



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## PROYECTO DE TITULACIÓN

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CNC PARA EL CORTE Y GRABADO EN MADERA UTILIZANDO LÁSER DE CO<sub>2</sub>, IMPLEMENTADO CON HARDWARE Y SOFTWARE DE USO LIBRE COMO SISTEMA DE CONTROL

AUTORES:

DIRECTOR: ING. HÉCTOR TERÁN

CODIRECTOR: ING WILSON TRÁVEZ

ANA PAMELA CASTRO MARTIN

DARÍO FERNANDO GUAMÁN LOZADA

# OBJETIVO GENERAL

- ▶ Diseñar y construir una máquina CNC para el corte y grabado en madera utilizando láser de CO<sub>2</sub>, implementado con hardware y software de uso libre como sistema de control.

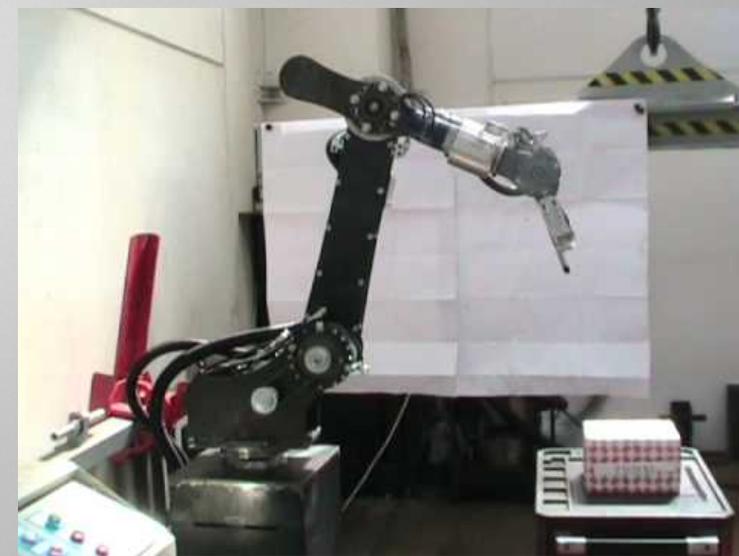
# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Identificar el uso de software y hardware de uso libre en sistemas CNC.
- ▶ Diseñar el sistema mecánico de la máquina CNC.
- ▶ Diseñar el sistema de control de la máquina CNC.
- ▶ Interpretar los códigos G para el movimiento a través de la plataforma Arduino.
- ▶ Implementar la interfaz para la interacción hombre-máquina en la tarjeta de desarrollo Beagleboneblack.
- ▶ Sistema de comunicación a través del protocolo TCP/IP entre la tarjeta de desarrollo Beagleboneblack y un computador.

# HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE

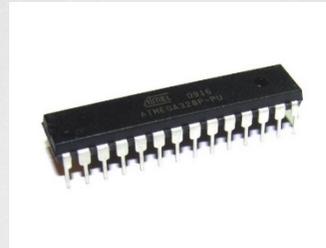
Máquinas CNC comerciales que utilizan controladores privados con costos elevados.

El software y hardware libre como sistema de control, permite que pequeños productores puedan adquirir este tipo de maquinaria. Permite que los usuarios puedan aprender y modificarlo a su gusto.



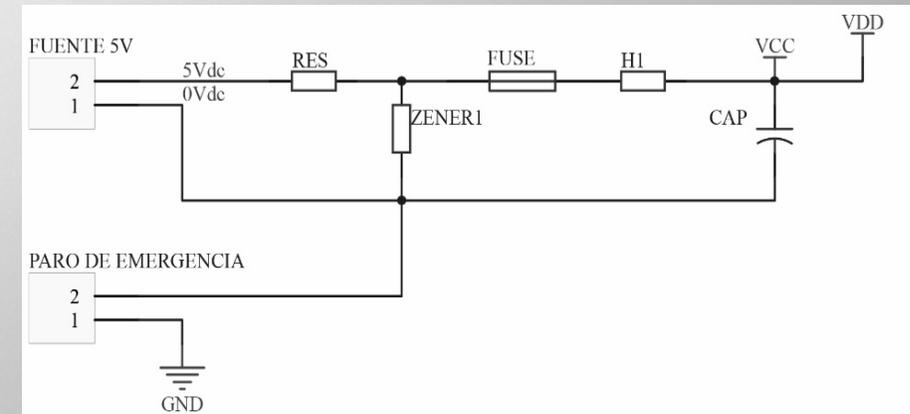
# HARDWARE

El hardware de uso libre implementado corresponde a la tarjeta embebida “Beagle Bone Black” que junto con una tarjeta interfaz que contiene un microcontrolador ATmega permiten el control de la máquina.

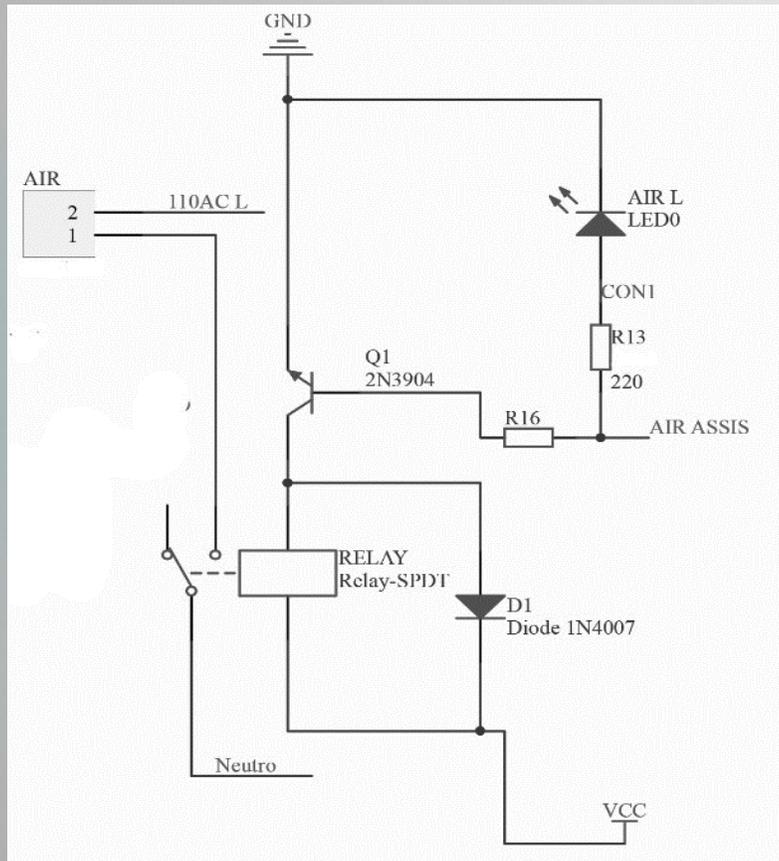
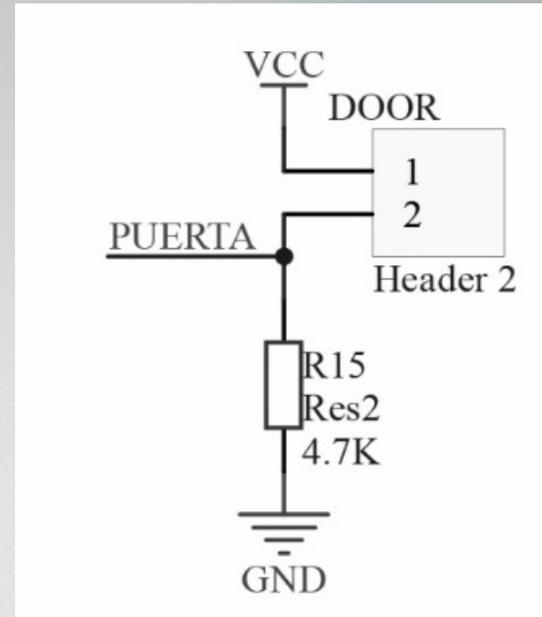


