



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

“Corte por Plasma con la Técnica de Control Numérico Computarizado, para Mejorar la Calidad de Corte de Metales Del I.E.S.T.P. Nueva Esperanza 2019”

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**AUTORES:**

Wilson Carlos Gómez Hurtado (0000-0002-3434-3664)

Andrés Alberco Medina ( 000-0003-2763-0427)

**ASESOR:**

Ing. Leopoldo Marcos Gutiérrez Vargas

(0000-0003-2630-6190)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Maquinas

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación va dedicado a Dios en primer lugar por estar siempre con nosotros y darnos todas las fuerzas día a día, para nunca rendirnos y siempre salir adelante con todas nuestras metas.

A nuestros padres por el apoyo emocional que nos dieron para seguir luchando siempre por nuestros sueños.

## **PAGINA DE JURADO**

“Corte por Plasma con la Técnica de Control Numérico Computarizado, para Mejorar la  
Calidad de Corte de Metales Del I.E.S.T.P. Nueva Esperanza 20192

---

Ing. Leopoldo Marcos Gutiérrez Vargas

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Nosotros Gómez Hurtado Wilson Carlos con DNI N° 18900541 y Alberco Medina Andrés con DNI N° 46065493, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de INGENIERÍA Escuela de MECÁNICA ELÉCTRICA, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente trabajo de investigación son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 10 de octubre del 2019.

---

Gómez Hurtado Wilson Carlos

---

Alberco Medina Andrés

## ÍNDICE

I. INTRODUCCION .....	8
1.1 realidad Problemática.....	8
1.2 Trabajos previos.....	9
1.3 Teoría relacionada con el tema .....	10
1.4 Formulación del problema .....	35
1.5 Justificación del Estudio .....	35
1.6 Hipótesis .....	35
1.7 Objetivos.....	35
II METODO .....	36
2.1 Tipo de estudio y diseño de la investigación .....	36
2.2 Operacionalización de la Variable .....	37
2.3 Población y muestra.....	38
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y confiabilidad.....	38
2.5 Método de análisis de datos .....	38
2.6 Aspectos éticos .....	40
III RESULTADOS .....	41
IV DISCUSIÓN.....	46
V CONCLUSION .....	47
VI RECOMENDACIÓN.....	47
VII. REFERENCIAS.....	48

## RESUMEN

En la industria metal mecánica en la fabricación de maquinaria se requiere cortar metales con presión y buen acabado, por ello se usa el corte por plasma de control numérico computarizado para cumplir los requerimientos de diseño.

El IDEX Nueva Esperanza cuenta con un equipo para corte por plasma de forma manual que es usado para las prácticas de los estudiantes de Mecánica de Producción y Mecánica Automotriz y además se brinda servicio de corte a terceros. Por lo que se debe determinar cuál es la influencia del corte con plasma de control numérico computarizado en la calidad de corte de metales, es por ellos que se deben realizar cortes con esta nueva tecnología y la manual para comparar la calidad de corte dando como resultado que el acabado del corte con plasma computarizado es el mejor donde las diferencias de cortes son significativas la prueba estadística “t” de student donde  $t_{cal.} = 18.343$  es mayor  $t_{tab.} = 1.67155$  con respecto al corte manual.

Palabra clave: Plasma, control numérico computarizado

## **ABSTRACT**

In the metal-mechanic industry in the manufacture of machinery it is required to cut metals with pressure and good finish, for that reason plasma cutting of computerized numerical control is used to fulfill the design requirements.

The IDEX Nueva Esperanza has a manual plasma cutting equipment that is used for the practices of students of Mechanics of Production and Automotive Mechanics and also provides court service to third parties.

So we must determine what is the influence of plasma cutting computerized numerical control in the quality of metal cutting, it is for them that cuts must be made with this new technology and the manual to compare the quality of cut resulting in that the computerized plasma cutting finish is the best where the differences of cuts are significant the statistical test "t" of student where  $t_{cal} = 18.343$  is greater  $t_{tab} = 1.67155$  with respect to manual cutting.

Keyword: Plasma, computerized numerical control

# INTRODUCCION

## 1.1 Realidad Problemática

En la industria metalmecánica en los países industrializados en la fabricación de máquinas y equipos, donde se requiere cortar metales con precisión y acabado de corte utilizan la máquina de corte por plasma con técnica de control numérico computarizado y así cumplen con los requerimientos de diseño.

Esta tecnología aparte de la precisión y calidad del corte también, ayudan a reducir las horas de trabajo que se hacían cuando los metales eran cortados en forma manual (sierra oxicorte, plasma, lanza térmica etc.).

En nuestro país es muy ajeno a estas tecnologías dado que solo las grandes empresas pueden adquirir estas máquinas que tienen un costo muy elevado lo cual es imposible que un pequeño empresario que solo optan por comprar solo la maquina cortadora de plasma para realizar el corte en forma manual, haciendo que aumente los costos sus costos hora hombre y una menor producción diaria.

El instituto de educación superior tecnológico Nueva Esperanza cuenta con una máquina de corte por plasma que es utilizada para que los alumnos adquieran destreza en el corte de metales y también para brindar servicio de corte a terceros, donde se observa que los cortes son de precisión y no tienen buen acabado superficial haciendo que se realicen trabajos adicionales para lograr un buen acabado superficial, aumentando los costos de servicio del producto a fabricar. Viendo esta problemática es que se plantea automatizar el corte por plasma con la tecnología control numérico computarizado para mejorar el acabado superficial de corte.

## 1.2 Trabajos previos

Artiga R, Bolaños G.; Martínez A. y Reyes E. (2015). En su investigación realiza un diseño para un sistema para corte por plasma usando técnicas de control numéricos computarizados. Concluye que las imágenes realizadas a través de cortes utilizando el programa, soluciona los problemas de fallas e imperfecciones y lo hacen más eficiente y rentable.

Quintero A. (2015) en su tesis: Automatización del pantógrafo electrónico de marca thermadyne Víctor de referencia auto 60s en la empresa CORTEMETAL S.A.C concluye: Se trabaja como un procedimiento cuyo patrón surge del diseño concurrente, se trabaja con el equipo especializado de corte de chapas metálicas para contornos de 2D, haciendo uso del plasma.

Esta tecnología permite realizar una la repotenciación del pantógrafo Víctor Auto 60S, proceso que bajo la metodología de ingeniería concurrente permite brindar una propuesta donde se integran el sistema mecánico de la maquina con nuevos sistemas computacionales, eléctricos y estrategias de control utilizadas actualmente en la industria.

Acuña F y Sánchez W. (2005) la su tesis: Diseño y construcción de un prototipo de una maquina taladradora de control numérico computarizado. Concluye que La Fabricación de máquinas CNC, aseguran la precisión y exactitud de su corte de piezas para la fabricación en serie, reduciendo el tiempo de mecanizado e incrementando la producción.

Galarza J. y Dávila M. (2010) en su tesis diseño y construcción de un taladro XYZ controlado por microcontrolador con la interfaz gráfica mediante Labview para la fabricación de circuitos impresos. Concluye: Es muy practicable y asimismo es rentable y se permite que interactúe el software y la maquina el cual serán de precisión y buena calidad.

Cruz G., Herrera R., Guerra E. y Meza N. (2014) Diseño y construcción de una fresadora con control numérico por computadora para uso didáctico. Concluye que la operación de la maquina no es complicado porque su lógica es muy sencilla, que

permite que su operación, con poco conocimiento de tecnología CNC puede usarse para realizar corte de metales con precisión y calidad.

### **1.3 Teoría relacionada con el tema**

#### **1.3.1 Fundamentos de plasma**

El plasma es un conjunto de átomos neutros e iones positivos y electrones libres, esto se obtiene por la acción del calor a unas temperaturas muy altas. Esto nos permite calentar y poder hacer el corte de diferentes tipos de materiales. Estos gases generan un cambio de estado de materia donde entra una cantidad de (calor latente de transformación) calor donde se transforma el agua a vapor. Este arco de gases aporta calor y es llevado al estado de plasma. Cuando el plasma vuelve a su mismo estado de gas regresa la cantidad de calor que inicialmente tenía. (Millerwelds 2013).

El plasma es un gas donde los átomos se descomponen en iones electrones que al suminístrale calor en altas temperaturas, estas forman campos eléctricos ionizados de gran tamaño entonces el plasma se ve como un gas en el exterior tiene un neutro. (kjellberg. 2017).

##### **1.3.1.2 Corte por plasma.**

El corte con plasma consiste en calentar un material para cortar en altas temperaturas superiores a los 30.000c° en este estado los gases se separan de su átomo y el gas se ioniza y se vuelve un conductor. El proceso es un arco eléctrico que a través de una boquilla o soplete que su diámetro es muy pequeño, que estando el gas ionizado y con la polaridad de la energía se utiliza para cortar. (soldexa. 2017).

El corte con plasma consiste en el corte de diferentes tipos de metales, espesores de diferente medida, por intermedio de un soplete, de gases inertes más aire comprimido, es soplado a una velocidad y gran temperatura, ya que este proceso genera altas temperaturas para el corte para que este metal sea cortado la boquilla se mueve a una velocidad prudente para soplar el material fundido del corte. El corte con plasma es considerado cuarto estado de la materia en donde las propiedades se separan de líquidos, sólidos y gaseosos. (Ecured)

Este corte con plasma es un procedimiento térmico de corte por fundición esto se genera por un arco eléctrico y una tobera con un diámetro en su exterior pequeño, el proceso de corte crea un arco piloto entre la boquilla y el electrodo esto crea una baja energía que produce la ionización, pero cuando este arco se acerca al material cierra el circuito y la potencia aumenta este gas (plasmageno) empieza a fundir el metal y generando el corte del material, este corte presenta una serie de ventajas debido a su velocidad y la zanja afectada térmicamente es pequeña comparada con el corte convencional, oxígeno acetileno. (kjellberg. 2017).

