderado
		✓✓✓	✓✓
Perdurabilidad	Prolongada	Alto	Regular
		✓✓✓	✓✓
Manipulación	Destacada	Sustento Técnico	Sustento Técnico
		✓	✓
Confiabilidad	Alta	Alto	Alto
		✓✓✓	✓✓✓
Coste económico	Viable entre 450 <sup>.00\$</sup> y 750 <sup>.00\$</sup>	Viable	Viable
		✓	✓✓✓
Accesibilidad	Mercado Internacional	Envío Internacional	Envío Internacional
		✓✓✓	✗
<b>Suma de Apreciación General</b>		<b>17 ✓</b>	<b>14 ✓</b>

Una vez obtenida la suma de apreciación general, se destaca en la Tabla 3.5, que el dispositivo THC compact 150, presenta los requerimientos necesarios para la aplicación en dicho proyecto de implementación, ya que el dispositivo ha presentado una garantía en la aplicación de sistemas de control numérico computarizado, como también posee interpretador para automatización.

Sin dejar pasar por alto las características presentadas por el dispositivo Compact THC 3T, se forma una relevante en el cumplimiento de requerimientos, limitándose en el tiempo de entrega, sobrepasando el tiempo límite del mismo, de tal manera que lo convierte en una obstrucción en el acta de entrega de préstamo de máquina cortadora de plasma para el desarrollo de implementación.

### 3.5 Equipos seleccionados.

Culminado el análisis de comparativas frente a los requerimientos para dicha implementación los equipos o unidades seleccionadas son detalladas en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6** Unidades seleccionadas

Dispositivos	Requerimiento	Unidad Seleccionada
Generador de movimiento	Motor paso a paso	<i>Stepper longs</i> /motor nema 23
Control de movimientos.	Interfaz	Tarjeta electrónica de control Toshiba TB-6560 3 Axis
Unidad Interpretadora de automatización y control de altura.	THC	THC Compact 150

En la automatización del eje de coordenada Z de la máquina cortadora por plasma, la implementación de los dispositivos se la realizará: en transmisión de movimiento un motor paso a paso tipo *Stepper longs*/motor nema 23, para el control de movimientos de los ejes X, Y, Z, una Tarjeta electrónica Toshiba TB-6560 3 Axis y en el Dispositivo del control de altura de la antorcha la unidad THC Compact 150.

### 3.6 Programación de software Mach3

Una vez montado el mecanismo de coordenada Z en la máquina cortadora por plasma se procede a su continuidad en el área de programación de software, mismo que se encuentra en vínculos con los mecanismos de los ejes de coordenadas X, Y, Z.

#### 3.6.1 Programación de medidas originarias.

El proceso de corte se lo realizara de acuerdo a la necesidad presentada, el operario debe determinar el tipo de lectura a darle al interpretador, ya sea el sistema inglés (SI) o sexagesimal de unidades (CGS).

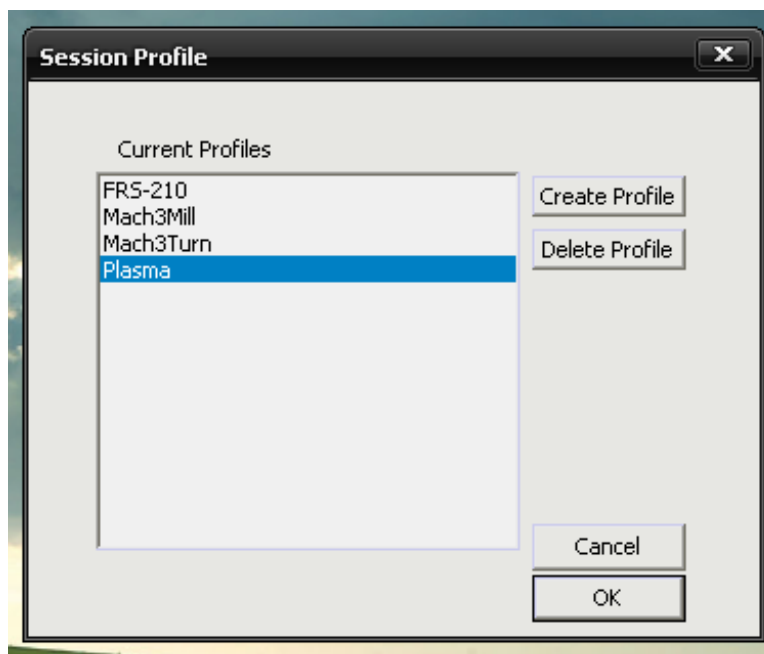
##### 3.6.1.1 Proceso de configuración de medidas originarias

El proceso se realiza mediante la apertura del software “Mach3 Loader” como se muestra en la Figura 3.12.



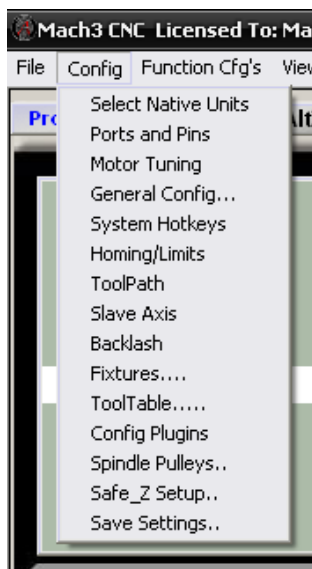
**Figura 3.12** Icono mach3  
(Mach3 loader)

Cuando el programa inicia, muestra la ventana “Session Profile” en el cual se deberá escoger la opción “Plasma” como se indica en la Figura 3.13.



**Figura 3.13** Selección de perfil  
(Mach3 loader)

Al seleccionar el perfil tipo “Plasma” y seguidamente “ok” el perfil del interpretador procede a cargar e iniciar, en la ventana superior realizar un clic con el puntero del ordenador en “Config” como se muestra en la Figura 3.14.



**Figura 3.14** Selección “selec native units”  
(Mach3 loader)

Al seleccionar la opción “Config” en la barra superior desglosa multiples opciones en el cual se debe escoger la opción “Selec Native Units” al carga la opción se abre la ventana “Set Default Units” seleccionar la opción deseada a trabajar tal y como se como se muestra en la Figura 3.15.



**Figura 3.15** Selección de medidas  
(Mach3 loader)

Seguidamente de hacer clic en “ok” la ventana de selección de medidas se cierra por defecto automático.

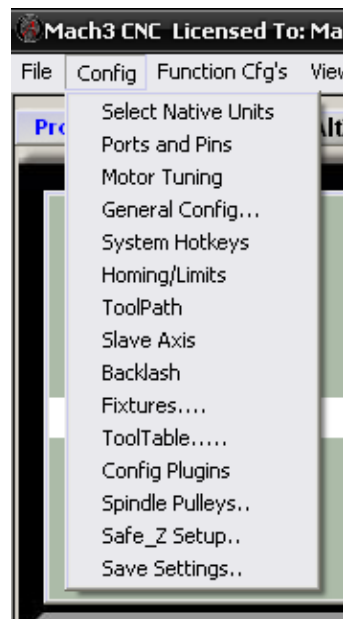
### **3.6.2 Programación de puertos y pines.**

La programación de puertos y pines es la sección de vinculación entre la Tarjeta electrónica de control Toshiba TB-6560 3 Axis y el ordenador, para esto se toma como puertos a la recepción por donde ingresan los datos de tipo algorítmico mismos que son emitidos por los pines de salida del ordenador desde el software mach3, el puerto paralelo es el encargado de transmitir esta información con el fin que la tarjeta electrónica reconozca esta información y al mismo tiempo la interprete.

#### **3.6.2.1 Proceso de configuración de puertos y pines.**

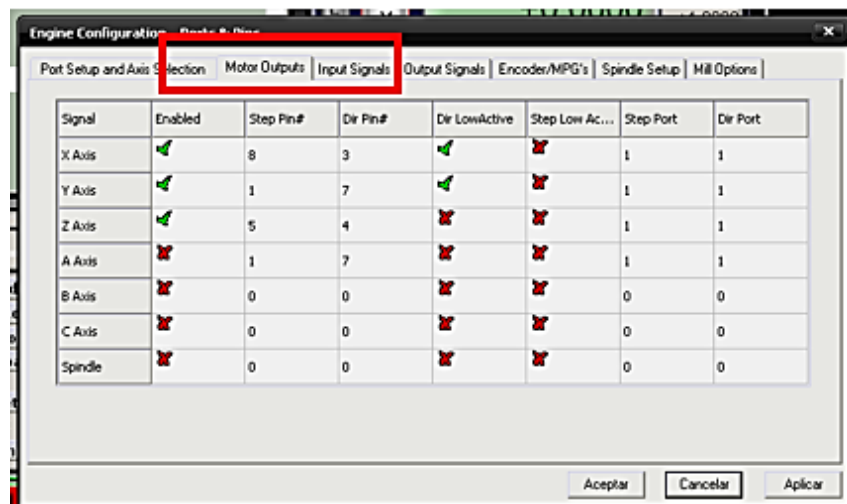
El proceso de configuración se realiza mediante la marcación de clic con el puntero del ordenador en la opción “Config” como se indica en la Figura 3.16, mismo que al cargar muestra el glosario de opciones.





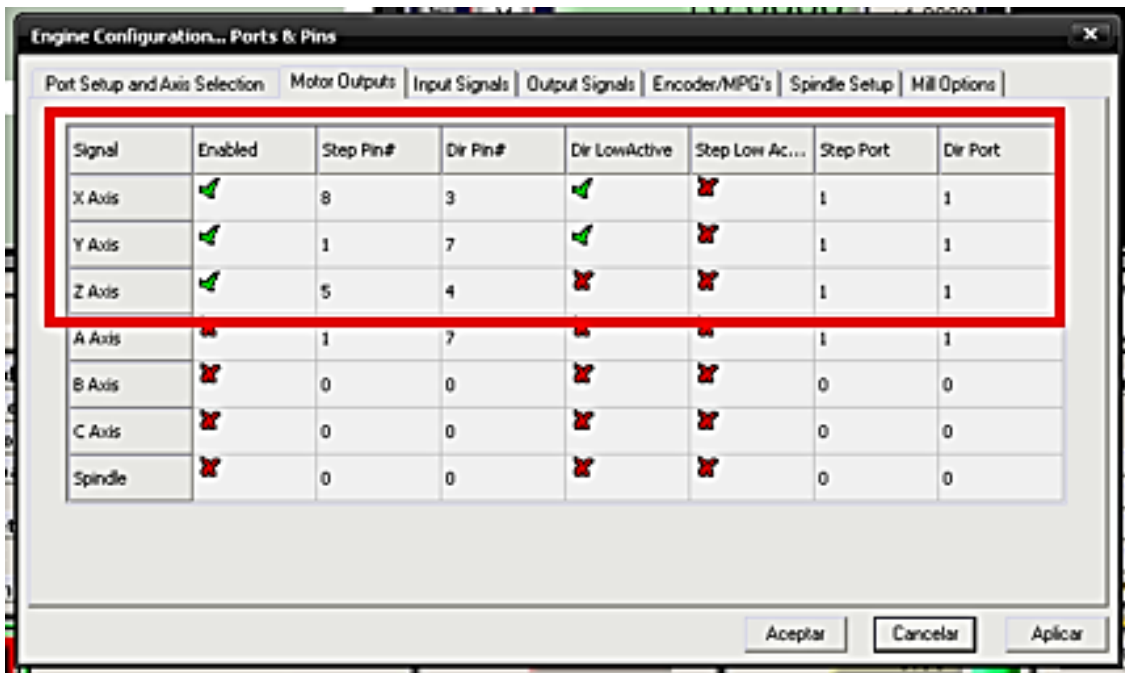
**Figura 3.16** Selección de configuración  
(Mach3 loader)

En el glosario de opciones se realiza marcación con el clic del ordenador en “Ports and Pins” al seleccionar muestra la ventana “Engine Configuration” en la barra superior se mostrara la ventana con diferentes opciones, seleccionar “Motor Outputs” como muestra la Figura 3.17.



