



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CORTADORA POR LÁSER DE DIÓXIDO DE CARBONO CON CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO PARA EL LABORATORIO CNC DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”

**LUGMANIA BALLADAREZ ,CARLOS SANTIAGO
VASQUEZ JACOME, WILSON EDUARDO**

Latacunga, 2015

INTRODUCCIÓN

CORTADORA LASER CO2



CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS



CORTE POR LÁSER CO2



1

- Diseñar el modelo CAD



2

- Convertir el modelo CAD en formato DXF

3



- Revisar y corregir el archivo DXF

4



- Insertar parámetros de corte



5

- Producir el producto deseado



DIFERENTES TÉCNICAS DE CORTE LÁSER

Corte por fusión

- El gas que utiliza en el corte es nitrógeno o el argón, dióxido de carbono
- Para obtener un buen resultado de corte debemos enfatizar en la focalización

Corte por degradación química de los polímeros

- Tiende a producir humo con partículas de carbón
- la velocidad de corte es generalmente más baja para los materiales termoestables, en comparación con los termoplásticos.

Corte por vaporización

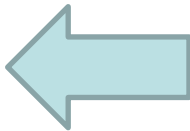
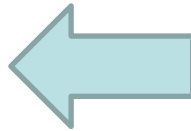
- La energía del haz láser es absorbida por el material que se calienta hasta la evaporación
- Cortes de muy alta calidad incluso a escala micrométrica



PARTES PRINCIPALES CORTADORA LASER CO2

CABEZAL DE CORTE **SISTEMA DESPLAZAMIENTO**

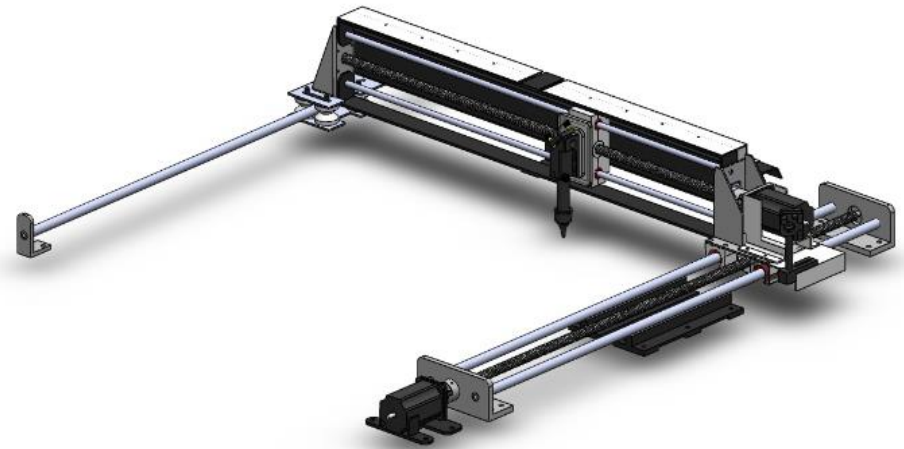
LENTE



SOPORTES



ESPEJOS



E S P E
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

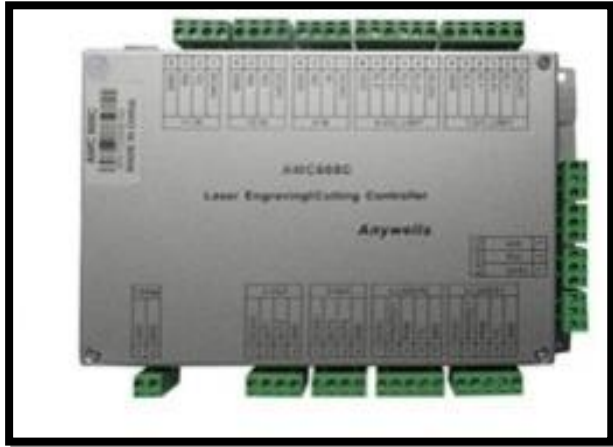
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO



CHILLER



COMPRESOR



CONTROLADOR



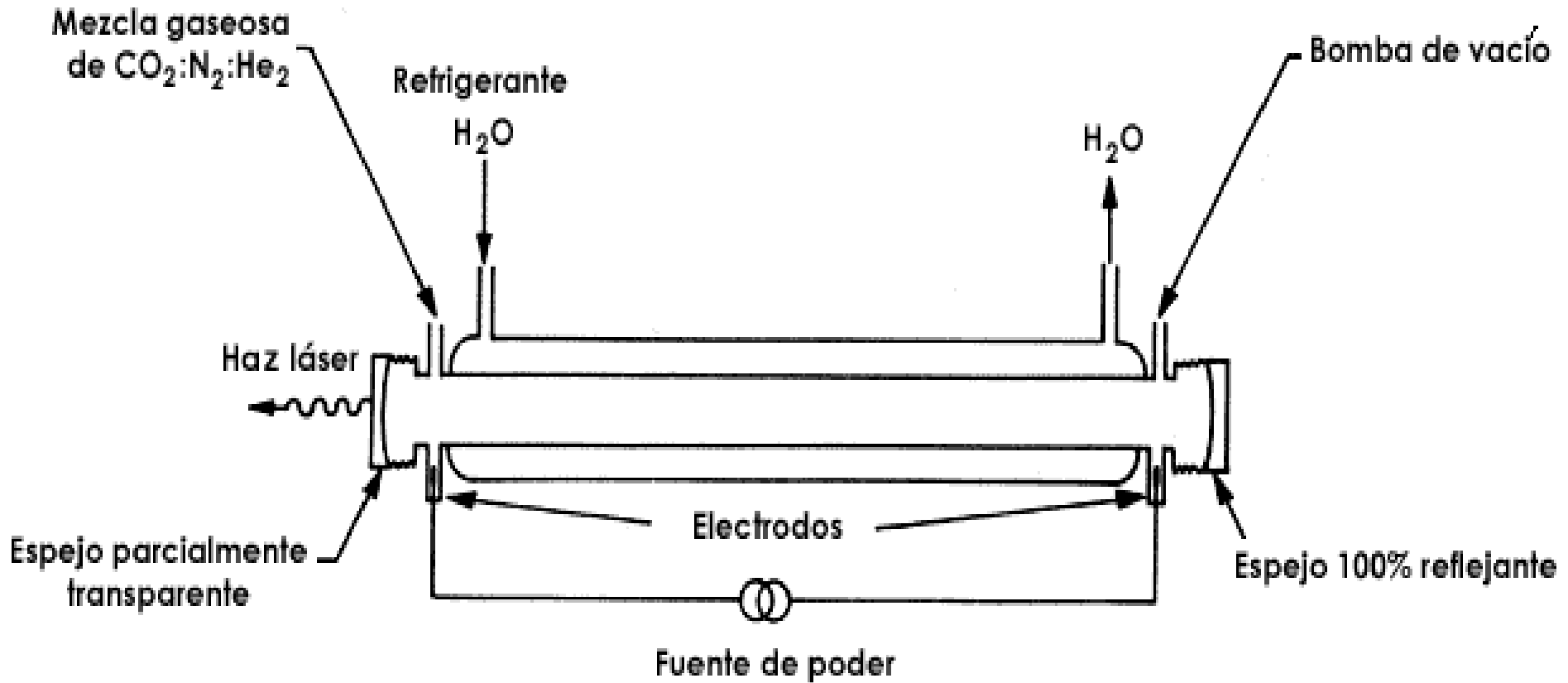
FUENTE LÁSER



TUBO LÁSER



Funcionamiento del láser



APLICACIONES CORTADORA LÁSER



COMUNICACIÓN

Ethernet



USB



CAPÍTULO II

DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA



1822
ECUADOR

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PARÁMETROS DE DISEÑO

Potencia de corte	8 - 80 watts (10 - 100 %)
-------------------	---------------------------

