



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**“SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO
DE CORTE Y GRABADO LÁSER DE MATERIALES BLANDOS
UTILIZANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL”**

AUTOR: GORDÓN CHICAIZA, CARLOS ALBERTO

ING. CONSTANTE PRÓCEL, PATRICIA NATALY



RESUMEN

En este proyecto se diseñó e implementó un sistema mecatrónico junto con visión artificial para optimizar el proceso de corte láser en materiales blandos, con la identificación de las necesidades de usuarios artesanos, microempresas o emprendedores, se determinó parámetros de diseño, trabajando con hardware y software libre en el desarrollo de algoritmos para la optimización y control, junto con una máquina láser se realizan operaciones de corte, marcado y grabado en materiales con buenos resultados, adicional cuenta con una herramienta de anidado para la ubicación automática de piezas idénticas con el fin de materializar el diseño trabajado en la interfaz en un producto tangible.



OBJETIVOS

Objetivo general:

- Diseñar e implementar un sistema mecatrónico para la optimización en el proceso de corte y grabado láser de materiales blandos utilizando técnicas de visión artificial.



Objetivos específicos:

- Recopilar información sobre el proceso de corte y grabado en materiales blandos, estándares de calidad en estos y softwares libres aplicado a la tecnología láser.
- Seleccionar el sistema mecánico de corte y grabado láser ideal en base a los parámetros mínimos de funcionamiento desde diseños open source.
- Implementar las técnicas de visión artificial en un sistema embebido mediante software libre para la optimización de materiales blandos en el proceso de corte y grabado láser.



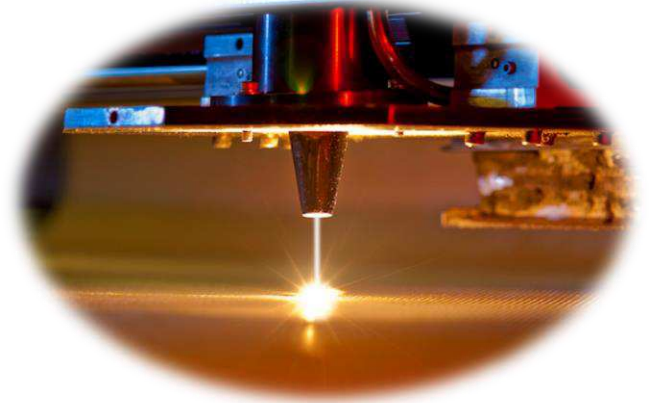
- Establecer la comunicación entre los sistemas manejando distintos protocolos.
- Diseñar la GUI de usuario para el manejo del sistema mecatrónico desde dispositivos móviles.
- Determinar en base a pruebas los materiales y parámetros ideales de corte y grabado que permitan al usuario la utilización del producto.



INTRODUCCIÓN



¡Mucho mejor!
si es hecho en ECUADOR



LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS Y SU PAPEL EN EL EMPRENDIMIENTO

INCAE | Latin American Center for Entrepreneurs

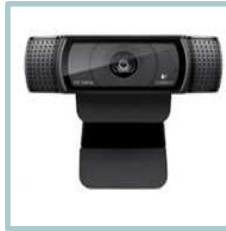


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SUBSISTEMAS



MÁQUINA CNC
LÁSER



MÓDULO DE
VISIÓN
ARTIFICIAL



INTERFAZ Y
COMUNICACIÓN



FUENTE DE
PODER



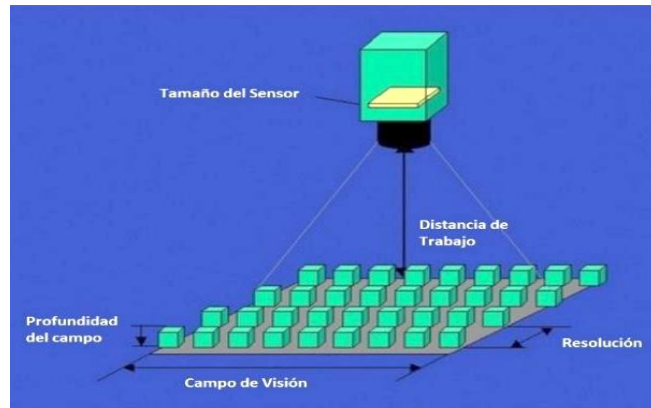
● **MÁQUINA CNC LÁSER**

Características

- Dimensiones: 90x64x45 cm
- Volumen de trabajo: 540x400x50 mm
- Tipo de láser: 1 W
- Velocidad Máx. : 1000 mm/min
- Control: Firmware GRBL-Arduino
- Protección visual y extracción de vapores.



● **MÓDULO DE VISIÓN ARTIFICIAL**



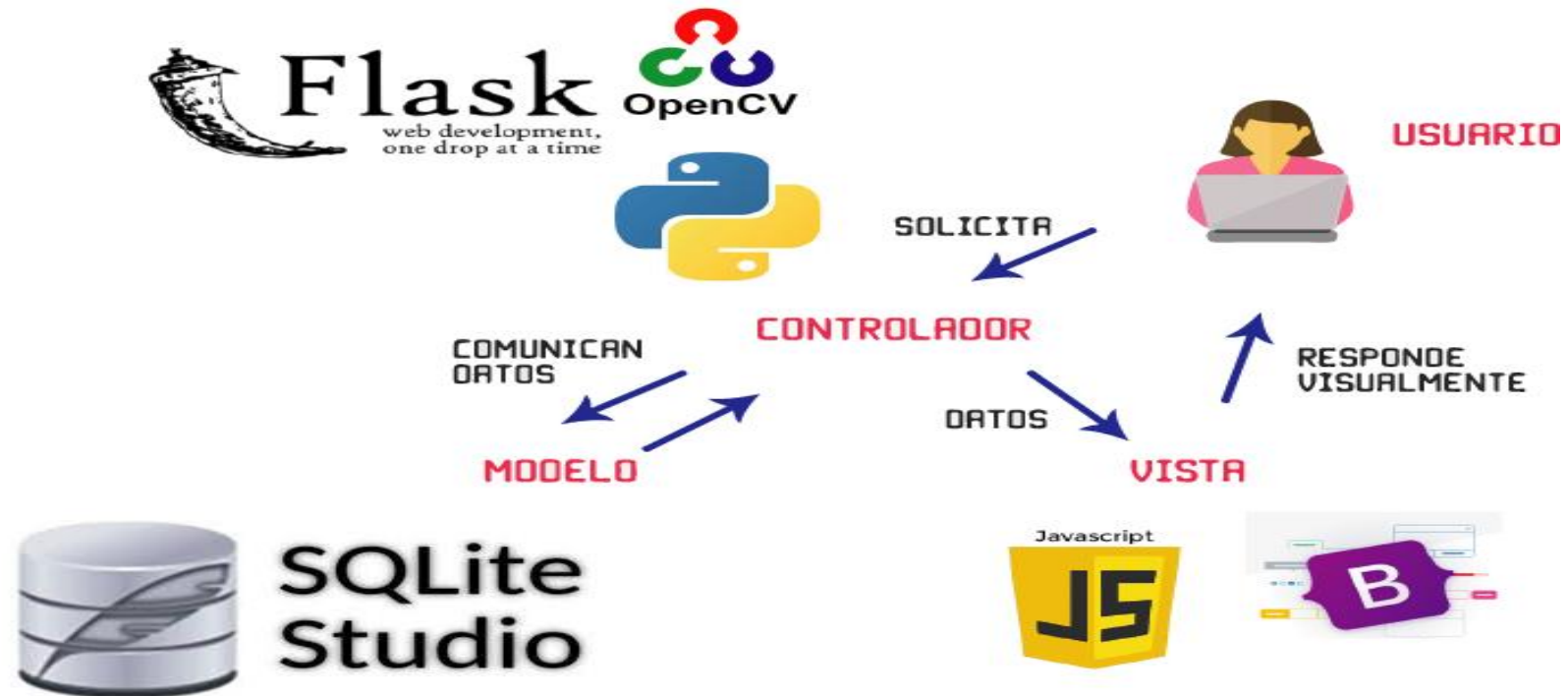
$$\text{Resolución del sensor} = 2 * \left(\frac{FOV}{CMP} \right)$$