**Figura 3.17** Selección “motor outputs”  
(Mach3 loader)

Al seleccionar “X Axis”, “Y Axis”, “Z Axis” se marcara con un visto de color verde mismo que mostrara su activación o caso contrario, se marca con una cruz de color roja al desactivar como se muestra en la Figura 3.18.



**Figura 3.18** Selección “axis”  
(Mach3 loader)

Seleccionar puertos y pines según la programación deseada, para “X Axis”, se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7** Códigos de programación x axis

Step pin #	Dir pin #
8	3

Para el eje de coordenada “Y Axis” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.8.

**Tabla 3.8** Códigos de programación y axis

Step pin #	Dir pin #
1	7

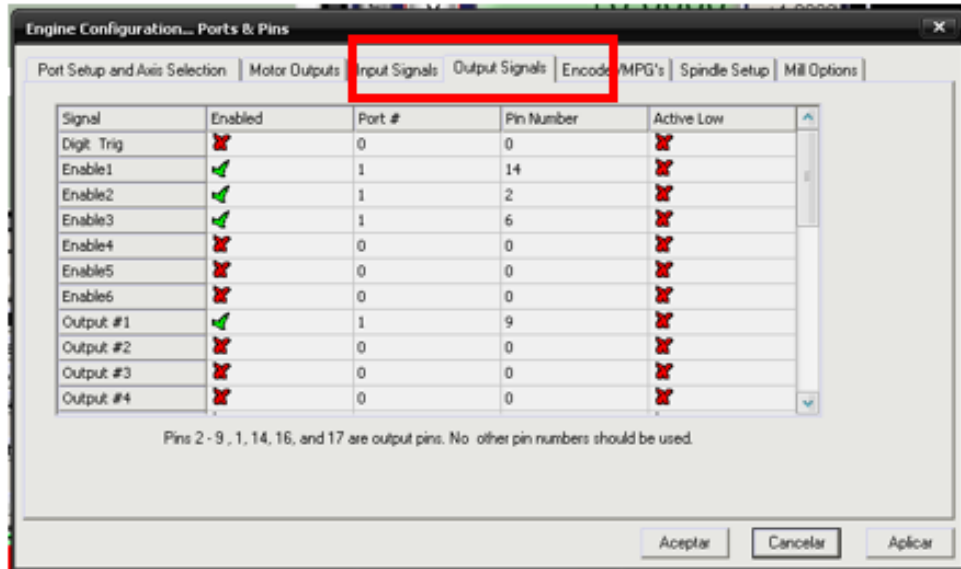
Para el eje de coordenada “Z Axis” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9** Códigos de programación z axis

Step pin #	Dir pin #
5	4

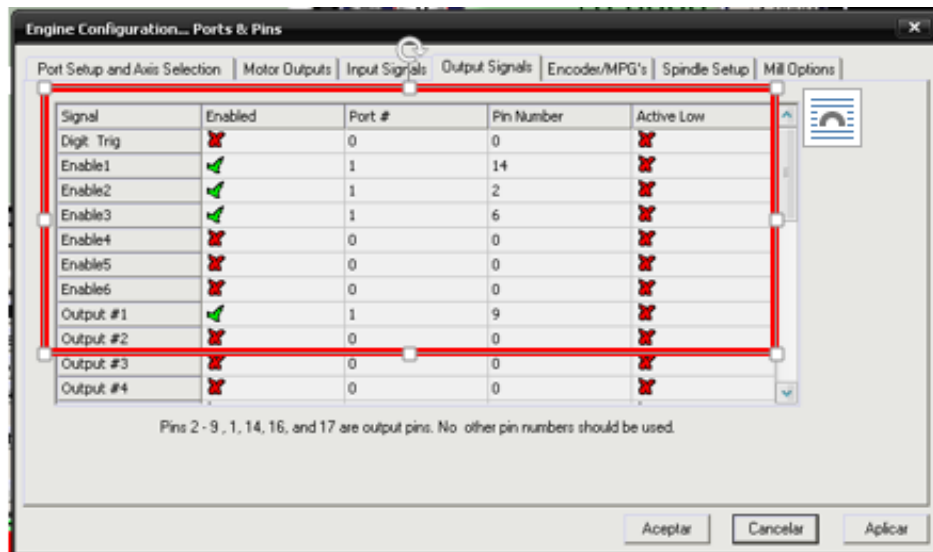
Una vez terminado el ingreso de códigos se realiza un clic con el puntero del ordenador en la opción aplicar el mismo que genera el guardado de la programación.

En la barra superior se mostrara un glosario de opciones, seleccionar “Outputs Signals” como muestra la Figura 3.19.



**Figura 3.19** Selección “input signals”  
(Mach3 loader)

Al seleccionar “Enable 1”, “Enable 2”, “Enable 3”, se marcara con un visto de color verde al activar o caso contrario, se marca con una cruz color roja al desactivar como se muestra en la Figura 3.20.



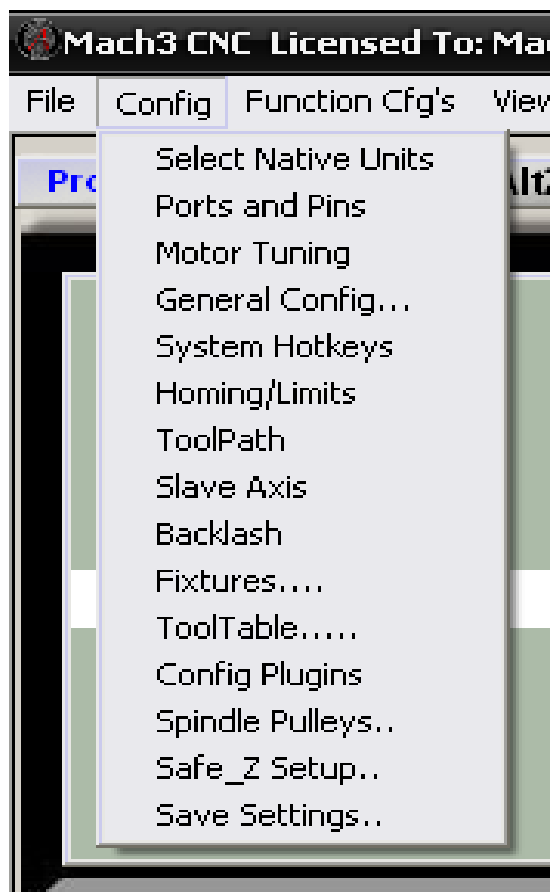
**Figura 3.20** Activación 1, 2, 3  
(Mach3 loader)

### 3.6.3 Programación de motores.

Para la programación y configuración de cada motor perteneciente a cada eje de coordenada es fundamental definir su aceleración, velocidad, pulsos y pasos a dar en cada unidad con relación al tiempo de avance o retraso.

#### 3.6.3.1 Proceso de configuración de motores.

El proceso de configuración se realiza mediante la marcación de clic con el puntero del ordenador en la opción “Config” como se indica en la Figura 3.21, mismo que al cargar muestra el glosario de opciones.



**Figura 3.21** Selección de configuración  
(Mach3 loader)

En el glosario de opciones se realiza marcación con el clic del ordenador en “Motor Tuning”, al seleccionar, “Motor Tuning And Setup” por efecto carga una ventana mostrando el perfil de configuración del motor correspondiente a cada eje de

coordenada X, Y, Z como se muestra en la Figura 3.22, en el cual se determina tanto la velocidad como la aceleración.



**Figura 3.22** Y axis motor movement profile  
(Mach3 loader)

Para el eje de coordenada “X Axis motor movement profile” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.10.

**Tabla 3.10** Códigos para x axis motor

Velocity		Acceleration		Step	Dir
Max:	400	Max:	100		
Min:	100	Min:	25	5	2

Para el eje de coordenada “Y Axis motor movement profile” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.11.

**Tabla 3.11** Códigos para y axis motor

Velocity		Acceleration		Step	Dir
Max:	1000	Max:	200		
Min:	200	Min:	50	5	2

Para el eje de coordenada “Z Axis motor movement profile” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.12.

**Tabla 3.12** Códigos para z axis motor

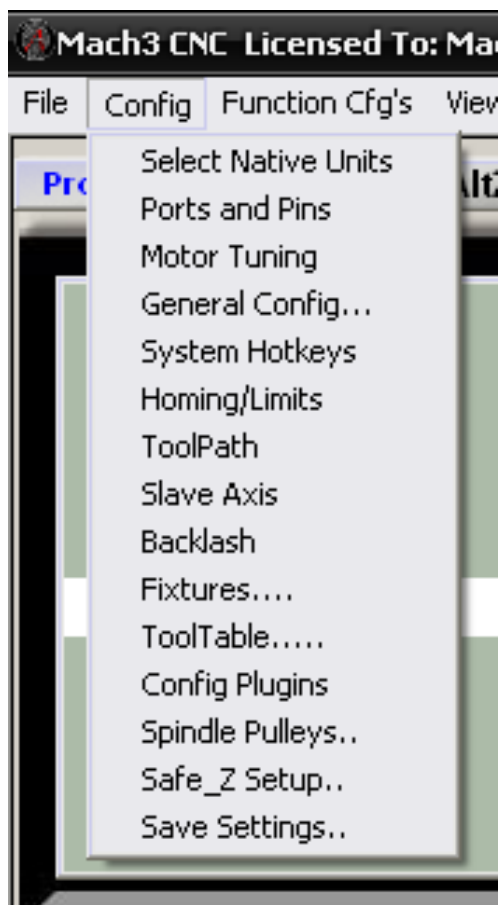
Velocity		Acceleration		Step	Dir
Max:	400	Max:	150		
Min:	100	Min:	25	5	2

### 3.6.4 Programación para el control de altura de la antorcha de corte.

Esta sección es de vital importancia para la automatización de la máquina cortadora por plasma y el sistema de control numérico computarizado, ya que permite que el disparo de plasma se encuentre automatizado. Al mismo tiempo presenta el ascenso y descenso de la antorcha generadora de corte.

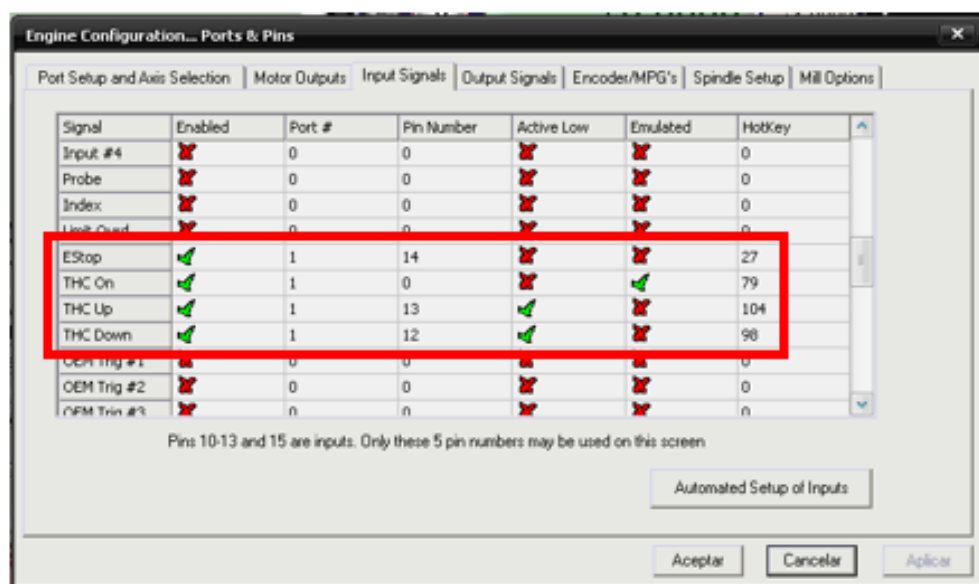
#### 3.6.4.1 Proceso de configuración del dispositivo THC.

El proceso de configuración se realiza mediante la marcación de clic con el puntero del ordenador en la opción configuración como se indica en la Figura 3.23, mismo que al cargar muestra el glosario de opciones.