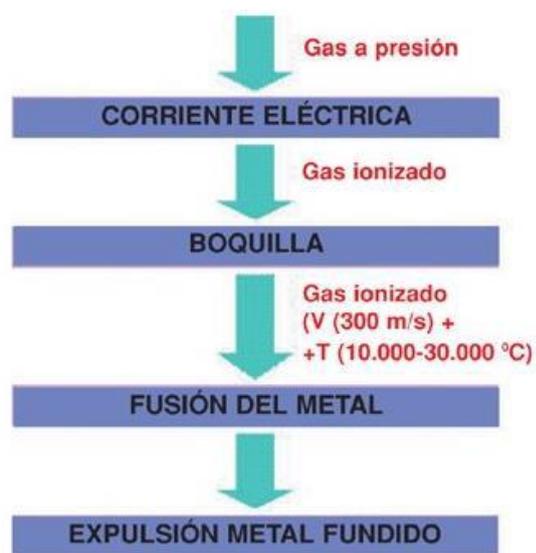


Figura 1. Pasos para el desarrollo del corte plasma

### 1.3.1.3 Características del proceso.

Este tipo de corte es más usado para cortar planchas de gran espesor y materiales como el acero inoxidable, metales no férricos.

Este corte también no daña térmicamente al material.

El inicio del corte es instantáneo esto produce una mínima deformación del material.

Este corte no necesita precalentamiento para la fundición, por ende no deforma el material y el corte es más rápido que un corte convencional reduce los tiempos, permite cortes desde 0.5 mm de espesor hasta 160 mm, con un corte de hasta 1000 amperios.

También permite unos cortes en aceros estructurales biselados hasta de 30 mm.

La característica principal de este corte con plasma permite una calidad y buen acabado del material y con mayor rapidez.

#### **1.3.1.4 Variables del proceso**

En el mercado de las maquinas existen diferentes tipos de máquinas donde nos permite ajustar las variables como: La presión el caudal del gas plasma así como la distancia de las boquillas de acuerdo al tipo de material a cortar, la calidad varía de acuerdo a los parámetros que se pueden ajustar en cada máquina, para un mejor acabado del material y una mayor productividad.

##### **a. Gases empleados.**

Los gases que se pueden usar en este tipo de proceso son: el nitrógeno el argón, el aire o una mezcla de estos, (plasmágenos). Para una mayor durabilidad de las boquillas se usa mayormente el nitrógeno, con este gas se garantiza una mejor calidad de corte, este tipo de chorro (gas plasma) que se utiliza en este proceso está compuesto de dos zonas:

- **Zona envolvente.**

Costa de una capa fría sin ionizar que cubre la parte del centro, con esto se consigue enfriar la boquilla también permite aislar eléctricamente para poder preparar el arco.

- **Zona central.**

Es la parte del gas plasma donde se presenta la alta conductividad térmica, donde se presenta la mayor temperatura entre 10,000 a 30,000 C°, lo gases son determinantes en la calidad de corte, sus propiedades son usadas para las distintas resistencias del material a cortar. La siguiente tabla presenta los gases usado por Kjellberg Finsterwalde de acuerdo la tipo de material a usarse en el corte.se debe definir el tipo de gas.

Tabla 1. Gases usados para el corte por plasma

<b>MATERIAL</b>	<b>GAS PLASMÁGENO</b>	<b>GAS SECUNDARIO</b>	<b>APLICACIONES</b>
<b>acero de construcción</b>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> , Aire, N <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perpendicularidad similar al láser de las superficies de corte</li> <li>▪ Superficies lisas y sin rebabas</li> </ul>
<b>acero inoxidable</b>	N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para acero inoxidable fino (CrNi) entre 1 y 6 mm</li> </ul>
	Ar/H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena perpendicularidad de las superficies de corte</li> <li>• Superficies lisas y sin rebabas</li> </ul>
<b>aluminio</b>	aire	N <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para aluminio fino entre 1 y 8 mm</li> </ul>
	N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para aluminio fino entre 1 y 8 mm</li> </ul>
	Ar/H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortes casi verticales</li> </ul>

Fuente: Kjellberg Finsterwalde 2000 (<http://www.kjellberg.de>)

### **1.3.1.5 Tipos de corte por plasma**

#### **a. Corte por plasma por aire.**

Este corte aumenta la velocidad en un 25 % más con respecto al corte tradicional, pero tiene una desventaja que la superficie de corte tiene una mayor oxidación, también se erosiona el electrodo ya que este se encuentra dentro de la boquilla, este corte con plasma con aire se implementa por el año 1963 en la industria.

#### **b. Corte con inyección de agua.**

Este proceso es inyectado el agua a presión a través de una boquilla radialmente teniendo una ventaja de mayor rapidez en el corte y menos escorias, el gas nitrógeno es usado para este tipo de corte, y el agua se usa como un protector, este sistema se implementó por Dick Couch de Hyperthem en el año 1968.

#### **c. Corte con inyección de oxígeno**

Consiste en introducir agua por la boquilla y el oxígeno se usa como un gas de corte, Este tipo de corte permitió solucionar los problemas de rápido desgastes de los electrodos y generando menos oxidación del material. Esta técnica se desarrolla por el año 1983.

#### **d. Corte con doble flujo**

Este tipo corte es convencional como gas (plasmágenos) de corte se utiliza nitrógeno y como protector se usa bióxido de carbono u oxígeno esta técnica permite una velocidad muy alta para el corte.

### **1.3.1.6 Ventajas y desventajas.**

#### **a. Ventajas.**

- la aplicación de este corte de materiales tiene una amplia aplicación en la industria de manufactura a diferencia del corte con oxicorte.
- El costo de operación es mucho menor que el costo de un corte por oxicorte, su corte a través de plantillas da un mejor acabado definitivo de las piezas.

- Tiene una mayor versatilidad para el corte en materiales más delgados con respecto al oxicorte que el acabado no sería posible con este tipo de corte.
- Las altas temperatura no afectan su estructura de composición se puede trabajar en aceros al cromo, níquel, inoxidable .también el aluminio cobre etc.
- La velocidad de producción puede aumentar 6 veces, razón por el cual corte es más beneficioso dependiendo el espesor del material.
- Con este tipo de corte se consigue una buena precisión en la manufactura de las piezas con rapidez y mejor limpieza en el corte comparado con el corte con oxicorte convencional.

#### **1.3.1.7 Calidad del corte por plasma.**

Existe varias variable que afectan la calidad del corte con plasma estas son variable interdependientes esto significa que si varia una la otra también se modifica puede ser difícil solucionar los problemas en la calidad de corte, para empezar empezamos con la selección con condición más principal.

#### **A. Parámetros del corte por plasma.**

La calidad de corte de una pieza a manufacturar va depender de los parámetros iniciales que se le configure, tales como: la distancia de la flama de la boquilla, la velocidad de corte. También de acuerdo a la pieza a cortar se tiene que regular el amperaje la presión del gas, una correcta alineación del material a cortar. Si utilizamos un método sistemático debemos seleccionar los parámetros que intervienen en el proceso tanto de entrada como de salida.

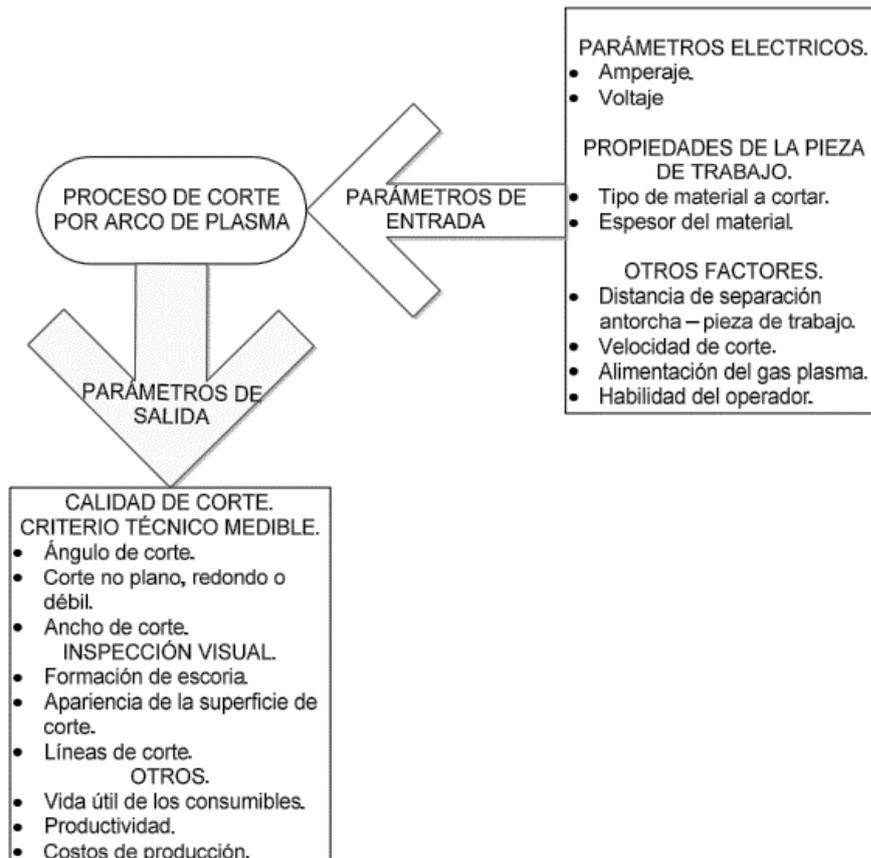


Figura 2. Proceso de corte por plasma

**a. Parámetros de entrada.**

Son datos conocidos desde la entrada: como el espesor el material son datos que nos proporciona el operador, esto quiere decir que los datos pueden ser manipulados o controlados, estos factores se considera para un resultado de alta calidad.

**b. Parámetros eléctricos**

• **Voltaje.**

En un proceso de corte con plasma el voltaje tiene un rango entre 50 voltios hasta 200 voltios, llamado circuito cerrado. Y en un circuito abierto el rango varía desde los 150 voltios hasta los 400 voltios. Este voltaje es requerido debe ser bien alto, porque al momento de introducir en un orificio pequeño, el voltaje debe ser lo suficiente alto para vencer la resistencia del circuito esto ayuda que los electrones fluyan rápidamente.

- **Amperaje.**

En los muchos procesos de soldadura el amperaje siempre más bajo varía en un rango de 200 amperios, y no depende del voltaje que sea muy alto. En máquinas automatizadas grandes de corte con plasma las capacidades de amperaje están sobre los 1000 amperios, entonces se dice que a más amperaje más rápido y con mayor espesor el corte será más eficiente, la selección de los parámetros están dependientemente fijados la tipo de material y espesor que se está cortando no es recomendable usar amperaje bajos porque afectaría en la velocidad de corte y el material quedara con deformaciones y así aumentando la mala calidad del corte, por eso es correcto utilizar los consumibles con un correcto amperaje para minimizar la acumulación de escorias.

El amperaje está estrechamente relacionado al ancho del material de corte y la velocidad.



Figura 03. Relación del amperaje y la velocidad de corte

**c. Otros factores en el corte por plasma**

- **Distancia de separación antorcha pieza de trabajo.**

Esta distancia es medida desde la pieza de trabajo hasta punta de la antorcha, si alejamos la antorcha de la pieza el arco disminuye, esta distancia es mucho más corta se puede formar un arco entre el material y la antorcha y llegar a fundirse la punta, y dañarse rápidamente.

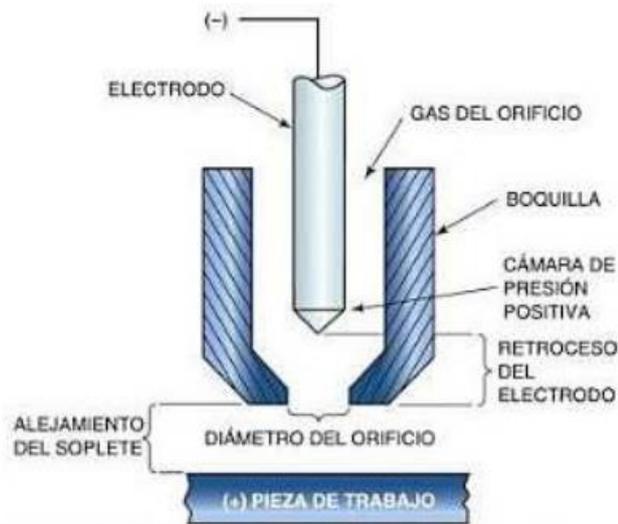


Figura 4. Terminología del arco de plasma convencional

Una buena altura de trabajo de la antorcha tiene mucha importancia en el corte de material para una buena calidad. Ya que la altura y la pieza de trabajo es proporcional a la tensión en un proceso de arco de corte.

- **Velocidad de corte.**

La velocidad de corte depende del tipo de material de corte y espesor del material también del amperaje, y tipos de consumibles, este proceso de corte por arco de plasma representa una influencia directa en la productividad de un proceso. Para una buena calidad de las superficies

El fabricante proporciona unas tablas de especificaciones de datos como la velocidad que es recomendable y además el Angulo de corte (bisel), mejor acabado y la mínima escoria. Estas tablas especifican donde comenzar para cada tipo de corte para así obtener una buena calidad de corte deseado. Cuando se hace el corte se produce unas líneas en la pieza de trabajo, estas líneas indican la correcta velocidad para un buen corte en la pieza.

### **Calidad de corte en el plasma**

Las calidades de corte van desde Q1 a Q5. Q1 es el corte más rápido y se utiliza principalmente para la separación de materiales. Dependiendo de los requisitos de acabado del borde, se seleccionan velocidades de corte más lentas de Q2 a Q5. Las piezas que requieren una geometría de tolerancia estrecha requerirán, por

supuesto, acabados de borde más suaves en esa área de la pieza. (Nota: algunos otros términos también se utilizan en la industria para indicar la velocidad de corte o la calidad del borde: 100%, 80%, 60%, 40% y 20% o más rápido, medio rápido, normal, mejor y mejor).

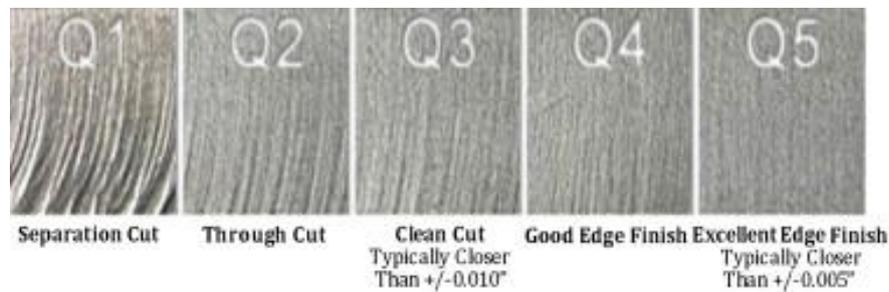


Figura 5. Calidad de corte de metales

#### 1.3.1.8 Control numérico computarizado

El Control Numérico por Computadora, también llamado CNC (en inglés Computer Numerical Control), es un sistema que tiene la capacidad comandar las diferentes posiciones en los planos de un mecanismo, dándole movilidad por medio de ordenes elaboradas y predeterminadas, cumpliendo un trabajo específico, gracias a la interacción un lenguaje de programación y una computadora (Ruiz, 2006).

El Control Numérico Computarizado (CNC) es un sistema computacional computarizado usado para controlar maquinas donde a través de una interface con el procesador se almacena ordenes en la memoria de la computadora convertido en un lenguaje G, para futuros aplicaciones.

#### 1.3.1.9 Maquina cortadora CNC por plasma

Las máquinas CNC cortadora por plasma tiene una aplicación industrial, donde su demanda es mayor en la industria metal mecánica, donde es usada para realizar corte de metales de aceros y otros metales que sea conductor de electricidad gracias a que se puede controlar la precisión y exactitud de corte, siendo una ventaja que se puede cortar metales con espesores pequeños y grandes espesores siempre manteniendo la calidad de corte.

### 1.3.2 Composición del sistema CNC

Se define al término control numérico computarizado CNC como un software que controla y monitorea durante todo el proceso el movimiento y posición de equipo mediante la aplicación de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánico.

La maquinaria CNC cuenta con motores paso a paso y servomotores, además componentes de accionamiento que desplazan al eje controlando su movimiento los cuales sean programados en un ordenador. Una maquina se compone de 6 componentes

- Dispositivo de entrada: se encarga de administrar y transmitir la información del software de diseño utilizado CAD/CAM hacia la unidad de control.
- Unidad de control o controlador: se encarga de interpretar el código utilizado y enviar la información recibida del software CAD/CAM hacia los actuadores.
- Máquina herramienta: herramienta funciona mediante energía que se utiliza con un propósito único para dar forma a piezas solidas principalmente metales.
- Sistema de accionamiento: Conjunto de elementos que tiene como objetivo mover o participar en el movimiento del sistema CNC.
- Dispositivo de realimentación: recibe la información del proceso que se está realizando y la comprueba una y otra vez; en caso de detectar algún error realiza correcciones haciendo que el proceso llegue a un estado final preestablecido.
- Monitor o Interfaz Hombre Máquina HMI: facilitador de comunicación entre la máquina y el operador.

La Figura 1.1 muestra un diagrama de bloques de la composición de los elementos de una máquina CNC:

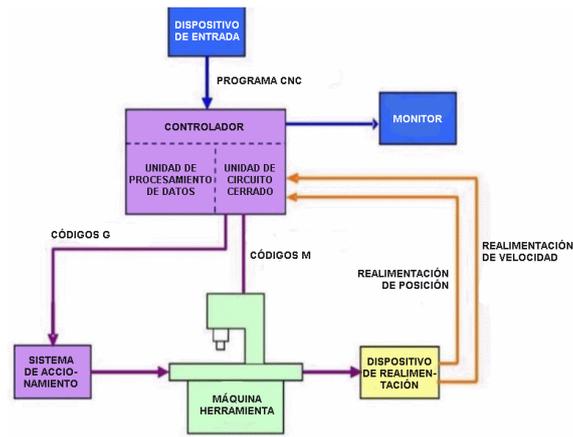


Figura 6. Diagrama de bloques composición máquina CNC

### 1.3.2.1 Funcionamiento del sistema CNC

La máquina CNC utiliza una computadora o controlador para realizar el control y monitoreo de todos los movimientos que realiza, esto se logra gracias a los comandos de activación de software por medio de los códigos “G” y “M”. El controlador también se encarga de encontrar la existencia de errores en la programación y enviar una alerta al usuario para que pueda subsanar los errores encontrados por el controlador.

Existe una gran variedad de máquinas herramientas a CNC, siendo el plasma, los brazos robóticos, el torno y la fresadora utilizados en el mercado.

### 1.3.2.2 Código G

El código G utiliza en las máquinas CNC un lenguaje de programa vectorial, el cual contiene gran variedad de implementaciones.

- Permite realizar descripciones y accionamientos básicos en la entidad geométrica de cualquier tipo.
- Realiza accionamientos a los parámetros de mecanizado en la velocidad y en el desplazamiento de la herramienta.
- Realiza accionamientos y desactivaciones a los sistemas eléctricos que contiene la máquina.