Velocidad de corte	1 - 350 mm/s
--------------------	--------------

Recorrido en el eje X (mm)	Recorrido en el eje Y (mm)	Área de Total (mm ²)
900	900	810000



Potencia de láser



$$T_0 = 25 [^{\circ}\text{C}]$$

$$C_p = 1470 [\text{J}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}]$$

$$T_v = 198 [^{\circ}\text{C}]$$

$$L_v = 25100 [\text{KJ}/\text{Kg}]$$

$$n = 0,88$$

n = Eficiencia del acople

P = Potencia del haz Laser Incidente [W]

w = Ancho de corte [m]

t = Profundidad de corte [m]

V = Velocidad de avance del corte [m]

ρ = Densidad del material [Kg/m³]

C_p = Capacidad calórica [KJ/Kg*K]

T_v = Temperatura de ebullición [K]

T_0 = Temperatura ambiente [K]

L_v = Calor latente de Evaporización [KJ/Kg]

$$\frac{P}{t * V} = \frac{w * \rho}{n} * [C_p(T_v - T_0) + L_v] \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right]$$

$$P = \frac{w * t * V * \rho}{n} * [C_p(T_v - T_0) + L_v] \left[\frac{\text{J}}{\text{s}} \right]$$

$$P = 76,36 \left[\frac{\text{J}}{\text{s}} \right]$$



Potencia Vs Velocidad

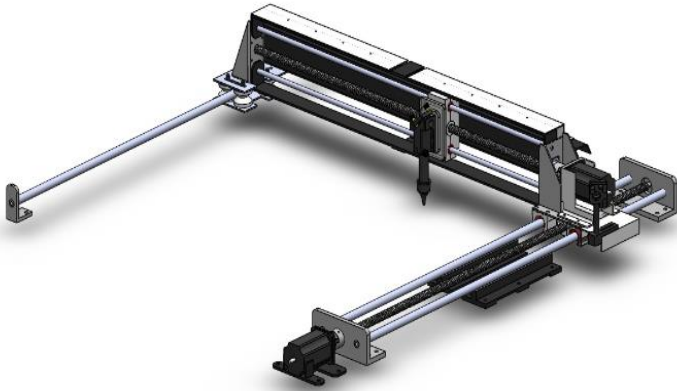


POTENCIA DE CORTE EN MADERA

ESPEJOR(mm)	POTENCIA (WATT)	VELOCIDAD
4m(mm)	60	3mm/s
6(mm)	70	2mm/
8(mm)	80	1mm/s



MECANISMOS X-Y



Diseño de Ejes

$$L_x = 24.5 [N]$$

$$L_y = 58,8N$$

$$F_1 = F_2 = \frac{L_x}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_1 = F_2 = \frac{L}{4} - \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} + \frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_1 = F_2 = 5,76 [N] \quad F_1 = F_2 = 81,7[N]$$

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{n} \quad \sigma_{max} = 124 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Material: Acero Inoxidable - SAE 304

Resistencia a la fluencia (Sy): 310 MPa

Factor de seguridad (N): 2.5

$$S_x = \frac{M}{\sigma_{max}} = \frac{6036}{124} = 48,67 [mm^3] \quad S_y = \frac{43192,16}{124} = 348,32$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * S}{\pi}}$$

$$dx: 7.91$$

$$dY: 15.25$$

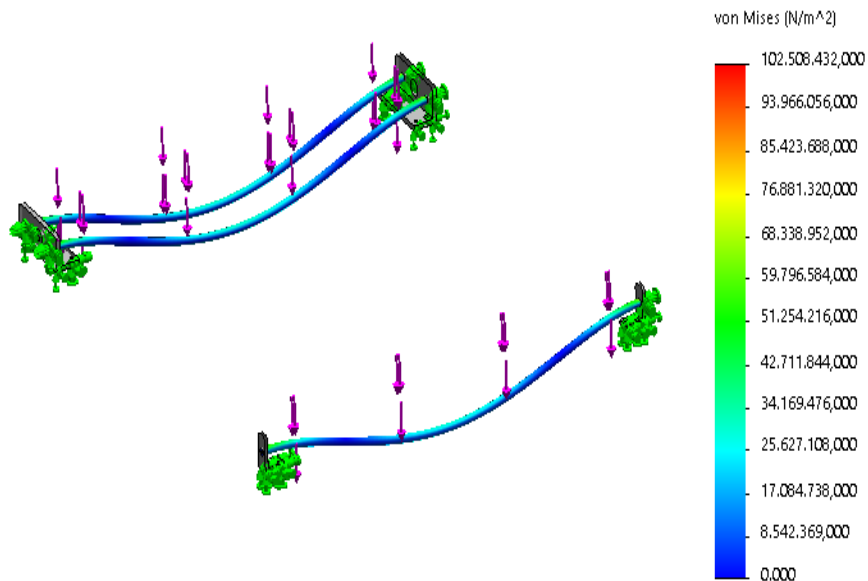
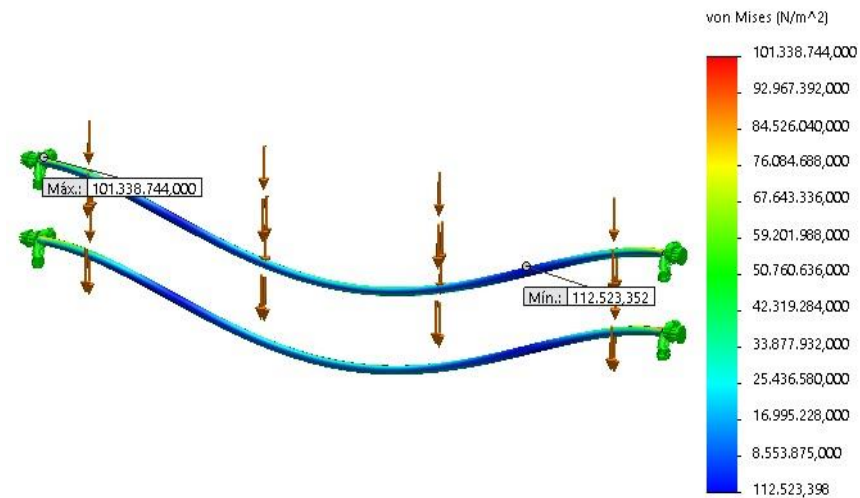