**Figura 3.23** Selección de configuración  
(Mach3 loader)

En el glosario de opciones se realiza marcación con el clic del ordenador en "Ports and Pins" se realiza la marcación el cual muestra la ventana "Engine Configuration" como se muestra en la Figura 3.24 donde se toma la opción "Input Signal".



**Figura 3.24** Marcación the on, the up, the down  
(Mach3 loader)

Se marcar con visto de color verde en “Thc on”, “Thc up”, “Thc down” en lo cual se forma la activación del dispositivo el cual es el encargado de controlar el nivel de altura de la antorcha de corte.

Para “THC on” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.13, los códigos se mostraran en la ventana de programación.

**Tabla 3.13** Códigos the on

Step port #	Dir pin #
1	14/0

Para “THC up” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.14, los códigos se mostraran en la ventana de programación.

**Tabla 3.14** Códigos the up

Step port #	Dir pin #
1	13

Para “THC down” se genera el ingreso de códigos como se indica en la Tabla 3.15, los códigos se mostraran en la ventana de programación.

**Tabla 3.15** Códigos the down

Step port #	Dir pin #
1	12

### 3.6.5 Control de límites.

Los controladores de límites para el recorrido de los ejes permiten brindar seguridad al operario ante la manipulación y designación de cortes de mecanizado impidiendo que la antorcha efectúe su trabajo fuera del área, tanto el recorrido del eje de coordenada (x) como el del eje coordenada (y) llegan a un punto determinado, el accionamiento de control de limite surge con respuesta inmediata, lo que genera la parada en la mecanización, para su continuar con las operaciones de mecanizado el operario debe percatarse del último código interpretado, volviendo a destrabar los ejes.

A continuación en la Tabla 3.16 se detalla su ubicación, programación y conexión en la máquina cortadora por plasma automatizada.

**Tabla 3.16** Controladores limitantes de ejes x y

<b>Controladores de límites</b>		
<b>Tipo de Swich</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Conexión</b>
MicroSwich Industrial	Finales de recorrido del eje X, Y	En serie, tarjeta de control, puertos y pines 16-17

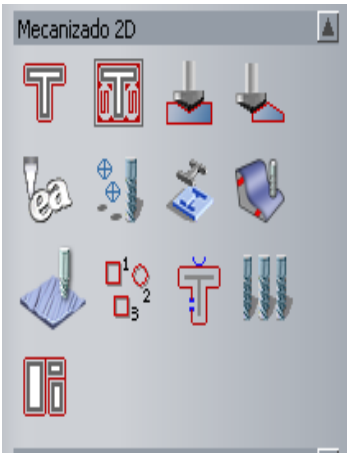
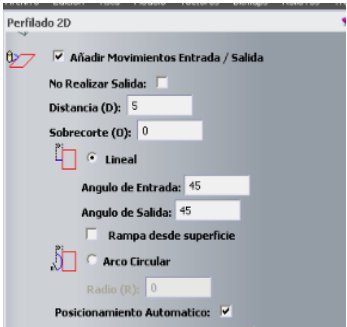
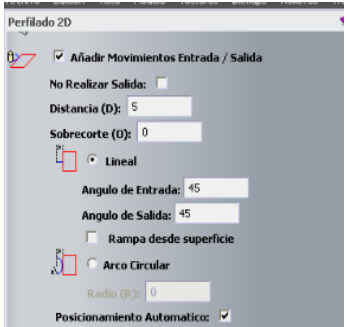
## 3.7 Programación en software ArtCam.

### 3.7.1 Programación de seguridad.

La seguridad del software está basada primordialmente ha no causar accidentes o incidentes de manera directa como también de manera indirecta al operador, con el fin de precautelar la integridad del operador se procede a realizada la siguiente programación.

La programación de seguridad de perfilado de trayectorias de la antorcha de corte como el ángulo de entrada y salida si así lo desea, a continuación en la Figura 3.25 se detalla el procedimiento con el cual se genera la trayectoria misma que es designada de manera informática por el operador.

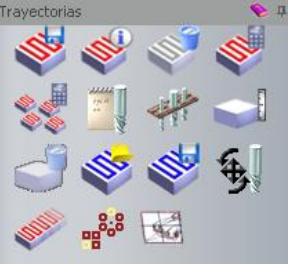
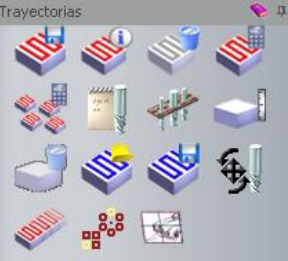


<b>Seguridad de perfilado de la trayectoria</b>	
<b>Marcación de clic con el puntero del ordenador</b>	Luego de obtener el diseño en el programa “ArtCam” el operador debe seleccionar la opción: Mecanizado 2D, al ser seleccionada la opción se abrirá la ventana “perfilado 2D” y a continuación se procede a determinar las trayectorias de perfilado.
	<b>Proceso del ángulo de entrada y salida de la antorcha de corte</b>
	<b>Interior</b>
	<b>Exterior</b>
	<p>En tipo de perfilado / interior Profundidad / definida Herramienta / plasma Vistear la opción “añadir movimiento de entrada / salida” Definir el ángulo de entrada y salida. Calcula ahora.</p> <p>En tipo de perfilado / exterior Profundidad / definida Herramienta / plasma Vistear la opción “añadir movimiento de entrada / salida” Definir el ángulo de entrada y salida. Calcular ahora.</p>

**Figura 3.25** Seguridad de perfilado

### 3.7.2 Orden de Perfilado.

El fin de determinar el orden de los perfilados es obtener un mejor mecanizado de piezas al mismo tiempo la lógica de cortes. A continuación en la Figura 3.26 se detalla el procedimiento de guardado y orden de perfilados en dependencia a la pieza a mecanizar.

Guardado y Orden de perfilados	
Marcación de clic con el puntero del ordenador	Proceso de orden de trayectorias
	Una vez generado el perfilado de trayectoria procede a la opción “operaciones de guardado” al seleccionar se abrirá la ventana “guardar trayectorias”
	El orden de perfilado de cada trayectoria es designado por el operador de acuerdo a la lógica de corte en la placa, los perfilados saldrán en la ventana “calculados” y posteriormente deben ser ordenados en la ventana “trayectoria”

**Figura 3.26** Orden de perfilado

### 3.8 Programación de automatización.

#### 3.8.1 Códigos base.

En la Tabla 3.17 y Anexo VI se muestra el código perteneciente a la acción a realizar, el programa ArtCam lo genera y emite por consiguiente el programa Mach3 recepta e interpreta.

**Tabla 3.17** Códigos base

Comunes de programación	
Código	Acción
G90	Coordenadas Absolutas
G91	Coordenadas Incrementales
G54-56	Origen
G20	Medidas en pulgadas
G21	Medidas en milímetros
G00	Avance rápido
G01	Avance programado
G02	Circular horario
G03	Circular anti horario
F	Avance de milímetros por minuto
S	Valor de revoluciones en minuto
M03-04	Giro de eje sentido horario
M05	Giro de eje sentido anti horario
M06	Cambio de herramienta
M30	Fin de programa
N	Numero de línea de programación

### 3.8.2 Automatización de encendido y apagado de la antorcha de corte.

La introducción de automatización para la máquina cortadora por plasma se muestra de manera sencilla y fácil de comprender, a continuación en la Tabla 3.18 se detalla los códigos generadores a la automatización mismos que hacen énfasis al eje de coordenada Z produciendo el encendido y apagado de la antorcha de corte.

**Tabla 3.18** Códigos de automatización

Generadores a la Automatización	
Códigos	Función
M3	Giro del eje de coordenada Z en sentido de las agujas del reloj / Encendido de la antorcha
M5	Giro del eje de coordenada Z en el sentido anti-horario / Apagado de la antorcha

### 3.8.3 Automatización en códigos generados.

Luego de haber generado el guardado de trayectorias los códigos se reflejaran en el lugar asignado por el operador, en la Figura 3.27, se muestra su creación.



**Figura 3.27** Asignación de guardado

El código "M5" será insertado después de todos los códigos que indiquen el final de las trayectorias y a continuación el código "M3" será insertado antes de todos los códigos de avance milimétrico por minuto (F200) pertenecientes a cada trayectoria.

```





N80X11.113Y9.715
N82X12.125Y11.749
N84X11.807Y12.697
M05
N86G00Z5.000
N88G00X16.422Y9.546
M03
N90G01Z-1.000F200
N92G01X16.722Y10.500F350

```

**Figura 3.28** Códigos generados  
(Artcam)

### 3.9 Configuración de la unidad de control de altura.

Debido al alto voltaje que se maneja en la máquina cortadora por plasma, el fabricante recomienda que la conexión de la unidad interpretadora de automatización y control de altura, la realice un operario calificado y certificado por el proveedor del elemento, seguridad Anexo II, la manipulación luego de su instalación la puede realizar el operario.

Configurador	Ingreso a configuración	Parámetro	Programado
	Mantener presionado los dos botones, durante un lapso de tiempo de 5 a 8 segundos, hasta el parámetro deseado.	Histéresis	102
		Tiempo de Retraso	007
		Voltaje alto	140
		Prueba	001

**Figura 3.29** Configuración THC 150

### 3.10 Exposición concluyente.

La seguridad ante el operario de máquina cortadora por plasma es primordial, tomando en cuenta que permite realizar cortes de manera automatizada en su totalidad con una programación diferente en cada diseño.

A continuación se presenta en la Tabla 3.19, la descripción e información técnica de máquina de control numérico computarizada cortadora por plasma automatizada.

**Tabla 3.19** Datos técnicos utilizados en el equipo

DESCRIPCIÓN E INFORMACIÓN TÉCNICA	
Interfaz	Tarjeta electrónica de control Toshiba TB-6560 3 Axis
Generador de movimiento	Stepper longs/motor nema 23
Ejes automatizados	Eje X, Eje Y, Eje Z.
Unidad de automatización	THC compact 150
Software instalado CAD	ArtCAM
Software instalado CAM	Mach3



## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Resultado de automatización.

Precedente a la automatización del eje de coordenada Z, el control de altura de la antorcha era realizado por la intervención del operador, es decir, el operador era quien designaba empíricamente el nivel de altura entre el material a mecanizar y la antorcha de corte, con lo que el índice de riesgo laboral incrementaba cada vez más en la mecanización.

En la actualidad el índice de riesgo laboral ante la manipulación directa del eje de coordenada Z, ha sido eliminado, dando lugar a que el operario mantenga una distancia prudente en el momento de la mecanización, dejando de esta manera que el nivel de altura entre el material a mecanizar y la antorcha de corte sea a convenir por el dispositivo de control de altura THC.

Anteriormente el operador debía prestar mucha atención en la designación de inicio y final del disparo de plasma por medio de un trigger o generando paradas a la mecanización, hoy en día el tiempo de parada en cada mecanización se ha eliminado, dejando de esta manera que la automatización del eje de coordenada Z, realice diferentes las trayectorias de mecanización en un solo recorrido, al mismo tiempo el inicio y final del disparo de plasma en el material a mecanizar se torne automático.

Ante la implementación del dispositivo de control de altura THC, la distancia que mantiene entre la antorcha de corte y el material a mecanizar es paralelo a las deformaciones del material, es decir, si el material no presenta planicie total el dispositivo de control de altura THC interpretara estas deformaciones, censando y actuando al ascenso y descenso de la antorcha, con la finalidad de mantener una distancia constante paralela ante el material, su censo lo realiza mediante lecturas de voltaje en el plasma.

Las pruebas de funcionamiento posteriores a la implementación del eje de coordenada Z evidenciaron la correcta marcha del modelo sistemático, al igual que los movimientos de los mecanismos pertenecientes a los ejes de coordenadas X, Y, Z, de la máquina cortadora por plasma, conceptualizando un óptimo desempeño laboral en el mecanizado de piezas por lo cual permite satisfacer las necesidades del operador, sin dejar pasar por alto la obligatoriedad de las normas y parámetros de seguridad ante la manipulación del equipo.