En el código G existen indicaciones generales comúnmente llamadas función de preparación, en donde realizan el control de los desplazamientos de los

ejes **X**, **Y** y **Z** de la herramienta hacia las superficies de trabajo y la misceláneas. Estas indicaciones están dirigidas especialmente a la máquina de trabajo, estas indican a la maquina el arranque, la detención, a la refrigeración de la máquina, entre otras cosas.

Actualmente el código G y M se ha estandarizado por la norma ISO, las industrias de fabricación adoptaron esta norma. Esto facilita a los usuarios a utilizar cualquier tipo de máquina. El código estandarizado para programar es el código ISO-6983.

Existen una gran variedad de programas que ejecutan las programaciones en el código G cuentan con las simulaciones incluidas, esto facilita a los usuarios a obtener vistas previas en tiempos reales de las actividades. Esto permite corregir errores en las programaciones para poder corregirlos.

### **1.3.2.3 QFD Despliegue de la función calidad**

El QFD es un método de gestión de calidad que se utiliza para determinar y dar respuesta de una manera eficiente a los requisitos y requerimientos del cliente en el desarrollo del producto.

Este método permite focalizar el diseño, de la máquina a construirse, en las prioridades de la empresa encontrando respuestas innovadoras a sus necesidades de una manera óptima y rápida, asegurando de esta forma la satisfacción del cliente.

El objetivo principal de un QFD es responder de una manera precisa a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el nivel de calidad que desea el cliente para el producto final?
- ¿Qué funciones específicas debe cumplir el producto? ¿cuáles son las funciones primordiales que requiere el cliente?
- Basados en los recursos disponibles en la empresa ¿Cómo se puede proveer al cliente lo que espera?

### **1.3.2.4 La casa de la calidad**

Es un método gráfico utilizado en el QFD para definir la relación entre los deseos del cliente con las capacidades del contratista para encontrar las interrelaciones entre las diferentes áreas del proyecto.

La casa de la calidad también permite en su matriz de desarrollo analizar a la competencia y descubrir los nichos de mercado no explorados, dando como resultado un producto con mejores características.

En la Figura 2.1 se puede observar cómo están distribuidas las matrices que componen la casa de la calidad.

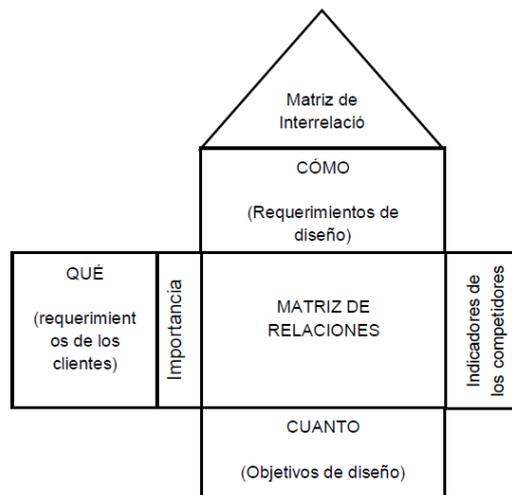


Figura 7. Distribución casa de calidad

### 1.3.2.5 Casa de la calidad máquina CNC cortadora por plasma

Para el desarrollo del análisis y selección de alternativas de la máquina CNC cortador por plasma se desarrolló un diagrama de la casa de la calidad el cual, como se indicó en párrafos anteriores, contiene las relaciones de los requerimientos del cliente y las capacidades de soluciones potenciales.

IMPORTANCIA PARA EL CLIENTE		1,26	1,926	1,44	1	1,74	1,22	1	EVALUACION COMPETITIVA													
Requerimientos del cliente																						
	Prioridad	Diseño mecánico.	Análisis y selección de elementos existentes en el mercado.	Diseño electrónico y de control.	Potencia del Plasma.	Desempeño eficiente del Software.	Software Intuitivo.	Alertas programadas en el HMI.	Cortadora Plasma CNC Tesis (*).	CNC Cortadora Plasma Motocono (A).	Cortadora Plasma Artesanal (B).	Objetivos	Índice de mejora	Factor de Venta	Importancia	Ponderación	Ponderada %					
Resistencia Estructural y Robustez de la máquina.	5	9							3	5	2	4	1,333	1,2	4	6,4	10%					
Desempeño Eficiente/Presición en movimientos.	5	9	3	9	1	9	1		3	5	3	5	1,667	1,5	5	12,5	19%					
Reducción en el desperdicio de material.	4			9	3	9	9		3	5	2	5	1,667	1,5	5	12,5	19%					
Cortes en plancha de acero hasta 10mm.	5		9	3	9				5	5	5	5	1	1,2	5	6	9%					
Tolerancia de corte de +/-1mm.	5	9	1	9	9	3			4	5	4	5	1,25	1,5	5	9,38	14%					
Amigable con el usuario.	4	3	9	1		3	9	9	5	5	5	4	0,8	1,5	4	4,8	7%					
Area de trabajo de 1,22 x 2,44.	5	9							5	5	5	5	1	1,2	5	6	9%					
Brinde seguridad al operador.	5	1	3	3		9	9	9	4	5	4	5	1,25	1,5	5	9,38	14%					
																67	100%					

Valores objetivo	Sistema mecanico cartesiano.		Componentes de la máquina CNC.		Sistema electrónico y de control.		Acoplamiento de plasma. ***		Selección de software.		Selección de HMI.		Visualización del Estado del proceso.	
	5	A	A*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	4	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3													B
	2	B	B	B		B		B						
	1				B		B							
Incidencia		332	172	360	188	352	253	128	1785					
<b>Incidencia %</b>		<b>19%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>11%</b>	<b>20%</b>	<b>14%</b>	<b>7%</b>	<b>100%</b>					

Figura 8 Casa de la calidad maquina CNC plasma

### **a. Voz del Usuario**

El cliente requiere que la máquina CNC cortadora por plasma posea las siguientes características:

- Resistencia estructural y robustez de la máquina.
- Optimización del área útil de corte mediante software CAD.
- Capacidad de corte de hasta 10 mm espesor en planchas de acero ASTM A36.
- Tolerancia de corte de +/-1mm.
- Interfaz Humano Máquina (HMI).
- Área de trabajo de 1,22 x 2,44 m capaz de cortar planchas enteras estándar.
- Seguridades para el operador y para la máquina.

### **b. Voz del Ingeniero**

Analiza la matriz que relaciona los requerimientos del cliente con los requerimientos del diseño, necesarios para el desempeño eficiente de la máquina, procediendo a traducirlos en especificaciones técnicas para la construcción.

- La máquina debe estar diseñada para soportar pesos de 235kg +/- 5, con un factor de seguridad en cargas estáticas y dinámicas de 50%.
- El software CAD/CAM debe tener un desempeño eficiente, optimizando el área de corte controlando la mayoría de variables en el corte de planchas y ser intuitivo para el operador.
- El plasma debe poseer una potencia adecuada para cortes de plancha de hasta 10mm.
- Base de datos con velocidades, corriente específica y presión de aire para la adecuada precisión del corte.
- Diseño mecánico, electrónico y de control con sustentación.
- Alertas programadas en el HMI además de poseer sensores y seguridades mecánicas respectivas.

### c. Evaluación Competitiva

Para la evaluación de competencias se evaluó y comparó dos máquinas CNC cortadoras por plasma, una artesanal y otra máquina fabricada por una empresa española Motocono; para realizar la comparación se obtuvo las características específicas mecánicas y eléctricas de las dos máquinas, las fichas técnicas de las dos máquinas, además de observar su funcionamiento y escuchar opiniones de operarios e ingenieros encargados de su mantenimiento y funcionamiento. Con estas comparaciones se pretende realizar una acción correctiva al diseño y ejecución de la máquina a realizarse antes de su producción para hacerla más competitiva.

Se determinó que para que la máquina a desarrollarse sea igual de competitiva que sus adversarios se debe poner más énfasis en la resistencia estructural y robustez de la máquina, el desempeño eficiente / precisión de la máquina en cuanto a movimientos, la reducción en el desperdicio del material, la tolerancia de corte de +/- 1mm y por último que brinde seguridad al operador.

### d. Prioridad y Correlación Resultado Casa de Calidad

Como resultado de la casa de la calidad se determinó el porcentaje de cada uno de los parámetros de diseño señalando su prioridad.

Tabla 2.1 priorización de parámetro de diseño

<i>Prioridad</i>	<i>Parámetros de Diseño</i>	<i>Porcentaje</i>
1	Diseño Electrónico y de Control	20%
2	Desempeño Eficiente del Software	20%
3	Diseño Mecánico	19%
4	Software Intuitivo	14%
5	Potencia del Plasma	11%
6	Análisis y Selección de elementos existentes en el mercado	10%
7	Alertas programadas en el HMI	7%
		100%

Este método también permite determinar la correlación existente entre dichos parámetros de diseño, como resultado se determina una relación importante entre dos parámetros que son:

*Diseño electrónico y control – Diseño Mecánico.*

Esta correlación determina que la máquina funcionará perfectamente si el diseño electrónico / control y mecánico funcionan en armonía ya que, si uno falla el otro igual, ninguno de los dos puede funcionar perfectamente si el otro no lo hace.

### 1.3.3 Análisis funcional

Para el análisis se descompone al sistema a realizar en varias partes funcionales; considerando a dicho sistema como la interacción de elementos entre sí, los cuales están interconectados y cuyas conexiones y funciones responden al objetivo por el cual fue construida la máquina.

El Nivel 0, muestra de manera general el proceso en el cual una plancha de cualquier espesor es cortada para conseguir una forma geométrica requerida por el cliente o usuario; para que la máquina pueda cumplir esta función es necesario 3 elementos principales: plancha de acero, energía eléctrica y señales de control.