MECANISMOS X-Y

Análisis de deformación ejes X - Y

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$101,33 \text{ MPa} < 124 \text{ MPa}$$

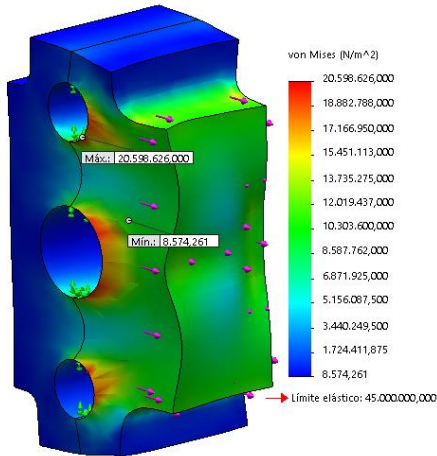


$$102,5 \text{ MPa} < 155 \text{ MPa}$$



MECANISMOS X-Y

Análisis de Esfuerzos y deformación en el Base del Cabezal de Corte



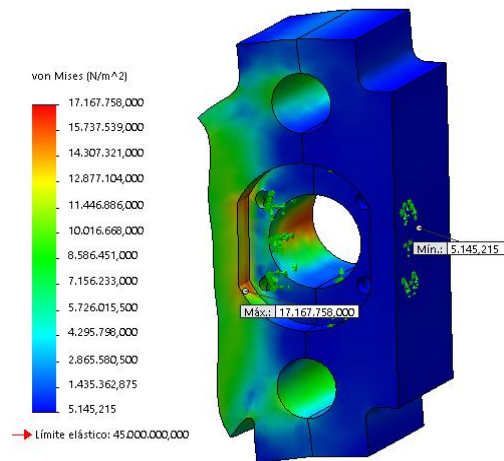
Material: Nylamid

Resistencia a la flexión (S_y): 45 MPa

Factor de seguridad (N): 2

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

20,52 [MPa] < 22,5 [MPa] **(Cargas Laterales)**



17,16 [MPa] < 22,5 [MPa]

(Cargas Normales)



Base del sistema de movimiento en X.

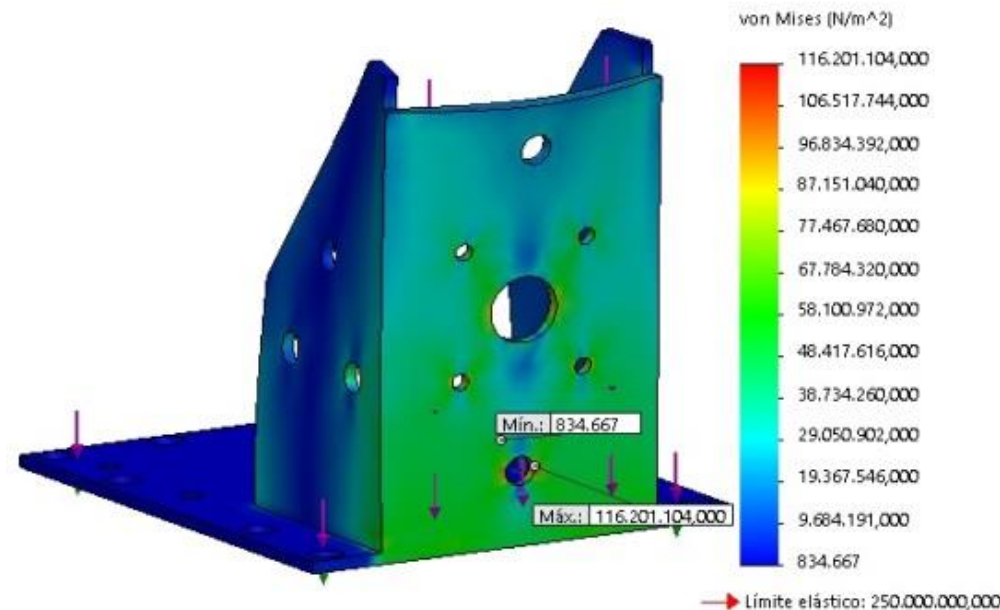
Material: Acero ASTM A-36

Resistencia a la flexión (S_y): 250 MPa

Factor de seguridad (N): 2

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$116,2 \text{ MPa} < 125 \text{ MPa}$$



MECANISMOS X-Y

Selección del husillo de bolas para el eje X- Y.

Resistencia a la fluencia (Sy): 449,1 MPa

Factor de seguridad (N): 3



$$L_x = 24,5 \text{ N}$$

$$L_y = 58,8 \text{ N}$$

$$\sigma_{\max \text{ husillo}} = \frac{S_y}{n} \quad \sigma_{\max} = 149,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}}$$

$$S = \frac{12187.5}{149,7} = 81.41 \text{mm}^3$$

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}} = \frac{14695}{149,7} = 98,16 \text{mm}^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * S}{\pi}} = 9,39 \text{mm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * S}{\pi}} = 9,9 \text{mm}$$



CÁLCULO DEL TORQUE

$$T_{tot} = r * T_E + T_D (N * m)$$

$$T_E = T_{pr} + T_L + T_{rod}$$

$$T_D = \bar{\omega} * J_S$$

$T_{pr} = 0$ (Par de precarga entre husillos de bolas y tuerca)

$T_D =$ Torque Dinámico

$T_L =$ Par que deberá soportar el motor debido a la carga.

$\bar{\omega} =$ Aceleración angular motor

$T_{rod} = 0.08N*m$ (Par de fricción rodamientos de apoyo)