$$\text{Resolución del sensor} = 2 * \left(\frac{540 \text{ mm}}{1 \text{ mm}} \right)$$

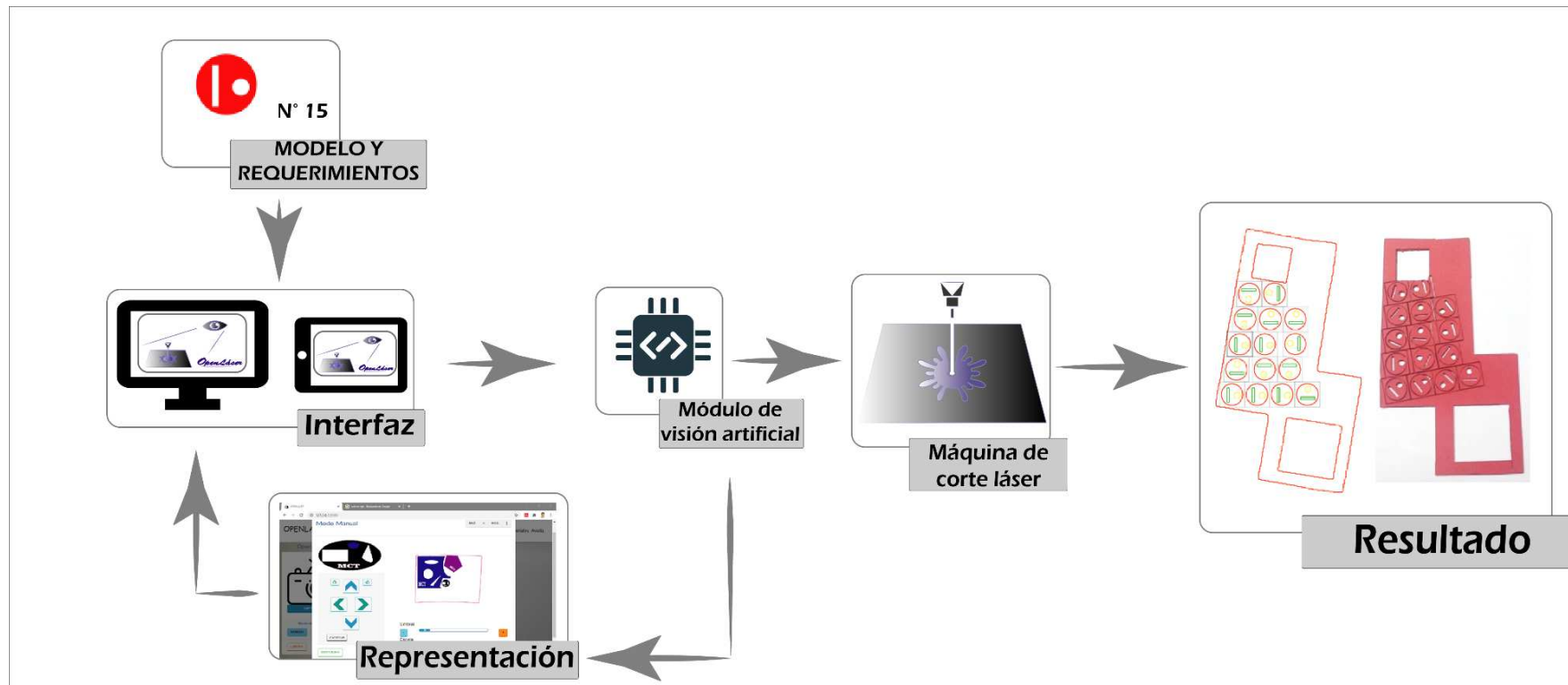
$$\text{Resolución del sensor (mínima)} = 1080 \text{ px}$$



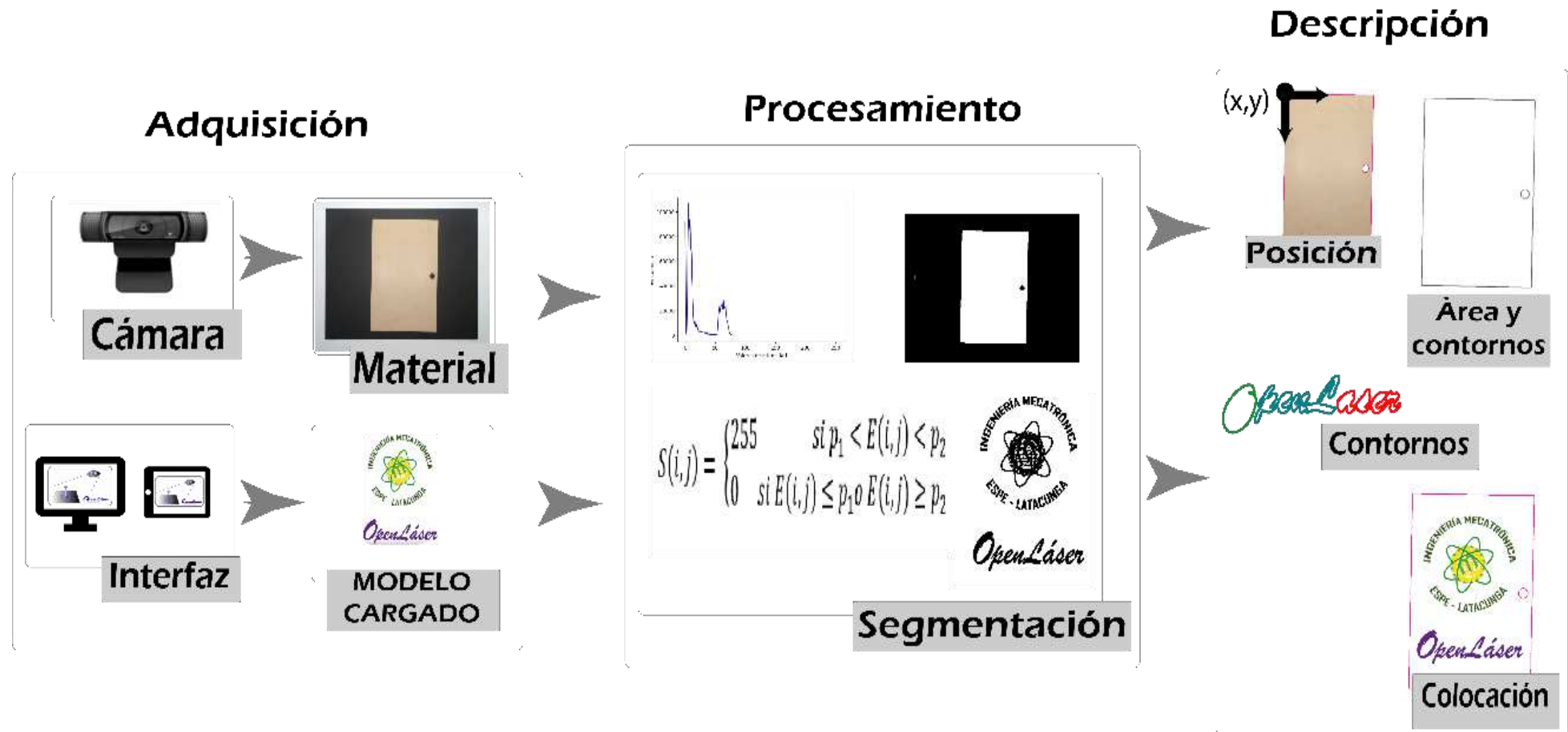
● INTERFAZ Y COMUNICACIÓN



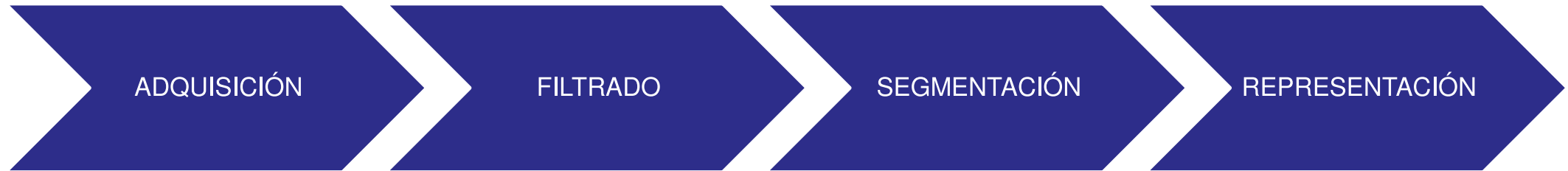
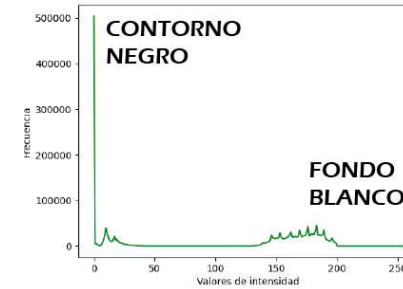
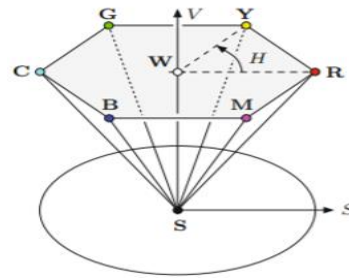
SOFTWARE OPTIMIZACIÓN Y CONTROL



● VISION ARTIFICIAL

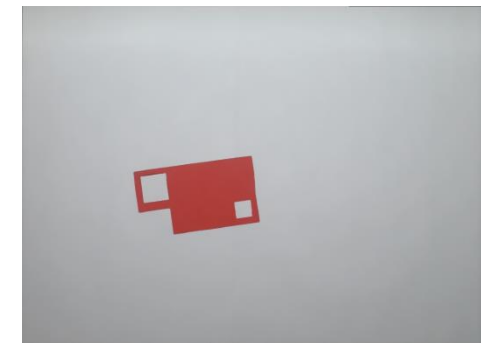


SEGMENTACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO DEL FONDO DE ESCENA

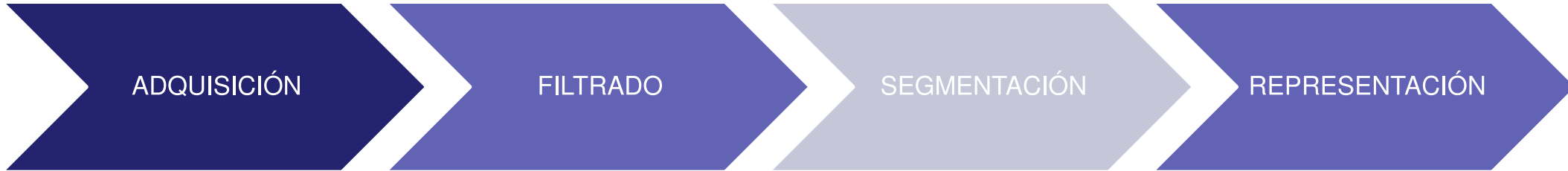
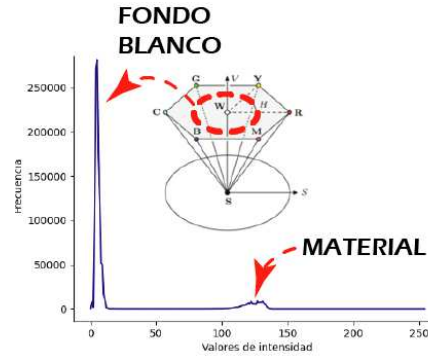
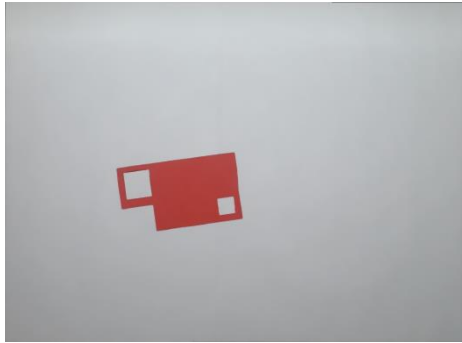


Filtro Bilateral

$$FB[I]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(|I_p - I_q|) I_q$$



SEGMENTACIÓN DEL MATERIAL



Filtro Bilateral

$$FB[I]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(|I_p - I_q|) I_q$$

Área = 110.45cm²

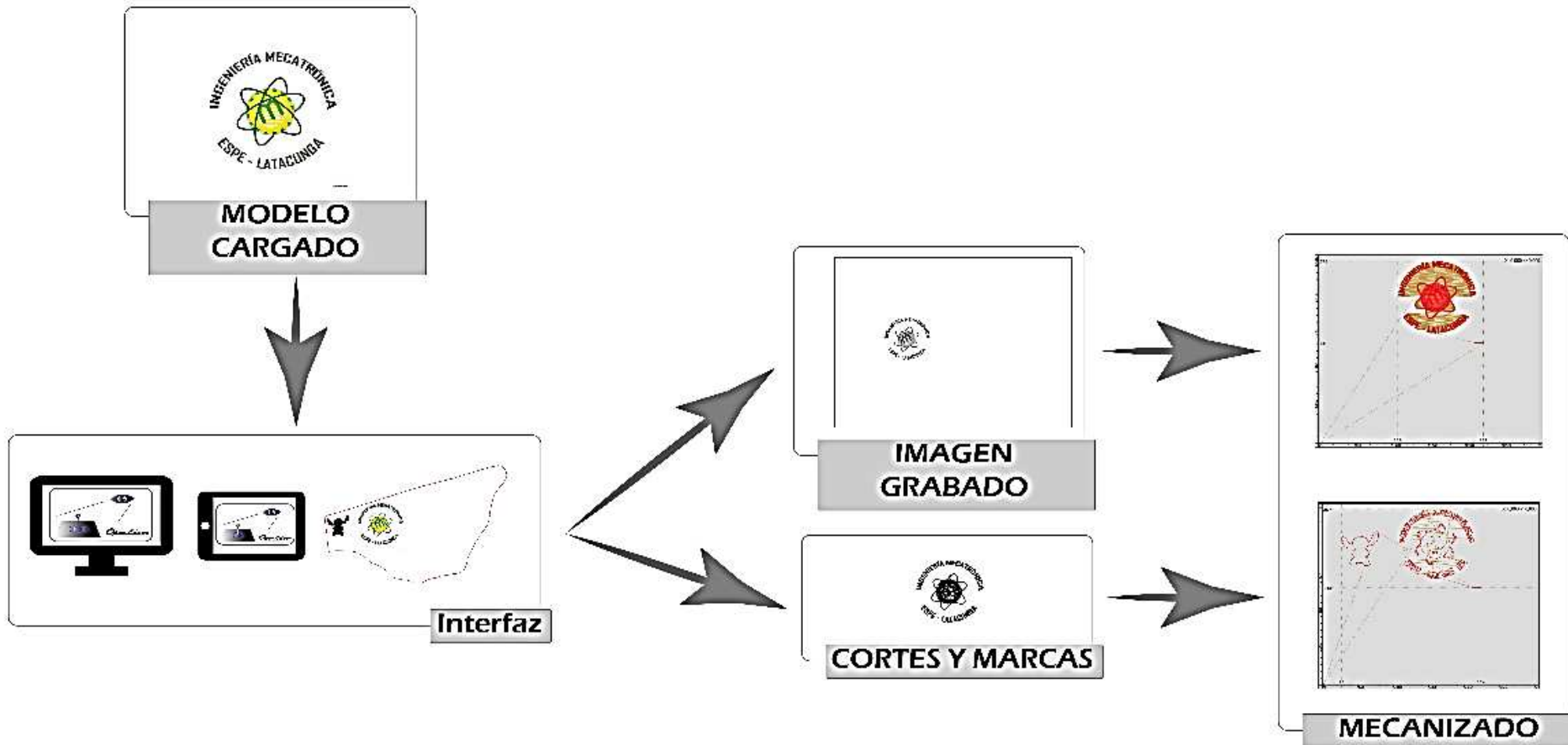
Área del Material

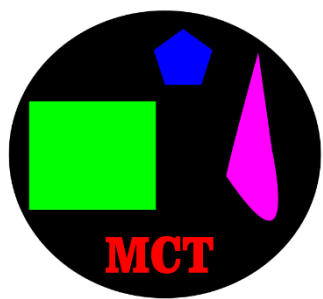
Tonalidad color:

Plantillas:



PROCESAMIENTO DEL MODELO

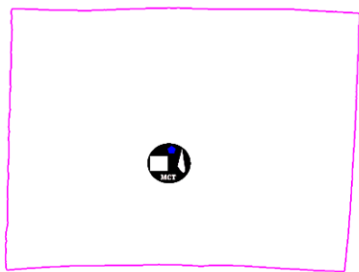
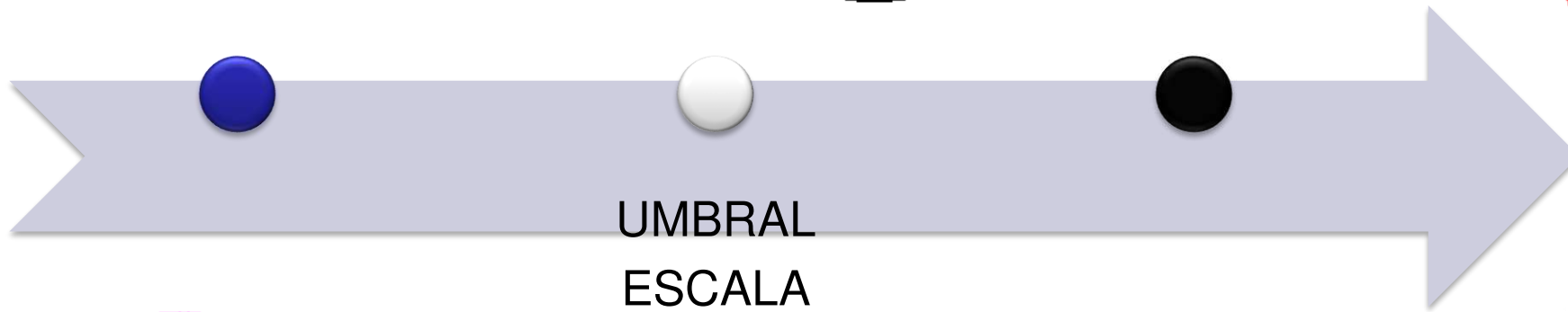
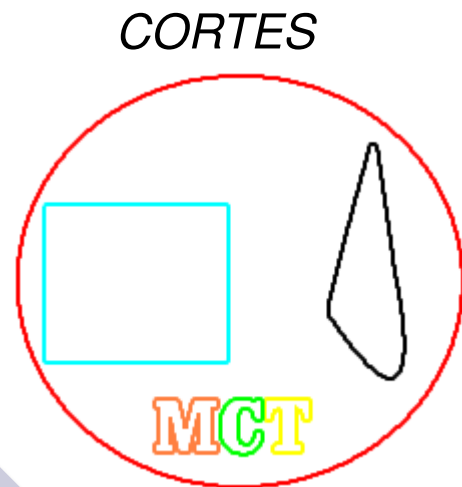




ADQUISICIÓN



MÁSCARA

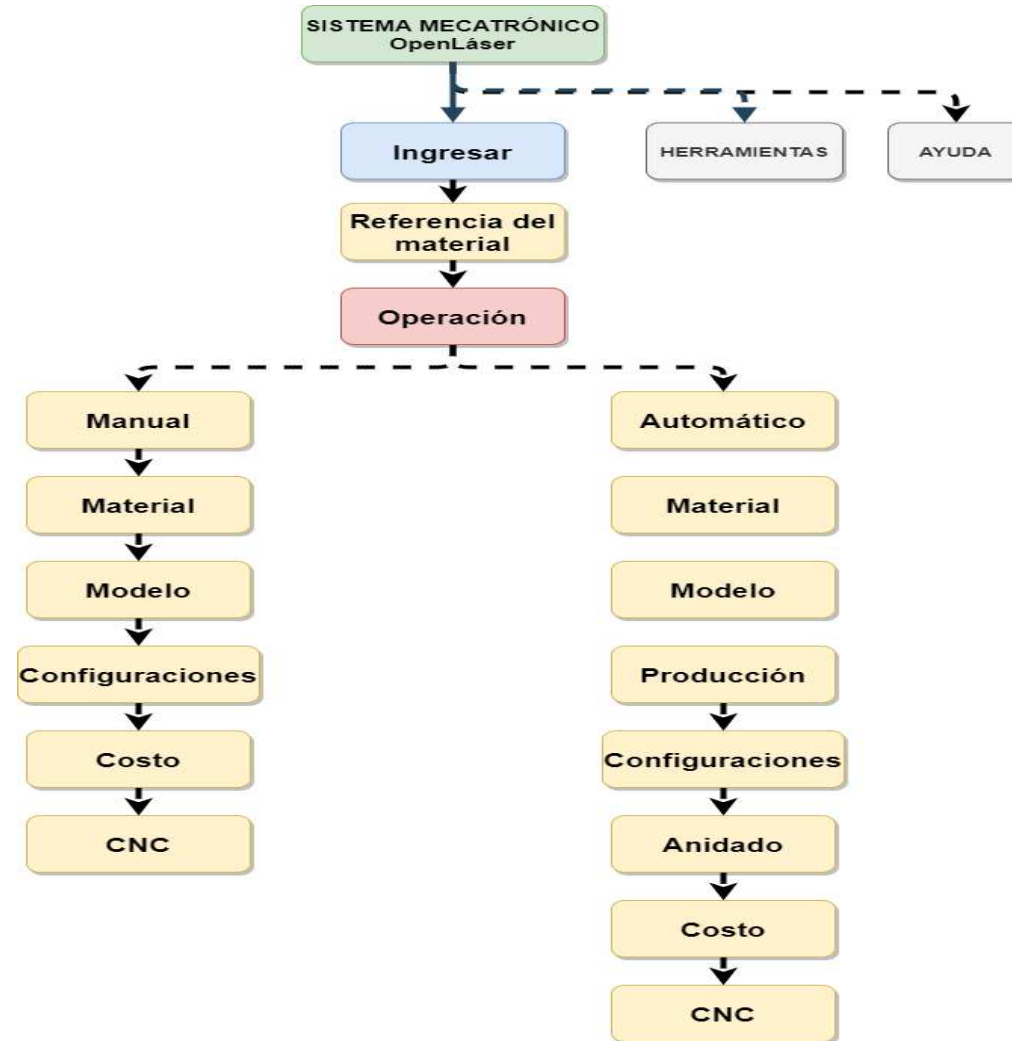


UMBRAL
ESCALA
POSICIÓN
ORIENTACIÓN

GRABADO



● INTERFAZ



INSTANCIAS

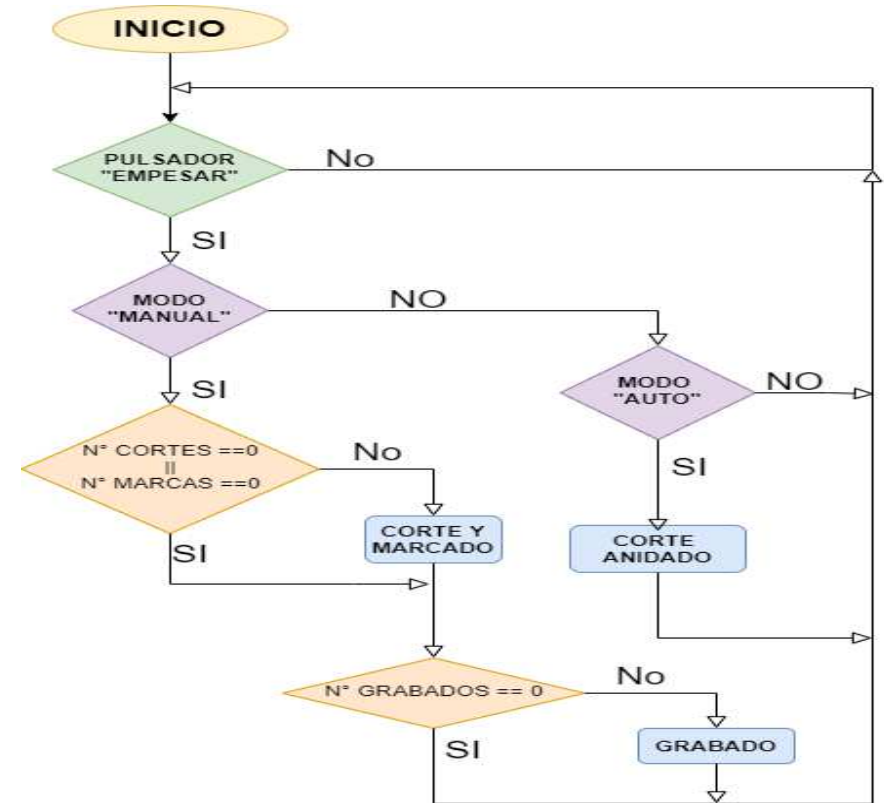
The image shows a web browser window displaying the OpenLaser application. The browser's address bar shows the URL `127.0.0.1:4000`. The application interface includes a logo with a laser and an eye, and three buttons: `INGRESAR`, `HERRAMIENTA 1`, and `CONOCER MÁS...!!!`. A hand cursor is pointing at the `INGRESAR` button.

Code annotations with red lines pointing to specific elements in the browser window:

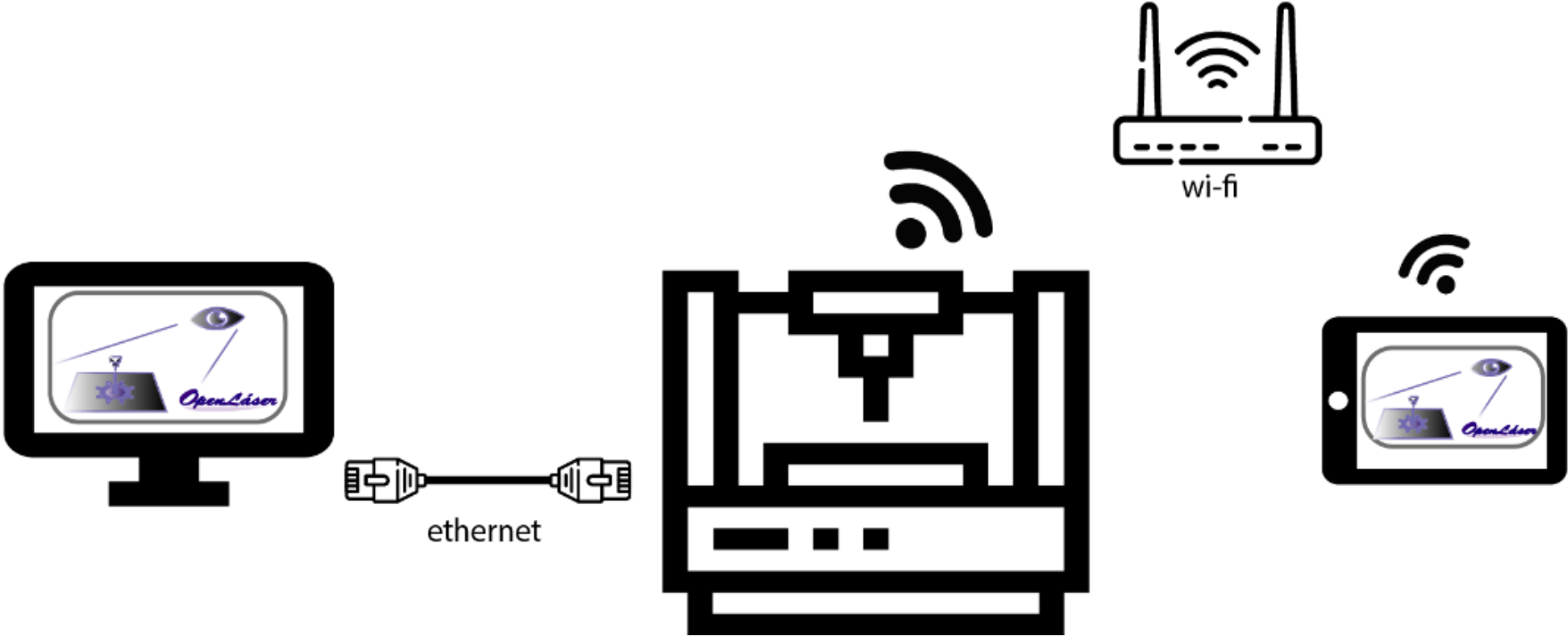
- `render_template('index.html', **)` points to the top of the browser window.
- `app.run(host='0.0.0.0', port=4000, debug=False)` points to the address bar.
- `url_for('static', filename='extras/Logo1.png')` points to the logo image.
- `@app.route('/portada/<id>', methods=['POST'])` points to the `INGRESAR` button.



EMPEZAR EL MECANIZADO



COMUNICACIÓN



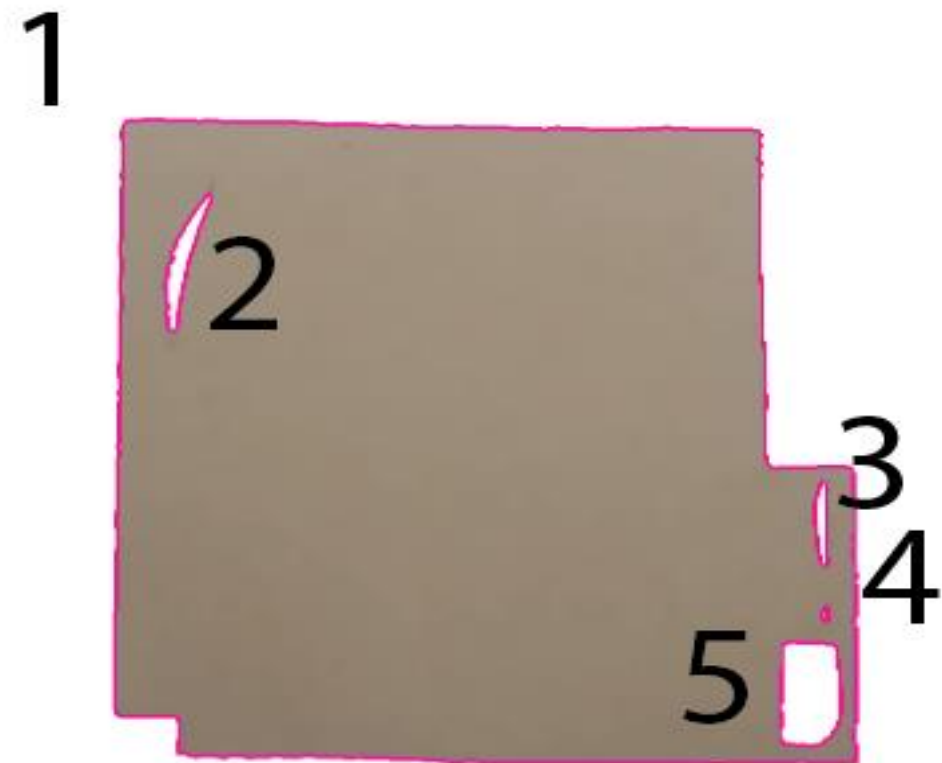
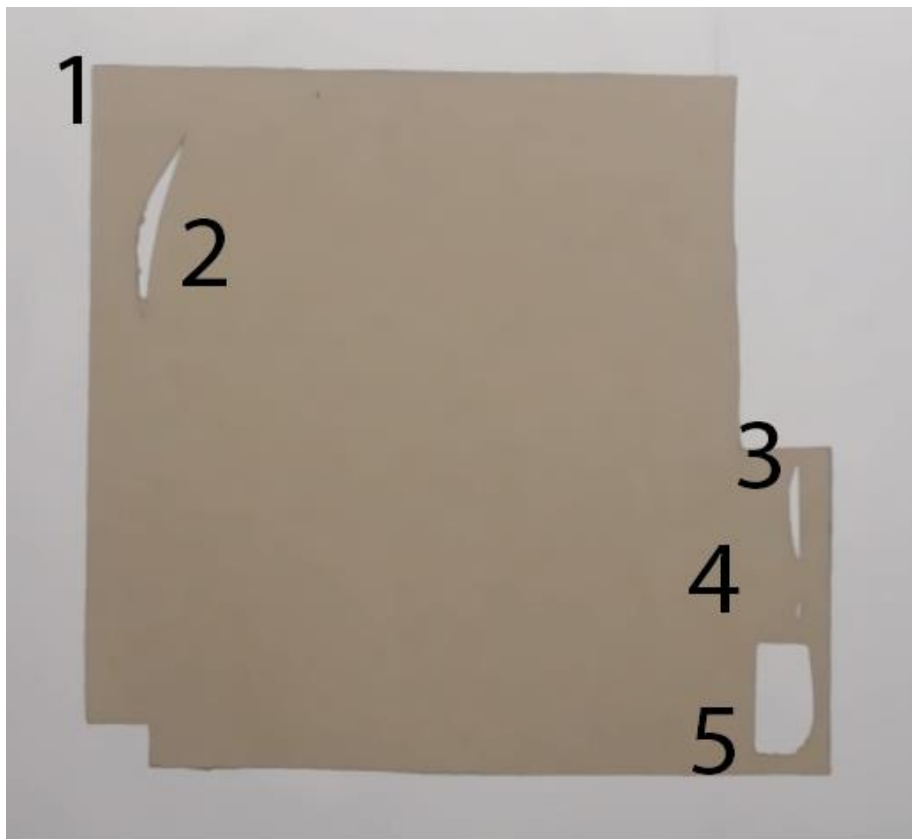
PRUEBAS Y RESULTADOS



- ***Pruebas de Identificación y Referenciación del Material de Trabajo***



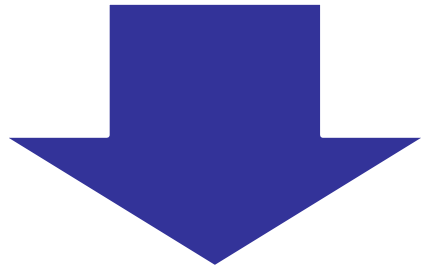
● *Identificación de contornos en el material*