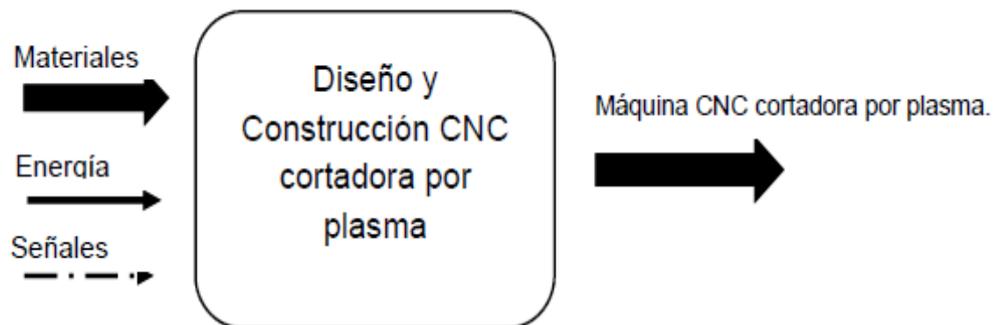


Figura 9. Análisis funcional nivel 0

El Nivel 1 se muestra a todos los procesos que involucra la realización de la máquina CNC de corte por plasma, incluyendo los elementos que intervienen dividiéndolos en módulos específicos.

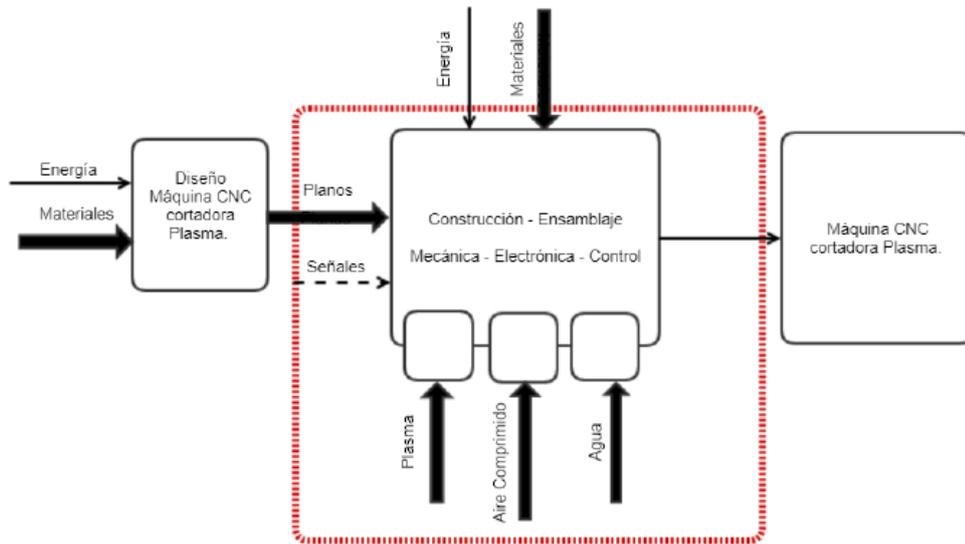


Figura 10. Figura xx análisis funcional nivel 1

En el Nivel 2 se observa en detalle cada proceso, que en el Nivel 1 no fue especificado a detalle. El recuadro entrecortado en el nivel anterior indica que esa parte del proceso debe ser más detallada y que en ella se producen varios procesos por especificar en construcción mecánica, ensamblaje electrónico y de control; de la misma manera estos procesos necesitan elementos, piezas y partes las cuales se debe detallar y seleccionar según su funcionamiento.

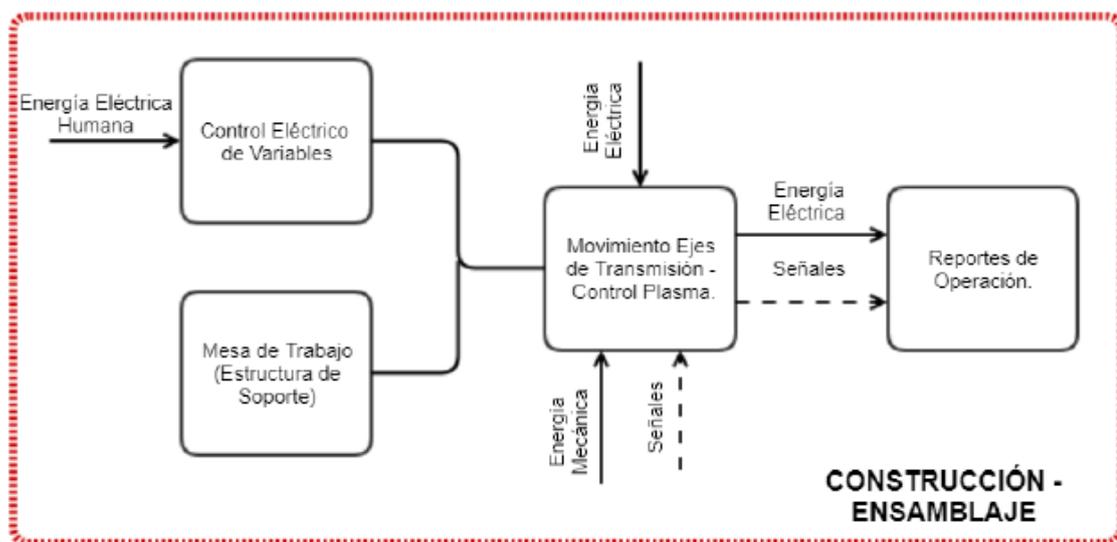


Figura 11. Figura xx análisis funcional nivel 2

Módulo 1 del Nivel 2, el cual representa el control electrónico de variables de la máquina.

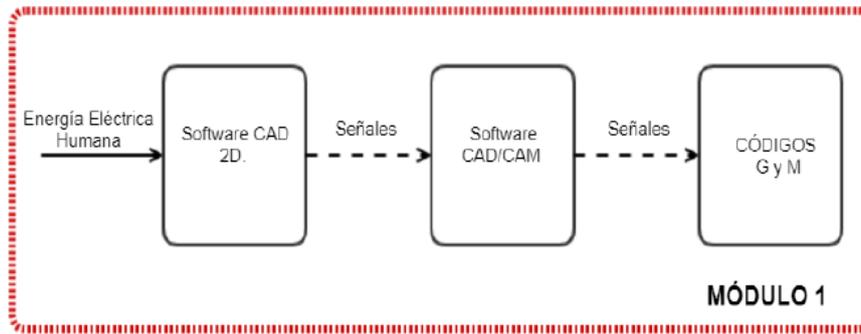


Figura 12. Módulo 1 Nivel 2.

Módulo 2 del Nivel 2 que se refiere al movimiento de los Ejes de transmisión y control plasma.

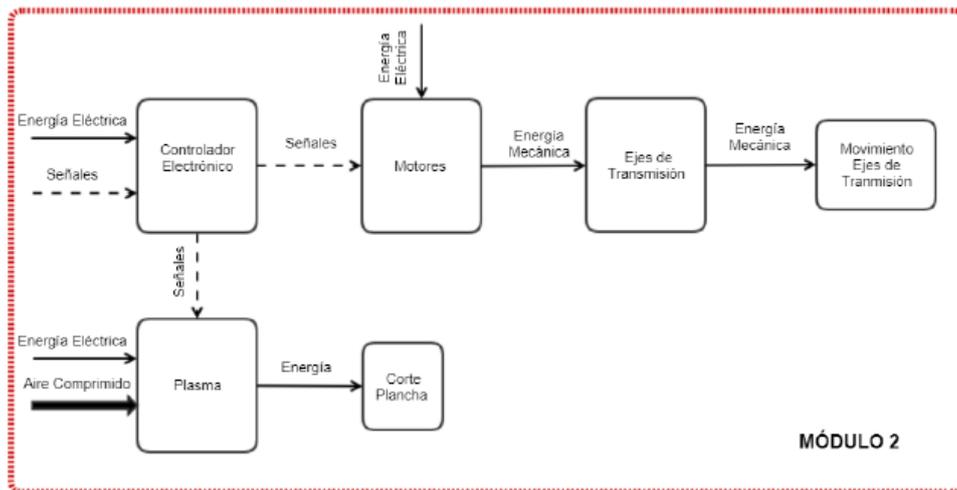


Figura 13. Módulo 2 Nivel 1.

Módulo 3 del Nivel 2 que representa los reportes de operación que generará la máquina.

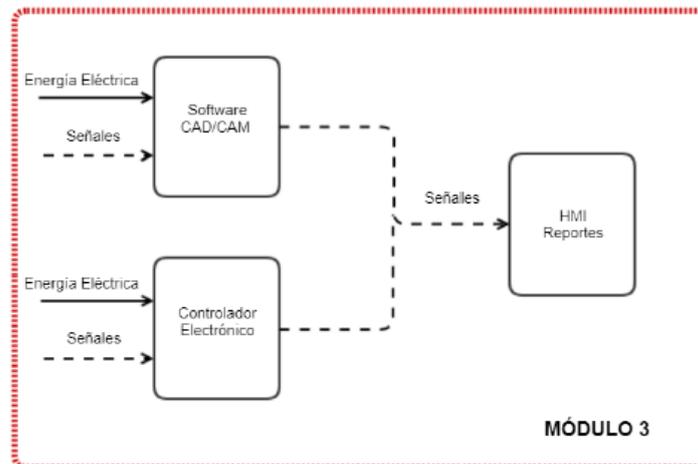


Figura 14. Módulo 3 Nivel 2.

### 1.3.4 Módulo 1

El módulo 1 tiene como función principal determinar y crear la figura geométrica que se va a proceder a cortar en la máquina CNC cortadora por plasma; para cumplir con la realización de estas funciones este módulo requiere de los siguientes procesos:

- Diseño 2D de la figura geométrica a cortar.
- Generar los códigos G y M que serán enviados al controlador.
- Control de velocidad y altura del plasma; y control de velocidad de los motores de los Ejes.