► La tarjeta interfaz consta de:

Circuito regulador de tensión y protecciones para sobrecorrientes

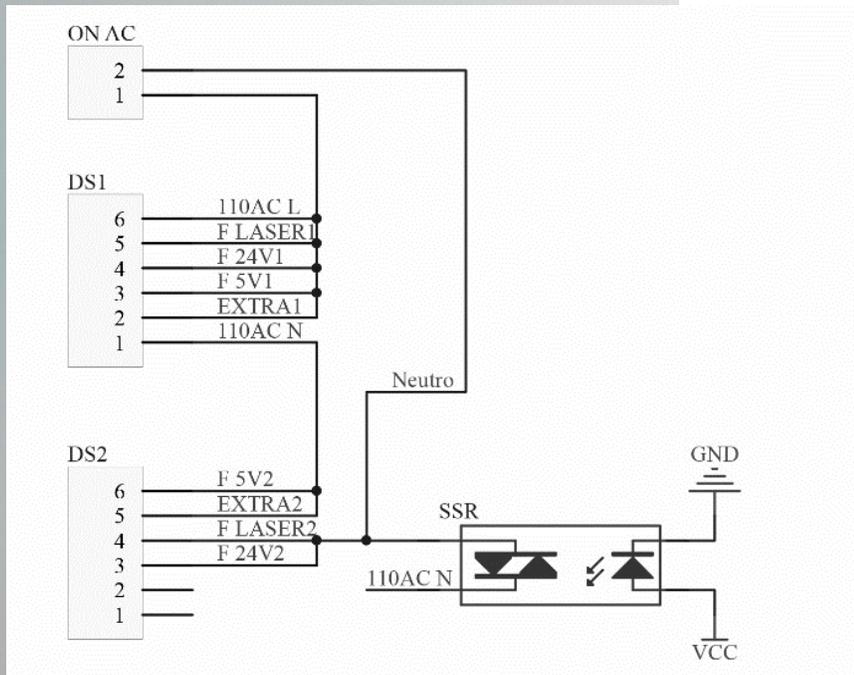
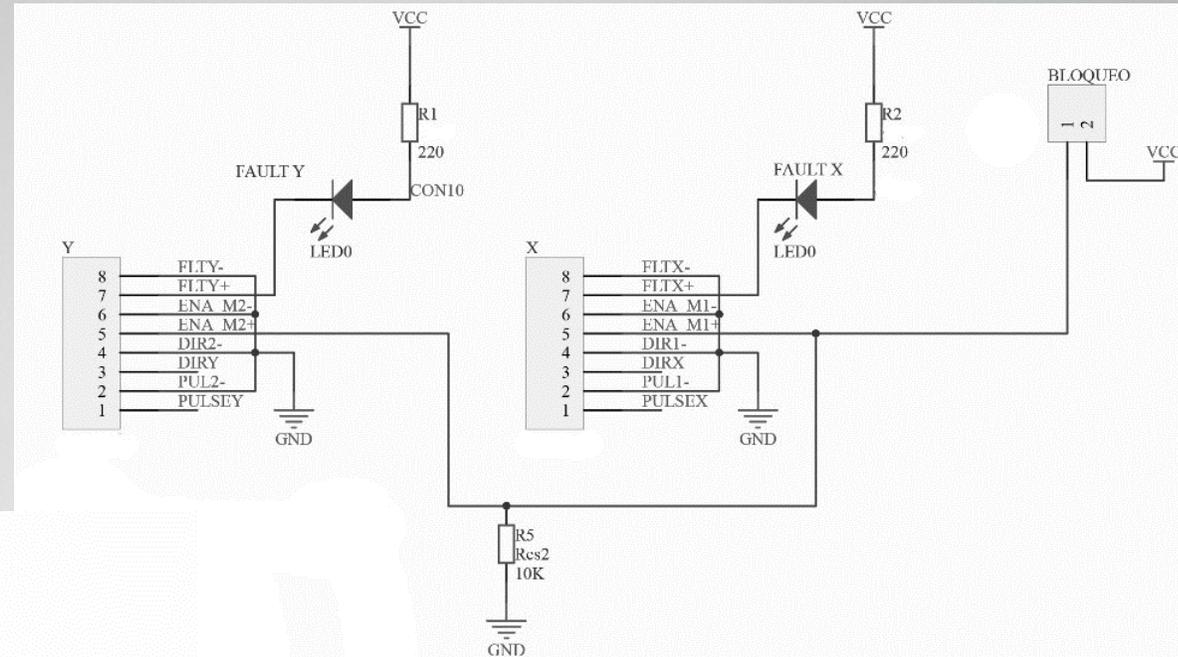


- Circuitos Pull-up y Pull-down para sensores.



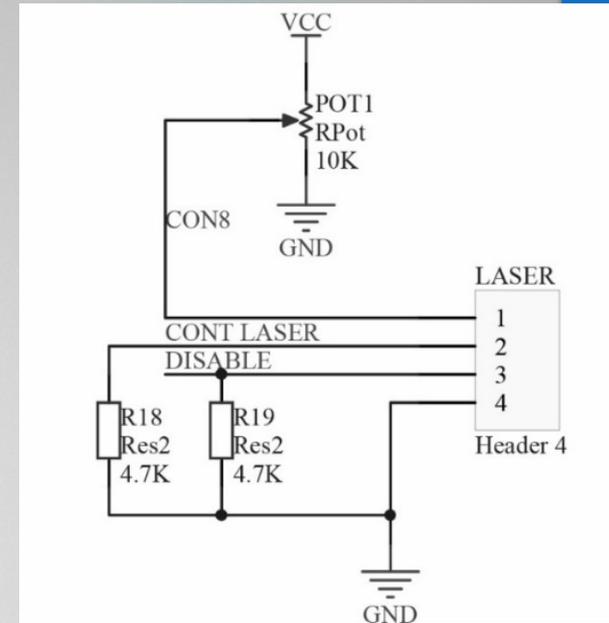
- Circuito de control del aire asistente

- Interfaz para el control de los drivers de los motores PaP

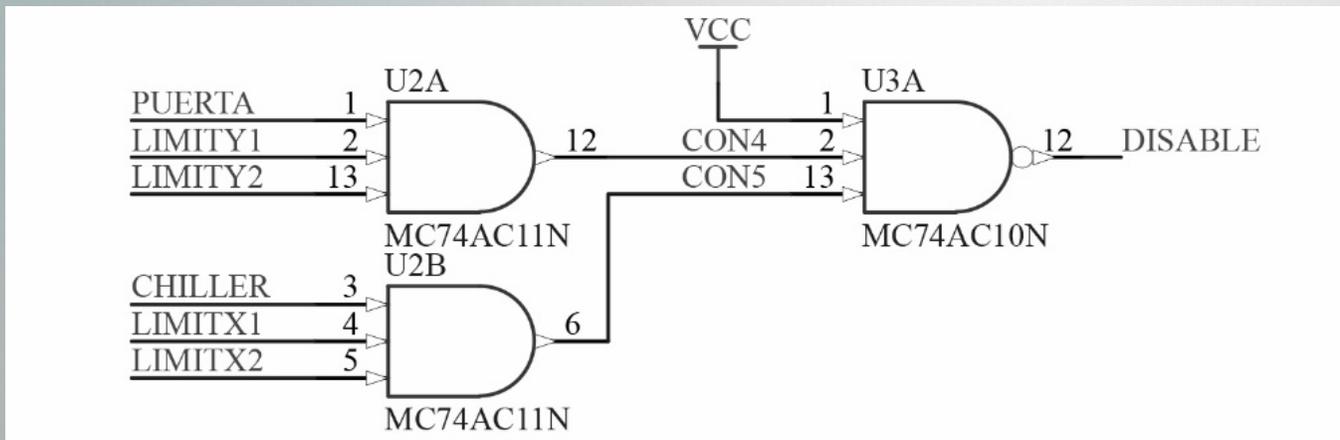


- Relé de estado sólido

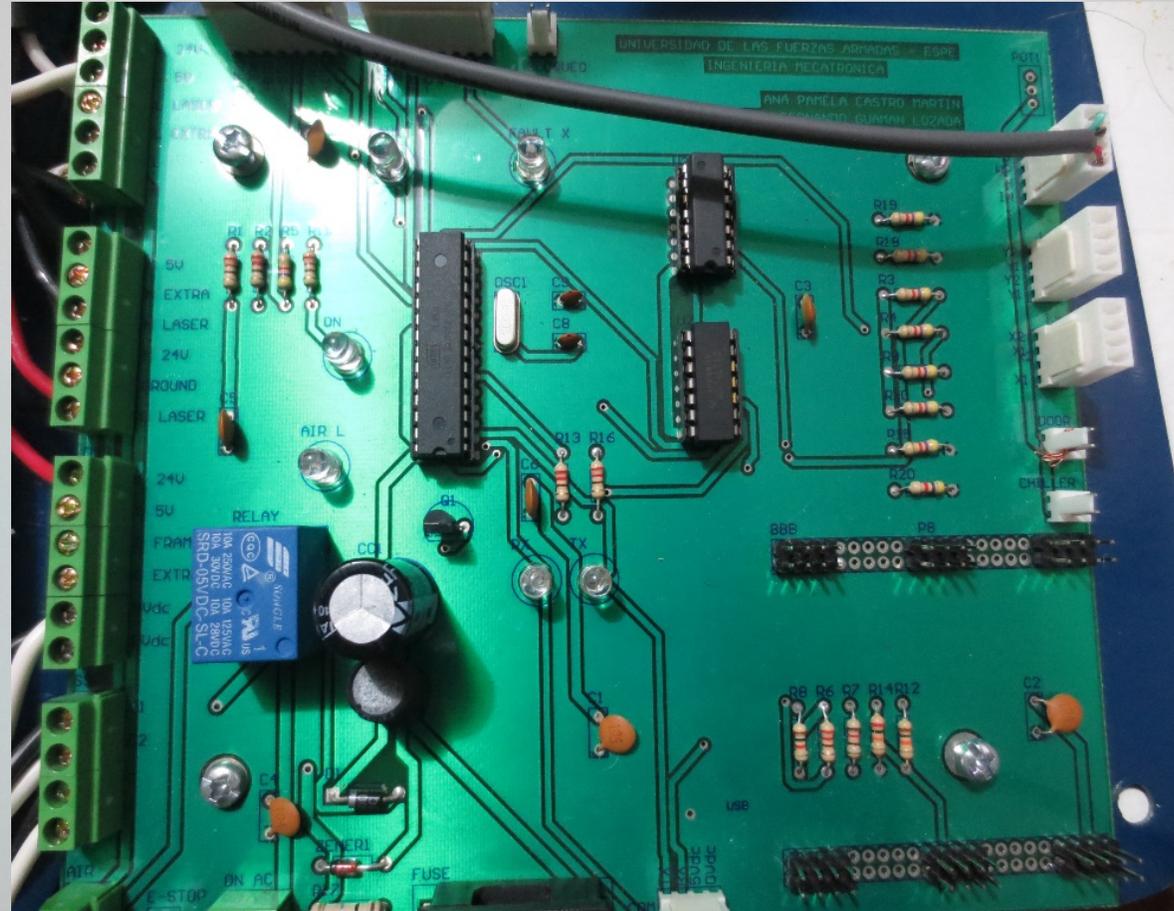
- Interfaz para control del láser de CO2



- Circuito lógico de deshabilitación del láser



# IMPLEMENTACIÓN



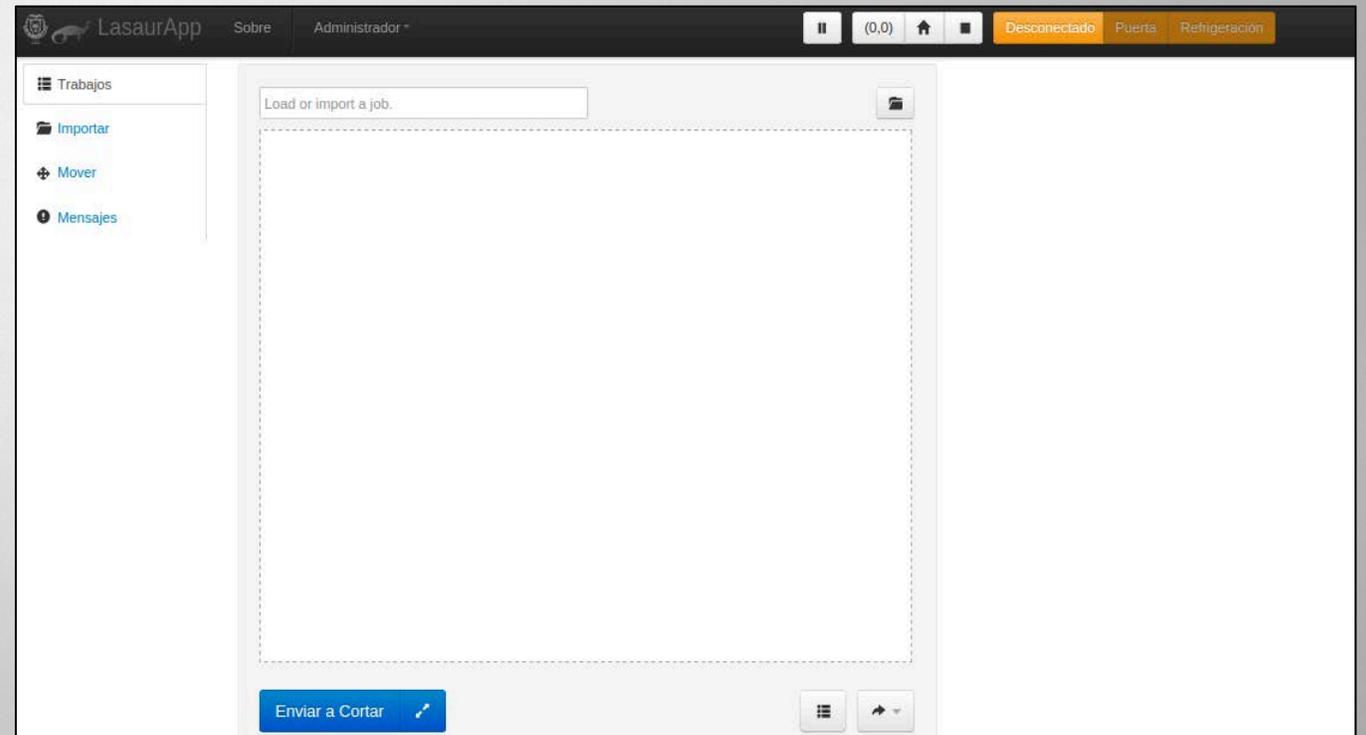
# SOFTWARE

- ▶ Instalación del sistema operativo Ubuntu 13.06
- ▶ Instalación LasaurApp
- ▶ Configuración Ethernet
- ▶ Configuración Wi-Fi



# Lasaur App

- ▶ Configuración del área de trabajo (1180x900)
- ▶ Configuración de la velocidad máxima (6000mm/min)
- ▶ Traducción al español
- ▶ Modificación de la interfaz



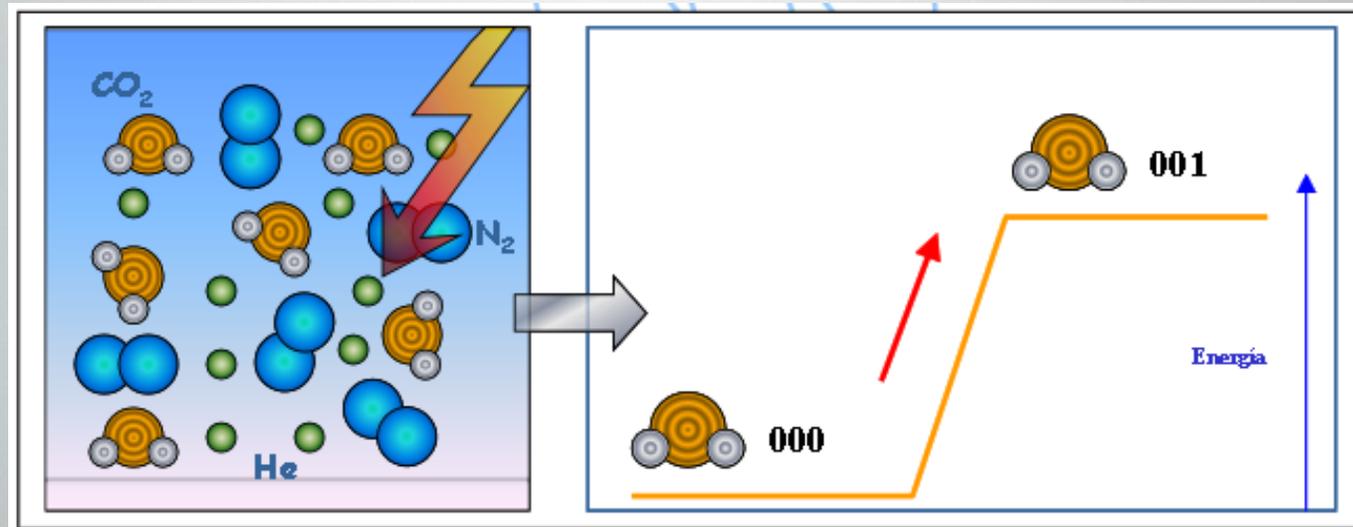
# LÁSER DE TUBO SELLADO

- ▶ El tubo láser se llena con la mezcla apropiada de gases y es entonces sellado. Se aplica un alto voltaje entre los electrodos situados a ambos extremos del tubo de gas.

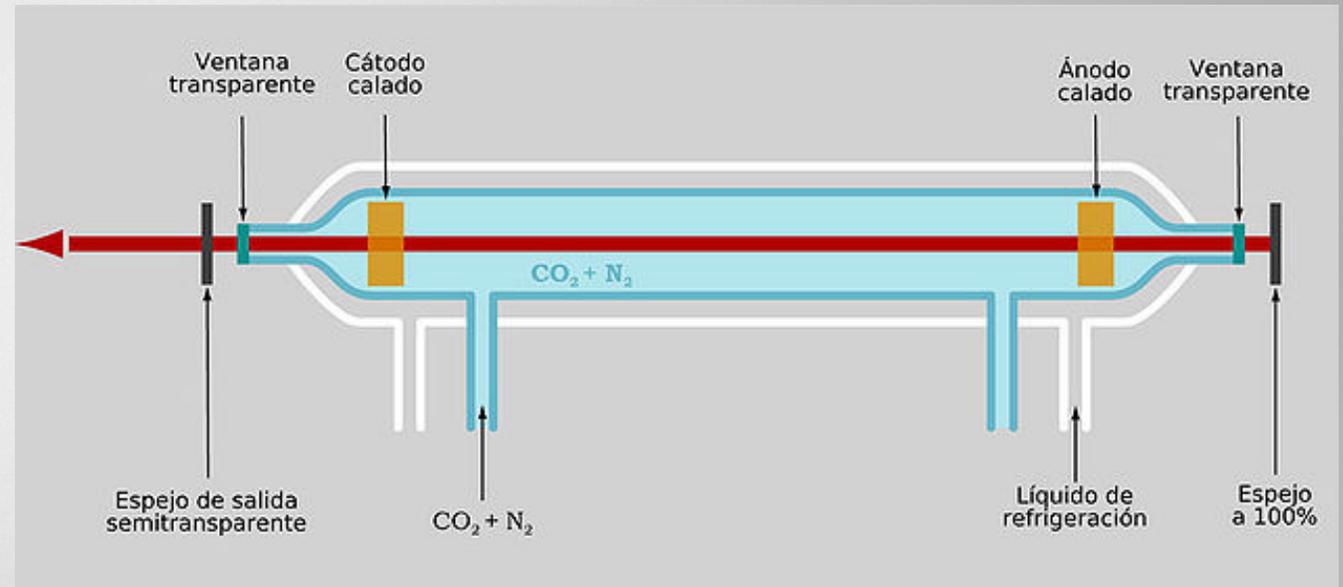
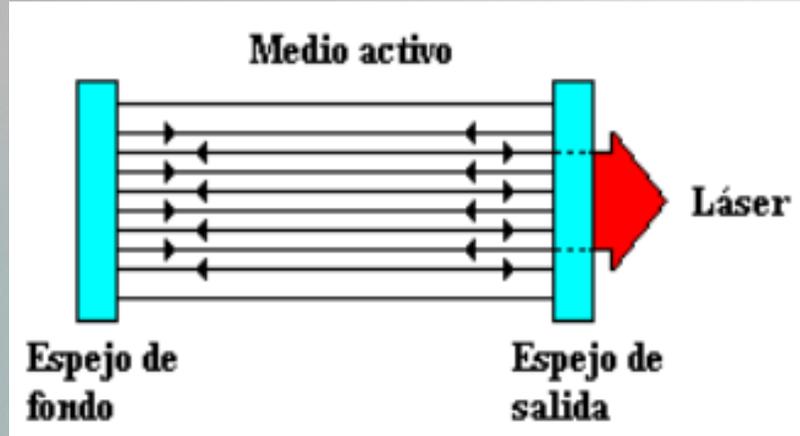


# GENERACIÓN DEL HAZ LASER

- ▶ La generación del haz láser precisa de un medio activo, que tras un ciclo de excitación – desexcitación, emita fotones de una determinada longitud de onda.

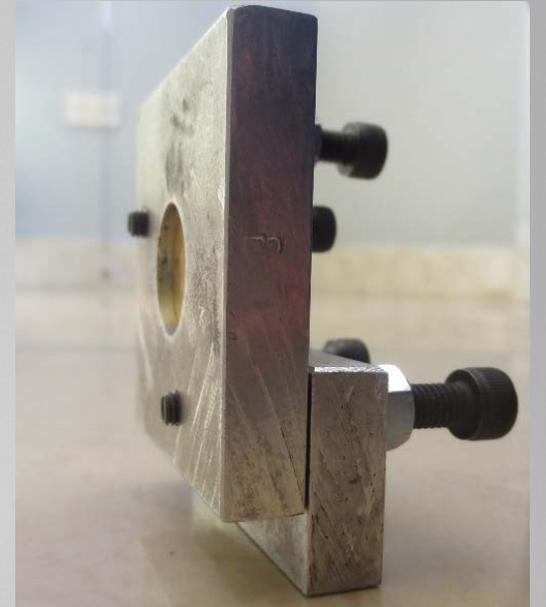


# LÁSER DE CO<sub>2</sub>



# ESPEJOS

- ▶ Espejos de 20 mm diámetro
- ▶ Silicio
- ▶ Recomendado: 40 – 120 W



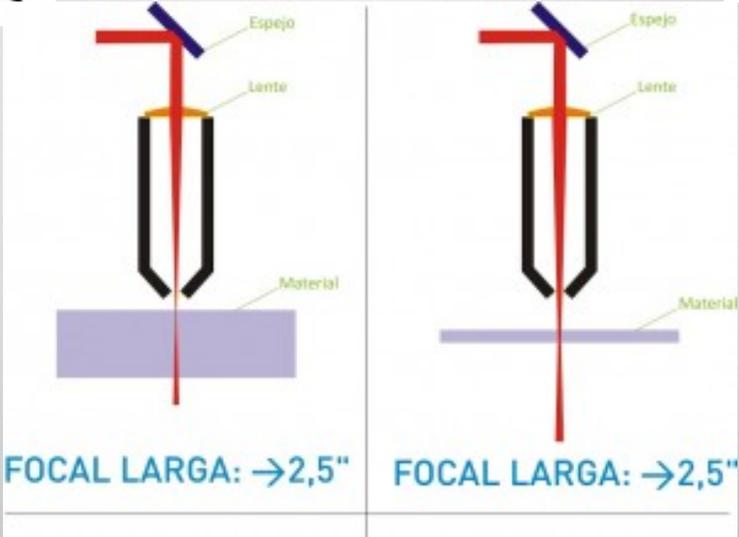
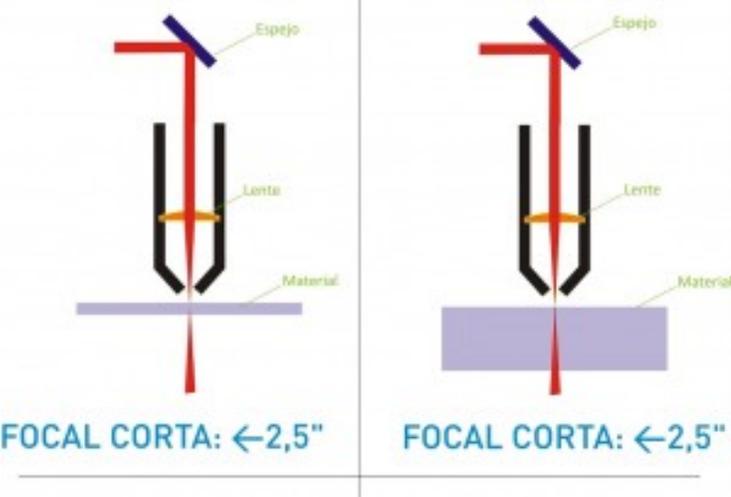
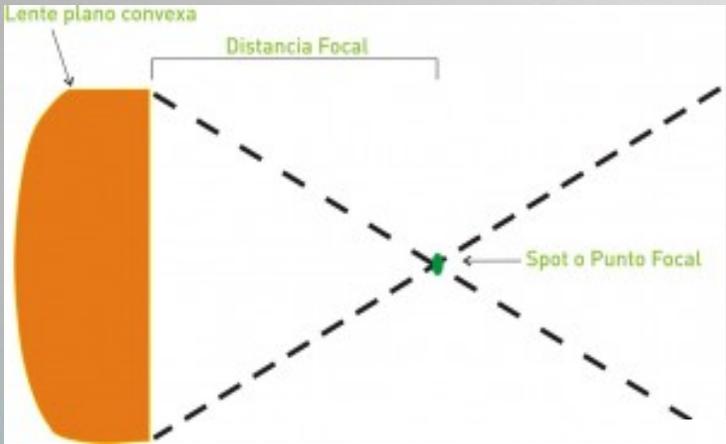
# LENTES PARA LÁSER CO2.