$J_S =$ Inercia total de la estructura

$$J_S = J_{MESA} + r * (J_{HUSILLO} + J_{MOTOR})$$

$$T_{motor} = 0,705(N * m)$$



CAPÍTULO III

DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL CORTADORA LÁSER CO2



CORTADORA LÁSER

AUTOCAD



CNC



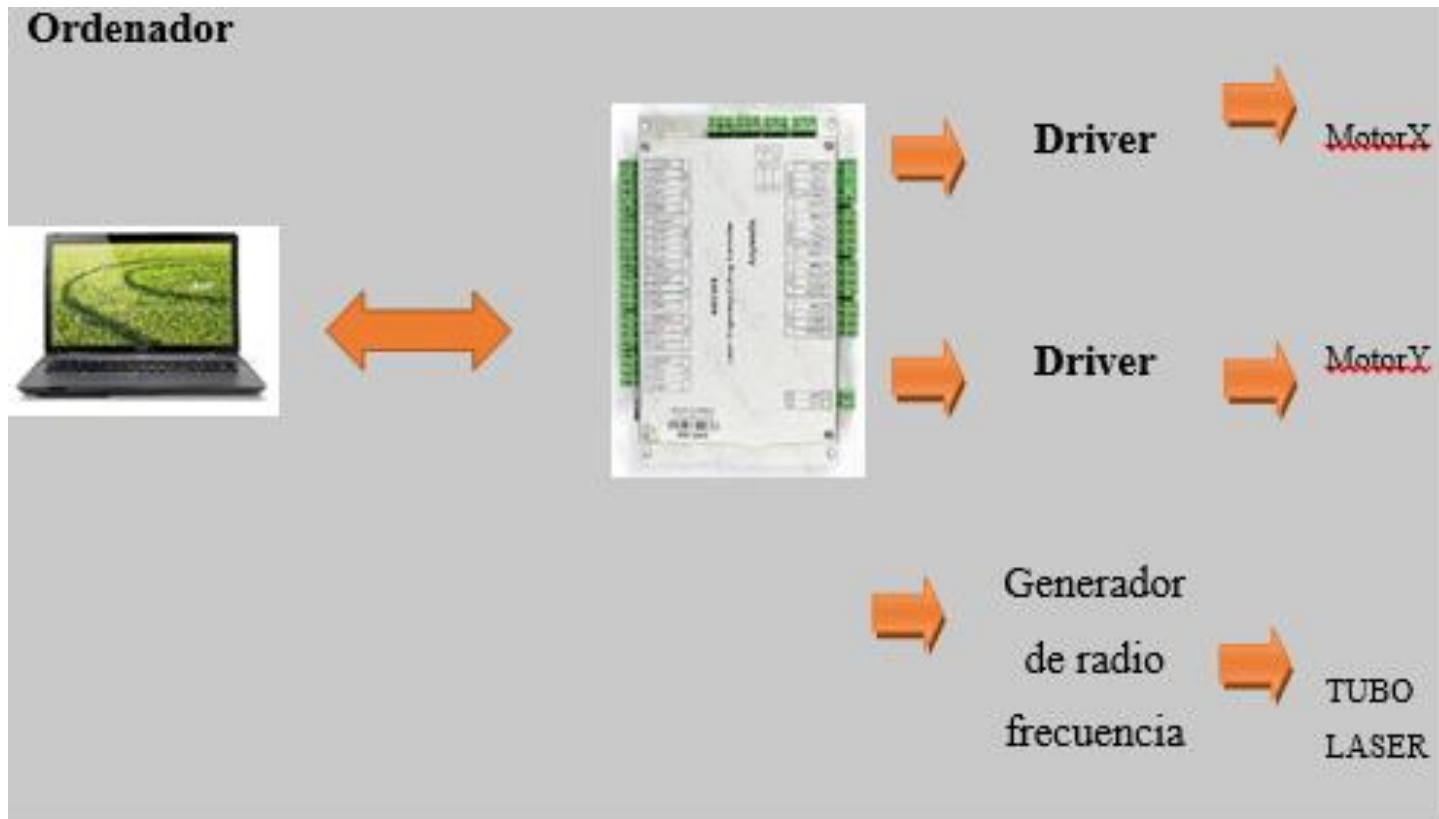
LASERCAD



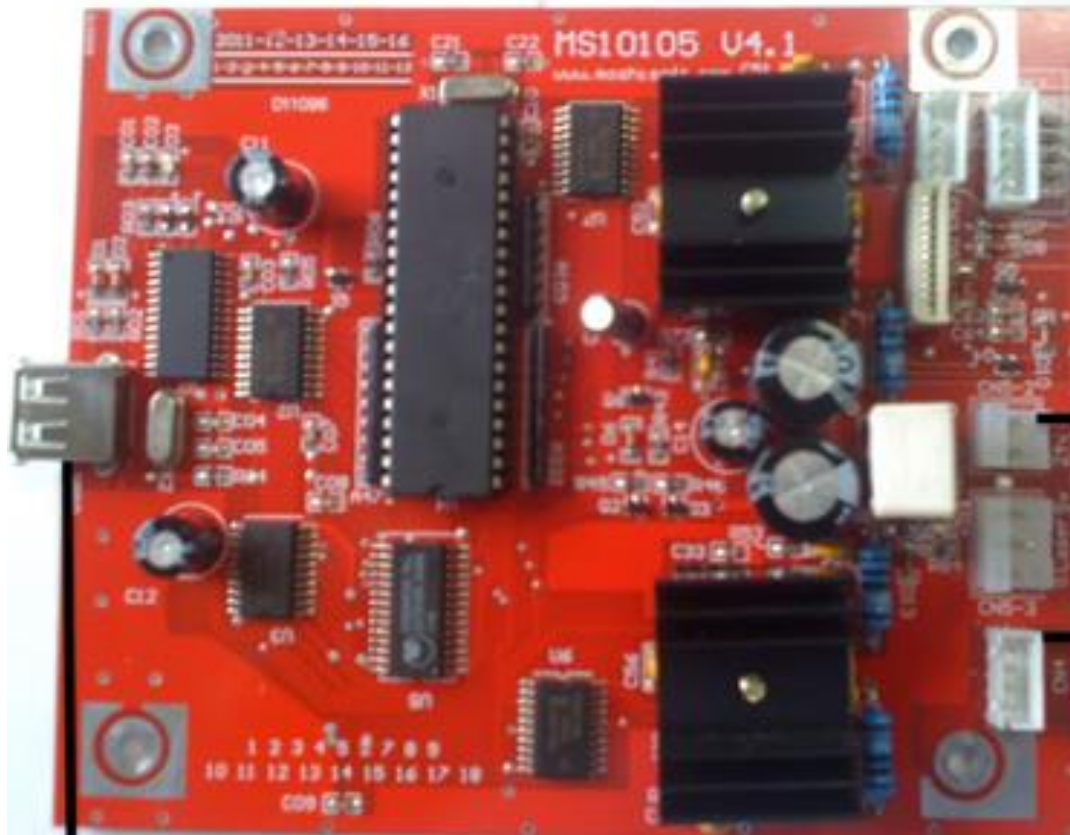
DSP



SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL.



Tarjeta MS10105



La tarjeta Microstepping Driver

KL-4030 Bipolar



Motor a pasos hibrido

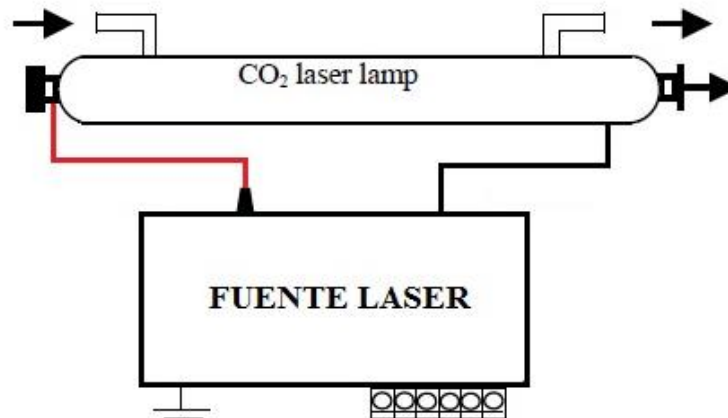
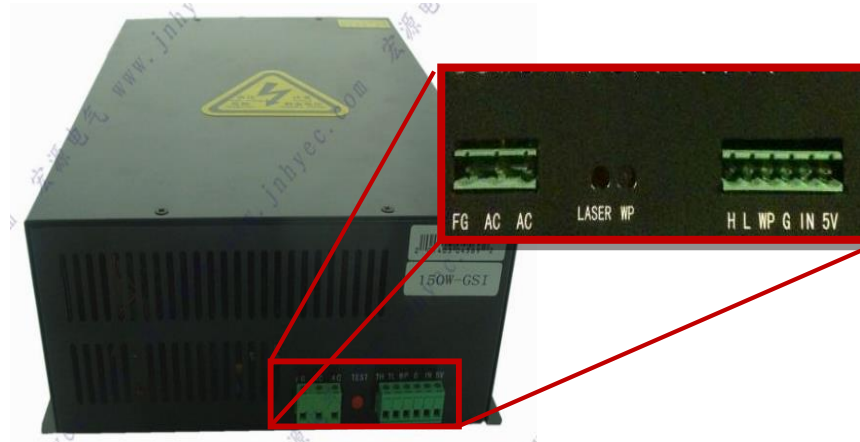


Chiller CW-3000



PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL.

Fuentes

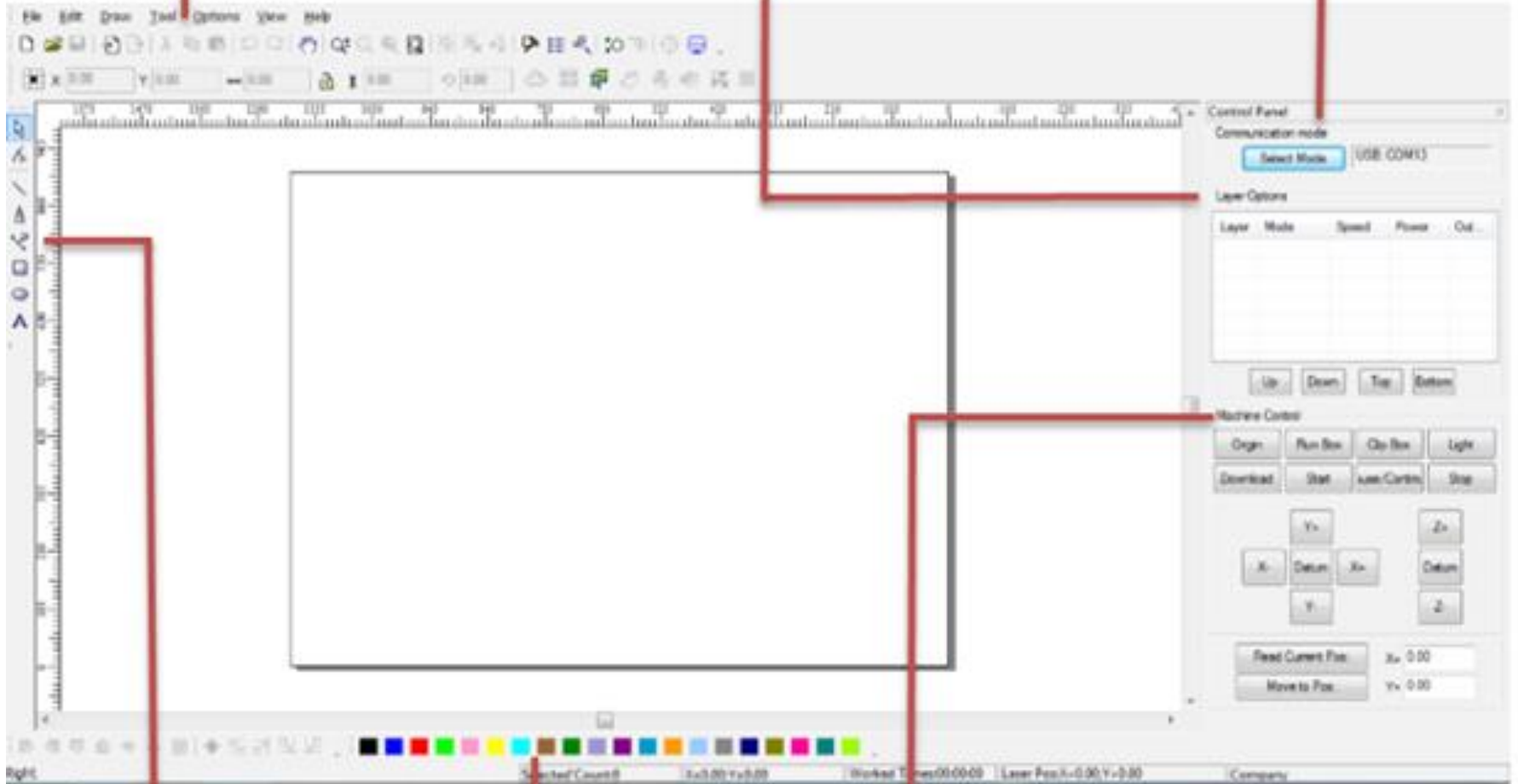


VENTANA LASERCAD

Barra de herramientas

Barra de layer options

Barra de communication mode



Barra draw

Barra color

Barra de machine control



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

CAPÍTULO IV

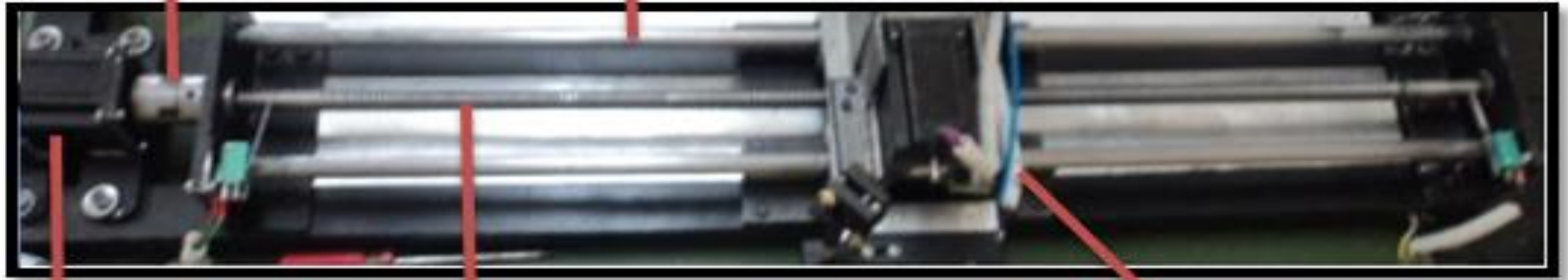
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO X-Y

Acople flexible

Guías cilíndricas



Motor

Husillo de bolas
Husillo de bolas

Tuerca

Motor

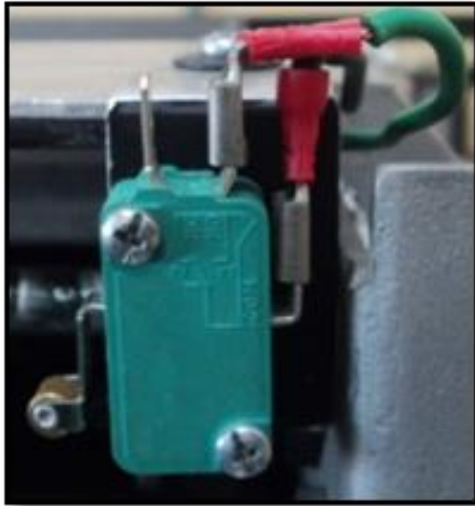


Guías cilíndricas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

IMPLEMENTACIÓN DEL LOS SISTEMAS DE CONTROL.