- **Valor de área del material**



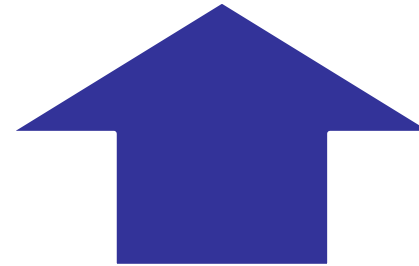
Área = 116,5 cm²



Real



Software



Área = 114,86 cm²

Área del Material = 114.86cm²

Tonalidad / color

CLARO

OSCURO

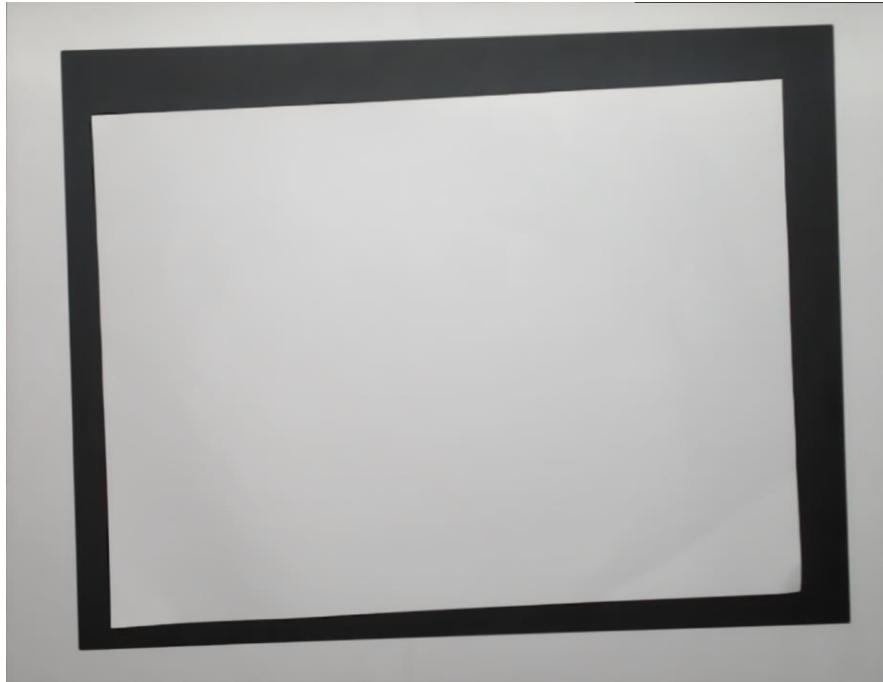
Plantillas:

PLANTILLA

CONTINUAR



• Usabilidad de la plantilla



Cartulina blanca

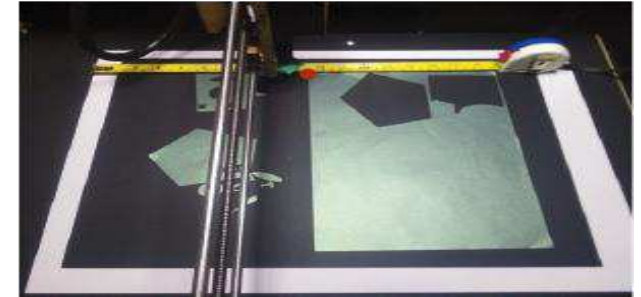
Área = 1268.91cm²
del Material

Tonalidad / :
color

Plantillas:



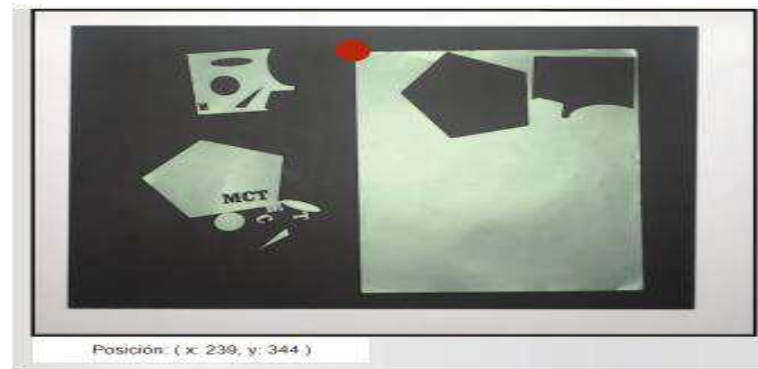
• Referencia del material (OFFSET)



Coordenada
X,Y

Punto referente
en el material

Ubicación del
cabezal

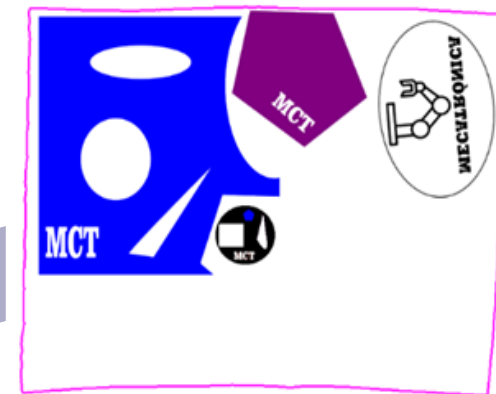
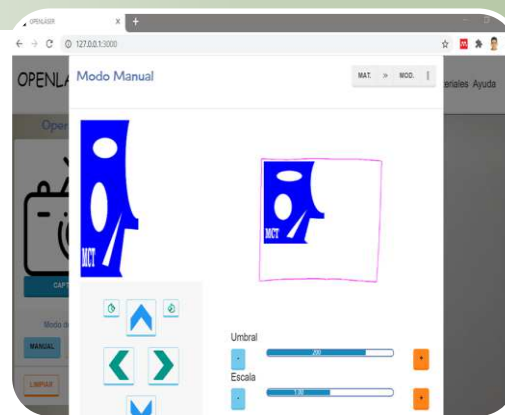


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- ***Pruebas de Corte, Marcado y Grabado***



Escala: 100%
N° cortes: 7
N° marcas: 0
Umbral: NO
Grabado: No



OPENLÁSER

127.0.0.1:3000

Área de trabajo

Costo de producción

Material: MDF

Esp.: 3 mm

V. corte: 800 (mm/mi)

P. corte: 350.0%

V. grabado: 800 (mm/mi)

P. grabado: 50.0%

N° Cortes: 0

N° Marcas: 3

Grabado: Si

Tiempo de: 1.71 min / 145.47 min

Minuto de corte: \$ 0.25

Minuto de grabado: \$ 0.1

CAMBIAR

MaterialxN°	Corte	Marca	Grab.	Costo(\$)
5	+	0	+	33
			+	1455
				=
				14.93
Total				=
				\$ 14.93

Grabado

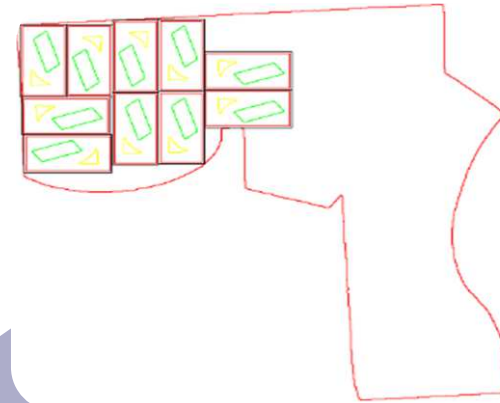
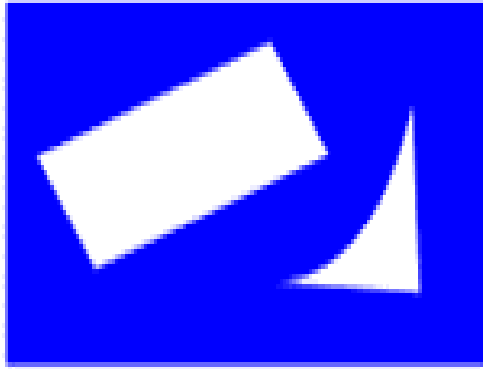


ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- ***Pruebas de Anidado y Corte***



N° piezas: 10
Dimensiones:
Largo: 40
Ancho: 20



CONCLUSIONES

- Se considera que los subsistemas de visión artificial, interfaz de control y máquina de corte láser se complementan entre sí, permitiendo trabajar modelos diseñados en computador o fotografías tomadas de un objeto material, en distintos materiales como se los ha presentado, junto con una interfaz didáctica e ilustrativa en cada etapa a seguir para conseguir buenos trabajos utilizando tecnología láser y herramientas de gran utilidad.
- Para la generación de rutas de mecanizado se utilizó estos bordes o contornos identificados, por medio de librerías desarrolladas, se convierte los arreglos de puntos de pixeles a unidades métricas, para ellos se trabaja con una calidad de imagen a 150ppp (puntos por pulgada) lo que permite mejores acabados en las operaciones de corte, marcado y grabado, considerando los parámetros láser del material.



- La implementación del módulo de visión artificial fue desarrollado junto con recopilación de conceptos que intervienen dentro de la adquisición y procesamiento de imágenes que son importantes para obtener una buena interpretación de las características de una escena de trabajo, además se realizó una búsqueda de nuevas herramientas o tecnologías para la optimización del corte láser, encontrando algoritmos de anidado, de las cuales una buena opción fue SVGNEST, debido a que su aplicación está diseñada para servidores web, por último se recopiló información de los tipos de lenguaje de programación tanto para la utilización de las librerías de OpenCV, la arquitectura del software de optimización y control, y trabajar con una base datos, encontrando varios framework o entorno de trabajo, uno de ellos es Flask destinado a utilizarse para la creación de la interfaz Web con el lenguaje de programación en Python.



- Con técnicas de visión artificial se realizaron varios algoritmos para cada ventana de trabajo, al realizarse diferentes operaciones u objetivos en ellas, junto con Python y OpenCV, se utilizaron funciones para capturar imágenes `imread`, almacenarlas `imwrite`, generar histogramas `calcHist`, conversión a espacios de color RGB y HSV `cvtColor`, aplicación de filtros no lineales `bilateralFilter`, búsqueda de contornos `findContours`, umbralización `threshold`, operaciones lógicas AND, OR, y otras adicionales, viéndose mejor utilizadas en la ventana de Identificación del material, donde se presentan valores de área, contornos internos y externo, junto con la segmentación del material con respecto al fondo de escena, a su vez en configuraciones del modelo, la imagen de representación de la interfaz, corresponde a la utilización de todas estas funciones, para solo mostrar al usuario, el modelo modificado y los contornos del material, siendo guías para referenciar al modelo trabajado y finalmente, trabajando con las máscaras resultantes, se aplica operaciones de búsqueda de contornos.



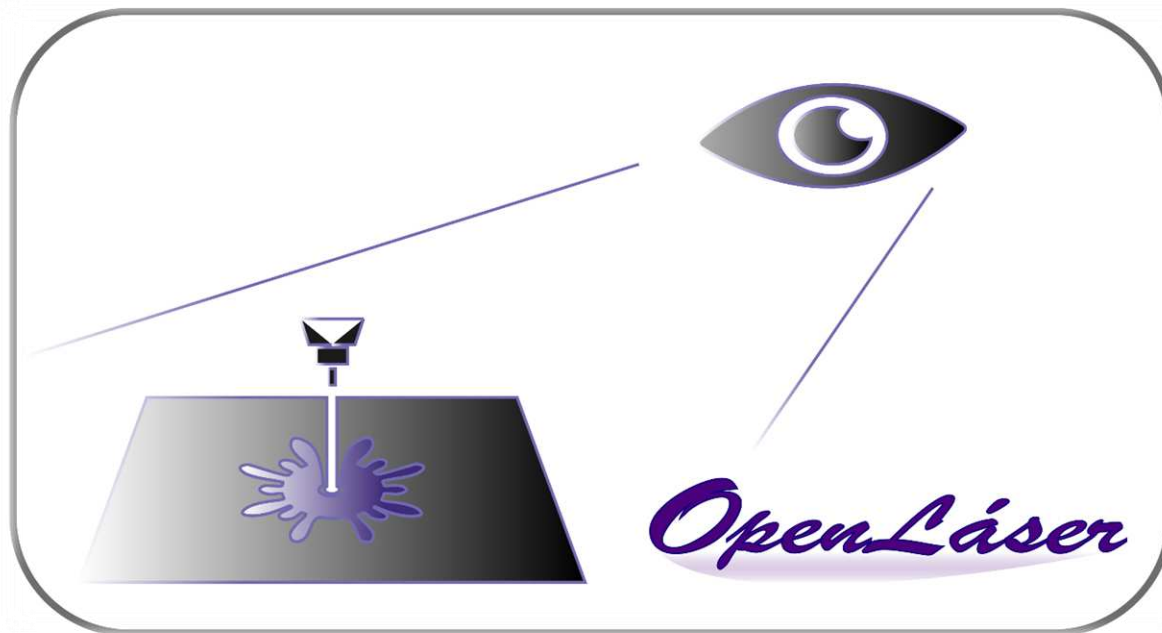
- Se implementó dos modos de operación bien identificados con respecto a modo de ubicación del modelo, el primero o modo manual, permite ubicar el modelo por medio de un panel de navegación, en la posición y orientación deseada, a comparación del modo automático, el cual este posicionamiento lo realiza de manera automática, considerando como adicional un volumen de producción en relación al área del material por medio de la herramienta SVGNEST, la cual posee limitaciones descritas en el capítulo de pruebas y resultados. Ambos modos al final presentan un resumen de las operaciones a realizarse junto con una estimación aproximada del costo de producción, el cual relaciona el material a utilizarse (área) y tiempo de máquina, dejando a criterio del usuario el costo de diseño.



RECOMENDACIONES

- Al utilizarse la interfaz en celulares o tabletas, se sugiere que estos posean buenas características en memoria RAM o el tipo de procesador, ya que el servidor y la herramienta de anidado, utilizan recursos del equipo en donde se encuentran operando.
- Dentro de los materiales blandos adecuados para trabajar, se pueden añadir otros adicionales, tomar en cuenta que los vapores o gases que generen no sean dañinos, siempre utilizar la ventilación y el tubo de escape de olores colocado hacia una salida de aire.





**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA