

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Electrónica



**Reporte Memoria de Experiencia Profesional para obtener el
grado de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica.**

**ESTUDIO DE PROCESO DE CORTE LÁSER DEL JIG: “VAMG
CLADDING FRONT” QUE PERMITE DISMINUIR COSTOS DE
PRODUCCIÓN**

PRESENTA

Erick Mora Ita

ASESOR

M.C. Juan Carlos Rojas Bravo

COASESOR

M.D.H. Rosalía Posada González

Noviembre 2024

Puebla, Pue a 23 de noviembre de 2024
Asunto: CARTA DE APROBACIÓN

Jurador Revisor
Facultad de Ciencias de la Electrónica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

PRESENTE

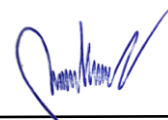
La que suscribe **Erick Mora Ita** con matrícula **201402776** de la Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica, anexo firmas de conformidad de los asesores para la presentación de este trabajo y ser evaluado en el examen profesional del Reporte de Memoria por Experiencia Laboral: **ESTUDIO DE PROCESO DE CORTE LÁSER DEL JIG: “VAMG CLADDING FRONT” QUE PERMITE DISMINUIR COSTOS DE PRODUCCIÓN.**

ASESOR



M.C. Juan Carlos Rojas Bravo

PRESENTA



Erick Mora Ita

COASESOR



M.D.H. Rosalía Posada González

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
1.- INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.2.- OBJETIVOS.....	9
1.2.1.- GENERAL.....	9
1.2.2.- ESPECÍFICOS.....	9
1.3.- JUSTIFICACIÓN.....	10
1.4.- ORGANIGRAMA DE LA ORGANIZACIÓN.....	11
1.5.- ALCANCE Y LIMITACIONES.....	12
2.- MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 ¿QUÉ ES UN JIG?.....	13
2.2 ¿QUÉ ES UN LÁSER?.....	13
CORTE LÁSER:.....	13
2.3 CONTROL AUTOMÁTICO DE ALTURA.....	14
2.4 CABEZAL DE UN LÁSER.....	15
2.5 PARÁMETROS CYPCUT.....	20
2.6 ANTECEDENTES.....	22
3.- PROYECTO A DESARROLLAR.....	24
3.1 MÁQUINA LÁSER.....	24
4.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	30
4.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	30
4.1.1 PROBLEMAS EN EL CORTE DE MATERIALES ACERO AL CARBÓN.....	30
CAPA SUPERIOR BIEN, CAPA INFERIOR CON LÍNEAS.....	30
LÍNEAS FINAS SUPERFICIE FRONTAL.....	30
ESCORIA.....	31
EXCESO DE QUEMA.....	31
MITAD BUENA, MITAD FEA.....	31
MARCAS FINAS PARTE INFERIOR Y METAL FUNDIDO.....	32
ESCORIA Y ZONAS SIN CORTE.....	32
LÍNEAS FINAS.....	32
4.1.2 PROBLEMAS EN EL CORTE DE MATERIALES ACERO INOXIDABLE.....	33
ESCORIA RAYADA INFERIOR.....	33
CAPAS SUPERFICIE CORTE.....	33
CAPA QUEMADA CAPA INFERIOR.....	34
PEQUEÑAS REBABAS PARTE INFERIOR.....	34
SECCIÓN DE CORTE Y LUZ AZUL.....	35
MITAD BUENA, MITAD MALA.....	35
SABER SI LA POTENCIA DEL LÁSER ES BUENA.....	35
4.3 COSTO DE INSUMOS EMPLEADOS.....	37
4.3.1 GRAFICA COSTO BENEFICIO.....	37
4.5 CONCLUSIONES.....	38
4.7 BIBLIOGRAFÍA.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1.1 LOGO EMPRESA SIMSA.....	5
ILUSTRACIÓN 1.2 SERVICIOS DE SIMSA.....	6
ILUSTRACIÓN 1.3 JIGS CON PLÁSTICOS MONTADOS EN LÍNEA DE PINTURA.....	6
ILUSTRACIÓN 1.4 RESONADOR RAYCUS RFL-C750W - MAQUINA LÁSER MCLANE CON CORTE DE TUBO	10
ILUSTRACIÓN 1.5 ORGANIGRAMA EMPRESA SIMSA.....	11
ILUSTRACIÓN 2.1 DIAGRAMA DE CORTE LÁSER.....	13
ILUSTRACIÓN 2.2 INTERFAZ CONTROLADORA DE ALTURA.....	14
ILUSTRACIÓN 2.3 CAPTURA DE PANTALLA SOFTWARE CYPCUT.....	14
ILUSTRACIÓN 2.4 EJEMPLO GENERAL FUNCIONAMIENTO CABEZAL.....	15
ILUSTRACIÓN 2.5 DONDE ENCONTRAR BOTÓN LÁSER EN INTERFAZ CYPCUT.....	16
ILUSTRACIÓN 2.6 DONDE ENCONTRAR BOTÓN LÁSER EN CONTROL INALÁMBRICO.....	16
ILUSTRACIÓN 2.7 DIAGRAMA DE CENTRADO DELLENTE.....	17
ILUSTRACIÓN 2.8 ZONA DONDE SE MODIFICA LA ALTURA DEL FOCO.....	17
ILUSTRACIÓN 2.9 COMPARTIMIENTO DE CAMBIO DE LENTE.....	17
ILUSTRACIÓN 2.10 BOQUILLA DE CORTE CABEZAL.....	18
ILUSTRACIÓN 2.11 TIPOS DE BOQUILLA.....	18
ILUSTRACIÓN 2.12 PARÁMETROS QUE MODIFICAR EN CYPCUT.....	20
ILUSTRACIÓN 3.1 DISEÑO 3D VAMG FRONT CLADDING.....	22
ILUSTRACIÓN 3.2 PIEZAS DE CORTE LÁSER.....	22
ILUSTRACIÓN 3.3 MÁQUINA LÁSER 750W.....	24
ILUSTRACIÓN 3.4 RESONADOR LÁSER.....	24
ILUSTRACIÓN 3.5 PARÁMETROS IDEALES RAYCUS 750W.....	25
ILUSTRACIÓN 3.6 CHILLER PARA RAYCUS 750W.....	26
ILUSTRACIÓN 3.7 TRANSFORMADOR, REGULADOR, SUPRESOR.....	26
ILUSTRACIÓN 3.8 PARÁMETROS DE CYPCUT PARA CORTAR 3/16 INOX.....	27
ILUSTRACIÓN 3.9 TABLA DE REGISTRO.....	27
ILUSTRACIÓN 3.10 TABLA DE REGISTRO Y EJEMPLO DE CORTE.....	28
ILUSTRACIÓN 3.11 TABLA DE PARAMETROS FINAL.....	28
ILUSTRACIÓN 3.12 RESULTADO CORTE LÁSER.....	29
ILUSTRACIÓN 4.2 LÍNEAS EN CAPA INFERIOR.....	30
ILUSTRACIÓN 4.3 LÍNEAS SUPERFICIALES.....	30
ILUSTRACIÓN 4.4 ESCORIA.....	31
ILUSTRACIÓN 4.5 EXCESO DE QUEMA.....	31
ILUSTRACIÓN 4.6 MITAD BUENA, MITAD MALA ACERO AL CARBÓN.....	31
ILUSTRACIÓN 4.7 MARCAS FINAS Y METAL FUNDIDO.....	32
ILUSTRACIÓN 4.8 ESCORIA Y ZONAS SIN CORTES.....	32
ILUSTRACIÓN 4.9 LÍNEAS FINAS.....	32
ILUSTRACIÓN 4.10 LÍNEAS GRUESAS.....	33
ILUSTRACIÓN 4.11 ESCORIA RAYADA.....	33
ILUSTRACIÓN 4.12 CAPAS EN CORTE.....	33
ILUSTRACIÓN 4.13 CAPA QUEMADA.....	34
ILUSTRACIÓN 4.14 EQUENAS REBABAS.....	34
ILUSTRACIÓN 4.15 PEQUEÑAS REBABAS PUNTUALES.....	34
ILUSTRACIÓN 4.16 SECCIÓN DE CORTE.....	35
ILUSTRACIÓN 4.17 MITAD BUENA, MITAD MALA ACERO INOXIDABLE.....	35
ILUSTRACIÓN 4.18 DIFERENCIA EN CORTE TRANSVERSAL POR POTENCIA.....	35
ILUSTRACIÓN 4.19 COMPORTAMIENTO DE LA CHISPA RESPECTO A VELOCIDAD.....	36
ILUSTRACIÓN 4.20 GRÁFICA COMPARACIÓN DE COSTOS.....	37

Heroica Puebla de Zaragoza. 23 de noviembre de 2024

A quien corresponda:

Presente



Por medio del presente, autorizo la información plasmada en este trabajo de nombre: ESTUDIO DE PROCESO DE CORTE LÁSER DEL JIG: "VAMG CLADDING FRONT" QUE PERMITE DISMINUIR COSTOS DE PRODUCCIÓN.

Todo lo aquí plasmado es propiedad de la empresa SIMSA, y el trabajador Erick Mora Ita, tiene autorización de mostrar los datos de este documento.

Quedo a sus órdenes en caso de que requiera información adicional.