#### 4.1.1 Aplicaciones recomendadas.

La manipulación del operario anexa a la máquina cortadora por plasma automatizada debe ser presentada con absoluta responsabilidad frente a la realización de un buen desempeño laboral, la programación del software ante velocidad, amperaje, histéresis, voltaje, tiempo de retraso, presión de aire, presentan variaciones de acuerdo al grosor y tipo de material, mismo que no debe mostrar alteración ni calibración empírica, ya que para cada tipo existe una configuración diferente.

A continuación en la Tabla 4.1, se presenta datos recomendados por el fabricante ante cortes y calibración de velocidad, amperaje, histéresis, voltaje, tiempo de retraso, presión de aire de acuerdo al tipo de material a trabajar.

**Tabla 4.1** Aplicaciones recomendadas

Datos Recomendados							
Tipo de material	Espesor (mm)	Amperaje (A)	Voltaje THC (V)	Presión de aire PSI/BAR	Velocidad de eje x (mm/Min)	Velocidad de eje Y (mm/Min)	Velocidad de eje Z
Acero inoxidable	1	20	90	80 5.5	400	1000	Automatizado
	3	24	115		300	700	Automatizado
	6	32	130		200	450	Automatizado
	8	36	150		100	200	Automatizado
Acero negro	1	20	90	80 5.5	400	1000	Automatizado
	3	24	115		300	700	Automatizado
	6	32	130		200	450	Automatizado
	8	36	150		100	200	Automatizado
Aluminio	1	20	90	80 5.5	400	1000	Automatizado
	3	22	115		300	700	Automatizado
	6	32	130		200	450	Automatizado
	8	36	150		100	200	Automatizado



## 4.2 Seguridad en la automatización del eje de coordenada Z.

La integridad personal es el recurso más valioso de las instalaciones fabriles ya que radica principalmente en el cuidado, seguridad y prevención ante vulnerabilidad de accidentes, la atención e interpretación de señalética y etiquetas de advertencia a peligro emiten instrucciones e indicaciones detalladas a la precaución de los mismos.



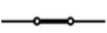



El resultado de la automatización del eje de coordenada Z permite disminuir en gran porcentaje el riesgo ante la vulnerabilidad de accidente directamente con el operador, radicándose en prestar un buen mecanizado con disminución de accidentes directos e indirectos.

En el Anexo III se detalla información y simbología de señalización a la manipulación de la automatización de la máquina cortadora por plasma con el fin de prevenir accidentes e incidentes al operador y daños a la misma.

## 4.3 Reconocimiento de elementos.

### 4.3.1 Controladores en el panel exterior.




En la parte superior izquierda de la mesa principal de la máquina cortadora por plasma se encuentra la ubicación de dos interruptores, a continuación en la Figura 4.1, se detalla su simbología y aplicación ante el sistema.

Interruptores en el panel exterior			
	Simbología		Función
	Circuito Abierto	Circuito Cerrado	
			
	Circuito Abierto	Circuito Cerrado	Corta en su totalidad la energía alimentaria, apagando los sistemas
			

**Figura 4.1** Controladores panel exterior

### 4.3.2 Controladores en el panel interior.

En el interior de la mesa auto portante de la máquina cortadora por plasma se encuentran distribuidos las unidades de control mismos que cuentan con un aislamiento ante la formación de un campo energético brindando seguridad del operario y los sistemas integrados de cada uno, en la Figura 4.2, se detalla su ubicación, función y tipo de manipulación.

Unidades de control en el interior			
Unidad	Ubicación	Función	Tipo de manipulación
Fuente de energía		Genera la alimentación de energía hacia la tarjeta de control y el THC.	Se acciona con el interruptor de encendido y apagado de manera manual.
Tarjeta de control			
Unidad THC		Automatiza el sistema de control numérico computarizado.	Es calibrado por el operador antes de realizar el corte.
Generador de Plasma			
		Genera el plasma para realizar cortes.	Es calibrado por el operador antes de realizar el corte.

**Figura 4.2** Controladores panel interior

## CAPÍTULO V

### **5. Conclusiones y Recomendaciones.**

#### **5.1 Conclusiones**

La automatización del eje de coordenada Z de la cortadora de plasma se encuentra apta para ser utilizada como material didáctico al aprendizaje de mecanizado utilizando un sistema de control numérico computarizado y programación de automatización.

La afectación térmica que se produce ante mecanización por medio del plasma hacia el material ha disminuido, debido a que ahora el voltaje es definido por el operador y la distancia entre la antorcha de corte y material se mantiene constante.

El proceso de mecanización mediante plasma ha generado que su aplicación en diferentes tipos de materiales sea efectiva, pero el mismo se encuentra limitado en un rango de suspensión ante mecanizar, ya que si sobrepasa el límite de espesor del material a 5 mm el sistema colapsa provocando la mal formación de las trayectorias de mecanización.

La velocidad de avance de los ejes de coordenadas X, Y, se los ha tomado de manera independiente a la velocidad de avance en el eje de coordenada Z, motivo por el cual se lo determina de manera ya automatizada dándose como el indicador de inicio y final del disparo de plasma controlado por el proceso de programación ante automatización.

El lapso de tiempo suspendido ante la mecanización se transfirió a un lapso de tiempo aprovechable a la culminación de las mecanizaciones en dependencia al diseño, con lo que la generación de una mecanización disminuye si la producción es en serie.

## **5.2 Recomendaciones.**

La mecanización térmica por medio de plasma se debe realizar ajustando los diferentes parámetros como amperaje del generador de plasma, voltaje e histéresis del dispositivo de control de altura THC, dependiendo el material y el tipo de consumible internos de la antorcha de corte, como también se debe contar con el uso del equipo de protección personal y el conocimiento ante la exposición de riesgos laborales.

Una buena culminación de mecanización posterior al diseño deberá mantener una visión y criterio lógico de trayectorias por las cuales empezara y terminara la mecanización misma que será el recorrido de la antorcha de corte, determinando un orden adecuado.

Es indispensable que el área en la cual se estaciona la máquina cortadora por plasma debe contar con extracción de humos y ventilación, se recomienda que no deben existir líquidos, gases o algún material de tipo inflamante, para una mejor conservación y duración de los sistemas que conforma se recomienda determinar una área en la cual se mantenga fija como también la realización de una limpieza periódica a los husillos de los ejes de coordenadas y guías.

El factor determinante para la no creación de un campo magnético invisible generado en lo interno en la máquina cortadora por plasma es mantener alejado interferencias digitales como: dispositivos bluetooth, redes wi-fi y celulares.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Alfonseca Cubero, E., Alfonseca Moreno, M., & Moriyon Salomon, R. (2007). *Teoria de automatas y lenguajes formales*. Madrid : McGraw-Hill.
2. Antunez Soria, F. M. (2016). *Puesta en marcha de sistemas de automatizacion industrial*. Malaga: IC.
3. Autodesk. (2014). *Fundamentals of CNC Machining*. United States of America: Compliments of Autodesk, Inc.
4. Bawa, H. S. (2007). *Procesos de manufactura*. Mexico: McGraw-Hill .
5. Bertoline Wiebe, M. M. (1999). *Dibujo en ingenieria y comunicacion grafica*. Mexico: McGraw-Hill.
6. Bilbao, E. T. (2017). *ehu.eus*. Obtenido de [http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/417\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/417_ca.pdf)
7. Calupiña, C., & Oña, D. (Octubre de 2012). *bibdigital.epn.edu.ec*. Obtenido de Escuela Politecnica Nacional : <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5340/1/CD-4571.pdf>
8. Carrasco, L. (Septiembre de 2016). *citeenergia.com.pe*. Obtenido de <http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2016/09/paper-corte-con-laser.pdf>
9. Cosmocax. (14 de 06 de 2007). *cadcamcae.wordpress.com*. Obtenido de <https://cadcamcae.wordpress.com/2007/06/14/el-control-numericopor-computadora-el-cnc/>
10. Cristobal Lopez Galvez, F. R. (2013). *Mecanizado*. Madrid: paraninfo .
11. Cruz Teruel, F. (2007). Mexico: Alfaomega grupo editor.
12. Cruz Teruel, F. (2011). *Control numerico y programacion*. Barcelona: Alfaomega.
13. Crystal. (2011). *nzdl.org*. Obtenido de <http://www.nzdl.org/gsdldmod?e=d-00000-00---off-0gtz--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00-0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=p&p=about>
14. *De maquinas y herramientas*. (28 de Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/procesos-afines-a-la-soldadura>

15. De máquinas y herramientas. (13 de Julio de 2015). *demaquinasyherramientas.com*.  
Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/corte-por-plasma-mecanizado>
16. Fabricator, T. (2017). *thefabricator.com*. Obtenido de  
<http://www.thefabricator.com/spanish/poniendo-el-corte-pesado-sobre-la-mesa>
17. Fernández, D. M. (19 de Abril de 2012). *atmosferis*. Obtenido de  
<http://www.atmosferis.com/corte-termico-del-metal-oxicorte/>
18. Gerling, H. (1964). *Alrededor de las maquinas herramientas* . Barcelona: Reverte, S. A.
19. Habicht, F. H. (1963). *Las maquinas herramientas modernas* . Mexico: continental.
20. Hernandez Lopez, G., & Mendoza Valencia, J. (2015). *Fundamentos y planeacion de la manufactura automatizada*. Mexico: Pearson Educacion.
21. Hernández, H. (28 de Enero de 2013). *Supervisión de Estructuras de Concreto y de Acero*.  
Obtenido de <https://sites.google.com/site/construyetuingenio2013/5-procesos-de-soldadura-y-corte/5-7-procesos-de-corte/5-7-2-corte-con-arco-de-carbono-cac-a-1>
22. Hernández, K. (11 de Mayo de 2015). *elmundoes21*. Obtenido de  
<https://elmundoes21.wordpress.com/2015/05/11/maquinas-y-herramientas-ensayo/>
23. Jose Carrasco Moreno, S. M. (2015). *Practicas y procesos de taller de menizado*. Barcelona: alfaomega.
24. Khanacademy. (2017). *Khanacademy Coordenadas Polares*. Obtenido de  
<https://es.khanacademy.org/computing/computer-programming/programming-natural-simulations/programming-angular-movement/a/polar-coordinates>
25. Krar, S. F., Gill, A. R., & Smid, P. (2009). *Tecnologia de las Maquinas Herramientas*. Mexico: Alfaomega.
26. López de Ponce, A. (2015). *Especializaciones tecnicas en procesos de mecanizado por corte y conformado*. Malaga: IC.
27. Machining, U. (Septiembre de 2015). *porprofesionalmic.files.wordpress.com*. Obtenido de  
<https://porprofesionalmic.files.wordpress.com/2015/09/investigacion-documental-mecanizado-por-ultrasonido.pdf>
28. Madrid, U. P. (septiembre de 2015). *gestion.uniblog.uo.edu.cu*. Obtenido de  
<http://gestion.uniblog.uo.edu.cu/files/2015/09/Anejo1sistemasreferencia.pdf>

29. *Mecanizado de la fresadora*. (23 de julio de 2014). Obtenido de <http://sorangelmunozfederickbastida.blogspot.com/2014/07/usoy-aplicaciones-especificas.html>
30. Moreno, P., & Guillermo, N. (20 de Abril de 2012). *Blog de Tecnologia Industrial de Pedro Moreno y Guillermo Navarro*. Obtenido de <http://ladrimedutecno.blogspot.com/2012/04/proceso-de-fabricacion-con-arranque-de.html>
31. Muñoz, R. (2012). *dgf.uchile.cl*. Obtenido de <http://dgf.uchile.cl/~rmunoz/docs/apuntesFI2001rmm201002.pdf>
32. Napoles, A., & Salueña, X. (6 de Agosto de 2014). *sistemamid*. Obtenido de [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-08-06\\_10-33-49108377.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-08-06_10-33-49108377.pdf)
33. oilandgasclub. (15 de febrero de 2016). *OilAndGas Club.com*. Obtenido de <https://www.oilandgasclub.com/what-is-to-be-inspected-before-welding/>
34. Sánchez, S. (30 de Abril de 2015). *3dnatives*. Obtenido de <http://www.3dnatives.com/es/fusion-por-haz-de-electrones-les-explicamos-todo/>
35. Santiago. (20 de Diciembre de 2015). *oposinet*. Obtenido de <https://oposinet.cvexpres.com/temario-de-tecnologia/temario-1-tecnologia/tema-40-tnicas-de-mecanizado-conformacin-y-unin-de-piezas-metlicas/>
36. Teodoro, C. (2016). *Corte por plasma y oxicorte*. Malaga: IC.
37. *XYZ control de movimiento lineal*. (2017). Obtenido de <http://www.xyzcnc.com.mx/electr%C3%B3nica-cnc/controladoras-cnc/>
38. *YAMEB* . (21 de Julio de 2012). Obtenido de <http://yameb.blogspot.com/2012/07/meet-tinyarm-and-singlesteppertroller.html>





## ANEXO I

### Planos de construcción del eje de coordenada Z

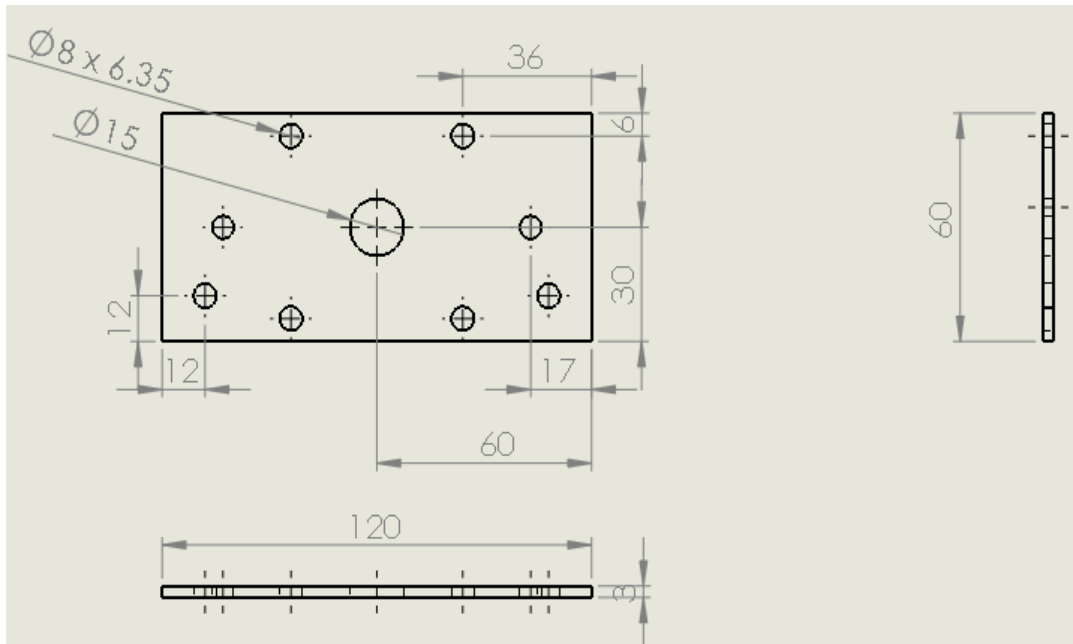


Figura AI.1 Plano de diseño base superior

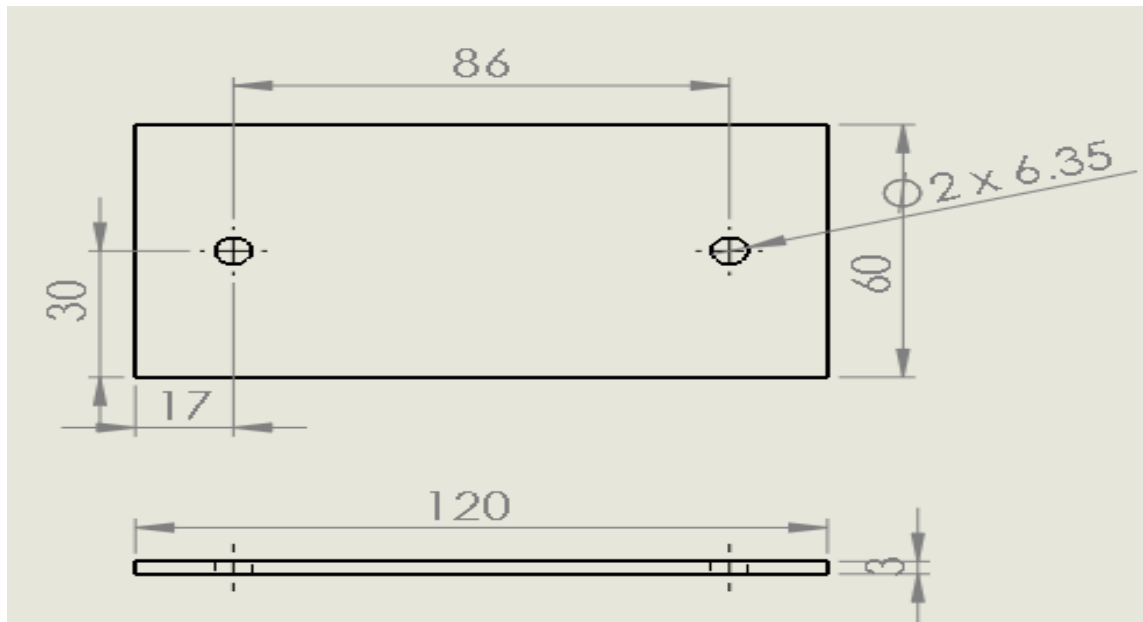
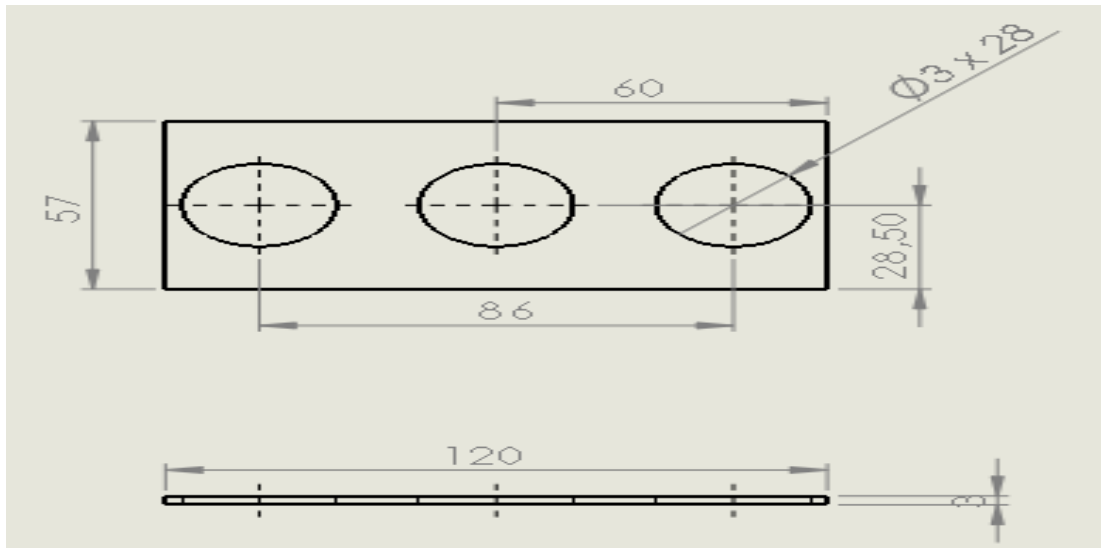
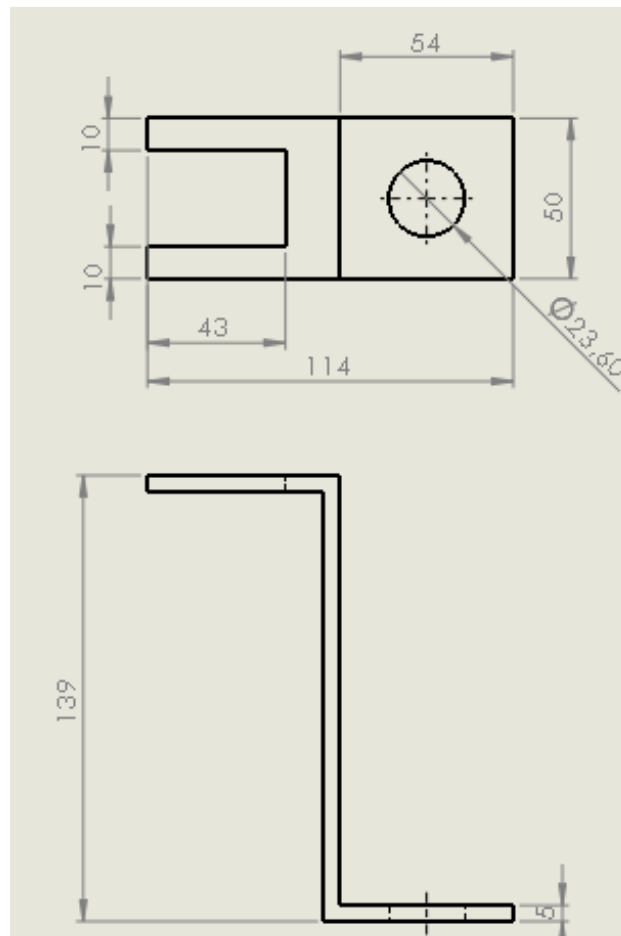


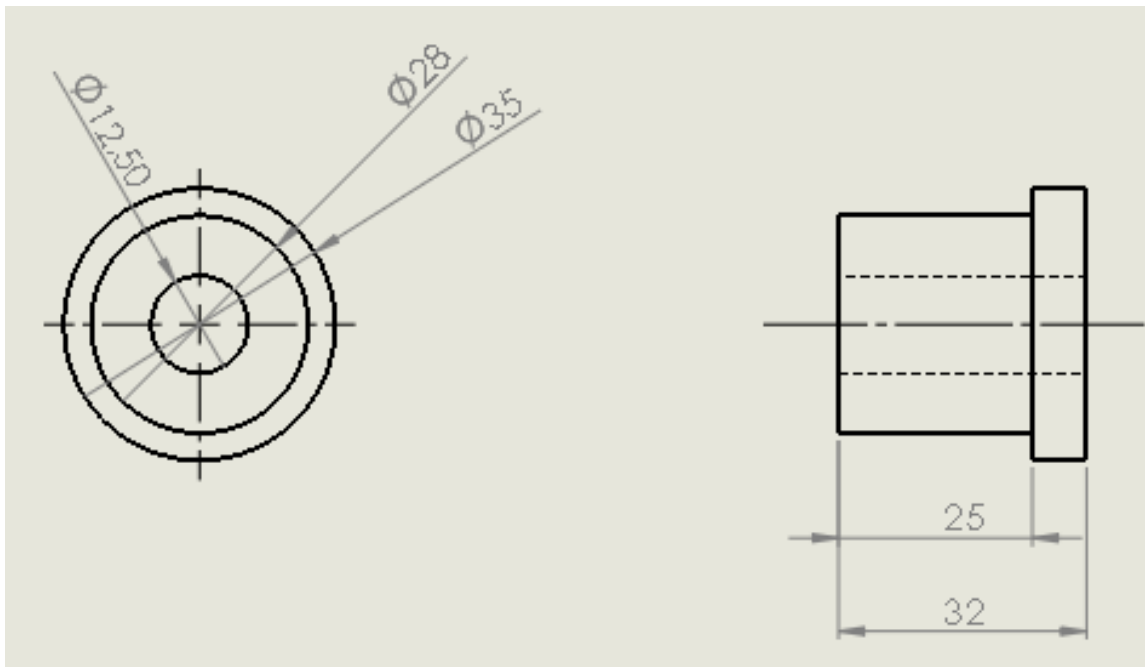
Figura AI.2 Plano de diseño base inferior