Panel principal de control para el sistema automático de la cortadora laser CNC



TABLERO DE CONTROL



FUENTE DEL TUBO LASER



La configuración de los parámetros

The screenshot shows the 'System settings' dialog box with the 'Manufacturer Parameters' tab selected. The dialog is annotated with red arrows and numbers 1 through 8, pointing to various configuration fields and buttons.

1 points to the 'X_Axis' label.

2 points to the 'Y_Axis' label.

3 points to the 'Key direction' dropdown for the Y_Axis.

4 points to the 'LimitPolarity' dropdown for the Y_Axis.

5 points to the 'Range' field for the X_Axis.

6 points to the 'Start Speed' field for the X_Axis.

7 points to the 'Max_Acc' field for the Y_Axis.

8 points to the 'Max_Speed' field for the Y_Axis.

The 'Manufacturer Parameters' section includes the following fields and options:

- X_Axis:** Um/Pulse: 6.500000, Pulse edge: Falling edge, Datum: Negative, Key direction: Negative, LimitPolarity: Negative, Range: 1200, Start Speed: 15.000, Max_Acc: 10000.000, Max_Speed: 500.000.
- Y_Axis:** Um/Pulse: 6.500000, Pulse edge: Falling edge, Datum: Negative, Key direction: Positive, LimitPolarity: Negative, Range: 900, Start Speed: 15.000, Max_Acc: 3000.000, Max_Speed: 400.000.
- IO:** Water Protect, Open Protect, Foot switch, Z/U Axes Options.
- Laser Parameters:** Laser Mode: Glass tube, TTL Level: Low level effective, PWM Frequency: 20000, Max_Power: 98.
- Function config:** XY axis home OnPower, Hardware limit, Return origin after work.

Buttons at the bottom: Import, Export, Read, Save, Aceptar, Cancelar, Aplicar.

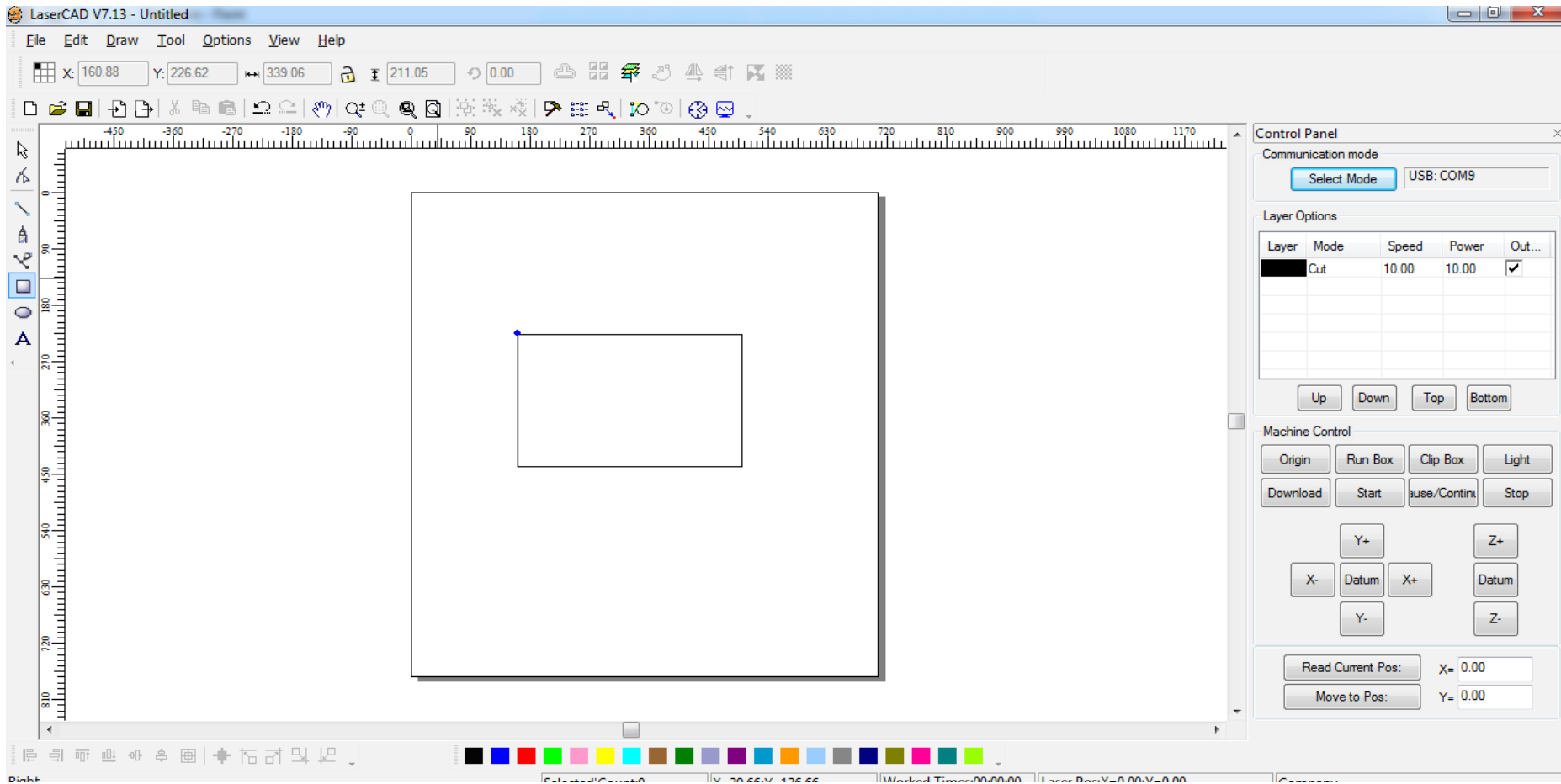
LA CONFIGURACIÓN DE LAS ENTRADAS/ SALIDAS

The image shows a software configuration window with the following sections and controls:

- IO Section:** Contains three unchecked checkboxes: Water Protect, Open Protect, and Foot switch. A red dashed box highlights these three checkboxes. To the right is a button labeled "Z/U Axes Options".
- Laser Parameters Section:** Contains four input fields:
 - Laser Mode: Glass tube (dropdown menu)
 - TTL Level: Low level effective (dropdown menu)
 - PWM Frequency: 20000 (text input)
 - Max_Power: 98 (text input)
- Function config Section:** Contains three checkboxes:
 - XY axis home OnPower
 - Hardware limit
 - Return origin after workA red dashed box highlights this entire section.
- Other Options:** A button located below the Function config section.
- Action Buttons:** A row of four buttons: Import, Export, Read, and Save.
- Final Action Buttons:** A row of three buttons: Aceptar (highlighted with a blue border), Cancelar, and Aplicar.