ATENTAMENTE



Guillermo Mora Morales

Prolongación de la 14 sur 7331 Colonia Loma Linda Puebla, Puebla, México.

01 (222) 2.33.50.44

1.- INTRODUCCIÓN.

La industria automotriz representa el 43.3% del PIB de la entidad poblana. Generando más de 65 mil empleos entre plantas armadoras, así como de empresas proveedoras de los distintos productos y servicios que se derivan de estas empresas. (Chávez Capo Anselmo, 2023).

Junto a Volkswagen y Audi, Puebla cuenta con una cadena de proveeduría y servicios para distintas firmas armadoras de vehículos. Entre las empresas del sector asentadas en territorio poblano se encuentran: Thyssenkrup, Gestamp México, SMP Automotive, Industrias Norm, B&W Automotive Engineering, Schaeffler de México, Kiekert, Benteler, Brose, Allgaier, Webasto y Kayser Automotive Systems, T-Systems y Faurecia. (López Verónica, 2022)

De once estados con actividad automotriz en México, Puebla se encuentra entre los principales productores, entrando en el top 3, en segundo lugar; no solo de vehículos, también de autopartes y en sectores como son el plástico, metalmecánica, tecnologías de información y servicios. (López Verónica, 2022)

Muchas pequeñas, medianas y grandes empresas se ven beneficiadas de la derrama de trabajo que hay de estas empresas en Puebla, pero la diversificación llega más allá, a empresas nacionales e internacionales.

Es así como encontramos a Soldadura Industriales y Montaje SA de CV, mejor conocido por sus siglas SIMSA.



ILUSTRACIÓN 1.1 LOGO EMPRESA SIMSA (FUENTE: SIMSADEC.V.COM)

Esta empresa ubicada en prolongación de la 14 sur 7331, col. Loma linda, una empresa líder, orgullosamente mexicana, fundada en 1983 y formada por 20 colaboradores, se dedica al diseño, desarrollo y fabricación de dispositivos metálicos enfocados a la industria automotriz.

Disponen de la más moderna infraestructura compuesta por 3 naves industriales conformadas por equipos de trabajo especializados en el ramo.

Esta empresa emplea distintos medios y recursos tecnológicos para sus proyectos, tales como: escaneo en 3D, impresión en 3D, ingeniería inversa, máquina de soldar TIG, máquina de soldar MIG, centro de maquinado, máquina de corte láser. Por lo que los servicios que se ofrecen son: diseño y desarrollo de productos para la industria automotriz, fabricación de racks, JIGS y BEMIS, ingeniería inversa (el escaneo de un objeto físico para llevarlo a un diseño a computadora 3D), soldaduras especializadas, piezas maquinadas, fabricación de Checking Fixtures & Welding Fixtures, etc. (ver Ilustración 1.2)

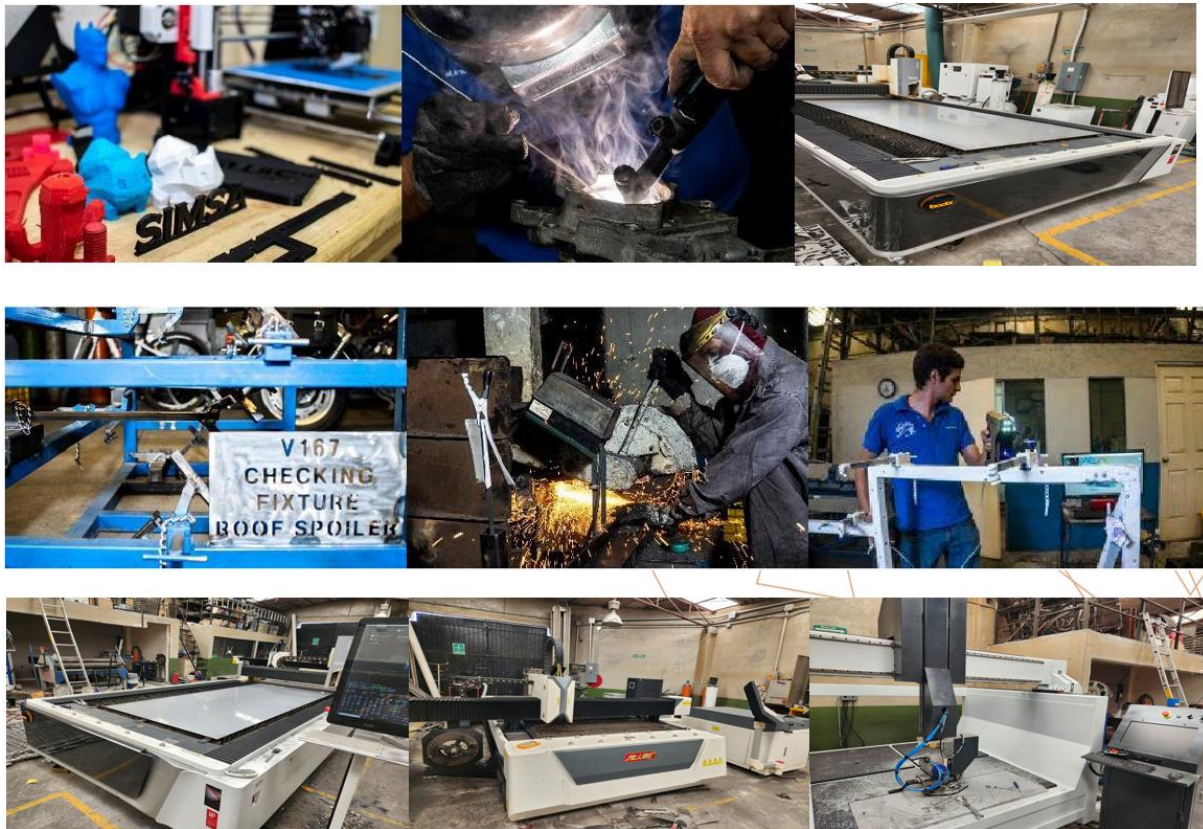


ILUSTRACIÓN 1.2 SERVICIOS DE SIMSA (FUENTE: SIMSADEC.V.COM)

Entre los principales clientes de SIMSA en la actualidad encontramos empresas como SMP, en sus sedes de Zitlaltepec, Cuautlancingo y Tuscaloosa, Alabama. También empresas como Grammer y Nicrololta.

En estas empresas con giro automotriz, la principal actividad es el desarrollo de JIGS y Racks para el área de pintura.

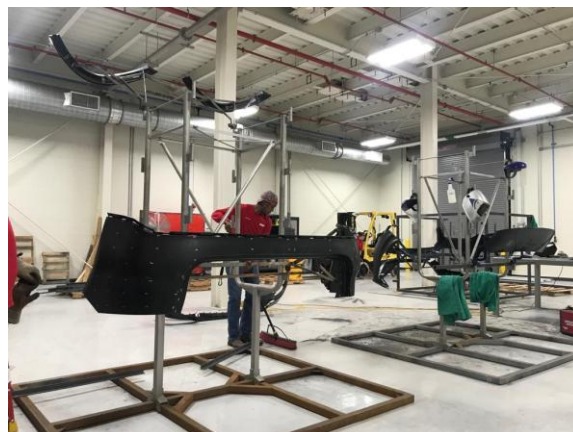


ILUSTRACIÓN 1.3 JIGS CON PLÁSTICOS MONTADOS EN LÍNEA DE PINTURA

Como se puede apreciar en la ilustración 1.3, todas las piezas plásticas necesitan una base para ser pasadas por la línea de pintura, y es ahí donde nos destacamos, creamos, desarrollamos e innovamos dispositivos de pintura para el correcto paso de las partes

plásticas, por las cabinas de pintura. Gracias a esto, se pueden evitar sombras, escurrimientos y deformaciones en los plásticos, lo que genera a las empresas mayor rendimiento y ganancia, al no tener pérdidas monetarias por retrabajo o piezas regresadas.

Es aquí donde me empecé a desarrollar como profesional, con más de 4 años desarrollando múltiples actividades, así como el corte láser, maquinado CNC, mantenimiento de maquinaria, etc.

Una de las principales actividades en esta empresa es el corte láser, ya que la mayoría de los diseños y prototipos se realizan con materias derivadas del corte láser. En esta industria, el tiempo y la perfección ocupan un papel muy importante, ya que tardar más tiempo del establecido o el retrabajo de piezas, genera pérdidas para nosotros, ya que los clientes tienen tiempos muy estrictos de entrega, pudiendo así, en el peor de los casos, provocar un paro en la línea, haciendo pérdidas de dinero exponenciales por cada minuto.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la empresa SIMSA, una de las principales tareas es desarrollar proyectos de entrega de JIGS para SMP Alabama, cuyas cantidades semanales van en aproximadamente 150 JIG cada semana.

Una tarea de suma importancia es tener las piezas necesarias para elaborar los JIGS en tiempo y forma, ya que su elaboración es como un rompecabezas, donde se debe tener todas las piezas listas para agilizar el proceso.

En el proceso de observación se pudo notar una deficiencia de corte, ya que la máquina era muy lenta y dejaba escoria. El retrabajo de la escoria es muy tardado, ya que se requiere de una limpieza con disco de lija.

Para algunos materiales no es tan tardado porque no está tan pegada a la lámina, pero en otros casos, como en 3/16" de acero inoxidable, es una tarea complicada y tardada que, además, conlleva mucho gasto de tiempo humano y de consumibles para su limpieza, sumado esto al tiempo que ya se tarda la máquina en desarrollar el corte.

Gracias a esta calidad pobre de corte, tenemos dos principales problemas por resolver; número uno, la velocidad de corte que sea la óptima, y número dos, no destinar recurso humano ni de insumos en el retrabajo de piezas.

El problema que se plantea es: ¿se puede mejorar la calidad de corte y velocidad en una máquina láser, con el fin de optimizar procesos de fabricación?

1.2.- OBJETIVOS.

1.2.1.- General.

Implementar un método para mejorar la calidad y la velocidad del proceso de corte láser en la empresa SIMSA, con el fin de reducir los tiempos de producción y los costos asociados, aumentando así la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones de corte láser y del producto final, "JIG".

1.2.2.- Específicos.

- Incrementar la velocidad de corte de las piezas utilizando el láser, lo que permitirá optimizar el tiempo de producción.
- Reducir las pérdidas económicas asociadas con las piezas de corte láser.
- Disminuir la cantidad de insumos necesarios para realizar el corte láser.

1.3.- JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad, la industria automotriz ha tenido un gran crecimiento, hay demasiada competencia hoy día, cada empresa cuenta con nuevas maquinarias para ofrecer los servicios necesarios a la industria.

Las facilidades para la obtención de maquinaria han cambiado al paso de los años, ahora es mucho más fácil y económico hacerse de máquinas que, hace 5 años, solo podían pensar en sueños, debido a los altos costos.

Las máquinas ahora son parte fundamental de una empresa, donde el objetivo es la manufactura de dispositivos para la industria automotriz. Son bastos los beneficios de contar con una máquina que facilite un trabajo que se hace a mano, o incluso es imposible lograrlo manualmente.

Es así como la máquina láser cumple estas premisas, haciendo un trabajo de corte preciso y en un tiempo récord, comparado con un trabajo manual.

Pero no simplemente es tener un dibujo, pasarlo a la computadora y mágicamente oprimir y cortar. Esto lleva un proceso detrás, donde tenemos una cantidad considerable de parámetros y variables que revisar para cada calibre de lámina y tipo de material que nosotros vayamos a cortar.

Hacerlo de manera óptima nos dará mayor rapidez, mejor calidad de corte y, por consiguiente, una mejora sustancial en la producción que tengamos al momento. Ya que un buen corte hará que ni siquiera sea necesaria la limpieza de escoria por el usuario. Lo cual agilizará bastante los costos y tiempos de producción.

En SIMSA se cuenta con una máquina de corte láser de metal de fibra, cuya potencia es de 750w, con un resonador de la marca Raycus, cuyos modelos podemos ver en la ilustración 1.4.

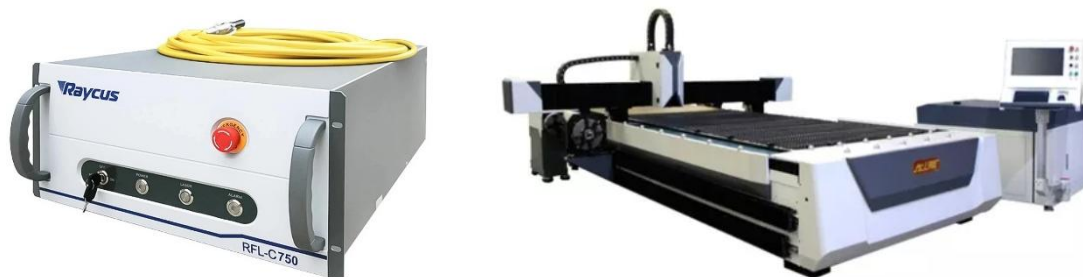


ILUSTRACIÓN 1.4 RESONADOR RAYCUS RFL-C750W - MAQUINA LÁSER MCLANE CON CORTE DE TUBO (FUENTE: MANUAL RYCUS)

1.4.- ORGANIGRAMA DE LA ORGANIZACIÓN.

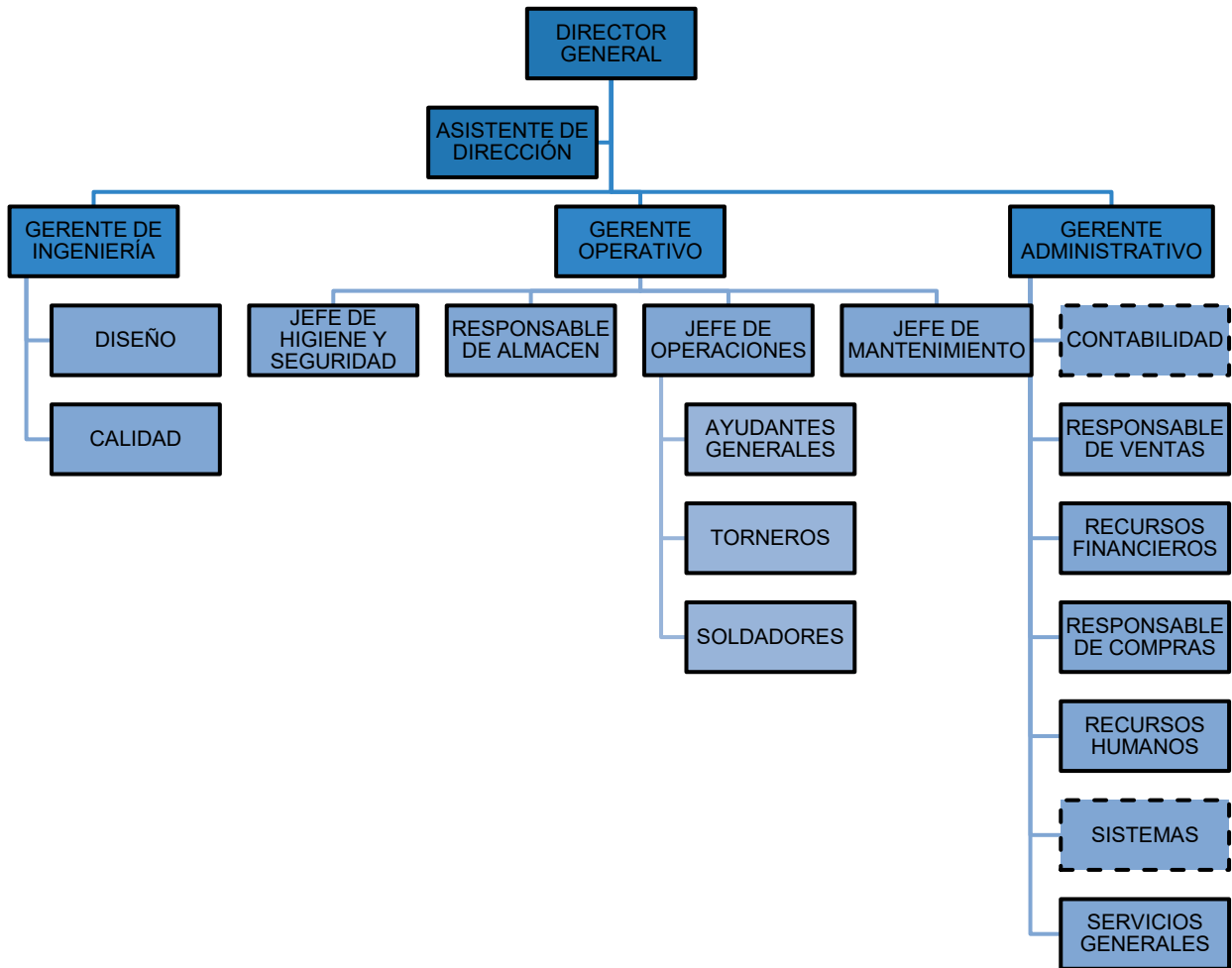


ILUSTRACIÓN 1.5 ORGANIGRAMA EMPRESA SIMSA

1.5.- ALCANCE Y LIMITACIONES

El uso de maquinaria láser está creciendo exponencialmente, es cada vez más común que empresas pequeñas, así como grandes, logren hacerse de una máquina de esta tecnología. Es por esto, que cada vez es más importante tener operadores capacitados para desarrollar satisfactoriamente esta tarea. Hay muchas cosas no escritas acerca del uso correcto de una máquina láser, son muchos los parámetros que modificar y varias las cuestiones físicas de que se deben monitorear. Es por lo que esta tesis ayudará a los usuarios básicos, intermedios e incluso avanzados, a saber, qué aspectos verificar al tener fallas en el corte láser de un material.

Si bien está realizado bajo un modelo en especial de máquina, así como de un tipo de material en específico, además de un calibre en especial; esta guía ayuda en cualquier tipo de máquina, cualquier potencia y cualquier material. Son condiciones que se aplican en cualquiera de estas variables, pero que son exactamente igual de aplicables en cada usuario, aun con estas diferencias.

La única limitante sería desarrollar los parámetros con base en la potencia de su láser, pero los errores al realizar un mal corte pueden ser solucionado bajo las mismas observaciones. De igual manera, sería un poco más complicado si alguien maneja un software diferente a cypcut, aunque sería difícil, ya que es el software no.1 de corte láser, más no imposible; pero un usuario intermedio, no debería de tener problema alguno en identificar los parámetros en otro software

2.- MARCO TEÓRICO.

2.1 ¿Qué es un JIG?

Es una estructura metálica la cual sirve para dar soporte a un plástico.

Todos los plásticos para ser pintados requieren de cierto ángulo, cierta separación y cierto tipo de agarre, ya que, al ser pasados en la línea de pintura, se someten a distintos tipos de fuerzas y condiciones de temperatura, las cuales pueden deformar o tirar el plástico.

De eso se encarga el JIG, gracias a un diseño óptimo, el plástico deberá pasar por la línea de pintado sin problema alguno.

2.2 ¿Qué es un láser?

Un láser es un dispositivo que emite un haz de luz mediante un proceso de amplificación óptica. Hay muchos tipos de láseres, incluidos el láser de gas, láser de fibra, láser de estado sólido, láser de colorante, láser de diodo y láser excimer. Todos estos tipos de láser comparten un conjunto básico de componentes. (www.ulsinc.com)

La densidad y espesor del material son factores importantes que considerar cuando se haga un corte láser. Normalmente, un material de baja densidad requiere menos energía láser. Sin embargo, aumentar el nivel de potencia láser generalmente mejora la velocidad del corte láser.

Generalmente hablando, los láseres CO₂ baja potencia principalmente se usan para cortar materiales no metálicos. Los láseres CO₂ y de fibra se usan igualmente para cortar metales. Sin embargo, como regla general, el corte de metales requiere niveles de potencia considerablemente mayores que los materiales no metálicos.

Corte láser: El corte láser es la remoción y separación completa del material, desde la superficie superior hasta la superficie inferior, a lo largo de una ruta designada.

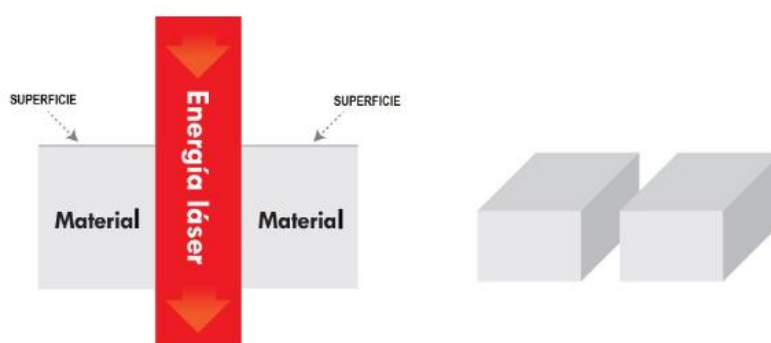


ILUSTRACIÓN 2.1 DIAGRAMA DE CORTE LÁSER (FUENTE: WWW.ULSINC.COM)

2.3 CONTROL AUTOMÁTICO DE ALTURA



ILUSTRACIÓN 2.2 INTERFAZ CONTROLADORA DE ALTURA (FUENTE: HOLY-LASER.ES)

En la ilustración 2.2 tenemos un sistema de control automático de la distancia focal, en él seremos capaces de realizar una calibración, lo cual es muy importante a la hora del corte perfecto, ya que, con base en esta calibración capacitiva, el cabezal sabrá hasta dónde bajar dependiendo de los distintos materiales que tengamos. Para realizar una calibración, basta con dirigirnos a la sección CNC y localizaremos el icono que tiene la ilustración 2.3, con el nombre BSC100.

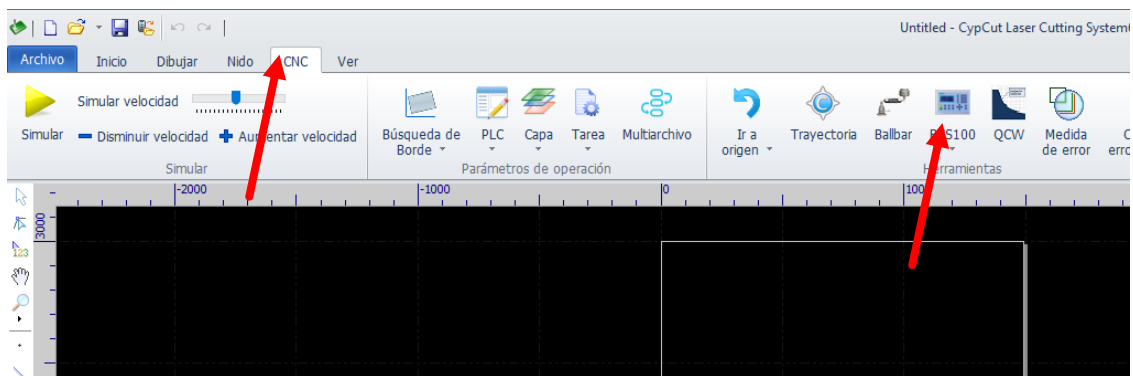


ILUSTRACIÓN 2.3 CAPTURA DE PANTALLA SOFTWARE CYP CUT

Posteriormente, haremos clic sobre la punta de flecha, no sobre el icono, ya que eso nos llevará a la interfaz del controlador, y tendremos que hacer una calibración manual. Se nos desplegarán varias opciones, seleccionaremos calibrar, y la máquina solita hará el proceso de 3 pasos de calibración. Es necesario remarcar que debe estar en un punto estable de la lámina, plano y sin vibraciones, para obtener un resultado adecuado en la calibración.

2.4 CABEZAL DE UN LÁSER

A simple vista y sin tener mucho conocimiento del tema, pareciera ser que el cabezal es un simple medio por el que sale el haz de luz, pero como podemos observar en la ilustración 2.4, la concentración del haz láser se hace dentro del cabezal, así que el correcto funcionamiento de nuestra máquina depende en gran parte de su buen funcionamiento.

Podemos tener la máquina más potente, de la mejor calidad, pero si el proceso de amplificar el haz de luz en el cabezal falla, nuestra máquina será incapaz de cortar hasta calibres pequeños como un c20, c22, etc.

¿Pero, por qué pasa esto? Pues bien, el primer contacto que tiene nuestro haz de luz directamente del resonador es al primer reflector o espejo. Este espejo concentra la luz y la va a enfocar amplificada mente a un lente o serie de lentes dependiendo del modelo.

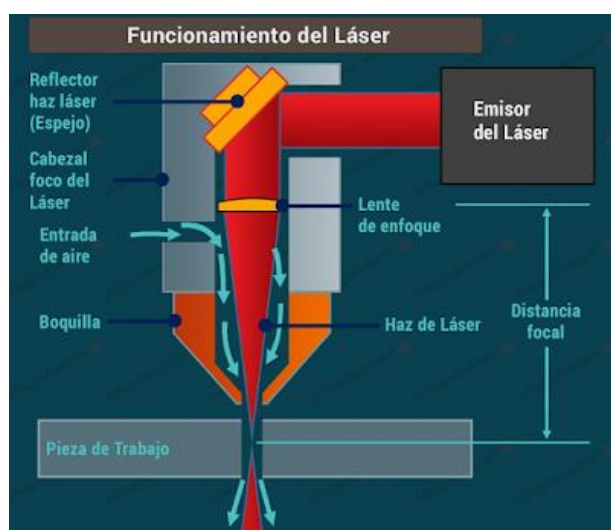


ILUSTRACIÓN 2.4 EJEMPLO GENERAL FUNCIONAMIENTO CABEZAL (FUENTE: [HTTP://DTMAQ.BLOGSPOT.COM/](http://DTMAQ.BLOGSPOT.COM/))

Observando la ilustración 2.4, nos podemos dar una idea de cómo está constituido un cabezal.

Seguido de ahí tendrá contacto a un lente, en este caso, en el modelo que manejo, es un lente cóncavo fijo, que ayuda a concentrar el haz de luz sin pérdidas de potencia y mejorando la calidad, el cual, solo debemos verificar que esté centrado, ya que el movimiento de nuestra máquina hará que se mueva y eso afectará nuestro corte.

Dependiendo de cada cabezal, tendremos diferentes formas de centrarlo. Hay unos muy modernos con centrado automático, en mi caso, con el cabezal Raytools BT240S, debes centrarlo manualmente. Para esto, cortamos un cuadro de cinta adhesiva transparente y lo pegamos al centro de la boquilla, procedemos a prender un instante nuestro láser, ya sea desde el CypCut o si tienen algún control en su interfaz, que tenga esta opción.

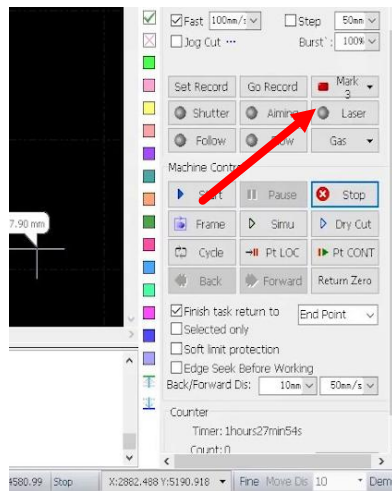


ILUSTRACIÓN 2.5 DONDE ENCONTRAR BOTÓN LÁSER EN INTERFAZ CYP CUT



ILUSTRACIÓN 2.6 DONDE ENCONTRAR BOTÓN LÁSER EN CONTROL INALÁMBRICO (FUENTE: ALIEXPRES.COM)

Una vez realizado el paso de prender el haz láser, apoyado de las imágenes 2.5 o 2.6, retiramos la cinta adhesiva y veremos que se hace un agujero y se dibuja el diámetro de la boquilla, así podremos saber si está centrada o no, y de no estarlo, simplemente sigamos el diagrama del cabezal para moverlo a su posición con ayuda de una llave Allen.



ILUSTRACIÓN 2.7 DIAGRAMA DE CENTRADO DEL LENTE (FUENTE: ALIEXPRES.COM)

Segundo, hace contacto en un lente que dará la concentración final. En este lente, en modelos más nuevos, hace un ajuste automático en la altura para obtener el corte deseado. En este caso, la altura se mueve manualmente, desde -7 a 7, dependiendo del material y espesor.



ILUSTRACIÓN 2.8 ZONA DONDE SE MODIFICA LA ALTURA DEL FOCO (FUENTE: ALIEXPRES.COM)

Tercero, tenemos un lente, el cual, si nuestra máquina tiene un corte pobre, será lo primero a revisar, ya que este lente, por el uso, el calor y el desgaste, lo convierte en el elemento no.1 en quemarse o ensuciarse. Ocasionando un corte de baja calidad.



ILUSTRACIÓN 2.9 COMPARTIMIENTO DE CAMBIO DE LENTE (FUENTE: ALIEXPRES.COM)

Por último, van de la mano el cerámico y la boquilla. Estos 2 elementos son muy importantes, ya que nuestro cerámico, ayudará a la función de la capacitancia entre cabezal y el material a cortar, y la boquilla, dará la guía final y provea el medio refrigerante necesario para la realización del corte.

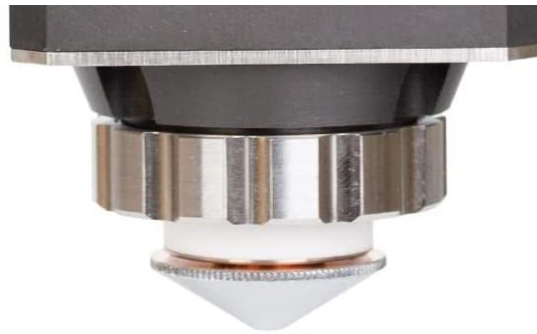


ILUSTRACIÓN 2.10 BOQUILLA DE CORTE CABEZAL (FUENTE: ALIEXPRES.COM)

Una boquilla muy delgada para el material nos traerá problemas de salpicaduras o no logrará perforar el material. Y una muy gruesa necesitará más presión de refrigerante, nos hará una línea más gruesa, por lo mismo, deberemos cuidar la compensación en nuestro dibujo.

Tenemos boquillas por números, como: 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 3, etc., lo cual es el diámetro de abertura que tendremos para la salida.

Es importante verificar que se use una boquilla para el corte con oxígeno y otra para el corte con nitrógeno, ya que el oxígeno sí desempeña una función química para el corte, y usa presiones más bajas; el nitrógeno meramente es un agente refrigerante. También es importante revisar que las boquillas estén limpias, sin nada tapando su salida, o las paredes internas de la misma.



ILUSTRACIÓN 2.11 TIPOS DE BOQUILLA (FUENTE: ALIEXPRES.COM)

Como podemos observar en la ilustración 2.11, la boquilla de oxígeno tiene 3 aberturas cerca del centro, lo cual ayuda a canalizar el oxígeno para hacerlo un agente refrigerante, pero a su vez, un agente oxidante. A diferencia de la boquilla de nitrógeno, que es completamente sellada, como ya lo comentamos, para el simple trabajo de un agente refrigerante.

Es por lo que se debe encontrar una relación entre la presión, diámetro de boquilla y velocidad, para lograr un corte lo más rápido posible y de la mejor calidad, ahorrando recursos. Este tipo de parámetros a definir vienen en tablas estipuladas por el fabricante. Dependiendo de la marca y potencia de su máquina, utilice sus tablas para tener una idea del tamaño de boquilla y presión del refrigerante, ya sea oxígeno o nitrógeno.

2.5 PARÁMETROS CYPCUT

Son una serie de parámetros, a los cuales tenemos que darles valores estrictos para obtener el corte perfecto. Estos valores ya vienen prescritos por el fabricante en el manual del resonador. Pero al usarlos tal cual, nos damos cuenta de que estos valores, por sí solos, no garantizan la calidad del corte, por otros aspectos que nosotros no podemos manejar. Así que, si bien son una muy buena aproximación, aún queda hacer pruebas con estos valores. Explicaré a continuación qué son con apoyo de la ilustración 2.12.

ILUSTRACIÓN 2.12 PARÁMETROS QUE MODIFICAR EN CYP CUT

Velocidad: como su nombre lo dice, es la velocidad con la cual se mueve nuestro cabezal al momento de realizar el corte deseado. trotec. (2022, 7 de julio).

Altura de elevación: altura a la cual se elevará nuestro cabezal al detectar un objeto o hacer subida de emergencia. trotec. (2022, 7 de julio).

Altura de boquilla: es la separación a la cual irá la boquilla de la placa o lámina, al momento de realizar el corte. trotec. (2022, 7 de julio).

Tipo de gas: en este campo seleccionaremos oxígeno, nitrógeno o aire. trotec. (2022, 7 de julio).

Presión de gas: en este campo determinaremos la presión de salida del aire en la boquilla. trotec. (2022, 7 de julio).

Potencia máxima: potencia en porcentaje, va relacionado con cuantos W es nuestro resonador, disminuir la potencia hará más débil el corte y se puede producir un grabado o marcado. trotec. (2022, 7 de julio).

Ciclo de operación: va a limitar el estado mínimo del láser cuando decrementa los cambios de velocidad debido al cambio en la dirección del corte, ayuda a eliminar impurezas al no calentar de más el material. trotec. (2022, 7 de julio).

Frecuencia: es la cantidad de impulsos que se reciben por segundo de luz láser, es una señal senoidal, la cual mientras mayor sea, más luz continua habrá de láser, pero igual será más el calor, y, al contrario, si es más pequeño, menor cantidad de rayos de luz, menos calor, pero corre el riesgo de no poder penetrar el material.

Estos son los parámetros que nos importan, los cuales necesitamos ir variando con cada cambio de material y calibre, para así obtener el corte deseado.

Muy bien, ya conocemos los parámetros, pero aún no sabemos bien qué hará cada uno en mi corte. Pues bien, este debe ser un ejercicio de observación, al principio será ir descartando opciones, porque varios parámetros pueden derivar al mismo problema. Pero conforme vaya siendo un usuario más avanzado, irá detectando con exactitud lo que ocasiona su problema en el corte. trotec. (2022, 7 de julio).

2.6 ANTECEDENTES

En este proyecto en específico, se va a realizar entrega de diferentes JIGS de pintura para partes plásticas de Mercedes AMG, así como fascias, defensas, roof spoilers y Wheel covers.

Un ejemplo es el siguiente, el nombre es VAMG Front Cladding, es un JIG para un plástico de cubierta de llanta.



ILUSTRACIÓN 3.1 DISEÑO 3D VAMG FRONT CLADDING

En el diseño de la ilustración 3.1 podemos encontrar diferentes piezas de corte láser, las cuales van desde la base misma, hasta partes de soporte y sujeción.

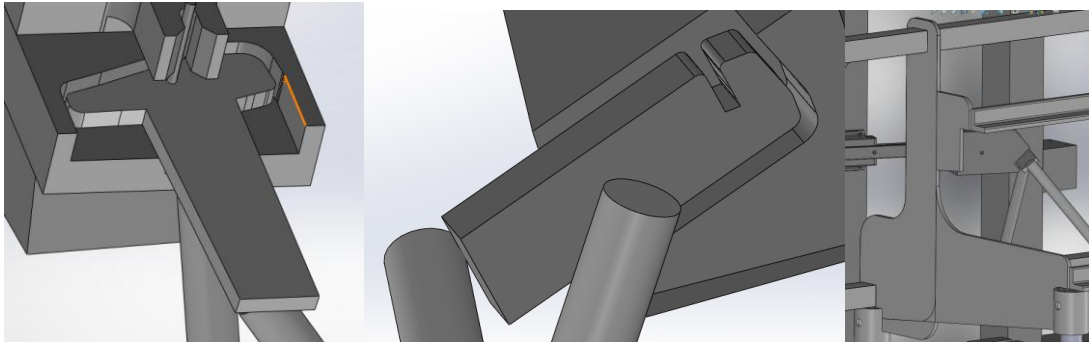


ILUSTRACIÓN 3.2 PIEZAS DE CORTE LÁSER

Estas partes son de suma importancia, ya que, con la base, tenemos la altura y posición del ángulo de la cara, y con las piezas pequeñas, aseguramos una sujeción idónea del plástico.

Este tipo de dispositivos son para producción en serie, lo cual quiere decir que se elaboran aproximadamente 200 unidades de cada JIG en todo el proyecto, haciendo un total de 2000 JIGS aproximadamente.

Los timings son muy importantes en esta industria, ya que el tiempo es dinero. El tiempo tiene un precio en cada empresa, el cual, si se ve afectado por los proveedores, se hace acreedores a una sanción monetaria para pagar ese tiempo perdido. Es por lo que, una vez establecido el timing, es de extremada prioridad cumplirlo al pie de la letra, sin retrasos.

Actualmente, el proceso de corte se desarrolla con una optimización baja, respecto a los valores establecidos como ideales. El material debe ser retrabajado, sumándole a que el tiempo de corte está demasiado lento en comparación con del valor ideal. Esto pasa con todos los calibres, tanto en acero al carbón como en acero inoxidable. Si pudiéramos cuantificar las pérdidas por tiempo, se está llevando el doble de tiempo en hacer esta operación, lo cual resulta en pérdidas de dinero por mano de obra y de materiales como esmeriles y discos de lija, para limpiar el material.

Cualquier proceso dentro de la elaboración de JIGS, que pueda acelerarse o mejorarse, significa para la empresa más dinero y mejor calidad de productos, por eso se busca optimizar la velocidad y eficiencia del corte láser, ya que son muchas piezas por elaborar y al solo contar con un láser, es posible hacer un proceso a la vez. Sumado a que se tienen trabajos con más empresas, la máquina láser nunca para.

3.- PROYECTO A DESARROLLAR

3.1 MÁQUINA LÁSER

La máquina láser con la que cuenta esta empresa es una máquina armada por la empresa McLane, cuenta con un Chuck para el corte de tubos y PTR.



ILUSTRACIÓN 3.3 MÁQUINA LÁSER 750W

Su resonador de potencia es un Raycus 750 watts RFL-C750 de fibra óptica, con una capacidad de corte según el fabricante de 5 mm en acero inoxidable y de 8 mm de acero al carbón.



ILUSTRACIÓN 3.4 RESONADOR LÁSER

Para el desarrollo de este dispositivo, se emplea acero inoxidable 304 en placas de 4 x 10 pies, ya que al momento de almacenar las piezas a la intemperie o en el proceso de decapado, los JIGS tienden a mojarse y desarrollar proceso de oxidación, y al estar directamente en contacto con el proceso de pintado de piezas, no puede haber óxido en las partes metálicas, ya que contamina la pintura y arruina toda la pieza plástica.

Para este caso, las piezas de este JIG se necesitan en placas de 3/16 pulgadas de espesor de acero inoxidable 304, el cual es un material duro y denso. Nominalmente, este material está al límite de la máquina raycus 750 w, por lo que es una tarea complicada encontrar un parámetro óptimo, ya que la potencia, no es un parámetro que podamos ajustar, pues debe estar a tope. Sin embargo, se busca un parámetro, el cual sea perfecto o en su defecto, mejore sustancialmente la calidad de corte y tiempo.

Para observar la capacidad de nuestro láser, es necesario revisar el manual de nuestro modelo, en el cual podemos encontrar la tabla de parámetros ideal de nuestro láser, en condiciones ideales dentro de laboratorio (parámetros obtenidos del manual).

Material	Espesor (mm)	Velocidad de corte (m / min)	Gas
Acero inoxidable	1	240	norte
	2	80	2
	3	25	
	4	18	
	5	10	
Acero carbono	1	150	O
	2	80	2
	3	70	
	4	30	
	5	25	
	6	18	
	8	15	

ILUSTRACIÓN 3.5 PARÁMETROS IDEALES RAYCUS 750W (FUENTE: MANUAL RYCUS 750W)

Para obtener estos parámetros de la ilustración 3.5, es necesario contactar al vendedor o al proveedor, ya que ellos cuentan siempre con las tablas, o en su defecto, podemos buscar el manual del resonador para verificar los parámetros ahí.

Si bien, esos parámetros no son 100% funcionales por diversos factores como el clima, variación de voltaje, calidad de los lentes, nivel de agua del chiller, el cual se debe revisar una vez llenado al nivel correcto, cada mes.



ILUSTRACIÓN 3.6 CHILLER PARA RYCUS 750W

Es necesario tomar en cuenta que, en este tipo de máquinas y trabajos, tenemos dos opciones de parámetros a considerar, con parámetros para calidad y con parámetros para la serie. Es necesario encontrar un buen balance entre estos dos. Por ahora nos centraremos en parámetros para la serie, que esto no quiere decir que dejemos la calidad a un lado, simplemente es encontrar parámetros donde el tiempo de corte sea nuestro valor medular, pero siempre en relación con la calidad deseada de corte.

También es importante contar con un supresor de picos y regulador de voltaje, ya que aparte de ser un filtro de protección para la máquina, aseguran una onda estable de voltaje, el cual mejoran el desempeño para un buen corte.



ILUSTRACIÓN 3.7 TRANSFORMADOR, REGULADOR, SUPRESOR

La corriente que llega de la calle por parte de CFE es pasada por el supresor de picos directamente, con un voltaje de 380 Volts. Posteriormente, el voltaje estable es pasado por un transformador que reduce el voltaje a 220 Volts y, por último, es pasado por un regulador que mantiene una tensión estable en las 3 líneas de entrada.

Gracias a esos 3 pasos de filtros, aseguramos un buen funcionamiento de la máquina, sin miedo a dañar ningún componente.

Se realiza una prueba con los siguientes parámetros, tomando en cuenta que 3/16" son 4.76 mm, el valor ideal por tablas (ilustración 3.5), debería de ser de 12mm/s:

ILUSTRACIÓN 3.8 PARÁMETROS DE CYPCUT PARA CORTAR 3/16 INOX

Haciendo la comparación de esta tabla, podemos observar que los valores están por debajo de lo ideal, ya que está demasiado lento, y en términos generales, también tenemos un corte demasiado pobre, con rebaba dura que hasta es complicado retirarla con disco de corte.

En valores externos, el foco estaba configurado a una altura de -5 mm, la presión del tanque estaba configurada a 155 psi de nitrógeno y la boquilla estaba establecida en 2 mm.

Es por ello, que se desarrolló un formato, donde se va anotando las pruebas que se realizan, ya que, no es solo un parámetro que afecta el corte, sino que son varios.

El primer paso es ajustar los parámetros digitales, para los cuales, se elaboró este formato, el cual ayuda a definir si con cada cambio de valores, hubo mejoras o no. Así como determinar el tiempo necesario para retrabajar la pieza y su costo aproximado en función de consumibles y el tiempo para su operación.

Para realizar un parámetro óptimo, la única forma es a prueba y error.

PARAMETRO	ALTURA DELENTE	BOQUILLA	VELOCIDAD	VERIFICACION DE CORTE			CICLO DE OPERACION	FRECUENCIA	COSTO INSUMOS	RETRABAJO	TIEMPO RETRABAJO
				ALTURA DE BOQUILLA	PRESION DE GAS	POTENCIA					
1.- EL PERFIL DE CORTE ESTÁ LISO?				5.- TIENE RAYAS EN PERFIL SUPERIOR O INFERIOR?				PROBLEMAS PRESENTES			
2.- DEJA ESCORIA EN TODA LA PIEZA O SOLO POR PARTES?				6.- LA ESCORIA ES DURA O SALE FACIL?				1__	2__	3__	4__
3.- HAY SÁLPICADURAS EN LA CARA SUPERIOR DEL MATERIAL?				7.- LA ESCORIA ES GRANDE O PEQUEÑA?							
4.- SE OBSERVA LUZ AZUL AL CORTAR?				8.- LA MITAD SE CORTO BIEN Y LA OTRA NO?				5__	6__	7__	8__

ILUSTRACIÓN 3.9 TABLA DE REGISTRO

Formato lleno con valores iniciales y corte resultante

PARAMETRO	ALTURA DE LENTE	BOQUILLA	VELOCIDAD	VERIFICACION DE CORTE			CICLO DE OPERACIÓN	FRECUENCIA	COSTO INSUMOS	RETRABAJO	TIEMPO RETRABAJO
				ALTURA DE BOQUILLA	PRESION DE GAS	POTENCIA					
	80	-12MM S	5	1		100%	100%	800		70	10S
1.- EL PERFIL DE CORTE ESTA LISO?	NO			5.- TIENE RAYAS EN PERFIL SUPERIOR O INFERIOR?			SUPERIOR	PROBLEMAS PRESENTES			
2.- DEJA ESCORIA EN TODA LA PIEZA O SOLO POR PARTES?	TODA			6.- LA ESCORIA ES DURA O SALE FACIL?			DURA	1 X	2 X	3	4
3.- HAY SALPICADURAS EN LA CARA SUPERIOR DEL MATERIA	NO			7.- LA ESCORIA ES GRANDE O PEQUEÑA?			PEQUEÑA				
4.- SE OBSERVA LUZ AZUL AL CORTAR?	NO			8.- LA MITAD SE CORTO BIEN Y LA OTRA NO?			BIEN	5 X	6 X	7 X	8



ILUSTRACIÓN 3.10 TABLA DE REGISTRO Y EJEMPLO DE CORTE

El número de repeticiones dependerá hasta qué punto se requiere pulir el corte, en ocasiones solo 2 pruebas son necesarias, pero a veces, más de 15 se pueden necesitar, en este caso tomo 6 repeticiones de parámetros para obtener un corte más fino, más limpio, y al doble de velocidad.

Configuración de parámetros de la capa

Parámetro global ■ Capa1

Material: Grosor: 0,0mm boquilla:

Movimiento rápido
 Perforación previa
 Retirar película
 Refrigerar nuevamente
 Corte múltiple 0
 Gas activado
 No cortar
 Seguimiento desactivado
 Modo: Estándar

Corte: Perforación

Velocidad: 11 mm/s

Altura de elevación: 50 mm

Altura de boquilla: 0.8 mm

Tipo de gas:

Presión de gas: 5 BAR

Potencia máxima: 100 %

Ciclo de operación: 750 W

Frecuencia: 100 %

4000 Hz

Tamaño del haz: 0 X

Posición de foco: -2 mm

Tiempo de retraso: 200 ms

Retraso de láser desactivado: 0 ms

Corte guía lento Longitud: 3 mm Velocidad: 15 mm/s

Parada lenta Longitud: 3 mm Velocidad: 3 mm/s

Curva de potencia
 Curva de frecuencia
 Valor absoluto

Comentarios de usuario

OK(O)

ILUSTRACIÓN 3.11 TABLA DE PARÁMETROS FINAL

PARAMETRO	VERIFICACION DE CORTE								COSTO INSUMOS RETRABAJO	TIEMPO RETRABAJO	
	ALTURA DE LENTE	BOQUILLA	VELOCIDAD	ALTURA DE BOQUILLA	PRESION DE GAS	POTENCIA	CICLO DE OPERACION	FRECUENCIA			
3/16 p4	-2s		11	0.8		100%	100%	4000	0	0	
1.- EL PERFIL DE CORTE ESTA LISO?			SI	5.- TIENE RAYAS EN PERFIL SUPERIOR O INFERIOR?			NO	PROBLEMAS PRESENTES			
2.- DEJA ESCORIA EN TODA LA PIEZA O SOLO POR PARTES?			NO	6.- LA ESCORIA ES DURA O SALE FACIL?			NO	1__	2__	3__	4__
3.- HAY SALPICADURAS EN LA CARA SUPERIOR DEL MATERIA			NO	7.- LA ESCORIA ES GRANDE O PEQUEÑA?			NO				
4.- SE OBSERVA LUZ AZUL AL CORTAR?			NO	8.- LA MITAD SE CORTO BIEN Y LA OTRA NO?			NO	5__	6__	7__	8__

Como se puede apreciar, se modificaron diferentes parámetros, así como la presión del nitrógeno, que se incrementó a 180 psi, obteniendo así esta calidad de corte

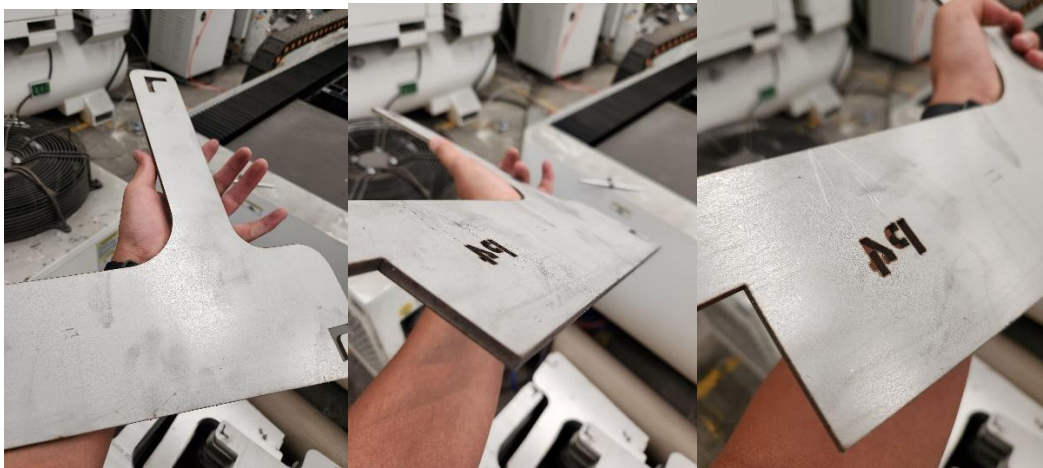


ILUSTRACIÓN 3.12 RESULTADO CORTE LÁSER

Un corte con esa calidad es sumamente importante en la industria, ya que nominalmente es más del doble de velocidad, las piezas salen más precisas ya que, en puntos importantes que sean más pequeños, como ranuras, no tendremos restos de material que sea complicado limpiar; así mismo, se anula el uso de discos de lija para las pulidoras, así como luz y el uso de las pulidoras. También la disminución del uso del nitrógeno, ya que, aunque se aumentó un poco la presión, obtuvimos más del doble de velocidad, lo que hace que significativamente disminuya su consumo.

4.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El objetivo principal consistía en implementar un estudio de métodos, realizado ya tiempo atrás, con el cual, con base en esta guía, se pueda mejorar el corte láser en cualquier máquina, en cualquier parte, ya que son observaciones generales, situaciones que le pueden ocurrir a cualquier usuario, y en cada situación, sea la máquina que sea, poder implementar este estudio como guía para mejorar.

Este estudio está desarrollado en una máquina raycus 750 W, las modificaciones que se plantean a los parámetros en este caso son para este modelo en específico, para láser de diferentes capacidades, los valores serán diferentes.

Las siguientes ilustraciones contienen observaciones que, con base en la experiencia, nos ayudan a obtener un mejor corte dependiendo de las diferentes situaciones posibles.

4.1.1 Problemas en el corte de materiales acero al carbón

Capa superior bien, capa inferior con líneas



ILUSTRACIÓN 4.2 LÍNEAS EN CAPA INFERIOR

- 1.- Presión demasiado alta
- 2.- Enfoque demasiado bajo
- 3.- Boquilla de tamaño mayor

Líneas finas superficie frontal



ILUSTRACIÓN 4.3 LÍNEAS SUPERFICIALES

- 1.- Presión demasiado alta
- 2.- Velocidad de corte baja

Escoria



ILUSTRACIÓN 4.4 ESCORIA

- 1.- Presión demasiado baja
- 2.- Enfoque demasiado bajo
- 3.- Boquilla de tamaño menor
- 4.- Velocidad de corte rápida

Exceso de quema

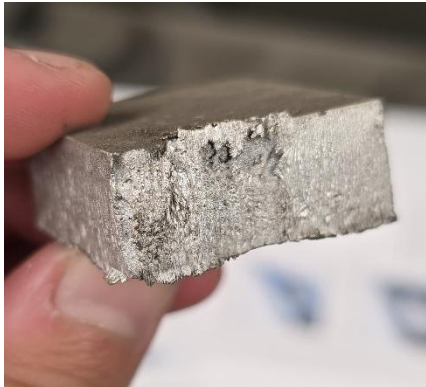


ILUSTRACIÓN 4.5 EXCESO DE QUEMA

- 1.- Presión demasiado alta
- 2.- Velocidad muy baja

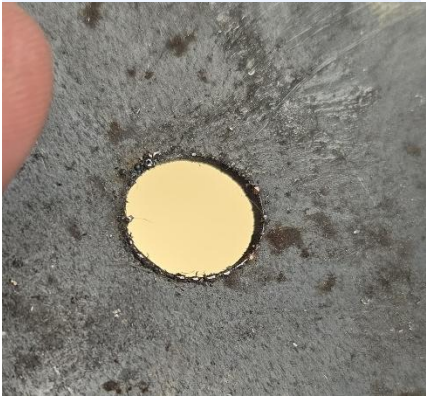
Mitad buena, mitad mala



ILUSTRACIÓN 4.6 MITAD BUENA, MITAD MALA ACERO AL CARBÓN

- 1.- Boquilla obstruida o dañada
- 2.- Velocidad muy rápida
- 3.- Lente sucio
- 4.- Lente no centrado

Marcas finas parte inferior y metal fundido



- 1.- Velocidad muy lenta

ILUSTRACIÓN 4.7 MARCAS FINAS Y METAL FUNDIDO

Escoria y zonas sin corte



- 1.- Velocidad muy rápida
- 2.- Presión baja
- 3.- Lente no centrado

ILUSTRACIÓN 4.8 ESCORIA Y ZONAS SIN CORTE

Líneas finas



- 1.- Velocidad muy alta

ILUSTRACIÓN 4.9 LÍNEAS FINAS

Líneas gruesas



ILUSTRACIÓN 4.10 LÍNEAS GRUESAS

- 1.- Presión muy alta
- 2.- Enfoque alto

4.1.2 Problemas en el corte de materiales acero inoxidable

Escoria rayada inferior



ILUSTRACIÓN 4.11 ESCORIA RAYADA

- 1.- Presión muy baja
- 2.- Lente alto

Capas superficie corte



ILUSTRACIÓN 4.12 CAPAS EN CORTE

- 1.- Presión muy alta
- 2.- Enfoque bajo
- 3.- Distancia de boquilla baja

Capa quemada capa inferior



- 1.- Enfoque alto

ILUSTRACIÓN 4.13 CAPA QUEMADA

Pequeñas rebabas parte inferior



- 1.- Velocidad de corte alta
- 2.- Posición de enfoque baja

ILUSTRACIÓN 4.14 PEQUEÑAS REBABAS

Pequeñas rebabas puntuales



- 1.- Enfoque bajo

ILUSTRACIÓN 4.15 PEQUEÑAS REBABAS PUNTUALES

Sección de corte y luz azul



- 1.- Enfoque bajo
- 2.- Velocidad de corte alta
- 3.- Mal punto de inicio

ILUSTRACIÓN 4.16 SECCIÓN DE CORTE

Mitad buena, mitad mala



- 1.- Boquilla obstruida o dañada
- 2.- Velocidad muy rápida
- 3.- Lente no centrado

ILUSTRACIÓN 4.17 MITAD BUENA, MITAD MALA ACERO INOXIDABLE

Saber si la potencia del láser es buena

Sección de Corte



La Potencia
del Láser es
Adecuada



La Potencia
del Láser es
Demasiado
Grande



La Potencia
del Láser es
Demasiado
Pequeña

ILUSTRACIÓN 4.18 DIFERENCIA EN CORTE TRANSVERSAL POR POTENCIA

Chispa de Corte

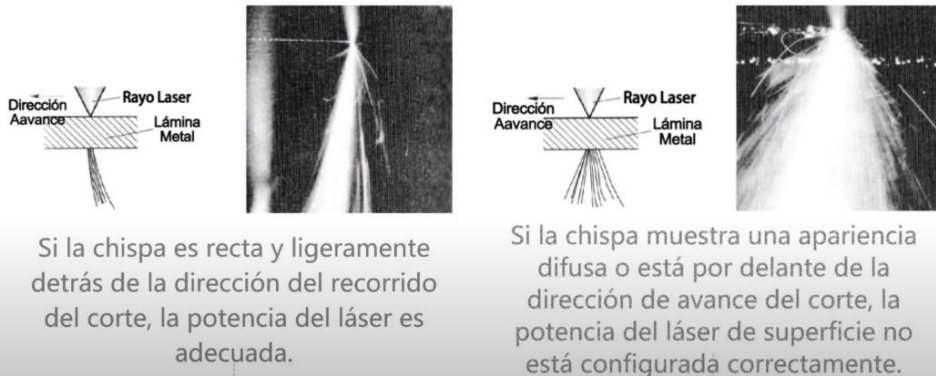


ILUSTRACIÓN 4.19 COMPORTAMIENTO DE LA CHISPA RESPECTO A VELOCIDAD (FUENTE: SPIERLASER.COM)

Cuando hablamos de foco positivo, negativo o cero, esto es lo que se observa físicamente en nuestro material, es el equilibrio que debemos encontrar.

Es importante, mediante la experiencia, identificar que hacer en cada caso, ya que, tenemos la misma solución para diferentes problemáticas.

Con base en estas observaciones, se realiza esta prueba en todos los parámetros que se puedan cortar con la máquina, para establecer un parámetro ideal para cada tipo de material. Mejorando el tiempo de corte, tiempo de limpieza, gasto en gas de corte y así como el daño a los consumibles del láser.

4.3 COSTO DE INSUMOS EMPLEADOS

CONCEPTO	ANTES	AHORA
Sueldo del trabajador que va a retrabajar las piezas	100%	0%
Sueldo operador máquina	100%	44%
Nitrógeno utilizado para el corte del material	100%	50%
Uso de discos de lija	100%	0%
Lentes de cabezal láser	100%	50%
Capacidad de producción de JIGS	66%	100%
Uso de energía eléctrica	100%	50%

4.3.1 Gráfica costo beneficio

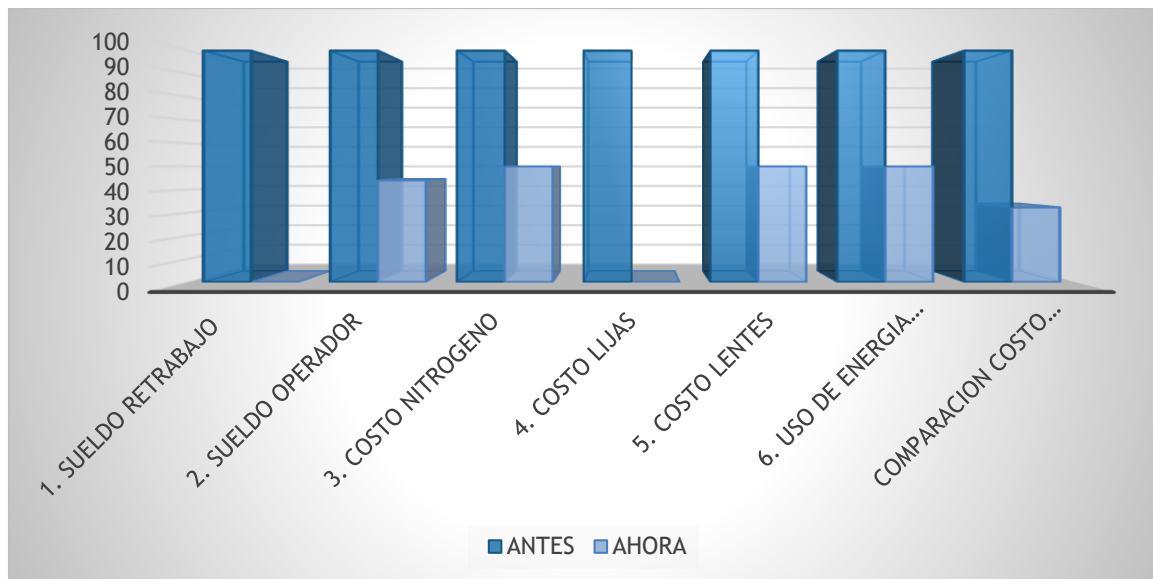


ILUSTRACIÓN 4.20 GRAFICA COMPARACIÓN DE COSTOS

4.5 CONCLUSIONES

Este proyecto es de proceso continuo, el día a día hará que se vayan puliendo detalles y hará que se compruebe el funcionamiento de este.

En el tiempo que se ha implementado en la empresa, con calibres en específico, se ha notado una mejora sustancial en la calidad y el tiempo de corte. Así como en el tiempo de retrabajo, que, en algunos casos, se omite este paso completamente al tener una calidad de corte perfecta o aceptable para las necesidades de cada corte.

La repetitividad de piezas es de suma importancia en SIMSA, se ha logrado ver satisfactoriamente un incremento en la producción de estas, y se logra observar una disminución en el costo de los consumibles, ya que los lentes tienen un funcionamiento óptimo, y los gases, al tener una velocidad de corte mayor, tendremos un ahorro proporcional de estas materias.

De igual manera, es posible realizar trabajos con calibres más grandes a los que se venían ofreciendo, ya que se obtiene un buen corte, con un acabado fino, lo que nos permite brindar un servicio de calidad a los clientes que así lo requieran.

Se logró implementar en una máquina láser Bodor 3000 W, este sistema de ayuda para la obtención de parámetros óptimos, y el resultado fue satisfactorio. Si bien el software es diferente, el principio básico es el mismo: observación del corte, modificar parámetros y cortar.

Así mismo, he podido desarrollarme como profesional en esta empresa, realizando actividades que van de la mano con mi carrera, destacando el ser operador de máquina láser, CNC 5 ejes, soldadora láser. Así como el saber realizar mantenimiento a estas máquinas. Así mismo el ser diseñador en 3D y poder realizar manufactura de todas las piezas, y también el saber usar el escáner 3D y realizar la respectiva ingeniería inversa para comparar las muestras físicas, con los datos CAD.

También fui capaz de realizar un upgrade a una máquina láser, cambiando, instalando y poniendo en marcha todos los periféricos necesarios para realizar esta tarea de modo correcto.

De igual manera y aunque un poco menos relacionado con mecatrónica, estoy capacitado para utilizar herramientas como torno, fresadora, máquina de soldar, troqueles, dobladoras, etc.

Cualquier cosa que necesite diseño y fabricación, sin ningún problema lo puedo realizar satisfactoriamente, ya que cuento con los medios y conocimientos para realizarlo de manera exitosa y de calidad.

4.7 BIBLIOGRAFÍA

-Plata, L. D. J. S. (2019). *Cómo hacer un perfil proyecto de investigación científica*. Palibrio.

- Lopez, V. (2022). *Industria automotriz aporta hasta 43.4% al PIB estatal*. Milenio. <https://www.milenio.com/negocios/aporte-de-la-industria-automotriz-al-pib-en-puebla>

- *Tips sobre láser, router y micropercusion*. (2017, 9 de mayo). Fallas frecuentes en el corte y grabado láser. <http://dtmaq.blogspot.com/2017/05/fallas-frecuentes-en-el-corte-y-grabado.html>

- Trotec. (2022, 7 de julio). *¿Qué son y para qué sirven los parámetros láser?* <https://www.trotecláser.com/es-mx/ayuda-y-asistencia/centro-de-ayuda/definicion-parametros-láser>

- Chávez Capo, Anselmo. (2023, 7 de febrero). *Reporte Económico y Financiero del 27 al 2 de febrero del 2023*. <https://upress.mx/estrategia-y-competitividad/10194-reporte-economico-y-financiero-del-27-al-2-de-febrero-del-2024>

- SIMSA. (2021). <https://www.simsadecv.com.mx>