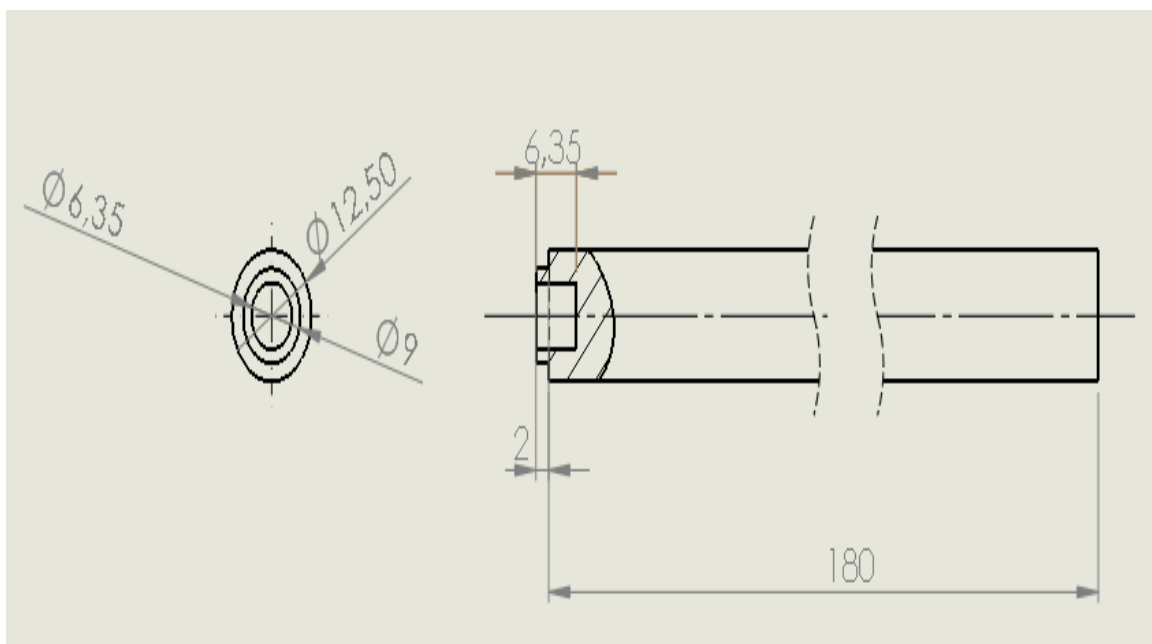
**Figura AI.3** Plano de diseño base móvil



**Figura AI.4** Plano de diseño porta antorcha



**Figura AI.5** Plano de diseño bocines



**Figura AI.6** Plano de diseño de guías

## ANEXO II

### Seguridades THC

#### **CUANDO EL DISPOSITIVO ESTA EN FUNCIONAMIENTO, SE ENCUENTRA VOLTAJE PELIGROSO PARA LA SALUD Y LA VIDA HUMANA DENTRO DE LA CAJA Y EN LOS TERMINALES CONECTORES**

El dispositivo deberá ser conectado solamente por una persona calificada y autorizada. La conexión inapropiada puede causar lesiones serias o la muerte. Antes de la instalación Antes de la instalación y operación, lea atentamente todo el manual de instalación y mantenimiento y quede absolutamente seguro, que entiende completamente y es capaz de tomar la única decisión de determinar si usted está capacitado para una instalación segura y apropiada. Recuerde que, en el interior del dispositivo y en los terminales de conexión, puede haber presencia de voltaje peligroso para la salud y la vida.

Los siguientes acciones, aunque no están todas incluidas deben cumplirse estrictamente:

No deberá realizarse la instalación de este producto por una persona no calificada.

No debe haber contacto físico con con ninguna conexión eléctrica mientras se encuentre conectada.

No opere este producto con las manos mojadas, guantes mojados, o cualquier vestimenta mojada. Antes de encender la unidad, garantice la seguridad de otros, y lea y comprenda todas las instrucciones. Si tiene alguna duda o inquietud, no continúe.

**ADVERTENCIA:** Proporcione la adecuada protección para todos los riesgos asociados con el corte por plasma.

Para información más detallada de los riesgos relacionados con corte por plasma, diríjase al manual de usuario de su cortador de plasma.

Tocar elementos que no estén aislados ni conectados a tierra puede ser fatal. Proporcione un lugar seguro para su dispositivo. Después de montado, asegure la protección de los terminales de contacto del toque por el operador.

#### **Figura AII.1 Instructivo 1 THC**

Está estrictamente prohibido realizar cualquier reparación o modificación a este producto!  
 - Realizar cualquiera de estas acciones podría llevar a lesión seria o la muerte para usted y/o otros.

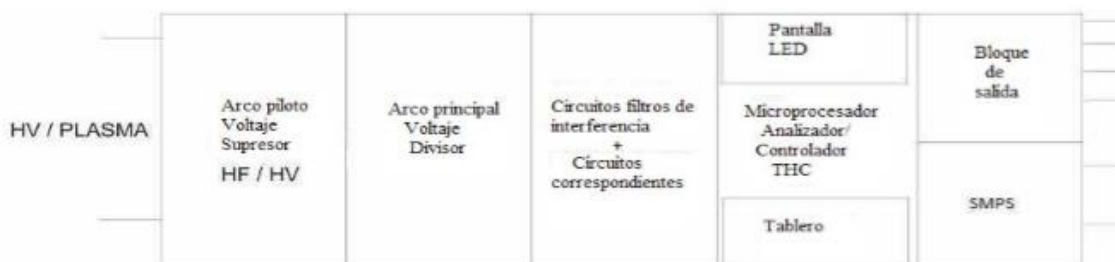
**Términos de Uso:** Al proceder a la instalación y uso de este producto, Ud. entiende completamente y esta de acuerdo que Proma-Elektronika ni sus distribuidores, no se hacen responsables por cualquier incidente o evento que resulte en pérdida directa, pérdida indirecta, lesión a si mismo o a otros, daños a la propiedad, o pérdida o daño de cualquier tipo. El usuario final asume todos los riesgos. Sí no está de acuerdo con estos términos en su totalidad, no siga adelante, y regrese este producto para su reembolso total.

Si tiene alguna pregunta o está inseguro de cualquier cosa indicada en en los problemas de este manual, contacte inmediatamente un distribuidor o centro de servicio Proma-Elektronika para su asistencia.

**Figura AII.2** Instructivo 2 THC

### Información:

La unidad es un microprocesador análogo moderno, controlador de la altura de antorcha de plasma que opera analizando los cambios de voltaje en la fuente de plasma debidos a variaciones en la altura entre la punta de la antorcha y el material que está siendo cortado. El microprocesador hace determinaciones para elevar o descender la antorcha en base a la fuerza de la señal del voltaje que esta siendo leído. Está equipado con una pantalla LED fácil de leer y dos perillas de uso fácil que hacen la operación simple y no requieren de ningún instrumento de medición adicional. El dispositivo cuenta con soluciones patentadas hechas con los componentes de la mas alta calidad para asegurar un funcionamiento seguro, duradero, y confiable a largo plazo.



**Figura AII.3** Instructivo 3 THC

Neutralizador de Voltaje del Arco Piloto - sistema de protección, el cual es responsable de remover los picos en el flujo eléctrico CA, que pueden ser causados una por una fuente de plasma sin contacto con el encendido del arco (arco piloto HV/HF) generando un alto voltaje o de oleadas provenientes de cortadores de plasma equipados con sistema de arranque (cebado, iniciador) de contacto del arco.

Divisor de Voltaje del Arco principal - Mientras que está en funcionamiento, el cortador genera niveles de voltaje peligrosos, inseguros para la electrónica de precisión. Se incorpora un sistema divisor de tensión para reducir este voltaje a un nivel seguro.

Un sistema de filtro de acción rápida elimina cualquier interferencia que pueda pasar a través del divisor de tensión.

Los valores de voltaje filtrados y a escala emitidos por el "voltaje del arco primo" del cortador de plasma son luego enviados al cerebro del dispositivo. El "cerebro" consiste en un microprocesador programado, que además del análisis de los parámetros de voltaje de corte y el control de los bloques de salida apropiados, también es compatible con la pantalla LED y las teclas de funciones.

Una fuente de poder conmutada integrada garantiza la compatibilidad en un amplio rango de voltajes de alimentación sin necesidad de amortizar el calor. La conexión de alimentación de poder está ópticamente aislada del resto del sistema lo que le permite usar y compartir la energía de los sistemas existentes proporcionándoles a sus salidas el voltaje recomendado.

El último bloque es un circuito de salida de relé, al cual se conectan las entradas del controlador/PC, que es responsable del control del eje Z del motor de la cortadora de plasma CNC.

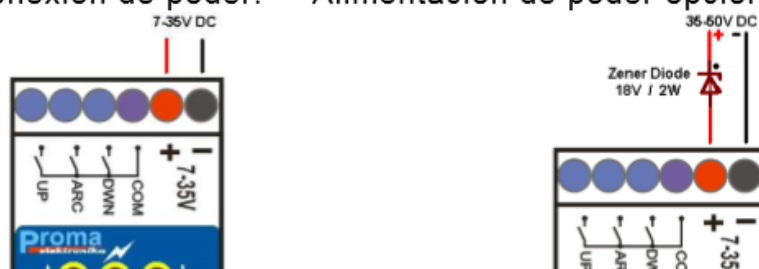
**Figura AII.4** Instructivo 4 THC

### Los principales parámetros del dispositivo:

Nombre del Parámetro:	Aceptable	PRUEBA*
Voltaje de alimentación (V)	7 – 35V DC	36VDC*
Corriente máxima de entrada	120mA	-
Voltaje máximo de entrada directa	300VDC	1000V DC*
Voltaje de entrada máximo del Divisor 1:50	10VDC	60V DC*
Capacidad para eliminar el voltaje ionizante HV/HF	0.3kVAC	30kVAC*
Capacidad para eliminar la frecuencia ionizante HV/HF	>100kHz	75kHz
Ciclo de trabajo (%)	100%	-
Ciclo de trabajo de la eliminación de HV/HF(%)	100%	-
Capacidad de los relés	50mA / 60V DC	-
Vida de los relés usados (conmutable mínima declarada) con una capacidad de 5V / 10 mA	500 000 000ciclos	-
Grado de protección	IP20	-
Peso (g)	130g	-
Dimensiones externas (L * A * H) [mm]	33*89*65	-
Montaje	Riel DIN35	-

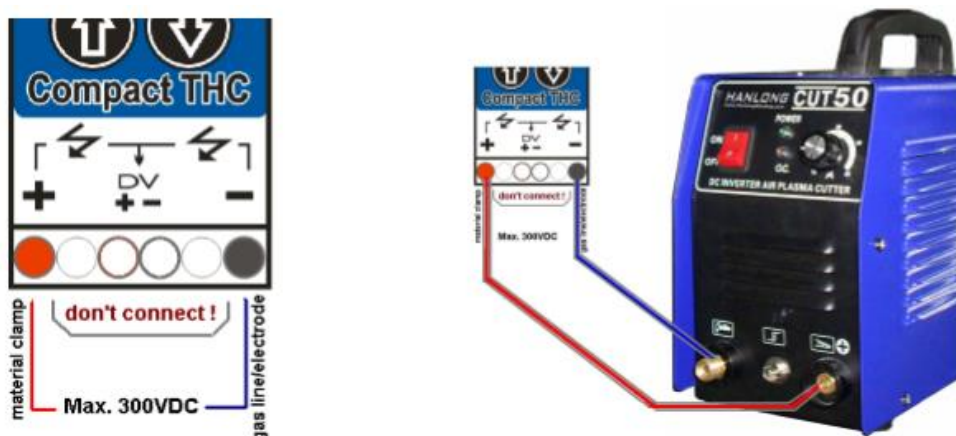
\* Probado en el laboratorio.

Conexión de poder: Alimentación de poder opcional: 35-50V:



Para interruptores del dispositivo de límite mas bajo, se puede llevar al máximo el voltaje de salida de la fuente de plasma. En esta conexión no conecte nada a los otros terminales de entrada del controlador.

**Figura AII.5** Instructivo 5 THC



Cuando se conecte directamente, utilice los cables mas cortos posibles para conectar la fuente de plasma con el controlador THC - se recomienda que el controlador esté ubicado directamente en la fuente de plasma.

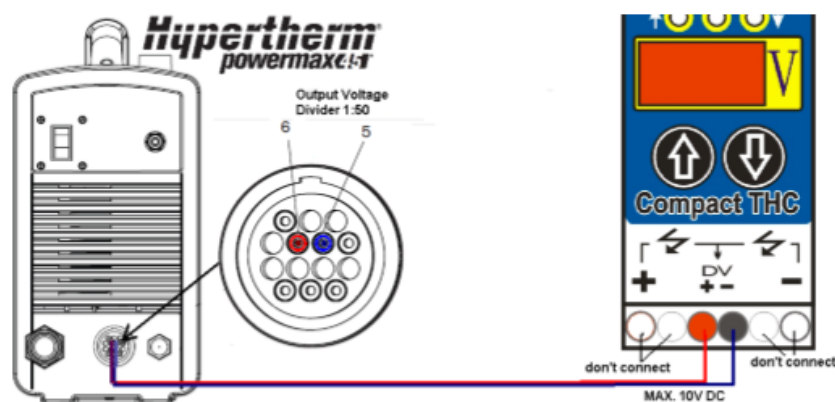
**Figura AII.6** Instructivo 6 THC

Si bien es un THC universal, que acepta todo el voltaje del arco primario para cualquier cortador de plasma del mercado, una interesante y nueva característica estándar de esta unidad es la adición de un divisor 1:50 para una instalación simple extremadamente rápida en la mayoría de las principales marcas. Lo más probable es que exista una conexión directa para esto en el exterior de la unidad cortadora de plasma. Por favor dirjase al manual de usuario de su cortador de plasma.

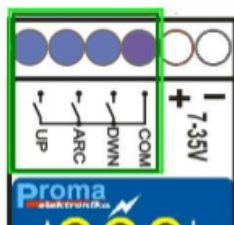
Un ejemplo de cómo conectar la entrada de medición del controlador THC con la salida del muy popular Hypertherm Powermax45<sup>®</sup> - El THC viene normalmente equipado con una salida de voltaje baja del divisor 1:50. Esta proporción es la división usada con mayor frecuencia en la mayoría de las marcas importantes y es muy probable que haya un enchufe para esta conexión en el exterior de la unidad cortadora.

**Figura AII.7** Instructivo 7 THC





### Descripción de las salidas de los relés:



Las salidas de los relés “Arc, Up, Down”, son controles de salidas via relés, y no deberán ser utilizadas para ninguna otra cosa que para su uso previsto.

El terminal **COM** es un terminal de entrada comun conectado a los contactos de relés ARC, UP y DOWN dentro del dispositivo, según el diagrama localizado en la cubierta (grafico anterior). La ruta sugerida es para “GND” en el terminal controlador/pc. No haga puentes para esta conexión al “7-35V” negativo.

La salida **ARC** (también conocida como “Arco Okay”) se activa cuando se detecta la ignición del plasma. Enrute y configure para una entrada de software. No requerido para funcionar.

**Figura AII.8** Instructivo 8 THC

La salida **UP** se activa cuando el voltaje medido es más bajo que el voltaje de los puntos de ajuste, reducido a la mitad del voltaje de histéresis. Enrute y configure para una entrada de software.

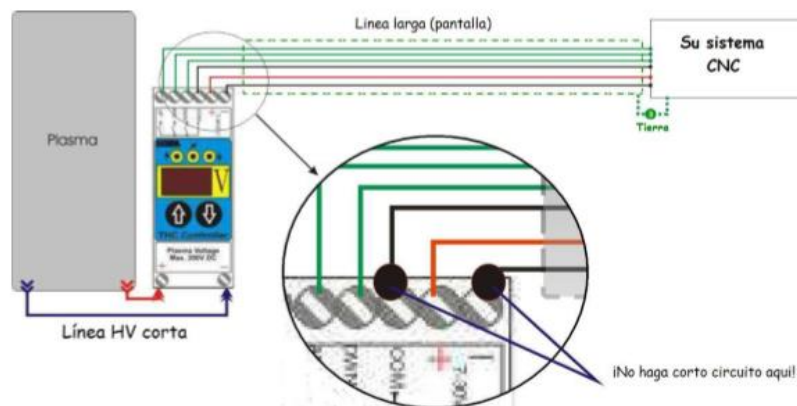
La salida **DOWN** se activa cuando el voltaje medido es más alto que el voltaje de los puntos de ajuste, reducido a la mitad del voltaje de histéresis. Enrute y configure para una entrada de software.

**Note:** No se activan relés de salida en el caso donde solamente se detecta el arco piloto y cuando el arco principal está roto.

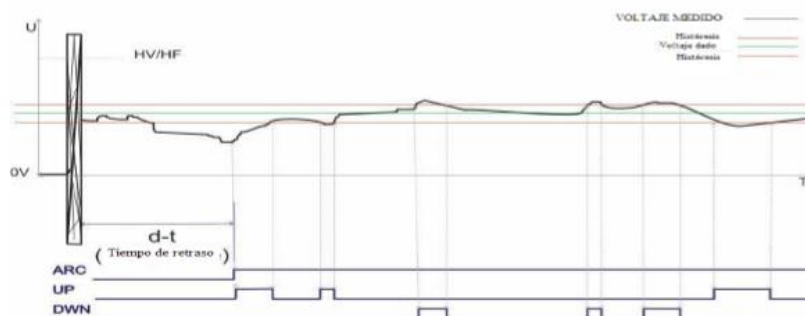
Las salidas de los relés deberán estar conectados al sistema CNC de acuerdo con la documentación del sistema electrónico CNC que controla la máquina. Para esto, utilizamos entradas de los conectores periféricos HOME o LIMIT - Los contactos de relés THC deberán ser conectados a los terminales de la misma manera que los conectores interruptores de límite. Al mismo tiempo, el relé terminal COM común, deberá conectarse al sistema CNC a un terminal común para interruptores de límite (generalmente es un terminal GND).

Para reducir la posibilidad que un corto circuito entre al sistema CNC, la conexión deberá ser realizada con un cable apantallado - el apantallado deberá ser conectado a la tierra del lateral del sistema CNC. No conecte el apantallado al lateral del controlador THC.

**Figura AII.9** Instructivo 9 THC



**ALGORITMO DE TRABAJO**



**Figura AII.10** Instructivo 10 THC

Puesta en marcha y funcionamiento:

El dispositivo está preconfigurado de fábrica y después de haber hecho las conexiones correctas, funciona inmediatamente de manera apropiada con la mayoría de los dispositivos de plasma. Después de colocar el interruptor en encendido, la pantalla del controlador THC muestra un mensaje "thc" "animado", y luego se presenta durante 1 segundo un valor de voltaje intermitente; el dispositivo está en calibración automática en este momento.



Cuando el dispositivo está listo para el funcionamiento se muestra " - - - " lo cual significa, que no hay voltaje de entrada.

En este estado, pulsando ambas teclas arriba/abajo, simultáneamente y manteniéndolas por unos pocos segundos, pueden modificarse los puntos de ajuste del voltaje y así establecer la altura de la antorcha por encima del material. Presione una vez por corto tiempo para mostrar el valor establecido sin modificación.

Para determinar otros parámetros mantenga presionadas simultáneamente ambas teclas hasta que vea el parámetro deseado en la pantalla - cuando suelte las teclas, su valor será mostrado - utilizando las teclas arriba/abajo para establecer el valor deseado:



**"HYS" (Histéresis)** - El voltaje de histéresis - un rango en el que el voltaje es medido, en el que hay señales controlando ARRIBA/ABAJO 2-30V ( $\pm 1V - \pm 15V$ ) - ajuste de fábrica: 8V ( $\pm 4V$ )



**"d-t" (Tiempo de retraso)** - tiempo de retraso de la salida cerrada aunque no haya voltaje de alimentación, cuando el sistema detecta el principal arco (corte) 0.1 - 9.9s ajuste de fábrica: 0.5s



**"H-U" (Voltaje alto)** - Valor de la detección del voltaje de carga en el cortador de plasma - utilizado para detectar el principal arco (de corte): 50-300V por defecto: 200V



**"tSt" (Prueba)**  Simulación de trabajo del controlador - el sistema simula la aparición de voltaje "flotante" dentro del valor seleccionado - causa la activación de entradas para probar fácilmente el sistema sin encender la cortadora.

Cuando el cortador de plasma está encendido, la pantalla muestra el valor medido de voltaje y los diodos LED presentan el estado actual de las salidas. El parpadeo rápido del valor medido indica la detección del arco piloto; la visualización continua indica la detección del arco principal (de corte).

Todos los parámetros pueden ser modificados durante el funcionamiento; estos cambios son reflejados en tiempo real en el control de las señales de salida.

Figura AII.11 Instructivo 11 THC

## ANEXO III

### Equipo de protección personal y señalética



Figura AIII.1 Equipo de protección personal

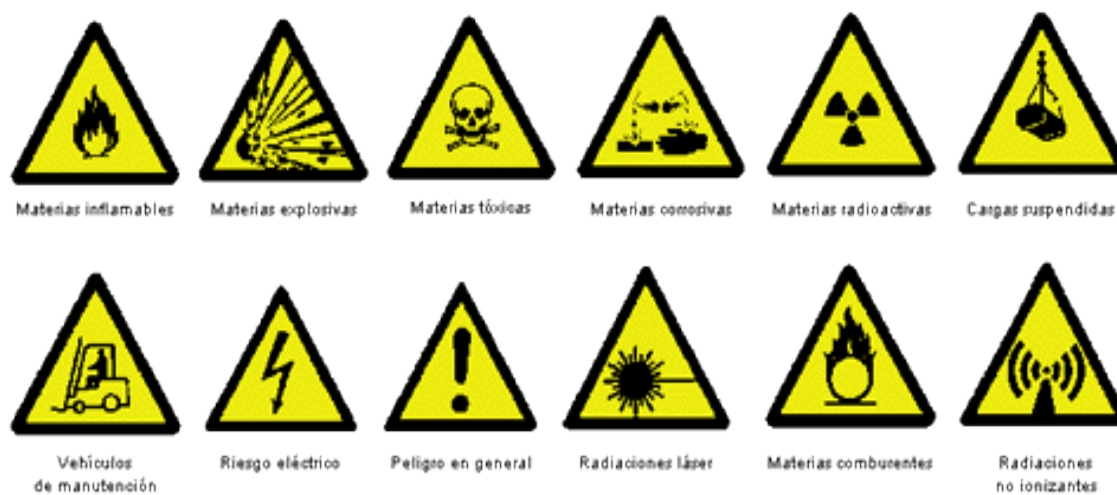


Figura AIII.2 Señalética

## ANEXO IV

### Códigos “G” “M”

CÓDIGOS G	CÓDIGOS M
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frenteado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

**Figura AIV.1** Códigos “G” “M”

## ANEXO V

### Guía de proceso

	<b>“UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE”</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ</b>				
<b>Guía de Proceso.</b>					
<b>Tema:</b>	<b>Procesos en la cortadora de plasma CNC</b>				
<b>Objetivos:</b>	Reconocer mecanismos de movimientos estructurales y componentes. Realizar y programar diseño en software <b>ArtCam</b> . Realizar automatización en códigos generados. Calibrar componentes plasma y THC 150. Ejecutar mecanizado.				
<p><b>Importante:</b>          La manipulación de la máquina cortadora por plasma automatiza debe mantener la obligatoriedad de supervisión y tutoría de orientación del docente, quien brindara recomendaciones basadas a la experiencia profesional.</p> <p>El operador debe contar con la utilización del equipo de protección personal, misma que permite brindar seguridad ante incidentes y accidentes laborales.</p> <p>Se recomienda que el operador no porte aparatos electrónicos dentro de los compartimientos personales como celular, mp3, auriculares, reloj, anillos, cadenas, dijes, etc.</p> <p>Se recomienda mantener el orden, aseo, limpieza antes y después de la manipulación de la máquina dentro del área a trabajar.</p> <p><b>Reconocimiento de mecanismos de movimientos estructurales en los ejes de coordenadas y elementos que componen la máquina cortadora por plasma automatizada.</b></p> <p><b>Procedimiento:</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center;">⊕</p> <p style="text-align: center;">La realización de este procedimiento el operario debe mantener la postura frente a la máquina con una distancia prudente.</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Imagen</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Reconocimiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">           Eje de coordenada Z         </td> </tr> </tbody> </table>		Imagen	Reconocimiento		Eje de coordenada Z
Imagen	Reconocimiento				
	Eje de coordenada Z				

**Figura AV.1** Guía de proceso 1







	Eje de coordenada X	
	Eje de coordenada Y	
	Area de trabajo	
	Monitor del Ordenador	
	Mouse del ordenador	
	Teclado del ordenador	

Figura AV.2 Guía de proceso 2

	CPU del Ordenador
	Plasma
	Componente THC 150
	Regulador de presión de aire
	Cable de conexión 110 V
	Cable de conexión 220 V

**Figura AV.3** Guía de proceso 3



	<p>Cable de masa del plasma</p>
	<p>Manguera de antorcha del plasma</p>
	<p>Antorcha del plasma</p>
	<p>Caja porta tarjeta de control y fuente de poder.</p>
	<p>Cortapicos 110 V</p>
	<p>Switch de control de encendido y apagado de la tarjeta de control.</p>

Figura AV.4 Guía de proceso 4

	<p>Swich pulsor de emergencia</p>
	<p>Apreciación de la máquina en su totalidad.</p>

Diseño, Programación, Automatización y Calibración.

Procedimiento:

**Advertencia:** Para la realización de este procedimiento el operador debe mantener encendido el ordenador, tomando en cuenta que el Swich de control de encendido y apagado de la tarjeta de control al igual que el plasma deben aun mantener la posición apagado (off).




Diseño	
Captura demostrativa	Proceso
	<p>Iniciar el programa <u>ArtCam</u></p>
	<p>Establecer las medidas (largo y ancho) (no espesor) de la lámina a trabajar ya sea en milímetros o pulgadas.</p>
	<p>Realizar "nuevo proyecto"</p>
	<p>Seleccionar la opción Circunferencia y realizar la primera circunferencia base estableciendo medidas. Seleccionar la opción Circunferencia y realizar la circunferencia de perfil estableciendo</p>

Figura AV.5 Guía de proceso 5

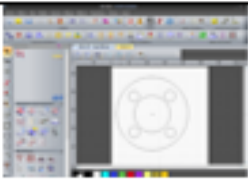







	<p>medidas. Para la realización de este proyecto se tomo como opcion realizar un cuadrado mismo que posteriormente deberá ser eliminado, su fin es determinar los puntos centros de cada circunferencia por el cual pasaran los espárragos del tambor, Seleccionar la opción Circunferencia y realizar las circunferencias por los cuales pasaran los espárragos, sin dejar pasar por alto el establecer medidas.</p>
	<p>Se obtiene el diseño final.</p>
<p><b>Advertencia:</b> Para poder continuar con el proceso el operador debe mantener un criterio logico, mismo que le orientara a determinar las trayectorias de entrada y salida de la antorcha. Tomar muy en cuenta las marcaciones en negrilla</p>	
<p><b>Programacion</b></p>	
<p><b>Captura demostrativa</b></p>	<p><b>Proceso</b></p>
	<p>Seleccionar la opción "Mecanizado 2D", al ser seleccionada se abrirá la ventana "perfilado 2D" y procede a determinar las trayectorias de perfilado de cada circunferencia en este caso.</p>
	<p>"Seleccionar la primera circunferencia base" determinar perfilado interno.</p>
	<p>Seleccionar la herramienta perfiladora, "Plasma"</p>
	<p>Marcar con un visto la opción "añadir movimientos de entrada y salida"</p>
	<p>Determinar el ángulo de entrada y salida de la antorcha (45°)</p>
	<p>Determinar con el nombre "circunferencia base"</p>
<p>Seleccionar la opcion "calcular ahora"</p>	

Figura AV.6 Guía de proceso 6

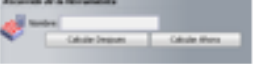










	
	<p>“Seleccionar las circunferencias por las cuales pasaran los espárragos” determinar perfilado interno.</p>
	<p>Seleccionar la herramienta perfiladora, “Plasma”</p>
	<p>Marcar con un visto la opción “añadir movimientos de entrada y salida”</p>
	<p>Determinar el ángulo de entrada y salida de la antorcha (45°)</p>
	<p>Determinar con el nombre “circunferencias espárragos”</p>
	<p>Seleccionar la opción “calcular ahora”</p>
	<p>“Seleccionar la circunferencia externa” determinar perfilado externo.</p>
	<p>Seleccionar la herramienta perfiladora, “Plasma”</p>
	<p>Marcar con un visto la opción “añadir movimientos de entrada y salida”</p>
	<p>Determinar el ángulo de entrada y salida de la antorcha (45°)</p>

Figura AV.7 Guía de proceso 7









	Determinar con el nombre "circunferencia externa"
	Seleccionar la opción "calcular ahora"
<p><b>Advertencia:</b> Para poder continuar con el proceso el operador debe mantener un criterio lógico, mismo que le orientara a determinar el orden de las trayectorias. Tomar muy en cuenta las marcaciones en negrilla</p>	
Programación	
Captura demostrativa	Proceso
	Una vez generado el perfilado de trayectoria procede a la opción "operaciones de guardado" al seleccionar se abrirá la ventana "guardar trayectorias"
	Los perfilados saldrán en la parte izquierda de la ventana "calculados", posteriormente deben ser ordenados en la ventana "trayectoria"
	En este caso se las ordena en dependencia del nombre, "circunferencia base"
	Seguidamente "circunferencias espárragos"
	Finalizando con "circunferencia externa"
	Seleccionar la opción "guardar" y designar el lugar en el ordenador.
<p><b>Advertencia:</b> Para poder continuar con el proceso el operador debe mantener un criterio lógico, mismo que le orientara a determinar la automatización de los códigos generados. Tomar muy en cuenta las marcaciones en negrilla.</p>	

Figura AV.8 Guía de proceso 8




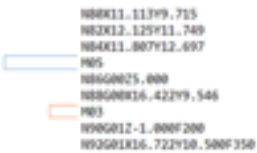




Automatización.									
Captura demostrativa	Proceso								
	Una vez creados los códigos se mostraran en especie de documento.								
	Se procede a "abrir"								
	El documento porta códigos se mostrara.								
	La automatización se procederá con la programación manual de los siguientes códigos. <table border="1" data-bbox="613 783 1297 957"> <thead> <tr> <th colspan="2">Generadores a la Automatización</th> </tr> <tr> <th>Códigos</th> <th>Funcion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M3</td> <td>Giro del eje de coordenada Z en sentido de las agujas del reloj / Encendido de la antorcha.</td> </tr> <tr> <td>M5</td> <td>Giro del eje de coordenada Z en el sentido anti horario / Apagado de la antorcha.</td> </tr> </tbody> </table>	Generadores a la Automatización		Códigos	Funcion	M3	Giro del eje de coordenada Z en sentido de las agujas del reloj / Encendido de la antorcha.	M5	Giro del eje de coordenada Z en el sentido anti horario / Apagado de la antorcha.
Generadores a la Automatización									
Códigos	Funcion								
M3	Giro del eje de coordenada Z en sentido de las agujas del reloj / Encendido de la antorcha.								
M5	Giro del eje de coordenada Z en el sentido anti horario / Apagado de la antorcha.								
	En el documento porta códigos se mostrara los códigos generados, el código "M5" será insertado después de todos los códigos que indiquen el final de la trayectoria								
	A continuación el código "M3" será insertado antes de todos los códigos F200 pertenecientes a cada trayectoria								
	Se procede a cerrar y guardar los cambios generando de esta manera la automatización del corte.								
<b>Advertencia:</b> Para poder continuar con el proceso el operador debe mantener un criterio logico, mismo que le orientara a determinar la calibración componentes plasma y THC 150. Tomar muy en cuenta las marcaciones en negrilla.									
Calibración									
Captura demostrativa	Proceso								
	En los componentes el operador debe tomar como guía de la tabla 4.30 presentada anteriormente, en cual se detalla el espesor de lámina amperaje, voltaje THC, histéresis THC, presión de aire y tiempo de retraso THC a ser utilizados.								
	El operador debe marcar con la perilla del plasma el valor del "amperaje" <b>Nota importante de Precaución:</b> No encender el plasma.								
	Para realizar el proceso de calibración en el compact THC 150 el operador debe presionar el <b>Switch</b> de control de encendido y apagado de la tarjeta de control pasándolo a modo encendido.								

Figura AV.9 Guía de proceso 9











	<p><b>Nota importante de Precaución:</b> No encender el plasma.</p>
<p>Para calibrar el voltaje del THC 150 será determinado con las flechas de subir y bajar.</p>	
	<p>En caso de calibrar los demás parámetros del componente THC 150 el operador debe Mantener presionado los dos botones, durante un lapso de tiempo de 5 a 8 segundos, hasta que indique la pantalla Led el parámetro deseado.</p>
<p><b>Ejecución de mecanizado.</b></p>	
<p><b>Procedimiento:</b></p>	
<p>En este procedimiento el operario debe montar y asegurar la lamina a ser cortada en el area de trabajo, si la lámina presenta pandeo, el operario no deberá tomar importancia a esa instancia, ya que el THC es el encargado de mantener la misma distancia entre la antorcha y lamina a cortar.</p>	
<p><b>Ejecución de mecanizado.</b></p>	
<p><b>Captura demostrativa</b></p>	<p><b>Proceso</b></p>
<p>Iniciar el programa Mach3</p>	
	<p>Una vez iniciado el programa el operador debe realizar un clic en la opción "<b>Reset</b>" y posteriormente tendrá en control movimiento manual de los ejes de coordenadas X, Y, Z.</p>
	<p>Para (X)(Y) se utiliza las flechas del teclado del ordenador</p>
	<p>Para el (Z) se utiliza las teclas re/pág y av/pág del teclado del ordenador.</p>
<p>Seguidamente la antorcha sera dirigida al punto principal superior izquierdo de la placa a ser cortada.</p>	
<p>Dejando una distancia aproximada de un milimetro entre antorcha y placa.</p>	
	<p>El operario debe marcar el punto cero en cada eje de coordenada.</p>
	<p>Seleccionar la opción "<b>Load G-code</b>"</p>
<p>Se abrirá la ventana en la cual se encuentra el documento contenedor de códigos, ya automatizados, el operador debe seleccionar el documento y realizar un clic en abrir.</p>	

Figura AV.10 Guía de proceso 10

	
	<p>El programa Mach3 <b>receptara</b> los codigos generados, mismos que serán apreciados en la parte izquierda del monitor.</p>
<p>El operador debe <b>separar</b> la antorcha de la placa a una distancia aproximada de 20 milímetros con las teclas del ordenador ya designas.</p>	
<p>Realizada la separación de la antorcha y la plancha a cortar el operador debe <b>encender el plasma</b>.</p>	
	<p>Con una espera de 20 a 30 segundos, el operador debe generar un clic en la opción "<b>Cycle Star</b>" mismo que dará el inicio a los ciclos de corte automatizados.</p>

**Figura AV.11** Guía de proceso 11



## ANEXO VI

### Modificación y traslado de la cortadora por plasma



**Figura AVI.1** Modificación de la cortadora por plasma 1



**Figura AVI.2** Modificación de la cortadora por plasma 2



**Figura AVI.3** Traslado de la cortadora por plasma 1



**Figura AVI.4** Traslado de la cortadora por plasma 2