Tipo de Software	Ventajas	Desventajas
Hypertherm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces gráficas mejor diseñadas.</li> <li>• Excelente compatibilidad con el hardware, independientemente de los elementos a usarse.</li> <li>• Corrección automática de archivos CAD y notificación de error.</li> <li>• Cálculo automático de costos de producción.</li> <li>• Exporta informes directamente a PDF, hoja de cálculo Excel o página web.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados costos de adquisición.</li> <li>• No se puede modificar</li> <li>• Existen restricciones (marcadas por la licencia).</li> <li>• Discontinuación de una línea del software.</li> </ul>
Software libre modificado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo de adquisición y libre uso.</li> <li>• Libertad de modificación y mejora.</li> <li>• Aplica en todas las plataformas como (Linux, Windows, Mac).</li> <li>• Importa archivos CAD en varios formatos.</li> <li>• Notificaciones de error en archivos CAD.</li> <li>• Cálculo de tiempos de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces poco amigables.</li> <li>• Inexistencia de garantía por parte del autor.</li> <li>• Fallas en la compatibilidad con el hardware.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia 2018

### 1.3.5 Módulo 2

Tiene la función de entender los códigos G y M enviados desde el software CAD/CAM y generar las acciones necesarias por medio de los motores y los Ejes de movimiento.

- Controlador Electrónico.
- Motores.
- Transferencia de movimiento de los motores hacia los Ejes (transmisión).
- Sistema de reducción de fricción.
- Sistema de contención de polvo/humo.

ventajas y desventajas de cada solución para una mejor selección de las opciones propuestas.

Tabla xxx Alternativas de Solución Módulo 2 Control Electrónico.

<b>Tipo de Controlador Electrónico.</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Controladores Integrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocupan menos espacio debido a que se encuentran integrados en un solo módulo.</li> <li>• Bajo costo, económicas.</li> <li>• Existen una amplia gama comercial que cubren suficientemente los requisitos normales.</li> <li>• Pueden controlar motores de diferente naturaleza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se necesita variar un elemento a las características deseadas por el usuario no es posible.</li> </ul>
Controladores Modulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran variedad de modelos con excelente compatibilidad entre ellos.</li> <li>• Puede encontrarse como elementos individuales dando al usuario más beneficios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizan mayor espacio y pueden llegar a ser redundantes.</li> <li>• Tiene un costo elevado.</li> </ul>
Tipo de motores	Ventajas	Desventajas
Motor paso paso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo Costo.</li> <li>• Fácil de configurar y mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lazo abierto, sin detección de posicionamiento.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitante rango de torque y RPM, dependiendo el modelo.</li> <li>• Adecuado para varios tipos de cortes y funciones.</li> <li>• Auto limitante, no se sobrecargará.</li> <li>• Bajo desgaste de partes.</li> <li>• Posee menor número de partes y</li> <li>• elementos de conexión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja resolución (debido a sus engranajes).</li> </ul>
Servomotores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantiene el torque a grandes velocidades (RPM).</li> <li>• Cada modelo tiene una amplia gama de torque y velocidades RPM.</li> <li>• Adecuado para varios tipos de cortes y funciones.</li> <li>• Lazo cerrado.</li> <li>• Alta resolución (debido a sus engranajes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto Costo.</li> <li>• Difícil de configurar y mantener.</li> <li>• Posee un gran número de partes y elementos de conexión</li> <li>• Requiere un circuito extra para proteger los motores y controladores de sobrecargas.</li> </ul>

Tabla 2. 5. Alternativas de Solución Módulo 2 Transmisión de Motor.

Tipo de transmisión	Ventajas	Desventajas
Piñón Cremallera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrece solidez y precisión en largos desplazamientos.</li> <li>• Alta vida útil.</li> <li>• Permite movilizar con altas velocidades grandes y pesados volúmenes con menos potencia.</li> <li>• La precisión es de dos centésimas de milímetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto Costo.</li> <li>• Necesita lubricación constante.</li> <li>• Necesitan un montaje preciso, la cremallera debe estar nivelada con la estructura base de manera precisa.</li> <li>• Posee gran exactitud en sus movimientos depende del cálculo del paso diametral entre sus dientes.</li> <li>• Deben protegerse de polvo o partículas que pueden trabar su movimiento.</li> </ul>

Transmisión por correa de caucho	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Económico, bajo costo</li> <li>• Fácil montaje, no requiere gran exactitud ni muchos elementos extra.</li> <li>• Sencillez de diseño.</li> <li>• No requiere lubricación.</li> <li>• Fácil y rápido acople y desacople.</li> <li>• Rápido mantenimiento.</li> <li>• Estables en distancias cortas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento constante, cambio de correa directamente proporcional a la intensidad del uso de la máquina usualmente es necesario realizar una inspección completa cada tres o seis meses.</li> <li>• Costos fijos por mantenimiento.</li> <li>• Problemas de vibración en longitudes largas.</li> </ul>
----------------------------------	--	---

Tabla 2. 6. Alternativas de Solución Módulo 2 Sistema de Reducción de Fricción.

<b>Tipo de Sistema de Reducción de Fricción</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Rodamientos Lineales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínima generación de calor debido al rozamiento.</li> <li>• Económicas con respecto a otras guías lineales de precisión.</li> <li>• Menor sensibilidad a la interrupción en la lubricación.</li> <li>• Gran capacidad de carga portante por unidad de anchura del rodamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor nivel de ruido.</li> <li>• Requiere mayor espacio para el montaje.</li> <li>• Elevada sensibilidad a las cargas de impacto.</li> </ul>
Guías lineales de precisión prismáticas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolerancia de hasta una centésima de milímetro.</li> <li>• Mejor distribución de la carga, aplicación de fuerza mínima debido a su ínfimo coeficiente de rozamiento.</li> <li>• Superior vida útil bajo rigurosas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado costo.</li> <li>• Susceptible al polvo y ambientes de trabajo con suciedad.</li> <li>• Necesitan mayor precisión en la estructura para trabajar de una manera adecuada.</li> </ul>

	condiciones de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesitan constante lubricación en sus partes.</li> </ul>
--	-------------------------	--

Tabla 2. 7. Alternativas de Solución Módulo 2 Sistema de contención de polvo/humo.

<b>Tipo de sistema de contención polvo/humo.</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Sistema basado en aspiración “mesas secas”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran precisión en la extracción de humos, debido a su sistema de aspiración.</li> <li>• Posee sistema de eliminación de escoria.</li> <li>• No generan oxidación en los materiales a cortar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor inversión en infraestructura.</li> <li>• Permisos de medio ambiente.</li> <li>• Sistemas complejos de implementar.</li> <li>• No es eficientes en la remoción de polvo y chispas.</li> </ul>
Sistema basado en agua “mesas con agua”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor inversión total, cuestan 60% menos que las mesas secas.</li> <li>• Simples de instalar.</li> <li>• Rápida atenuación de partículas de polvo y chispas.</li> <li>• Sistemas de control sencillos.</li> <li>• Posee sistema de eliminación de escoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja eficiencia en la extracción de humos.</li> <li>• Difícil mantener el área de trabajo y piezas secas o limpias.</li> <li>• Posible oxidación de las piezas.</li> <li>• Afectan la calidad de la cara inferior de la superficie cortada.</li> </ul>

### 1.3.6 Módulo 3

El módulo 3 cumple con la función de generar el reporte de operación del funcionamiento de la máquina en el momento de la realización del corte. Este reporte permitirá determinar el tiempo de trabajo de la máquina, el tiempo que se demora en cortar una pieza geométrica, cómo va evolucionando el corte y si existe algún problema.

## **1.4 Formulación del problema**

¿Cuál es la influencia del corte por plasma con la tecnología de control numérico computarizado en la mejora de la calidad de corte metales, en el I.E.T.P. Nueva esperanza?

## **1.5 Justificación del Estudio**

La automatización se toma como un conjunto de técnicas basadas en sistemas que reciben información los cuales van ayudar a optimizar recursos de la producción.

Este proyecto va a contribuir a mejorar la calidad del producto, a aumentar la producción, la optimización en el consumo de energía, logrando racionalizar la materia prima e insumos incrementando la seguridad de los procesos.

Este proyecto será un motor que va impulsar y motivar a los alumnos y empresarios en invertir en esta tecnología de bajo costo y que se pueda realizar, sin recurrir a la importación de máquinas con esta tecnología a elevado costos, y así ser empresas competitivas a nivel local, nacional, regional y mundial.

## **1.6 Hipótesis**

El corte con plasma con la tecnología de control numérico computarizado influye significativamente la calidad de corte de metales en el IESTP NUEVA ESPERANZA.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

Determinar la influencia en la aplicación de tecnología de control numérico computarizado en corte por plasma para mejorar la calidad de corte de metales, en el IESTP NUEVA ESPERANZA.

### **1.7.1 Objetivo específico**

- Realizar el corte de metales con plasma con pantógrafo CNC.
- Realizar el corte de metales con plasma manual
- Comparar las calidades de corte por plasma

## II METODO

### 2.1 Tipo de estudio y diseño de la investigación

El tipo de estudio según el análisis y alcance de sus resultados es descriptivo – explicativo, con un diseño de investigación experimental donde el investigador va a controlar la variable independiente para obtener buena calidad de corte de metales. Con un diseño de experimento de:

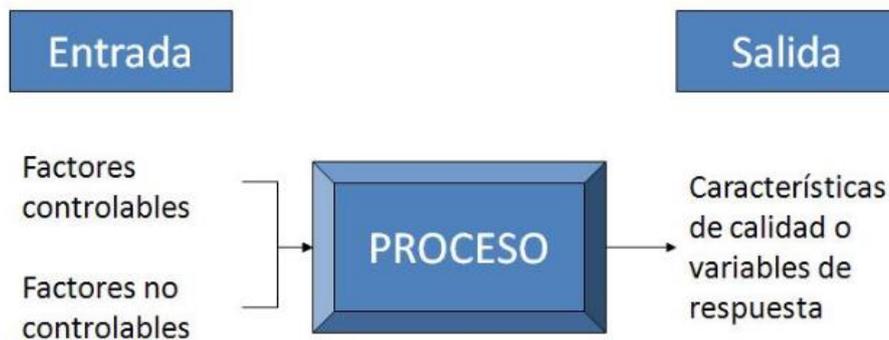


Figura 15 diseño de experimentos

M -----X -----Y

Donde:

M: Material

X: Tecnología de corte

Y: Calidad de corte

#### 2.1.1 Variables y operacionalización de las variables

**V1:** Tecnología de control numérico computarizado.

**V2:** Calidad de corte en el metal

## 2.2 Operacionalización de la Variable

VARIABLES	D. CONCEPTUAL	D. OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	Escala de medición
Tecnología de control numérico computarizado.	Control de numérico computarizado es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico. Normalmente una herramienta, que está montada en una máquina. (LASHERAS, 2013)	El control numérico o control decimal numérico (CN) es un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.	Pantógrafo	Movimientos en tres ejes	Eje x Eje y Eje z
			Automatización	Iteración hombre maquina Selección Autómata programable	PLC
			Tecnología de Control numérico	Mastercam CAD/CAM	Autocad
Calidad de corte en el metal	El corte es la separación de un objeto físico, en dos o más porciones, mediante la aplicación de una fuerza dirigida de forma aguda. (Correa, M 2004)	Es la separación de metales en diferentes formas donde el área de corte no necesita de un trabajo adicional en medida o en su cavado superficial.	Precisión de corte	Tolerancias	Milímetros
			Acabado superficial	Velocidad avance	Q0 Q1 Q2 Q3 Q4

## **2.3 Población y muestra**

### **Población**

Las diferentes formas de corte realizados a una plancha de acero al carbono ASTM A36 de 1.20 m. x 2,40 m. x 1" usando la tecnológica CNC en el corte por plasma.

### **Muestra**

La muestra se seleccionará al azar la cantidad de 30 piezas cortadas con la tecnología CNC en corte por plasma para evaluar su calidad de corte de acuerdo a estándares de fabricantes de máquinas de corte.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y confiabilidad**

### **a. Técnicas**

La técnica será la observación experimental donde se evaluará el material cortado por plasma usando la tecnología CNC. Los cortes en metal tendrán cortes de diferentes geometrías: lineales, circulares y angulares.

### **b. Instrumentos de recolección de datos**

Para recolectar los datos obtenidos de la comparación (observación), medición de los cortes realizados se harán mediante tablas en Excel.

Las pruebas experimentales consisten en realizar corte de metales con el equipo plasma en forma manual 30 probetas de los cuales se tomarán los datos de precisión en una tabla de la misma manera se cortarán las 30 probetas con las tecnologías CNC y los datos de medidas se pondrán en la tabla anterior.

En otra tabla se tomarán datos de la comparación de la calidad superficial de ambas tecnologías de corte por plasma las cuales serán comparadas con el patrón de calidad de corte.

## **2.5 Método de análisis de datos**

El método a emplear es el método inductivo-deductivo de tipo experimental.

### **Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos se usó tanto la estadística descriptiva como la estadística inferencial. Los estadísticos y pruebas estadísticas utilizados son las siguientes:

### **Media aritmética**

Es una medida de tendencia central y a la vez es una medida descriptiva. Se simboliza como  $\bar{X}$ . Es la suma de todos los valores de una muestra dividida por el número de casos

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

donde  $n$  es el número de evaluados, y  $x_i$  son las mediciones de los diferentes evaluados correspondientes a las variables en estudio.

### **Varianza**

Es una medida descriptiva de dispersión y se simboliza como  $S^2$ .

Se define como la media aritmética de la diferencia de las desviaciones elevadas al cuadrado, de cada uno de los valores respecto de la media aritmética

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Es la varianza de la variable  $x$  y  $\bar{x}$  es la media aritmética de la variable.

### **Desviación estándar**

Es una medida de dispersión y se simboliza como  $S$ . Se define como la raíz cuadrada de la media aritmética de la diferencia de las desviaciones elevadas al cuadrado, de cada uno de los puntajes respecto de la media aritmética. Es la raíz cuadrada de la varianza.

### **t de Student**

Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias. Se simboliza como “t”.

La prueba “t” se basa en una distribución muestral o poblacional de diferencia de medias conocida como la distribución “t” de Student. Esta distribución es identificada por los grados de libertad, los cuales constituyen el número de maneras como los datos pueden variar libremente. Son determinantes, ya que nos indican qué valor debemos esperar de “t”, dependiendo del tamaño de los grupos que se comparan

$$t = \frac{(x_1 - x_2)}{\sqrt{\frac{(s_1)^2}{n_1} + \frac{(s_2)^2}{n_2}}}$$

Donde:

$x_1$  = Media aritmética del primer grupo.

$x_2$  = Media aritmética del segundo grupo.

$S^2_1$  = Varianza del primer grupo.

$S^2_2$  = Varianza del segundo grupo.

$n_1$  = Tamaño del primer grupo.

$n_2$  = Tamaño del segundo grupo

### **Nivel de significación**

Para los cálculos estadísticos efectuados a partir de los datos de las muestras se ha utilizado un nivel de significación de 0.05.

## **2.6 Aspectos éticos**

Los investigadores con su compromiso del respeto de la propiedad intelectual, presentando resultados veraces que son datos que arrojan la experimentación de la investigación presentada.

## RESULTADOS

### 3.1. Resultados

#### 3.1.1. Precisión de corte

Tabla 01. de diferencia de mediciones de piezas cortadas con tecnología plasma manual y CNC.

N°	Corte plasma Manual (mm)	Corte plasma CNC (mm)
1	3.5	0.9
2	2.9	0.9
3	3.2	0.8
4	3.9	0.9
5	3.8	0.8
6	3.3	0.7
7	2.1	0.7
8	2.4	0.6
9	2.5	0.6
10	2.5	0.7
11	2.4	0.7
12	1.9	0.6
13	1.8	0.6
14	1.7	0.6
15	2.5	0.5
16	2.4	0.5
17	2.9	0.6
18	2.8	0.6
19	3.1	0.5
20	3.3	0.6
21	3.2	0.6
22	3.3	0.6
23	3.8	0.6

24	3.9	0.7
25	4.1	0.7
26	3.9	0.6
27	3.8	0.6
28	3.5	0.6
29	3.7	0.7
30	3.8	0.7

Fuente: elaboración propia 2019

Se muestra en la tabla las medidas tomadas a las rugosidades de las probetas metálicas cortadas con la tecnología plasma de forma manual y de forma automatizada, donde se puede observar que las medidas obtenidas de corte manual son más grandes que las que se cortaron con plasma automatizado o CNC.

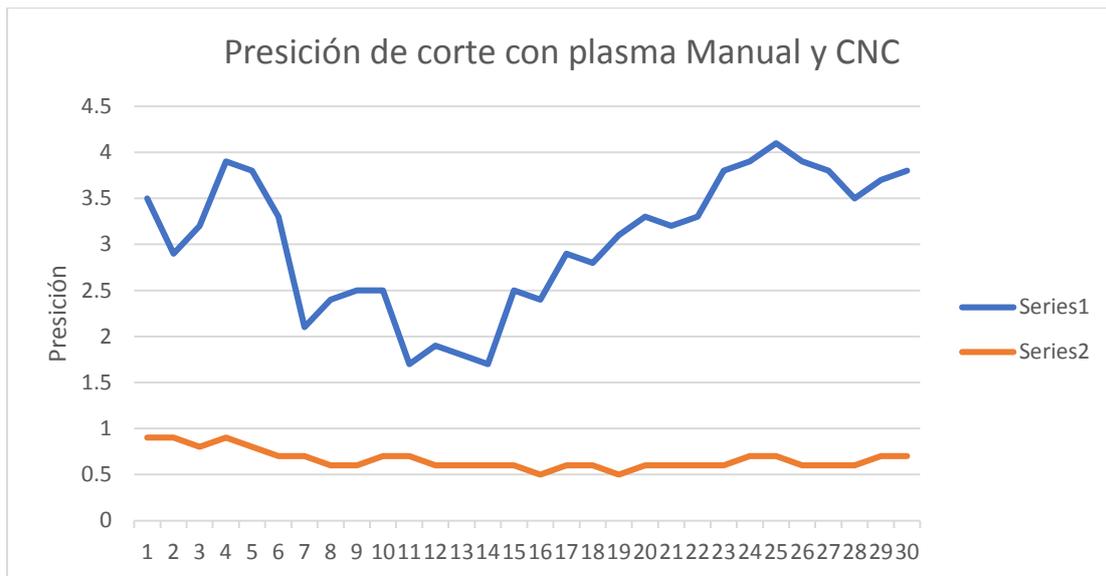
Tabla 02 Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3.063333333	0.66
Varianza	0.498954023	0.012137931
Observaciones	30	30
Varianza agrupada	0.255545977	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	58	
Estadístico t	18.41302384	
P(T<=t) una cola	3.33904E-26	
Valor crítico de t (una cola)	1.671552762	
P(T<=t) dos colas	6.68E-26	
Valor crítico de t (dos colas)	2.001717484	

Fuente: elaboración propia 2018

En este caso la aceptación de la hipótesis que el corte con plasma con la tecnología de control numérico computarizado influye significativamente la calidad de corte de metales estará en función de la probabilidad del estadístico. Podemos ver como el estadístico calculado  $t = 18.413$  es mayor estadístico tabulado  $t = 1.67155$ , esto quiere decir que existe una alta diferencia significativa entre la presión de corte con plasma realizado de forma manual y el corte por plasma realizado con la tecnología CNC. Además, esta tabla de resultados también nos ofrece la probabilidad del estadístico, es decir, el valor p o p-valor, que en el caso bilateral (dos colas) toma el valor  $3.33904 \times 10^{-26}$ . Cuando este valor toma una probabilidad cerca a cero se acepta la hipótesis planteada.

Grafico N° 01 precisión de corte por plasma manual y con CNC



Fuente: elaboración Propia 2018

El gráfico nos muestra la representación de la precisión de corte por plasma en forma manual y el corte por plasma con la tecnología CNC.

Se observa la línea de color azul que representa el corte por plasma en forma manual, de la gráfica se obtiene que existe una gran variación entre la precisión de cada muestra cortada en forma manual, esto depende del pulso de la persona y de la forma que tenga cada muestra.

La línea de color naranja se observa más uniforme con precisión más cerca del real por cada muestra cortada con la tecnología de corte por plasma con CNC, las pequeñas variaciones van a depender con que precisión se fabricó la máquina y de los parámetros de corte.

Observando las dos gráficas se ve que existe una gran diferencia entre los dos tipos de corte que influye mucho en la precisión que se quiere obtener en las muestras.

### **Acabado superficial**

El acabado superficial se comparó con las calidades de corte dado por las empresas que comercializan las máquinas.

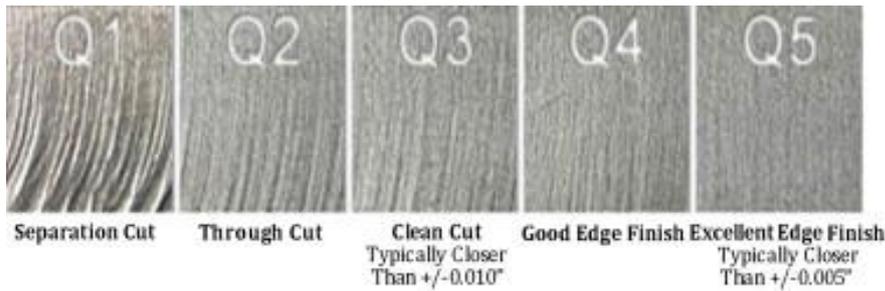


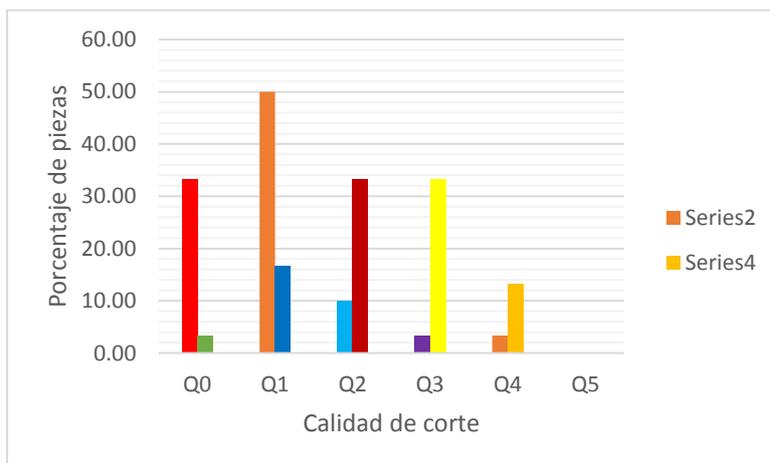
Figura 01 Patrón de calidad de corte por plasma y laser

Tabla 04 Calidad superficial de corte por plasma con tecnología CNC

Calidades	Corte por plasma manual	%	Corte por plasma CNC	%
Q0	10	33.33	1	3.33
Q1	15	50.00	5	16.67
Q2	3	10.00	10	33.33
Q3	1	3.33	10	33.33
Q4	1	3.33	4	13.33
Q5	0	0.00	0	0.00
<b>Total</b>	30	100	30	100

Fuente: elaboración propia 2018

Grafico 05 calidad superficial y porcentajes de cortes



Al comparar los cortes de las muestras se determina que para el corte manual los porcentajes más alto (33.33%) está en calidad Q0, esta calidad esta fuera del patrón con mucho defecto, y en la calidad Q1 con un 50 % que es la calidad muy baja del patrón esto

significa que estos cortes necesitan trabajos adicionales para darle un buen acabado superficial y darle uso.

También se observa la comparación entre las muestras cortadas con la tecnología CNC con el patrón de calidad sus porcentajes oscilan en las calidades Q1 (16.67%); Q2 y Q3 (33.33%); a Q4 (13,33%) son calidades aceptables para estos tipos de cortes. Para obtener mejores calidades de corte con esta tecnología va a depender mucho de la presión del pantógrafo y de los parámetros de corte (Gases, voltaje, Amperaje y velocidad de corte).

#### **IV. DISCUSIÓN**

De los resultados de la tabla 1 donde se presenta las medidas de corte manual con la medida de corte por control numérico, donde podemos observar que la calidad de corte por control numérico computarizado es la mejor, comparada con la calidad de corte manual, debido a que hay un control en la altura entre la boquilla y el metal a cortar y los movimientos son continuos, haciendo que el plasma realice una buena vaporización en corte a diferencia del el corte manual, donde la calidad de corte va a depender del pulso que tenga el operador el cual no es continuo.

La automatización del equipo de plasma Soldamax 101D con el Control numérico computarizado, va hacer de mucho beneficio para la Institución ya que se va a poder realizar corte de metales de figuras más complejas, y con una alta calidad corte.

En la fabricación de máquinas y equipos la calidad de corte es muy importante ya que no se realizarán trabajos adicionales, como es el esmerilado, haciendo que los trabajos sean entregados en menor tiempo al cliente y a bajo costo.

## V. CONCLUSION

- La tecnología de control numérico computarizado en el corte por plasma tiene una influencia elevada en la calidad de corte de metales.
- La aplicación de la tecnología de control numérico computarizado al corte por plasma influye significativamente en la precisión de corte de metales siendo comprobada por la prueba estadística “t” de student donde  $t_{cal.} = 18.343$  es mayor  $t_{tab.} = 1.67155$  con un nivel de significancia de 0.05.
- La aplicación de la tecnología de control numérico computarizado en corte con plasma, en el IDEX Nueva Esperanza es de mucha importancia porque va reducir tiempos de trabajo y costos, ya que, con estas calidades de corte, las piezas cortadas no necesitan trabajos adicionales para mejorar su precisión o acabado superficial.

## VI. RECOMENDACIÓN

- La aplicación de tecnología control numérico computarizado al corte oxiacetilénico, para disminuir el aporte de calor al metal y de esta forma no afectar muchos a sus propiedades mecánicas.
- La aplicación de esta tecnología a diferentes maquinas como puede ser torno, fresadoras, soldadura, etc. Para mejorar las precisiones en medidas y calidades de corte.

## VII. REFERENCIAS

- 7.1. QUINTERO LONDOÑO, Andrés Automatización del pantógrafo electrónico de marca thermadyne Víctor de referencia auto 60s en la empresa cortemetal S.A.S. Tesis. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali. 2015.
- 7.2. CRUZ GARCÍA, O. ; GUERRA LOPEZ E. , Herrera Castro R. Meza Orellana Diseño y construcción de una fresadora con control numérico por computadora para uso didáctico. Tesis universidad del salvador Tesis. 2014.
- 7.3. E. REAL, “Sistema de posicionamiento de amplia carrera para corte por plasma usando CAD/CAM”, Maestría, Dep. Elect., Instituto Politécnico Nacional, México, 2013.
- 7.4. FAUSTO V. ACUÑA C. WILSON E. SÁNCHEZ O. Diseño y construcción de un prototipo de una maquina taladradora de control numérico computarizado. Tesis. Escuela Politécnica del Ejercito. Ecuador. 2005.
- 7.5. M. REINOSO, “Diseño, construcción, programación de software y protocolo de transferencia de datos de una mesa de corte CNC por plasma a ser usada en el corte de planchas de acero inoxidable”, Pregrado, Dep. Elect., Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador, 2012.
- 7.6. RENÉ WILFREDO ARTIGA RIVERA GERARDO JOSUÉ BOLAÑOS CASTILLO ABNER ALEXIS MARTÍNEZ RIVAS ERICK GREGORIO REYES MAGAÑA Tesis Diseño y construcción de un sistema para corte por plasma, usando técnicas de control numérico computarizado. Universidad del salvador. 2015.
- 7.7. Y. ALTINTAS, “Design and Analysis of CNC Systems” in Manufacturing Automation, Canada: ScienceDirect, 2012.
- 7.8. YÁNEZ, “Diseño y Construcción de un sistema automático de corte por plasma mediante control numérico computarizado CNC”, Pregrado, Dep. Elect., Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga, Ecuador, 2007.
- 7.9. Hypertherm. Inc, “Historia, desarrollos y Avances tecnología plasma” Hanover NH Ed. New Hampshire, Estados Unidos: Wiley, 2011.
- 7.10. Kjellberg Finsterwalde y Manfred von Ardenne. Fundamentos del corte por plasma publicada en 2000 España disponible: <http://www.kjellberg.de/Tecnologia-de-corte/Plasma/Procedimiento/Principio-y-variantes.html>

- 7.11. Soldexa centro de conocimiento ESAB Perú publicado diciembre del 2017 disponible: <http://www.soldexa.com.pe/soldexa/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-corte-plasma.cfm>
- 7.12. Confuzal teoría del corte por plasma 04 de septiembre del 2013 disponible en:<http://confuzal.com/articulo/La%20teor%C3%ADa%20de%20corte%20por%20Oplasma%20/>