- ▶ Las lentes se utilizan para concentrar el haz láser en las máquinas láser de CO2.



- ▶ La **distancia focal** es uno de los parámetros que definen a la lente. Cuando el rayo láser se concentra, se produce un efecto de doble cono invertido, donde el punto central entre los 2 conos es el punto focal.

# DISTANCIA FOCAL



# LENTE FOCAL

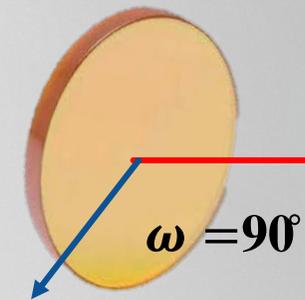
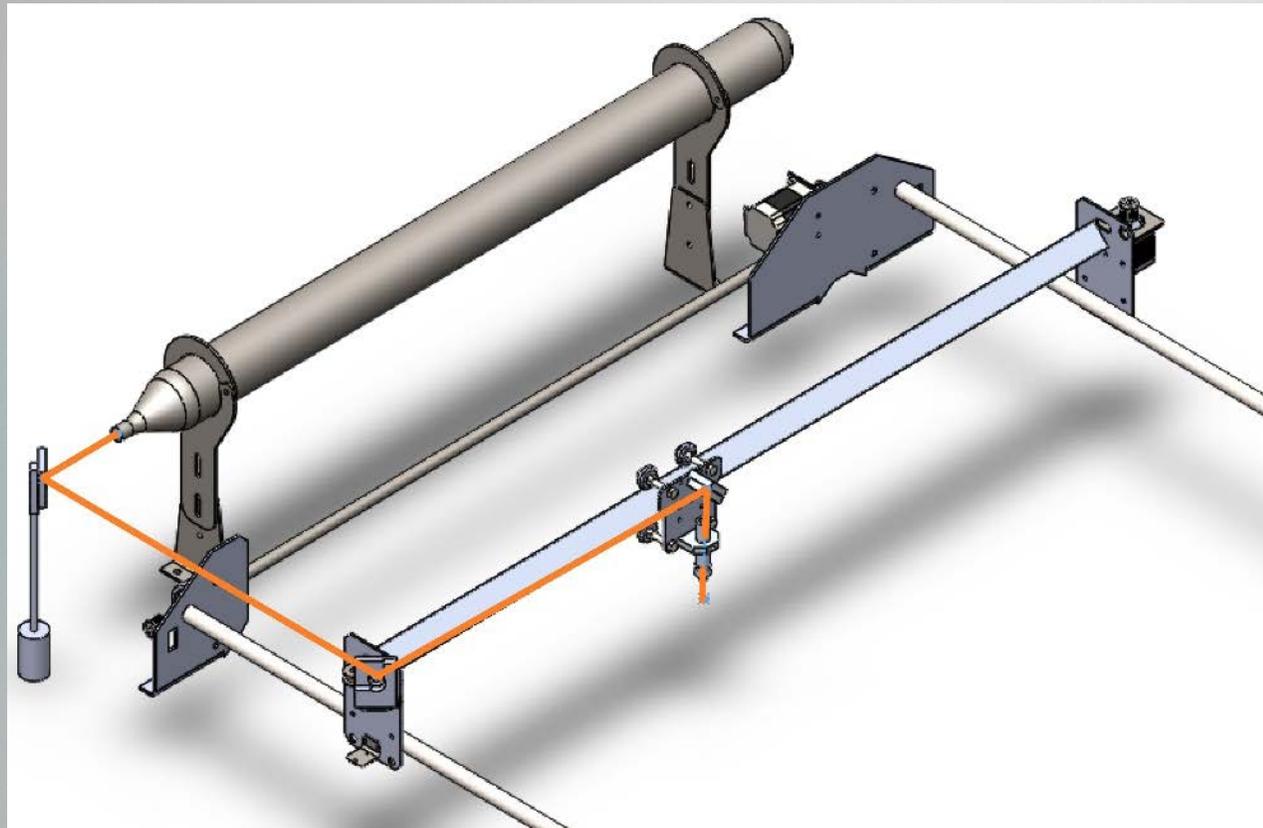
- ▶ Diámetro: 18 mm
- ▶ Tipo: ZnSe (seleniuro de zinc).
- ▶ Distancia Focal: 50,8 mm
- ▶ Máxima Potencia: 120 W



# AIRE COMPRIMIDO

- Elimina el calor y gases combustibles de la superficie de corte.
- Protege el lente óptico de la máquina.

# TRAYECTORIA DEL HAZ LÁSER



HAZ LASER

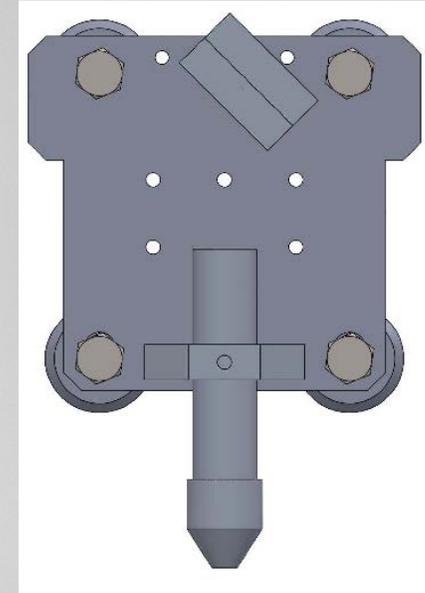
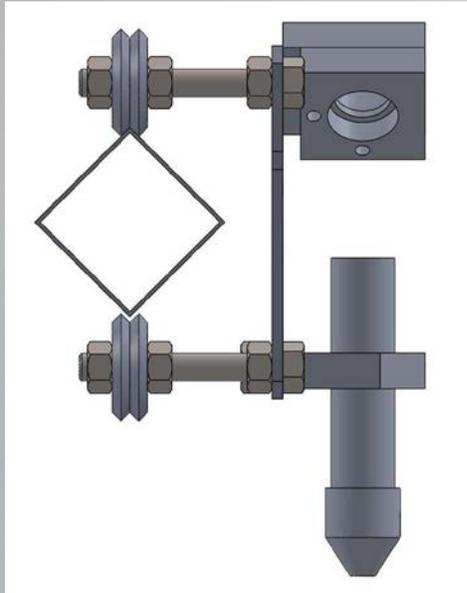
HAZ REFLEJADO

# DISEÑO

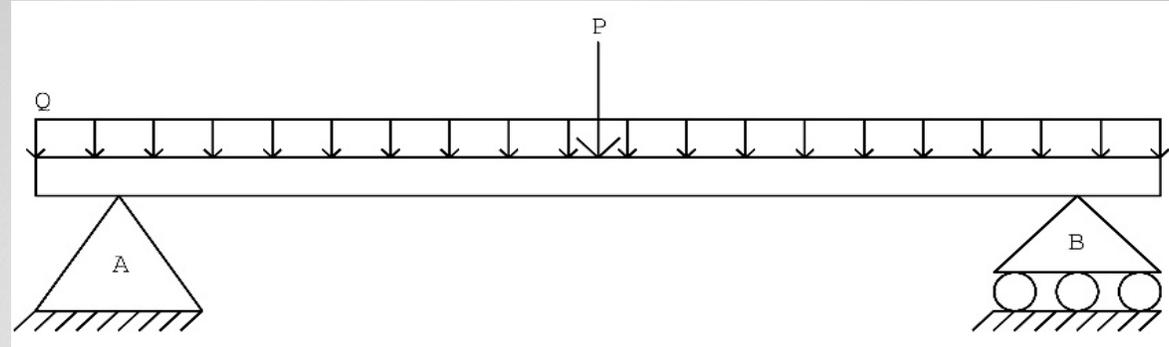
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
<b>Potencia láser</b>	80 [W]
<b>Área de trabajo</b>	1180 x 900 [mm]
<b>Velocidad máxima</b>	6000 [mm/min]
<b>Resolución</b>	< 0.1 [mm]
<b>Alimentación</b>	110Vca

# DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO

## ► Eje X – Cabezal Láser

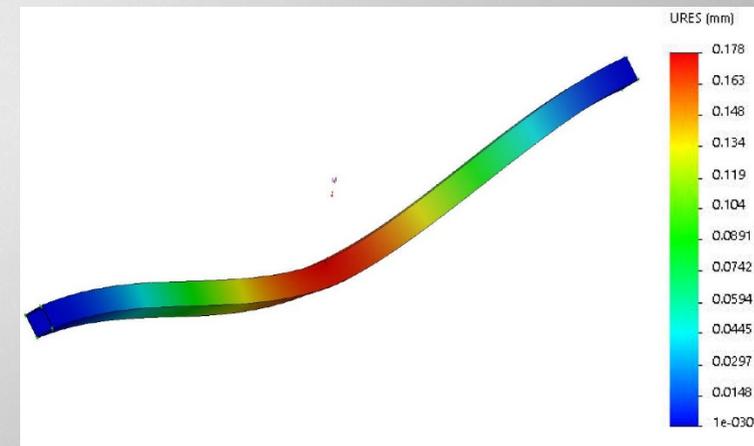
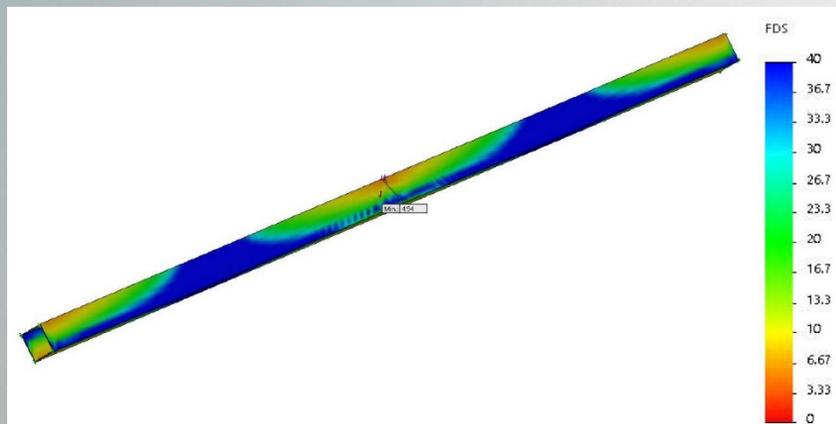


## ▶ Perfil de aluminio extruido



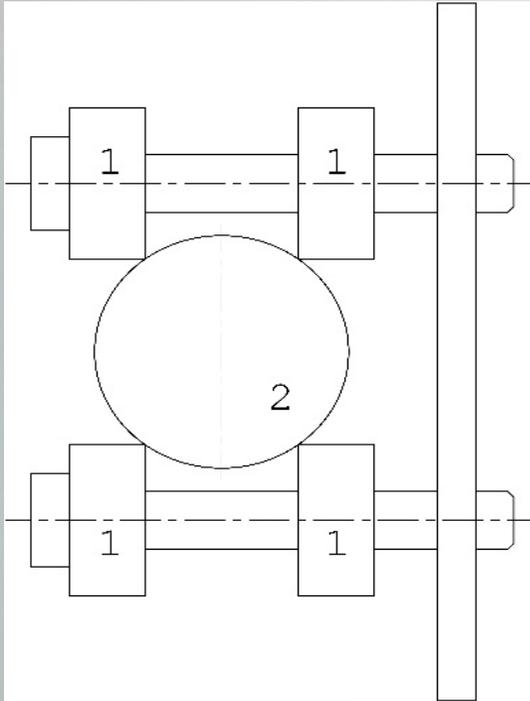
▶ Factor de seguridad= 4,54

▶ Desplazamiento máximo= 0,178 mm

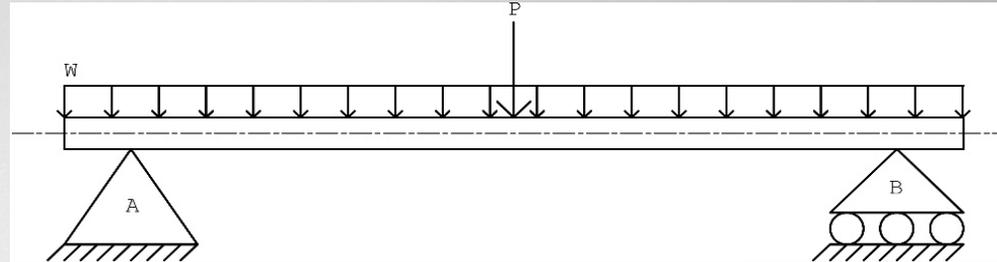


# DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO

## ► Eje Y

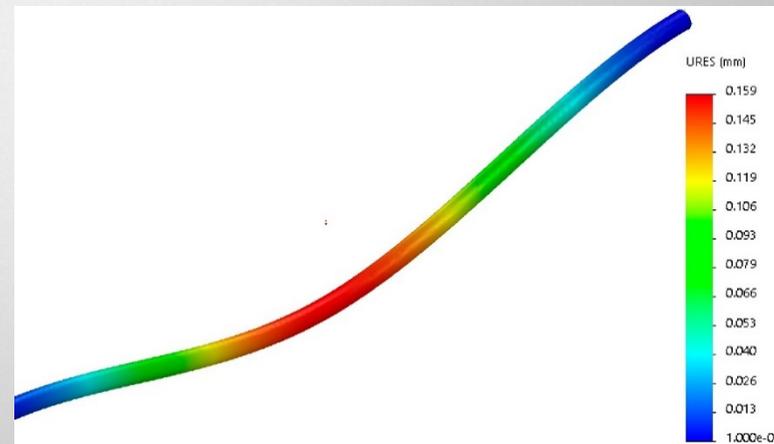
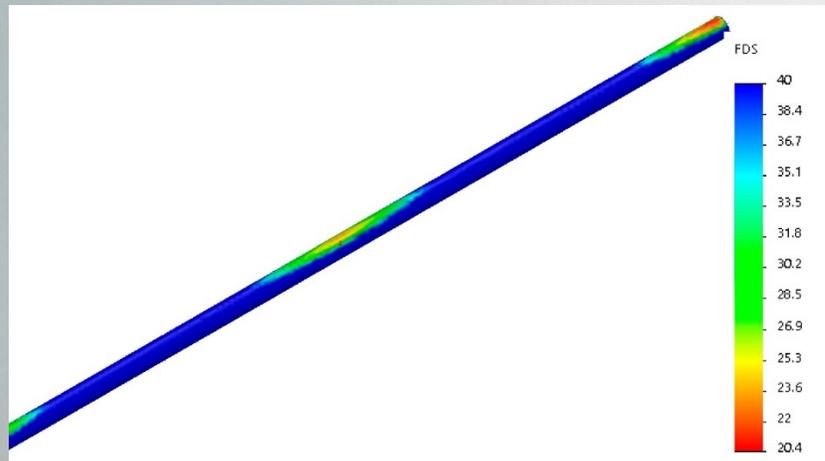


## ▶ Ejes de acero inoxidable



▶ Factor de seguridad= 21,43

▶ Desplazamiento máximo= 0,159 mm



# CONFIGURACIÓN DE LOS ACTUADORES

$$\#Pasos_x = \frac{Z_{p1}p}{r} = \frac{(22)3mm}{0.06 mm} = 1100 [Pasos/Rev]$$

$$\#Pasos_y = \frac{Z_{p1}p}{r \cdot i} = \frac{(22)3mm}{(0.06 mm)(1.375)} = 800 [Pasos/Rev]$$

$$Micropasos_x = \frac{\#Pasos_x}{200} = \frac{1100}{200} \geq 5$$

$$Micropasos_y = \frac{\#Pasos_y}{200} = \frac{800}{200} = 4$$

PASOS/REV	200	400	800	1600	3200	6400	12800	256000
MICROPASOS	1	2	4	8	16	32	64	128

# CONFIGURACIÓN SOFTWARE

$$\#Pasosxmilimetro_x = \frac{1600}{22 * 3} = 24.242424$$

$$\#Pasosxmilimetro_y = \frac{800 * i}{(22 * 3)} = \frac{800 * 1.375}{(22 * 3)} = 16.666$$

```
#define CONFIG_X_STEPS_PER_MM 24.242424 //microsteps/mm  
#define CONFIG_Y_STEPS_PER_MM 16.666666 //microsteps/mm
```

# SELECCIÓN DE ACTUADORES

<b>Eje</b>	<b>Modelo</b>	<b>Pasos/Rev.</b>	<b># Bobinas</b>	<b>Conexión</b>	<b>Corriente/ fase (A)</b>	<b>Torque (Nm)</b>	<b>Controlador</b>
X	57HS09	200	8	Paralelo	4	1.3	EM503
				Serie	2.1	1.3	
				Unipolar	2.8	0.9	
Y	57HS13	200	8	Paralelo	4	1.8	EM503
				Serie	2	1.8	
				Unipolar	2.8	1.3	

# VELOCIDAD Y POTENCIA DE CORTE

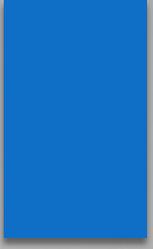
<b>Material</b>	<b>Espesor [mm]</b>	<b>Velocidad [mm/min]</b>	<b>Potencia [%]</b>
<b>Balsa</b>	2	4000	15
	4	4000	30
	15	1000	100
<b>Triplex</b>	2	1500	100
	4	800	100
	6	650	100
<b>MDF</b>	3	1000	100
	6	800	100
<b>Cartón</b>	1	6500	50
	5	2500	100

# PROCESO DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

1. Establecer comunicación
2. Cargar [lasersaur.local/](http://lasersaur.local/) en el navegador.
3. Importar el archivo
4. Configurar velocidad de corte y potencia
5. Ir a home
6. Encender el sistema de refrigeración
7. Conectar el aire comprimido
8. Encender el absorbedor de humo
9. Cerrar la puerta
10. Enviar a cortar



# CONCLUSIONES



- ▶ El hardware y software libre abre amplias posibilidades para la personalización de control de maquinaria CNC. Es importante realizar un análisis sobre el tipo de controlador que se debe implementar según la aplicación, necesidad, alcances y limitaciones que el usuario requiera.
- ▶ Considerando los porcentajes de error: 0.82% en la prueba de perpendicularidad, 0.56% en la prueba de precisión y 0.95% en la prueba de posicionamiento; se concluye que las guías lineales que se optó construir tienen un nivel de funcionamiento aceptable.
- ▶ La velocidad de trabajo para corte estará determinada por las características del material a cortar

# CONCLUSIONES

- ▶ El haz de luz proyectado es cónico, lentes con una distancia focal mayor disminuirían el ángulo de inclinación obtenido de  $3.18^\circ$ .
- ▶ Los bordes de la madera tienen una coloración negruzca.
- ▶ Es posible cortar madera con espesores mayores a 5mm
- ▶ De la configuración que se use para los controladores de los motores paso a paso, se podrá alcanzará mayor resolución, ocasionando una disminución del torque exponencialmente.

# RECOMENDACIONES

- ▶ Adquirir guías lineales fabricadas para aplicaciones exclusivamente maquinaria CNC láser, para próximos proyectos adquirirlas a fin de disminuir los coeficientes de fricción logrando así aumentar la velocidad.
- ▶ Para el sistema motriz es recomendable utilizar relaciones de engranes para obtener mayor resolución y evitar los micropasos que provocan pérdidas de torque.
- ▶ Para mayor área de trabajo se debería realizar un rediseño ubicando el tubo laser sobre un eje móvil reduciendo la distancia que haz de luz debe recorrer,
- ▶ Limpiar periódicamente las guías lineales, para evitar atascamientos mientras el sistema se encuentra en movimiento.