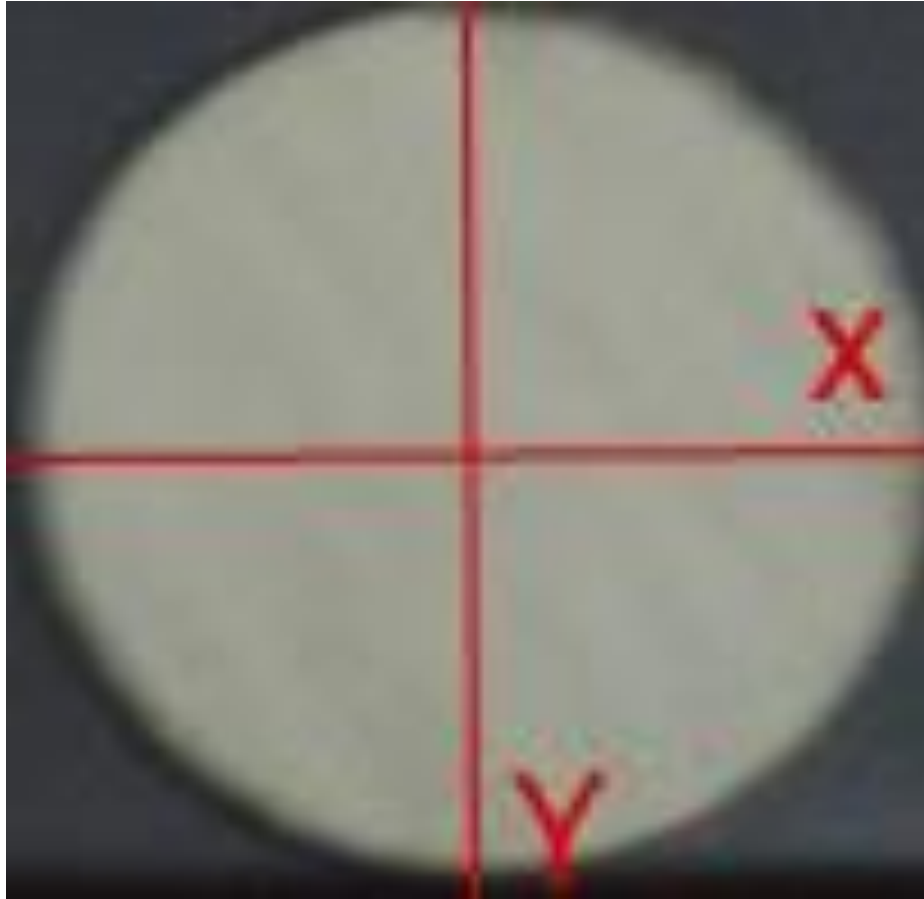
LÁSERCAD



PRUEBAS Y RESULTADOS



MEDIDAS



MEDICIONES

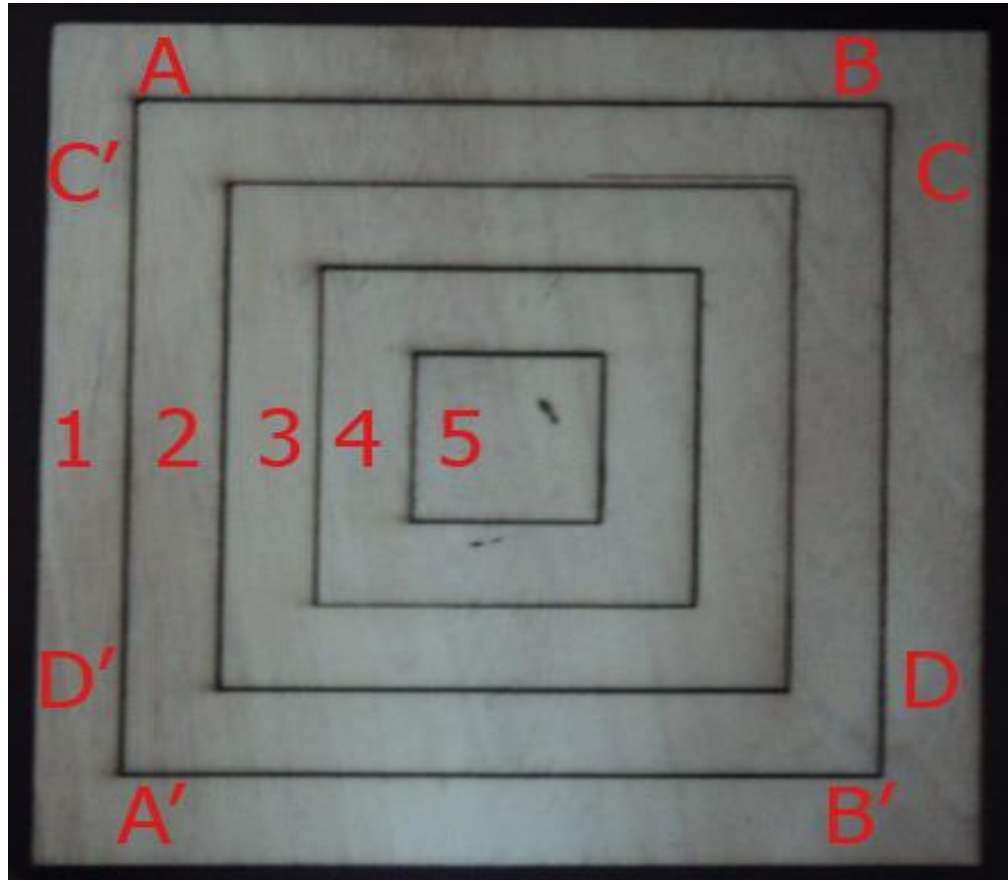
NÚMERO DE MEDICIÓN		MEDIDA REAL	PIEZA 1	PIEZA 2	PIEZA 3	PIEZA 4	PIEZA 5
Circunferencia	Plano X	40,000	40,020	40,050	40,060	40,070	40,0710
	Plano Y	40,000	39,93	39,910	39,890	39,880	39,8700
PROMEDIO		40,000	40	39,975	39,98	39,975	39,9705



NÚMERO DE MEDICIÓN		ERROR 1	ERROR 2	ERROR 3	ERROR 4	ERROR 5
Circunferencia	Plano X	-0,020	-0,050	-0,060	-0,070	-0,071
	Plano Y	0,070	0,090	0,110	0,120	0,13
PROMEDIO		0,045	0,070	0,085	0,0950	0,1

Precisión del corte varía en un 0,2mm

CORTE DE CUADRADOS



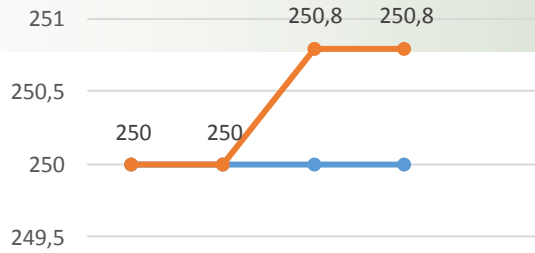
MEDICIONES

NUMERO DE MEDICIÓN	MODELO	ERROR	ERROR PE - M
Cuadrado 500	250,000	250,000	0
LADO C-C'			
LADO D-D'	250,000	250,000	0
LADO A-A'	250,000	250,800	0,8
LADO B-B'	250,000	250,800	0,8
PROMEDIO	250,00	250,400	0,4
Cuadrado 200	200,000	200,000	0
LADO C-C'			
LADO D-D'	200,000	200,000	0
LADO A-A'	200,000	200,295	0,295
LADO B-B'	200,000	200,295	0,295
PROMEDIO	200,000	200,147	0,147

Cuadrado 150	150,000	150,088	0,088
LADO C-C'			
LADO D-D'	150,000	150,088	0,088
LADO A-A'	150,000	150,127	0,127
LADO B-B'	150,000	150,139	0,139
PROMEDIO	150,000	150,105	0,105
Cuadrado 100	100,000	100,053	0,053
LADO C-C'			
LADO D-D'	100,000	100,044	0,044
LADO A-A'	100,000	100,080	0,080
LADO B-B'	100,000	100,082	0,082
PROMEDIO	100,00	100,064	0,064
Cuadrado 50	50,000	49,970	0,030
LADO C-C'			
LADO D-D'	50,000	49,970	0,030
LADO A-A'	50,000	50,080	0,080
LADO B-B'	50,000	50,040	0,040
PROMEDIO	50,00	50,045	0,045

Valor de Medición
[mm]

Longitud del cuadrado 250

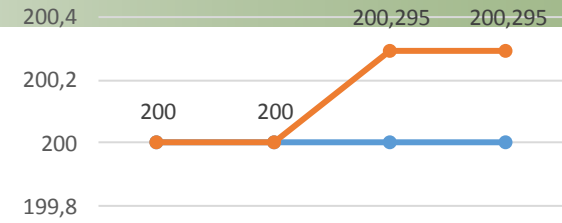


Valor de medición

Lado nominal Lados

Valor de Medición
[mm]

Longitud del cuadrado 200

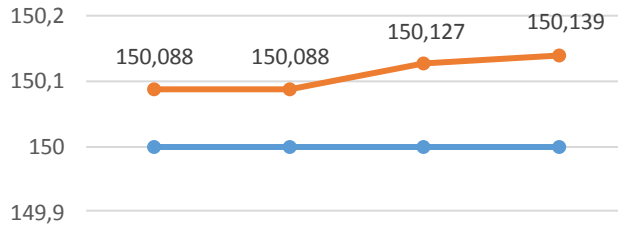


Valor de Medición

Lado Nominal Lados

Valor de Medición
[mm]

Longitud del cuadrado 150

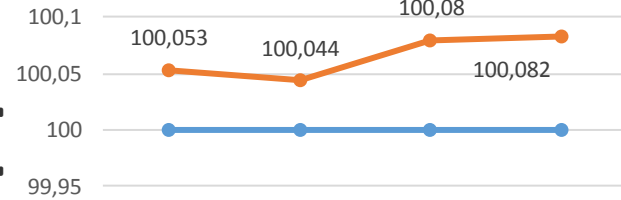


Valor de Medición

Lado Nominal Lados

Valor de Medición
[mm]

Longitud del cuadrado 100

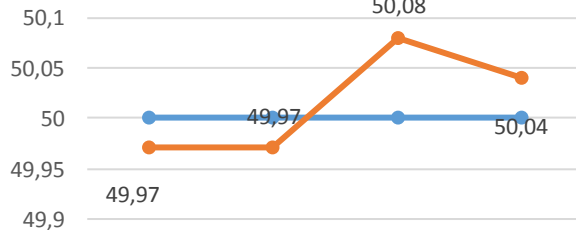


Valor de Medición

Lado Nominal Lados

Valor de Medición
[mm]

Longitud del cuadrado 50



Valor de Medición

Lado Nominal Lados



Calculado el error porcentual de las mediciones para cada figura del se obtiene: 0,16% (cuadrado 250mm), 0,0737% (cuadrado 200mm), 0,07% (cuadrado 150mm), 0,064% (cuadrado 100mm), 0,09% (cuadrado 50mm).



CORTES REALIZADOS CON LA MÁQUINA LÁSER CO2



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

¿El diseño y construcción de una cortadora láser, permitirá realizar cortes de objetos blandos mediante la utilización de software laserCad?

El diseño y construcción de una cortadora láser, permitió realizar cortes de objetos blandos mediante la utilización de software LaserCad. Este proyecto será útil para prácticas en el Laboratorio CNC de la ESPE extensión Latacunga, siendo este un proyecto de Investigación Científica.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- *Se diseñó y construyó una Impresora 3D auto-replicable controlada inalámbricamente para el prototipado de piezas plásticas de bajo costo, mediante software libre, con el fin de ahorrar tiempo y dinero.*
- *Se pudo controlar y monitorear el proceso de impresión, a través de un medio de transmisión guiado (cable USB) y también con comunicación inalámbrica.*
- *Se seleccionó y configuro el software de código abierto Cura para el manejo y control de la impresora 3D.*
- *Se obtuvo de forma óptima piezas plásticas elaboradas a base de un polímero económico (ABS).*
- *El análisis y la selección de las alternativas más adecuadas para el proyecto planteado fueron de gran utilidad, ya que permitieron realizar un diseño viable y técnicamente fundamentado.*
- *Para el diseño del sistema mecánico se manejó el software SolidWorks, con el fin de conocer las diferentes fallas de diseño y corregirlas de manera que satisfaga las necesidades y parámetros planteados.*
- *El control de la máquina se basa en dos tarjetas principales, el Arduino Mega 2560 como tarjeta de control y la Arduino Mega Shield como tarjeta de interface; debido a su bajo costo y prestaciones para satisfacer las necesidades del diseño de la impresora 3D.*
- *Por medio de programas de código abierto se pueden implementar sistemas más económicos que permitan trabajar libremente sin estar restringidos a licencias de programas costosos.*



RECOMENDACIONES

- *Para cortar figuras geometrías más complejas se recomienda incluir un husillo de bolas en la parte lateral izquierda*
- *Para un manejo óptimo de la máquina se recomienda revisar el manual de usuario y operaciones.*
- *Para evitar cualquier daño hacia la máquina o hacia el operador seguir todas las Instrucciones Generales de Seguridad que se encuentran el Manual de Operación y Mantenimiento de la cortadora laser.*
- *Se recomienda seleccionar de manera adecuada los diseños a cortarse , para evitar cualquier anomalía en la calidad corte.*



***GRACIAS POR SU
ATENCIÓN***



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA