



**Universidad José Antonio Páez**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL  
PARA UNA MÁQUINA PERFORADORA DE  
LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK  
ASSEMBLY C.A.**

**Autor:**

Ramírez, Neomar

**C.I. 26.960.661**

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA  
PERFORADORA DE LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK ASSEMBLY  
C.A.**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autor:**  
Ramírez, Neomar  
C.I. 26960661  
**Tutor:** Ing. Antonio Rodríguez  
C.I. 14.923.464

San Diego, agosto 2021



FI-E-004-2021-ICR (TG)

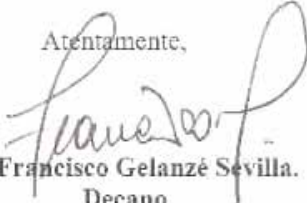
Valencia, 21 de julio de 2021

Ciudadano:  
Ramírez Niño, Neomar Antonio.  
Cl. 26.960.661  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 25-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA DE PERFORACIÓN DE LAMINAS PARA ALMACENAR OBJETOS Y/O HERRAMIENTAS EN LA EMPRESA RUBIK ASSEMBLY C.A.**, presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Se ratifica la designación del Ing. Antonio Rodríguez C.I: 14.923.464 como Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

  
Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.  
Decano



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

GF/aa



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
 COORDINACIÓN DE PASANTÍAS Y TRABAJO DE GRADO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE APROBACIÓN DEL INFORME DE PASANTÍA O  
 TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA  
UNA MÁQUINA PERFORADORA DE LAMINAS EN LA  
EMPRESA ROBAR. ASSEMBLY. CA

Realizado por el (la) Br. NEOMAR A RAMÍREZ N.

C.I. N° 26.960.669, cursante de la carrera de Ingeniería ELECTRÓNICA hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D<sup>º</sup> VEINTE (20 PUNTOS)

El Jurado

[Firma]  
 Profesor académico (coordinador)  
 Nombre: ANTONIO RODRÍGUEZ  
 C.I. V-14923469

[Firma]  
 Jurado (1)  
 Nombre: WILMAY SERRA  
 C.I. 7132476

[Firma]  
 Jurado (2)  
 Nombre: WILSON ESPINOZA  
 C.I. 9885895

Fecha: 15/09/2023.

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la solvencia Académica

Nombre del Graduando:  
 C.I.  
 Fecha:

[Firma]  
 Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

SEMESTRE: 2021-10R






**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, ingeniero Antonio Rodríguez, portador de la cédula de identidad N° 14.923.464 en mi carácter de tutor del proyecto del trabajo de grado presentado por el ciudadano Neomar Ramírez, portador de la cédula N°: 26.960.661 respectivamente, titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK ASSEMBLY C.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los \_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año dos mil veintiuno.



---

Ing. Antonio Rodríguez  
C.I.: 14.923464

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a **Dios** por guiarme y acompañarme cada día, por darme su gracia y bendiciones para el logro de este objetivo. ¡Señor, contigo todo lo puedo, sin ti nada puedo lograr!

**A mis padres y mi hermano**, he sido bendecido con una familia maravillosa, llena de luz y fuerza. Gracias a ellos se lo que es el amor, el trabajo duro, la constancia y la fortaleza, no existen palabras ni forma de expresarles cuanto los amo y cuanto les debo. A mi padre Omar Ramírez, a quien amo y quien es mi ejemplo a seguir, hombre constante, amoroso, trabajador y excelente compañero. A mi madre Nelly Niño, quien me guio para que este trabajo fuese posible ¡Gracias madre!

**A mi Novia, María Gabriela, mi** compañera de vida, mi felicidad en los momentos difíciles y mi apoyo en cada triunfo. Por creer en mí cuando yo no pude y luchar por nuestros sueños.

**A mi familia**, porque con sus oraciones, consejos y amor hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan cada día en todos mis sueños.

A la **Universidad José Antonio Páez** por ser mi casa de estudios en este tiempo y abrirme sus puertas para ser uno de sus egresados.

A los **profesores** que me dieron clases durante mi pregrado, los cuales me brindaron sus experiencias, fortaleciendo así mis competencias, en especial a mi tutor Ing. Antonio Rodríguez, quien a través de sus orientaciones me permitió ir llevando cada paso de manera segura.

A todos muchas gracias

*Neomar Antonio Ramírez*

## DEDICATORIA

Este presente trabajo investigativo lo dedico **principalmente a Dios**, por ser mi guía y por darme las fuerzas para continuar este proceso a pesar de las dificultades.

**A mi madre y a mi padre**, el mejor ejemplo de dedicación, lucha y perseverancia, por ayudarme a crecer cada día y enseñarme que con esfuerzo nada es imposible.

**A mi familia Ramírez Niño** por brindarme su apoyo en cada paso que di, por cuidarme y aconsejarme cuando más lo necesito.

**A mi novia, María Gabriela** por apoyarme, cuidarme y estar siempre a mi lado, me ha ayudado a lograr cosas que no creía posible, mi apoyo y mi pilar. Por acompañarme cuando la vida se puso difícil, darme las energías cuando no las tenía, este logro fue más sencillo gracias a ella.

**A mis amigos y compañeros de clases**, por estar incondicionalmente a mi lado y ser esa fuerza tan increíble en mi vida.

*Neomar Antonio Ramírez*

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	Pág.
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	VI
<b>DEDICATORIA</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	X
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	X
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	XI
<b>RESUMEN</b> .....	XII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación de la Investigación .....	6
1.5 Alcances y limitaciones.....	7
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	11
2.2.1 El diseño de Sistemas de Control .....	11
2.2.2 La Automatización.....	16
2.2.3 Control Numérico Por Computadora O CNC.....	18
2.2.4 Punzonado.....	28
2.2.5 Protocolo de Comunicación.....	30
2.2.6 Las Láminas.....	33
2.2.6 Matriz de selección o priorización.....	34
2.4 Bases legales.....	37
2.3 Definición de Términos.....	40
<b>III MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo de Investigación.....	42
3.2 Diseño de la Investigación.....	42
3.3 Nivel de la Investigación.....	43
3.4 Población y Muestra.....	43
3.4.1 Población.....	43
3.4.2 Muestra.....	44
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	44
3.5.1 Técnica de Recolección de Datos.....	44
3.5.2 Instrumentos utilizados en la recolección de Datos.....	45

3.6 Técnica de análisis de información.....	46
3.7 Fases de la investigación.....	46
<b>IV RESULTADOS</b>	
4.1 Fase I: Diagnóstico de la situación actual del proceso de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A.....	48
4.1.1 Descripción la lámina perforada y su proceso actual de producción.....	49
4.1.2 Descripción del área de trabajo y sus condiciones.....	53
4.1.3 Resultados de la entrevista estructurada aplicada al personal de la empresa.....	57
4.1.4 Ficha técnica de la lámina perforada.....	57
4.2 Fase II: Determinación de los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas....	58
4.2.1 Requisitos para el punzonado.....	58
4.2.2 Sistema móvil.....	63
4.2.3 Parámetros para la Selección del motor.....	69
4.2.4 Driver controlador para el motor seleccionado.....	73
4.2.5 Resumen de los requerimientos técnicos para la propuesta del control del proceso de una máquina de perforación de láminas.....	74
4.3 Fase III: Diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.....	75
4.3.1 Diagrama de flujo del diseño del Sistema de Control de proceso.....	75
4.3.2 Configuración del firmwere GRBL en el controlador del sistema el Arduino UNO.....	77
4.3.3. Diseño del sistema de control.....	78
4.4: Fase IV: Evaluación de la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto	90
4.4.1 Factibilidad operativa.....	90
4.4.2 Factibilidad técnica.....	91
4.4.3 Factibilidad ambiental.....	92
4.4.4 Factibilidad social.....	93
4.4.5 Factibilidad económica.....	94
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	98
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	100
<b>ANEXOS.....</b>	104
A.- Validación del instrumento.....	105
B.- Entrevista aplicada al personal de la empresa.....	109
C.- Universal G Code Sender.....	113

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>Pág.</b>
1 Códigos de programación G y M.....	27
2 Oportunidades Laborales en CNC.....	29
3 Condiciones Operativas actuales de la planta Rubik Assembly C.A.....	55
4 Ficha técnica de lámina porta herramientas.....	57
5 Ventajas y Desventajas de los Sistemas Hidráulico y Neumático.....	61
6 Ventajas y Desventajas de las alternativas consideradas en la transmisión de movimiento.....	64
7 Ventajas y Desventajas de las alternativas consideradas de las guías de desplazamiento.....	66
8 Comparativa entre motores paso a paso y servomotor.....	68
9 Características del motor seleccionado.....	73
10 Resumen de los requerimientos técnicos.....	74
11 Resumen de las configuraciones del GRBL.....	77
12 Valorización de la factibilidad operativa.....	91
13 Valorización de la factibilidad técnica.....	92
14 Valorización de la factibilidad ambiental.....	93
15 Resumen del costo de inversión de la propuesta planteada.....	95
16 Resumen del costo de inversión de perforación de lámina.....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Pág.</b>
1 Láminas Perforadas Para Almacenar Objetos y/o Herramientas .....	4
2 Componentes de una Máquina CNC.....	23
3 Proceso de punzonado.....	30
4 Productos elaborados por la empresa.....	49
5 Área de ubicación de lámina galvanizada.....	50
6 Espacio destinado para la ubicación de la lámina perforada entre los estantes.....	50
7 Patrón de perforado de la lámina requerida.....	51
8 Máquina perfiladora (Roll Forming) y doblez en L de lámina.....	51

9	Cabina de pintado, horno y tanque de desengrase.....	52
10	Laminas terminadas y flejadas.....	52
11	Organigrama de la empresa Rubik Assembly C.A.....	53
12	Lay Out actual de la empresa Rubik Assembly C.A.....	54
13	Fórmulas para calcular el perímetro en función de la forma geométrica del utillaje.....	61
14	Flujograma del diseño del sistema electrónico a proponer.....	76
15	Características del Driver TB6600.....	79
16	Conexión del motor al driver TB6600.....	81
17	Puntos de conexión del Arduino UNO.....	82
18	Montaje del motor en el eje X.....	83
19	Montaje del motor en el eje Y.....	83
20	Montaje de los finales de carrera.....	84
21	Simulación virtual del sistema diseñado.....	85
22	configuración en el UNIVERSAL G CODE SENDER del GRBL.....	86
23	visualización del UNIVERSAL G CODE SENDER del código G.....	87
24	activación de la punzonadora en la ubicación requerida.....	87
25	Flujograma del proceso de arranque de la máquina.....	88
26	Esquema frontal de la maquina en solidwork	89
27	Ubicaciones del sistema de control	89

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Pág.</b>
1 Tolerancias de Corte Orientativas para el Punzonado de Diferentes Materiales.	60
2 Matriz de Selección entre el Sistema Hidráulico y Sistema Neumático...	63
3 Matriz de Selección entre las alternativas consideradas de transmisión de movimiento.....	65
4 Características del piñón en el sistema piñón- correa dentada.....	65
5 Matriz de Selección entre las alternativas consideradas de las guías de desplazamiento.....	67
6 Matriz de Selección entre motor paso a paso y servomotor.....	69
7 Configuración para los micropasos.....	80
8 Configuración para el paso de la corriente.....	80



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA  
PERFORADORA DE LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK ASSEMBLY  
C.A.**

**Autor:** Neomar Ramirez.

**Tutor:** Ing. Antonio Rodríguez

**Fecha:** agosto, 2021.

**RESUMEN**

El presente trabajo de grado tiene como objetivo, proponer el diseño de un sistema de control para una máquina perforadora de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A., debido a que actualmente esta empresa elabora una parte de la lámina, pero no posee la tecnología adecuada para producirla de manera total. Basado en esto, se realizó una investigación para determinar de qué manera se podría desarrollar este objetivo, para ello se utilizó la metodología de un proyecto factible, con un diseño de campo y documental a un nivel descriptivo. Además, se establecieron cuatro fases las cuales permitieron desarrollar cada objetivo específico que conduce al propósito general. Así en la fase I se diagnosticó el estado actual del proceso, las condiciones operativas requeridas por la empresa y se determinó las características técnicas de la lámina. En la fase II se analizaron los requerimientos técnicos que demanda este proceso llegándose a la conclusión de que el diseño del sistema de control a proponer es para la mesa que contendrá la lámina la cual es la que se moverá en los ejes X y Y para que la punzonadora realice la perforación. En la fase II se muestra el flujograma del diseño propuesto y las diferentes conexiones del sistema, llegándose hasta la simulación virtual del sistema. En la fase IV se hizo la evaluación operativa, técnica, ambiental, social y económica, dando como resultado que la propuesta diseñada es factible para todos estos aspectos.

**Descriptor:** sistema de control, automatización, perforación.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de grado titulado "Diseño de un sistema de control para una máquina perforadora de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A.", se plantea la propuesta de un sistema que pueda ser instalado en una máquina perforadora para que se automatice el proceso de perforación de la lámina y además la empresa pueda disponer del activo para otras actividades propias de la empresa. Esto es debido a que actualmente la empresa no cuenta con esta tecnología y debe mandar a perforar la lámina con terceros, incrementando con ello el costo de la misma. Para ello se ha visualizado un diseño con tecnología CNC (control numérico por computadora) donde se tenga un control en el proceso de perforación de tal manera que se obtenga precisión, rapidez, calidad y productividad, lo que se traduce en ventajas económicas para la empresa.

Para realizar este estudio, la investigación se estructuró por capítulos, donde de manera clara, concisa y organizada, se recogió la información pertinente que condujo a identificar los elementos necesarios que pueden ser utilizados para el diseño, los que a su vez fueron analizados encontrando así aquellos que sean pertinentes y adecuados y que además se adapten a las necesidades de la empresa. Estos constituirán el diseño que permitirá cumplir el objetivo planteado. Por consiguiente, para el presente trabajo de grado, los capítulos están estructurados de la siguiente manera:

- Capítulo I: describe el Planteamiento del Problema, las interrogantes del investigador que orientan la estructuración del objetivo general, los objetivos específicos y finaliza con la exposición de la justificación y el alcance del estudio.
- Seguidamente, se presenta el Capítulo II: donde se desarrolla el marco teórico, en donde se presentan los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, bases

legales y definición de términos básicos, las cuales permiten el entendimiento teórico en cuanto a todo lo relacionado al sustento conceptual de la investigación.

- De la misma manera, se describe el Capítulo III: el cual hace referencia al marco metodológico en donde se define el tipo de investigación, la población, la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y las técnicas de análisis de datos, capítulo que orienta el futuro desarrollo de la investigación en cuanto resultados y posibles conclusiones y recomendación.
- En el capítulo IV denominado Resultados, se presenta el desarrollo de las fases, las cuales están asociadas a los objetivos específicos de la investigación y conducen al cumplimiento del objetivo general. Estas fases son: Diagnóstico de la situación actual del proceso de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A, Determinación de los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas, Diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A, Evaluación de la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto.
- Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llega como resultado de esta investigación

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 El Planteamiento del Problema

La actividad fundamental que realiza toda empresa es la producción, que consiste en la utilización de los factores productivos y de los inputs intermedios para obtener bienes y servicios. La actividad económica productiva consiste en la transformación de materias primas y productos semielaborados en bienes, mediante el empleo del trabajo, el capital y otros factores. Se considera actividad productiva no solamente la producción de bienes físicos, sino también la prestación de servicios (comercialización, sanidad, enseñanza, transportes, investigación, etcétera). Cualquiera que sea el producto o servicio que la empresa tiene que llevar a cabo, el empresario tiene que tomar diariamente múltiples decisiones sobre su actividad productiva. De todas ellas las dos más relevantes son qué cantidad producir y cómo producir.

En lo que respecta a cómo se debe producir, es decir, qué métodos son eficientes técnicamente en la producción y en qué proporciones se deben emplear los distintos factores, los encargados de la empresa deben hacer estudios que conlleven a seleccionar aquellos que se adecuen a sus procesos y determinar así la tecnología que le resulte más eficiente. La tecnología comprende no sólo a la maquinaria empleada por las empresas, sino también a la forma de combinar los medios humanos y materiales para elaborar bienes y servicios. Es decir, es el conjunto de procesos, procedimientos, equipos y herramientas utilizados para producir dichos bienes y servicios. Una adecuada selección de la tecnología conlleva a un incremento de la productividad y rentabilidad para la empresa. Es decir, Las empresas experimentan un aumento en la rentabilidad cuando resulta menos costoso producir sus bienes y servicios.

En este orden de ideas se presenta la empresa Rubik Assembly C.A., la cual se dedica a la fabricación de racks industriales y soluciones a nivel de ingeniería, en el mercado nacional con miras de hacerlo también en el mercado internacional. Uno de los objetivos principales de la empresa Rubik Assembly C.A., es mejorar la calidad y capacidad de los procesos, a través de sus productos y servicios, ofreciendo a sus clientes la más alta calidad, basándose para ello en la mejora continua de sus operaciones y procesos. Generalmente su mercado mayoritario se basa en satisfacer los modos de almacenamiento de empresas manufactureras y de servicio, áreas comerciales, entre otras. Dentro de los productos que oferta se tiene las láminas perforadas para almacenar objetos y/o herramientas, (ver fig 1) las cuales tienen una alta demanda en el área comercial, tales como ferreterías y supermercados, pero también su demanda se observa en diferentes empresas manufactureras y de servicio, como talleres mecánicos.



**Figura 1:** láminas perforadas para almacenar objetos y/o herramientas.  
Recuperado de: <http://www.metalracks16.com/products/mallas38.html>

Actualmente la empresa Rubik Assembly C.A., es surtidor exclusivo de estantería tanto de almacenamiento como de exhibición de productos en empresas como Nestlé y Makro, siendo esta última uno de los clientes que más demanda las láminas perforadas para almacenar objetos y/o herramientas, tanto de manera unitaria como combinadas con los estantes exhibidores de productos. Es importante destacar

que para este año 2021, la empresa Rubik Assembly C.A, está surtiendo de manera total una de las sucursales de Makro en cuanto a su estantería se refiere, para la cual requiere de un pedido total de 800 láminas perforadas, sin embargo al hacer un análisis de los costos para fabricarlas ha observado que su producción es costosa y para asegurar el cliente está ofertando una lámina que no lleve la perforación sino una guía con ganchos para almacenar, lo cual puede ser no aceptado por el cliente y generar con ello la pérdida de la exclusividad que tiene.

La causa que arrojo un costo alto en la producción de la lámina se debe a que al revisar el proceso de elaboración de estas laminas observó que el patrón de perforado es muy difícil de obtener de manera manual, ya que no posee una tecnología automática que permita realizar este perforado de manera apropiada, sin embargo, las demás operaciones para elaborar la lámina pueden ser realizadas sin ningún problema en la planta. Al investigar en el mercado encontró que la operación de perforado la puede realizar con terceros. Sin embargo, esta operación le resulta costosa en sus condiciones actuales, ya que la empresa foránea le cobra 20\$ por lámina solo por perforarla, generando con ello un alto costo para la empresa, ya que además del costo del perforado se agregan otros costos tales como operaciones de acondicionamiento de la lámina, transporte, gastos administrativos e impuestos. Esto genera que el precio que oferta al cliente sea elevado, lo cual puede conllevarle a perder el cliente y disminuir parte del mercado que atiende, incidiendo así negativamente en la rentabilidad de la empresa.

Si se observa el pedido que tiene actualmente de 800 láminas perforadas, se puede determinar que solo en la operación de perforado debe invertir un aproximado de 16000 \$, sin tomar los costos de transporte, administrativos y de impuesto, lo cual no le es rentable.

Basado en esto, la gerencia de la empresa ha visto la necesidad de que se diseñe una máquina que automáticamente realice la perforación de la lámina, ya que además de evitar el tener que llevarlo a un tercero, satisfacer las exigencias de los clientes,

brindaría un servicio completo y tendría un activo que le permitirá diversificar los productos que oferta, lo que se traduce en ventajas económicas para la empresa.

## **1.2 Formulación del Problema**

De acuerdo a lo anterior se formula la siguiente ¿De qué manera se puede controlar la perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer el diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el proceso de elaboración de la laminas porta herramientas en la empresa Rubik Assembly C.A.
- Determinar los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas.
- Diseñar un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.
- Evaluar la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

La problemática objeto de estudio de esta investigación, se centra en la necesidad que tiene la empresa Rubik Assembly C.A, de producir de manera total la lámina para almacenar objetos y/o herramientas, ya que actualmente la operación de perforación de agujeros la realiza con terceros puesto que en esta empresa no se tiene la tecnología adecuada para realizarlo. Esta operación le resulta costosa en sus condiciones actuales, lo que genera que la empresa deba aumentar el precio del producto trayendo como consecuencia una baja en su rentabilidad en su producción y por una perdida posible de sus clientes al no satisfacer los precios esperados

Basado en esto se propone el diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas y con ello facilitar la operación de perforado. Esta investigación tiene un impacto directo en los rubros que ofrece la empresa Rubik Assembly C.A, ya que le permitiría operar de una manera adecuada, con precisión, rapidez y la calidad esperada y que no se exceda los tiempos en sus procesos de manufactura inherentes en la producción de láminas, además de reducir los costos de proceso, los costos de tercerización y costos administrativos.

También es importante resaltar la trascendencia de que sean cumplidos los tiempos en función a los compromisos adquiridos con los clientes, ya que afianzaría a la empresa como una firma responsable al momento de encarar proyectos de envergadura, de esa manera estaría proyectando la marca sólidamente en un mercado tan exigente como lo puede llegar a ser el del sector logístico y sus múltiples variantes en función a las necesidades.

Como valor agregado se puede indicar que esta investigación permite aplicar los conocimientos adquiridos académicamente en la universidad y se convertirá en un material de apoyo para futuras investigaciones.

### **1.5 Alcances y Limitaciones**

Para efectos de la propuesta, el alcance de ésta se circunscribe solo al diseño del sistema de control de proceso para la máquina, el cual será presentado ante la empresa para su aprobación. La ejecución física de la propuesta, el diseño mecánico y la implementación de la máquina lo asumirá la empresa Rubik Assembly C.A.

En cuanto a las limitaciones se tienen las visitas a la empresa, las cuales serán muy puntuales debido a las condiciones de bioseguridad que establece la empresa.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Según Arias, F. (2012): “El marco teórico o marco referencial es el producto de la revisión documental – bibliográfica y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones que sirven de base a la investigación por realizar” (p.106). Por otro lado, Balestrini, (2002), lo define como: "el resultado de la selección de aquellos aspectos más relacionados del cuerpo teórico epistemológico que se asume, referidos al tema específico elegido para su estudio". (p.91). Así mismo, actúa como respaldo, orientando la búsqueda de otros datos relevantes de tal forma que se pueda manejar la información y tener un sistema coordinado que permitan abordar el problema.

#### **2.1 Antecedentes**

Para Arias, F. (2012), los antecedentes son considerados investigaciones anteriores al problema actual que se plantea, por lo tanto, logran cumplir un papel fundamental ya que sustentan datos que permiten analizar y comparar problemas que ya han sido tratados y que guardan relación con el tema de investigación actual, presentando diferentes perspectivas y aportes a la presente investigación. En base a esto, a continuación, se presentan los siguientes antecedentes

Cardozo, A. (2019), presentó un trabajo de grado titulado, **“Propuesta de un diseño de control automatizado para el proceso de preparación de pulpas de papel”**, en la Universidad José Antonio Páez, para optar al título de Ingeniero Electrónico. El objetivo de esta investigación era mantener el control de consumo de materias primas, así como la estabilidad en los parámetros de calidad y el gramaje de la hoja en las bobinas de papel producidas, a través del diseño de un sistema de control automatizado. Para su desarrollo, el autor utilizó como técnicas de recolección de datos; la observación directa y la revisión documental.

En lo que respecta a la línea de investigación, esta se sitúo en la intersección de las áreas de conocimiento de la automatización industrial y el control e instrumentación mecatrónica. Dentro de las ventajas que ofrecía este diseño, al autor indica que: este sistema podrá reducir los costos de producción e incrementar las ganancias en la elaboración y comercialización de los diferentes tipos de papel. En consecuencia, llego a la conclusión de que el diseño del sistema de control es totalmente factible, ya que el mismo llevaría a reducir la dependencia de la intervención humana en los procesos involucrados en preparación de pulpas y elaboración de bobinas de papel, además de ser de gran ayuda para futuros proyectos relacionados al campo de la investigación en la producción de pulpa y papel.

El aporte de este trabajo de investigación radica en el proceso utilizado para el diseño de un sistema de control automatizado, lo cual es parte del objetivo perseguido en este trabajo investigativo.

Asimismo, Montoya, A. (2018), presentó un trabajo de grado titulado **“Desarrollo y Montaje de una Máquina de Control Numérico basado en la Plataforma Arduino”**, en la Universidad Politécnica de Valencia, Campus Alcoy, España, para optar al título de Ingeniero en Electricidad. El presente trabajo tuvo por objeto el diseño y montaje de una máquina de control numérico (CNC) de bajo costo específicamente diseñada para el fotograbado láser en distintos materiales, tales como: PMMA, PVC, madera y cuero. Para la construcción de dicha máquina, el autor usó programas de código libre, recuperación de antiguos equipos electrónicos y diferentes materiales de bajo costo. En su diseño, el autor indica que la máquina estará controlada por una placa Arduino a la que se le añadió una placa CNC Shield V 3.00. asimismo, Dispone de una estructura de aluminio con dos grados de libertad (X e Y), motores paso a paso Nema 17, una fuente ATX y diferentes piezas que fueron construidas a la medida mediante el uso de una impresora 3D para alojar los motores y engranajes. El cabezal láser que eligió es de una potencia de 500 mW el cual trabaja con una longitud de onda de 405 nm. Para el desarrollo de este trabajo el autor especificó varios elementos: Materiales de bajo coste y dispositivos electrónicos

reciclados, uso de plataformas de código libre, Diseño previo de la CNC en software CAD, montaje de la máquina en DM y perfiles de aluminio ranurado, implementación de la electrónica y el control de la CNC de dos ejes, obtención de fotograbados láser en tres tipos materiales. La metodología utilizada fue la de un proyecto especial, basado en un diseño de campo con un nivel descriptivo.

El aporte que ofrece este trabajo a la presente investigación radica en la utilización y manejo de elementos técnicos como el control numérico y la placa arduino, lo cual es similar a lo que se requiere en el diseño propuesto.

Por último, Valdiviezo, M. y Negrete, T. (2018), presentaron un trabajo de grado titulado “**Diseño e implementación de un prototipo de sistema de control numérico computarizado para la elaboración de circuitos impresos en baquelita**”, en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, para optar al título de Ingeniero Electrónico. El objetivo de esta investigación fue desarrollar una estación de trabajo que complementase la asistencia a los trabajos de los estudiantes que utilizan los equipos del laboratorio de diseño y control de esta universidad. El diseño consistió en la construcción de una máquina CNC dedicada a la elaboración de circuitos impresos a través de la fabricación por fresado. Para el diseño de esta máquina los autores utilizaron una interfaz por computador e interfaz manual para cargar los archivos desde un PC o desde una memoria extraíble. Con la implementación de este prototipo, los autores pretendieron tecnificar el proceso de elaboración de PCB, mediante la herramienta de CNC, para reducir de esta forma el tiempo de elaboración de estos circuitos además de evitar daños producidos por el uso del cloruro ferroso. Los autores utilizaron como metodología el método Inductivo, a través de estudios numéricos, diseños de hardware, pruebas, comunicación Arduino, calibración y ajuste final.

El aporte de este trabajo de investigación radica en la base teórica utilizada por estos autores para su diseño, la cual guarda estrecha relación con esta investigación.

## **2.2 Bases Teóricas**

Según Arias, F. (2012), define las bases teóricas como: “Son las que implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado.” (p.108). En este sentido, las bases teóricas constituyen el corazón de la investigación, pues es sobre estas que se construye todo el proyecto. Unas buenas bases teóricas formarán la plataforma sobre la cual se construye el análisis de los resultados obtenidos, ya que sin ella no se puede analizar los resultados.

### **2.2.1 El diseño de sistemas de control**

Es un ejemplo específico de diseño en ingeniería, su objetivo es obtener la configuración, especificaciones e identificación de los parámetros claves de un sistema propuesto para satisfacer una necesidad real.

Según Mírez, J. (2013), el primer paso en el proceso de diseño consiste en establecer los objetivos del sistema, el segundo paso es identificar las variables que se desean controlar y el tercer paso es escribir las especificaciones en función de la precisión que se debe alcanzar. La configuración del sistema normalmente consistirá de un sensor, el proceso bajo control, un actuador y un controlador. El siguiente paso consiste en identificar un candidato como actuador. Esto dependerá, por supuesto, del proceso, pero la actuación escogida debe ser capaz de ajustar de forma efectiva el comportamiento del proceso. El sensor, en este caso, deberá ser capaz de medir de manera precisa la velocidad. Se obtiene entonces un modelo para cada uno de estos elementos.

El paso siguiente es la selección de un controlador, que con frecuencia consiste en un amplificador de suma que compensará la respuesta deseada y la respuesta real, para luego transferir esta señal de medida del error a un amplificador. El paso final en el proceso de diseño es el ajuste de los parámetros del sistema con el fin de lograr el comportamiento deseado. Si se puede conseguir el comportamiento deseado ajustando los parámetros se finalizará el diseño y se procederá a documentar los

resultados. Si no es así, se necesitará establecer una nueva configuración del sistema y quizás seleccionar un actuador y un sensor mejores.

### **Sistema de control**

Es el conjunto de maquinaria dedicada a manejar otros sistemas. En sí los sistemas de control suelen estar compuestos por circuitos electrónicos, los cuales están cargados con programas para controlar los sistemas que le han sido encargados. La principal ventaja de estos sistemas sobre la mano de obra humana son las probabilidades de éxito, ya que estas máquinas no suelen cometer errores cuando están bien programadas.

Según Mayur G. (2019), uno de los recursos más utilizados en el sector industrial es el sistema de control. Toda producción liderada por ingeniería requiere de este proceso para lograr objetivos determinados. La función de este sistema es la de gestionar o regular la forma en que se comporta otro sistema para así evitar fallas. El sistema de control de procesos está formado por un conjunto de dispositivos de diverso orden. Pueden ser de tipo eléctrico, neumático, hidráulico, mecánico, entre otros. El tipo o los tipos de dispositivos están determinados, en buena medida, por el objetivo a alcanzar. Pero un sistema de control no se establece como tal solo por contar con estos dispositivos, sino que debe seguir la lógica de al menos tres (3) elementos base:

- La variable controlada: es el parámetro más importante del proceso, debiéndose mantener estable (sin cambios), pues su variación alteraría las condiciones requeridas en el sistema, su monitoreo a través de un sensor es una condición importante para dar inicio al control.
- Un actuador: es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.
- Set-point o punto de ajuste: Valor de la variable programado en el controlador que fija el punto donde se desea mantener la variable controlada.

## **Tipos de sistemas de control**

Para Martínez, K. (2018), el sistema de control puede ser de dos tipos y estos difieren en la manera en que lidian con la variable a controlar.

- Sistema de control de lazo abierto: En este tipo no existe información o retroalimentación sobre la variable a controlar. Es decir, la salida no depende en absoluto de la entrada. Se utiliza entonces en procesos y dispositivos en donde la variable es predecible y admite un margen de error amplio.
- Sistemas de control de lazo cerrado: En este tipo de sistema de control sí hay información sobre la variable, incluso retroalimentación sobre los estados que va tomando. La información sobre la variable se obtiene mediante el uso de sensores que son colocados de forma estratégica. Los sensores hacen posible que el proceso sea completamente autónomo.

## **Componentes del Sistema de Control**

En la industria ha tomado gran relevancia la aplicación del control automático de procesos ya que este permite mantener controladas ciertas variables como la temperatura, la humedad, la viscosidad, la presión, entre otras. Mantener estas variables estables es el objetivo del sistema de control. Cuyos elementos básicos son los siguientes: transductor (Sensor/Transmisor), controlador, actuador.

La importancia de estos componentes radica en que estos realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control; estas operaciones, respectivamente, son:

- **Medición:** la medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor.
- **Decisión:** con base en la medición, el controlador decide qué hacer para mantenerla variable en el valor que se desea.

- **Acción:** como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una, acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control.

Estas tres operaciones son forzosas para todos los sistemas de control. La toma de decisión puede realizarse con un sistema de control en lazo abierto o en lazo cerrado. Cuando la señal de salida no es la deseada, entonces se genera una señal de error que propicia una “acción de control”.

### **El actuador**

Es un dispositivo que transforma la energía hidráulica, neumática o eléctrica para realizar una función que genera un efecto sobre un proceso. El actuador recibe la señal desde un controlador y en función a ella activa un elemento final de control; por ejemplo, una válvula. Existen principalmente distintos tipos de actuadores según el tipo de señal de control que se emplee, entre ellos:

- **Eléctricos.** En este actuador, su principal señal de control es la energía eléctrica.
- **Neumáticos.** La señal de control de este tipo de actuar es el aire.
- **Hidráulicos.** La señal de control es un fluido, normalmente algún tipo de aceite mineral.
- **Electrónicos.** La electrónica de potencia permite controlar la alimentación de otros equipos, la velocidad y el funcionamiento de máquinas eléctricas, con el empleo de dispositivos electrónicos, tales como los semiconductores.

### **El transductor**

Es un dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal. Es decir, éste dispositivo toma una variable de entrada y produce una salida de otra naturaleza. Los transductores se clasifican por dos funciones:

- a. En función de sus características estructurales

- **Directos:** Se colocan directamente en contacto con el punto cuya variable se va a medir.
- **Indirectos:** Se sitúan alejados del punto de medición, pero se comunican con éste mediante una línea de transmisión con una terminal situada en el espacio cuya variable deseamos medir.

**b. En función de su comportamiento**

- **Activos:** Los traductores activos son aquellos transductores que no requieren suministro de energía para operar.
- **Pasivos:** Los traductores pasivos son aquellos transductores que si requieren suministro de energía para operar.

### **Controlador**

En la industria se utilizan controladores cuya función es comparar la variable de proceso medida de una causa física con un valor de referencia de entrada, de determinar la desviación y es producir una señal de control que reduce es el error a un valor aproximado a cero.

La manera en la cual el controlador ejecuta la señal de control se denomina acción de control. El controlador detecta la señal de error, generalmente dada en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador alimenta a un actuador. Se clasifican según sea su acción de control:

- **De dos posiciones o acción de encendido- apagado (ON – OFF).** En este tipo de control en lazo cerrado la acción de control puede tomar una de las dos posiciones en relación al error, abierto o cerrado, con una alta impedancia.
- **Acción proporcional.** El sistema de control proporcional se basa en establecer una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control.

- **Acción integral.** El control integral basa su funcionamiento en accionar un elemento de control a una velocidad constante, hasta conseguir eliminar la desviación. La velocidad de accionamiento será proporcional al error del sistema existente.
- **Acción proporcional-integral.** El Control Proporcional Integral realiza un decremento en el tiempo de subida, incrementa el sobre impulso y el tiempo de estabilización, y tiene el efecto de eliminar el error de estado estable, pero empeorará la respuesta transigente.
- **Acción proporcional-derivativa.** En la regulación derivada, la acción de control será proporcional a la velocidad de cambio de la variable controlada. Así, el elemento final de control sufrirá un mayor o menor recorrido dependiendo de la velocidad de cambio del error del sistema.
- **Acción proporcional-integral-derivativo.** Es un mecanismo de control por realimentación que emplea la suma de las acciones de control proporcional, integral y derivativo, por este motivo este control es el más empleado en el control de procesos industriales.

### 2.2.2 La automatización

Es el conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano. Estos normalmente se utilizan para optimizar y mejorar el funcionamiento de una planta industrial, pero igualmente puede utilizarse la automatización en un estadio, una granja o hasta en la propia infraestructura de las ciudades. La retroalimentación y la capacidad de hacer ajustes con esa información es la que indica que tan autosuficiente es un sistema automatizado. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **La Parte Operativa** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores

de las máquinas como motores, cilindros, compresores; y los captadores como fotodiodos y finales de carrera.

- **La Parte de Mando** suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

### **Objetivos de la automatización**

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

### **Tipos de automatización**

Según Rascon, Salinas y Chacón, (2010), existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado. Los tipos de automatización son:

- **Control Automático de Procesos:** se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

- **El Procesamiento Electrónico de Datos:** frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo, en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores.
- **La Automatización Fija:** es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo, estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los (PLC'S) O Controladores Lógicos Programables.
- **El Control Numérico Computarizado:** Un mayor nivel de flexibilidad lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN). Entre las MHCN podemos mencionar:
  - Fresadoras CNC.
  - Tornos CNC.
  - Máquinas de Electroerosionado
  - Máquinas de Corte por Hilo, etc.
- **La Automatización Flexible:** El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como “Celdas de Manufactura Flexible”.

### **2.2.3 Control Numérico Computarizado o CNC**

La tecnología CNC es una alternativa para las industrias que precisan automatizar procesos para satisfacer las exigencias del mercado actual. Uno de los elementos fundamentales para la automatización de cualquier proceso industrial son las máquinas CNC.

El Control Numérico Computarizado, también llamado CNC, es todo aquel dispositivo que posee la capacidad de controlar la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina para realizar movimientos que no se pueden

lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte. El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.

### **Orígenes del CNC**

Para Autycon, (2018), el CNC nace de la necesidad de agilizar los procesos, administrar eficazmente el tiempo, y de estandarizar los productos para el mercado. Los orígenes del Control Numérico Computarizado se remontan al siglo XVIII cuando las máquinas de tejer, construidas en Inglaterra, eran controladas por tarjetas perforadas con agujeros. Muchos años después, en 1952, el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts, por sus siglas en inglés) demostró exitosamente un modelo de máquina con control numérico que presentaba una opción real y confiable para la introducción de esta tecnología en la industria manufacturera. La máquina, una fresadora, produjo exitosamente partes y productos, con movimientos simultáneos generados a partir de plasmar unas magnitudes en los ejes de movimiento de las herramientas de corte, de allí se introdujo el término “control numérico”.

La explosiva expansión industrial desde comienzos del siglo XX y el empleo masivo de maquinaria impulsada por energía motriz demandó una búsqueda constante de procesos cada vez más eficientes. Hasta hace unos 60-65 años, la mano de obra requerida en las tareas industriales era densa, lo cual no sólo exigía enormes dotaciones de obreros, sino que además afectaba la calidad, precisión y repetitividad, encarecía los costos y disminuía la producción. El cual fue el desafío que enfrentaron las industrias durante la primera mitad del siglo XX y, por lo tanto, los avances tecnológicos cobraron impulso hacia la automatización de los procesos de manufactura, es decir, hacia el diseño de máquinas capaces de programarse para realizar automáticamente todas las tareas manuales de un operario.

De estos avances surgen los microprocesadores revolucionaron el mundo del control numérico, permitiendo integrar prestaciones tales como, entre otras, ayudas avanzadas de la programación, presentación gráfica de la trayectoria de la herramienta, subprogramas y ciclos fijos, y comunicaciones e integración en redes.

### **Objetivos y ventajas del CNC**

El Control Numérico Computarizado tiene propósitos muy claros:

- Incrementar la productividad.
- Disminuir el uso de talento humano.
- Generar una mayor autonomía para el uso de máquinas y herramientas.

Para cumplir con estos propósitos, el sistema de Control Numérico Computarizado utiliza una serie de órdenes, generadas por un software de control, que serán simuladas, identificadas y codificadas y puestas en marcha para luego ser asumidas por la máquina, utilizando movimientos en un sistema de coordenadas de referencia que especificarán el movimiento del dispositivo o de la herramienta que hace la operación. Generalmente el Control Numérico Computarizado es utilizado en operaciones específicas de maquinado como son las de torneado y de fresado. También cuando la empresa requiere producir objetos o productos con determinadas características exigidas por un mercado.

Además de mejorar la productividad y disminuir los tiempos de producción, las máquinas y herramientas de Control Numérico brindan una serie de ventajas adicionales a tu organización como:

- Mayor rendimiento y menores costos.
- Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- Aumento de los niveles de seguridad del personal operativo.
- Amplia flexibilidad para procesar productos básicos y/o complejos.
- Un solo operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Reducción de tiempos de ciclos operacionales.
- Variedad de lenguajes de programación.

- Control y normalización de sus productos.
- Mayor exactitud en las operaciones.

### **Programación del control numérico**

Se pueden utilizar métodos de programación manual y automática usando código G.

- Programación manual: En este caso, el programa pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El programa de mecanizado comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.
- Programación automática: En este caso, los cálculos los realiza un computador, que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina el cual es procesado por la maquina CNC.

### **Las punzonadoras CNC**

Son máquinas herramientas ideales para hacer operaciones mecánicas que son automatizadas, y que a través de instrumentos específicos (punzones), se puede lograr el corte y separar partes metálicas para obtener una forma específica. Por lo general, para realizar estas operaciones solo necesitas de una matriz, un pisador o separador, y un punzón.

### **Ciclo de punzonado**

Se dice que este ciclo es parecido en los dos tipos de punzonadora; pero la chapa siempre debe encontrarse entre la matriz y el punzón.

- Punzonadora monopunzon: esta dejara el punzón debajo del martillo para buscar el utillaje que se desea. Una de las diferencias en el ciclo de punzonado, es que el separador no ejerce presión sobre la chapa cuando aquella está agujereando. No obstante, este ejerce poca distancia de la parte superior y superficie de la chapa. Además, el martillo estira el punzón para retirarlo de la chapa.

- Punzonadora de torreta: esta hace girar la torreta para ubicar el utillaje dentro del martillo de la máquina, luego el martillo va a caer mientras empuja al porta-punzón. Seguidamente, el pisador hará contacto con la chapa mientras la sujeta y la presiona contra la matriz. El martillo constantemente bajará y comprimirá los muelles del porta-punzón y hará que el punzón baje. En ese momento, el punzón penetrará la chapa y hará una curvatura mínima en ella. Así se comenzará la fase de cortado que fracturará la chapa. Al coincidir las fracturas; el retal quedará suelto de la chapa, luego el martillo bajará hasta llegar a su límite y facilitará la caída del retal. Posteriormente el martillo subirá y los muelles del contenedor van a extraer el punzón de la chapa.

### **Protocolo de interacción con la punzonadora CNC**

- **Procesos CAD/CAM:** el software para realizar el punzonado CAD/CAM genera programas efectivos que optimizan el material y el tiempo en que la máquina debe funcionar. El software opera de una manera simple y con una interfaz del usuario sencilla e intuitiva de usar. Por tanto, no se requiere de conocimientos de programación CNC. Además, diseña y procesa los componentes en el programa, y permite importar proyectos desde los sistemas de archivos estándar de intercambio CAD.
- **Control numérico paso a paso:** este interactúa con la punzonadora a través de sistemas de preguntas y respuestas entre la punzonadora y el operario, con un monitor y teclado de programación que la máquina posee (la máquina tiene ciclos de trabajo determinados). Esto permite acortar el programa y definir el proceso de conformado.

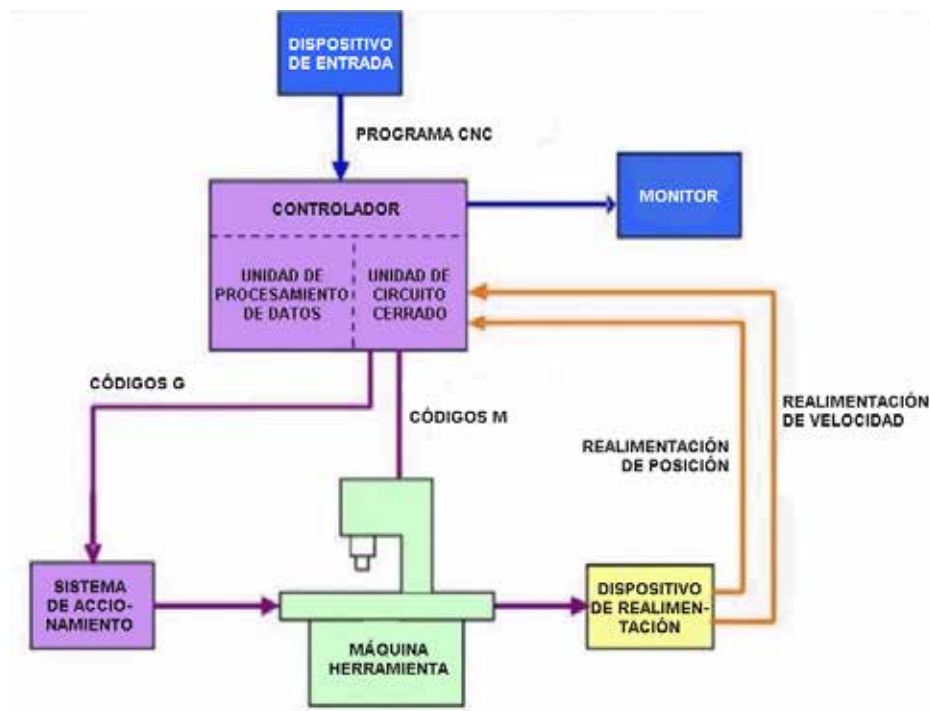
### **Elementos de las máquinas CNC**

Las máquinas de gran porte cuentan con una computadora dedicada que forma parte del equipo, y la mayoría dispone de un sofisticado sistema de realimentación que monitorea y ajusta constantemente la velocidad y posición de la herramienta de

corte. Las máquinas menos exigentes usadas en talleres admiten el uso de una computadora personal externa. El controlador CNC trabaja en conjunto con una serie de motores (servomotores y/o motores paso a paso), así como componentes de accionamiento para desplazar los ejes de la máquina de manera controlada y ejecutar los movimientos programados. Una máquina CNC, por lo tanto, consiste en seis elementos principales:

- Dispositivo de entrada
- Unidad de control o controlador
- Máquina herramienta
- Sistema de accionamiento
- Dispositivos de realimentación (sólo en sistemas con servomotores)
- Monitor

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques de una máquina CNC típica



**Figura 2.** Componentes de una maquina CNC

Recuperado de: <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

## **Principio de funcionamiento**

El controlador de las máquinas CNC recibe instrucciones de la computadora (en forma de códigos G y códigos M) y mediante su propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas destinadas a activar los motores que, a su vez, pondrán en marcha el sistema de accionamiento.

## **Control de movimiento**

Todas las máquinas CNC comparten una característica en común: tienen dos o más direcciones programables de movimiento llamadas ejes. Un eje de movimiento puede ser lineal (en línea recta) o rotatorio (en una trayectoria circular). Una de las primeras especificaciones que implica la complejidad de una máquina CNC es la cantidad de ejes que tiene. En términos generales, a mayor cantidad de ejes, mayor complejidad.

Los ejes de una máquina CNC son un requisito para generar los movimientos necesarios para el proceso de fabricación. Si seguimos con el ejemplo de un taladro industrial, los ejes ubicarían la herramienta sobre el orificio a mecanizar (en dos ejes) y efectuarían la operación (con el tercer eje). Los ejes se denominan con letras. Los nombres más comunes de los ejes lineales son X, Y y Z, mientras que los más comunes de los ejes giratorios son A, B y C. El control de movimiento puede realizarse mediante dos sistemas, que pueden funcionar individualmente o combinados entre sí:

- Valores absolutos (código G90), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto de origen de coordenadas. Se usan las variables X (medida del diámetro final) y Z (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).
- Valores incrementales (código G91), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto actual. Se usan las variables U (distancia radial) y W (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).

### **Accesorios programables**

Una máquina CNC no sería útil si solo contara con un control de movimiento. Casi todas las máquinas son programables de varias otras maneras. El tipo específico de máquina está directamente relacionado con sus accesorios programables apropiados, por lo que puede programarse cualquier función requerida en una máquina CNC. Así, por ejemplo, un centro de mecanizado contará al menos con las siguientes funciones específicas programables:

- **Cambiador automático de herramienta:** la mayoría de los centros de mecanizado puede tener muchas herramientas diferentes ubicadas en un portaherramientas. Cuando se requiera, la herramienta necesaria puede colocarse automáticamente en el husillo para efectuar el mecanizado correspondiente.
- **Velocidad y activación del husillo:** la velocidad del husillo (en rpm) se puede especificar fácilmente y el husillo puede girar no sólo en un sentido horario o anti horario, sino que, además, puede detenerse.
- **Refrigerante:** muchas operaciones de mecanizado requieren de refrigerante para lubricar y enfriar. El refrigerante puede activarse y desactivarse durante el ciclo de trabajo de la máquina.

### **Programa CNC**

Este es un listado secuencial de instrucciones que ejecutará la máquina. Esas instrucciones se conocen como programa CNC, el cual debe contener toda la información requerida para el mecanizado de la pieza. El programa CNC está escrito en un lenguaje de bajo nivel denominado G y M, estandarizado por las normas 6983 de ISO (Organización Internacional de Normalización) y RS274 de EIA (Alianza de Industrias Electrónicas) y compuesto por instrucciones Generales (código G) y Misceláneas (código M). El programa presenta un formato de frases conformadas por bloques, encabezados por la letra N, tal como se puede apreciar en el cuadro 1, donde

cada movimiento o acción se realiza secuencialmente y donde cada bloque está numerado y generalmente contiene un solo comando.

El código G describe las funciones de movimiento de la máquina (por ejemplo, movimientos rápidos, avances, avances radiales, pausas, ciclos), mientras que el código M describe las funciones misceláneas que se requieren para el mecanizado de la pieza, pero que no corresponden a los movimientos de la máquina (por ejemplo, arranque y detención del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, detención del programa). A su vez, cada código contiene variables (direcciones), identificadas con otras letras y definidas por el programador para cada función específica. Por ejemplo, F define la velocidad de avance, S la velocidad del husillo, T la herramienta seleccionada, X, Y y Z el movimiento de los ejes, I, J y K la localización del centro de un arco, etc. (ver cuadro 1)

**Cuadro 1. Códigos de programación G y M**

<b>CÓDIGOS G</b>	<b>CÓDIGOS M</b>
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frenteadado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

Recuperado de: <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

## Controlador CNC

Este componente clave interpreta un programa CNC y acciona la serie de comandos en orden secuencial. A medida que lee el programa, el controlador activa las funciones apropiadas de la máquina, impulsa el movimiento de los ejes, y en general, sigue las instrucciones dadas en el programa. Además de interpretar el programa CNC, el controlador tiene varios otros propósitos, por ejemplo:

- Modificar (editar) los programas si se detectan errores.

- Realizar funciones de verificación especial (como el funcionamiento en vacío) para confirmar la exactitud del programa CNC.
- Especificar ciertas entradas importantes del operador, tales como los valores de longitud de las herramientas.

### **Programa CAM**

La importancia de un programa CAM (fabricación asistida por computadora) cuando se dificulta la escritura del programa CNC, ya sea por desconocimiento del operario o ante aplicaciones complicadas. En muchos casos, el programa CAM funciona conjuntamente con el diseño asistido por computadora (CAD). Esto elimina la necesidad de redefinir la configuración de la pieza de trabajo para el programa CAM. El programador CNC simplemente especifica las operaciones de mecanizado a realizar y el programa CAM crea automáticamente el programa CNC.

### **Sistema DNC**

Una vez que se desarrolla el programa CNC (ya sea manualmente o con un programa CAM), debe cargarse en el controlador y para ello se usa un sistema de distribución de control numérico (DNC). Un sistema DNC es una computadora conectada en red con una o más máquinas CNC. Tradicionalmente la transferencia de los programas se efectuaba mediante un protocolo rudimentario de comunicaciones seriales (RS-232C). Sin embargo, la tecnología ha avanzado para dotar a los controladores actuales con mayores capacidades de comunicación, de manera que puedan conectarse en red de maneras más convencionales, por ejemplo, mediante Ethernet.

### **Oportunidades laborales que ofrece la tecnología CNC**

Con la expansión de las máquinas CNC resulta sorprendente la gran escasez de personal capacitado para operar dichas máquinas. Por lo tanto esta es un área prometedora en la que se puede acceder a buenos salarios y desarrollar una carrera gratificante. Los que siguen son algunos de los puestos de trabajo de mayor oferta

para todos aquellos que buscan oportunidades dentro del campo de las máquinas CNC. (Ver cuadro 2)

**Cuadro 2.** Oportunidades Laborales en CNC

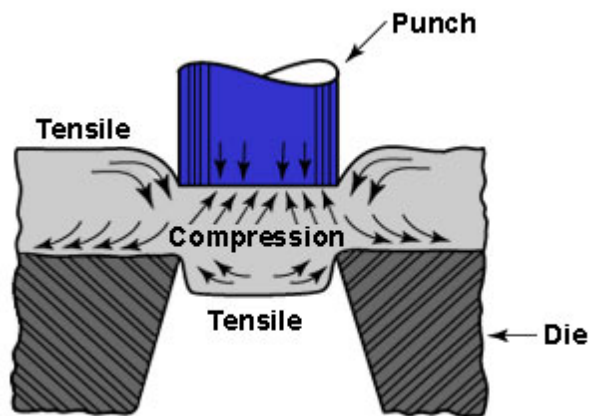
<b>Industrias manufactureras</b>	<b>Empresas que comercializan máquinas CNC</b>	<b>Capacitación y difusión</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayudantes</li> <li>• Ajustadores de herramientas</li> <li>• Técnicos de puesta a punto de máquinas CNC</li> <li>• Operadores de máquinas CNC</li> <li>• Oficiales de mecanizado</li> <li>• Programadores CNC</li> <li>• Programadores CAD-CAM</li> <li>• Personal de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal para servicio técnico</li> <li>• Ingenieros de aplicaciones CNC</li> <li>• Instructores de CNC</li> <li>• Vendedores especializados</li> <li>• Asesores posventa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instructores de CNC</li> <li>• Organizadores de cursos/seminarios</li> <li>• Organizadores de eventos</li> </ul>

Recuperado de: <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>

### 2.2.4 Punzonado

El punzonado es una operación que va unida a los fenómenos de la transformación plástica de los metales y que, por otra parte, en la práctica, resulta casi siempre ligada al proceso de estampado propiamente dicho. Éste se divide en dos fases, en una primera fase algunas partes de la chapa, en la zona de corte, quedan sometidas a esfuerzos de tracción, y otras a esfuerzos de compresión, originándose una zona periférica al punzón sometida a fuertes tensiones internas; se origina en esta primera fase, un vientre cóncavo En una segunda fase las tensiones de la zona periférica son tan grandes que rebasan la resistencia al cizallamiento de la chapa; en estas condiciones sobreviene un brusco desgarro y el trozo de plancha sujeto al punzón se separa del resto y cae al fondo de la matriz (Shigley, 1987).

Durante el punzonado se ha comprobado que, en la proximidad de los hilos cortantes de las herramientas, las fibras de la chapa se doblan hacia abajo, siguiendo, por breves instantes, el movimiento del punzón (como si inicialmente quisieran escapar de la separación) y después, reaccionan para oponerse a la acción del corte. (ver figura 3)



**Figura 3.** Proceso de punzonado  
 Recuperado de: <http://www.ToolingU.com/> University Tooling

Los parámetros importantes en el corte de láminas metálicas son el claro entre el punzón y la matriz, el espesor del material, el tipo de metal y su resistencia, y la longitud del corte. En una operación de corte, el claro es la distancia entre el punzón y el dado o la matriz. Los claros típicos en el prensado convencional fluctúan entre 4 y 8% del espesor de la lámina metálica. Si el claro es demasiado pequeño, las líneas de fractura tienden a pasar una sobre otra, causando un doble bruñido y requiriendo mayor fuerza de corte. Si el claro es demasiado grande, los bordes de corte pellizcan el metal y resulta una rebaba excesiva, de igual forma requiere de una fuerza adicional.

### **Prensas**

Son máquinas herramientas cuya característica es la entrega de grandes cantidades de energía (Fuerza x recorrido) de forma controlada. Una prensa debe estar equipada con matrices y punzones diseñados para ciertas operaciones específicas. La mayoría de operaciones de Formado, Doblado, Punzonado, Embutido y Cizallado, se pueden efectuar en cualquier prensa normal si se usan matrices y punzones adecuados.

Las prensas tienen capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que necesita para una carrera del ariete, más el tiempo

necesario para alimentar el material. Por consiguiente, se pueden conservar bajos costos de producción. Tiene una adaptabilidad especial para los métodos de producción en masa, como lo evidencia su amplia aplicación en la manufactura de piezas para automóviles y aviones, artículos de ferretería, juguetes y utensilios de cocina.

### **Clasificación de las Prensas**

Atendiendo a la forma de entregar la energía las prensas pueden ser mecánicas o hidráulicas.

- **Prensas Mecánicas.** Constan de un motor eléctrico que hace girar un volante de inercia que sirve de acumulador de energía. La energía se entrega a la parte móvil de la prensa (carro) mediante un embrague o acoplamiento. La entrega de la energía es rápida y total gastando en cada golpe una fracción de la capacidad de trabajo acumulada. Se usan para trabajos de corte, estampación, forja y pequeñas embuticiones.
- **Prensas Hidráulicas.** Se basan en el conocido principio de Pascal (ver figura 2), alimentándose un pistón de gran diámetro con fluido a alta presión y bajo caudal consiguiendo altísimas fuerzas resultantes. La entrega de energía es controlada en cada momento tanto en fuerza como en velocidad por lo que mantenemos el control constante del proceso. Se usan en operaciones de embutición profunda y en procesos de altas sollicitaciones como acuñado.

### **2.2.5. Protocolo De Comunicaciones**

Es un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades (computadoras, teléfonos celulares, etc.) de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como también los posibles métodos de

recuperación de errores. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, por software, o por una combinación de ambos.

Los sistemas de comunicación utilizan formatos bien definidos (protocolo) para intercambiar mensajes. Cada mensaje tiene un significado exacto destinado a obtener una respuesta de un rango de posibles respuestas predeterminadas para esa situación en particular. Normalmente, el comportamiento especificado es independiente de cómo se va a implementar. Los protocolos de comunicación tienen que estar acordados por las partes involucradas.

### **Comunicación serial**

Con este método los datos son enviados unos tras otros constantemente, esto hace que sea más lenta que la comunicación paralela porque nos obliga a esperar a que llegue el siguiente dato, pero evitamos excedernos con las líneas de comunicación, incluso llegando a usar solo un canal. Los protocolos de comunicación serial más utilizados son los siguientes.

#### **UART**

Las siglas significan Asynchronous Receiver-Transmitter, o Transmisor-Receptor Asíncrono Universal en español. Es asíncrono, lo que quiere decir que no hay un sistema de reloj que controle el envío de los bits. Dependemos de un Tx y un Rx, estos deben tener en común la velocidad de transmisión y la longitud del dato. El estado del Tx suele ser alto o 1, entonces antes de enviar los bits el estado cambia a bajo para hacer la distinción. Al final del envío, incluyendo el número que queremos enviar, el estado volverá a ser alto o 1. Entre sus aplicaciones actuales está la de conectar los microcontroladores con la computadora. Como en Arduino, en la que nos sirve para subir el programa o interactuar con el monitor serie.

#### **I2C**

Este protocolo es síncrono, lo que significa que hay un reloj controlando el flujo de datos. También permite conectar más de un receptor a diferencia del UART. El equipo que controla a los demás es denominado maestro (master) y un receptor es llamado esclavo (slave). Cada receptor tendrá una dirección, también llamada

dirección de esclavo. Contamos con tres canales. El primero es el reloj (SCL, Serial Clock), la frecuencia del reloj estará determinada por el maestro. El siguiente es la línea de datos (SDA, Serial Data). Por allí se envían las direcciones seguidas de los datos, bits.

Tanto el SDA como el SCL deben estar conectados a la alimentación eléctrica (VDD) mediante una resistencia Pull-Up. I2C trabaja con lógica positiva, así que el estado alto en la línea SDA es un valor de 1, y los estados bajos son iguales a 0. El tercero es la conexión a tierra. El tipo de comunicación es simplex, debido a esto solo podemos enviar información en un sentido; del maestro al esclavo. La velocidad está entre 0.1 Mbps hasta 5.0 Mbps.

### **One Wire / 1-Wire**

En español significa 1 cable, y respectivamente esa es la funcionalidad de este protocolo. La alimentación de energía, el envío y recepción (es un protocolo bidireccional) de datos se realiza a través de un solo cable, pero teniendo al maestro y esclavos conectados a una tierra común. La línea de datos debe estar conectada a una resistencia pull-up. En algunos casos la resistencia vendrá incorporada en el PCB del módulo, como en algunos DHT-11. Y aunque tengan tres pines, la alimentación y los datos terminarán conectándose mediante la resistencia.

Cada módulo tiene una dirección de 64 bits inalterable, 8 de los bits indican el tipo de dispositivo. Asimismo, el envío de datos se realiza en bloques de 8 bits. El protocolo es utilizado en sensores de temperatura o en estaciones meteorológicas.

### **SPI**

El significado de las siglas es Serial Peripheral Interface, Interfaz Periférica en Serie. También es un sistema síncrono. Aquí también contamos con una línea para el reloj, así como una jerarquía de maestro y esclavos. La línea MOSI (Master Output Slave Input) se refiere a la salida de datos del maestro y la entrada del esclavo. La otra línea es MISO (Master Input Slave Output), este es la entrada del maestro y salida del esclavo.

### **2.2.6 Las láminas**

Son elementos que se utilizan principalmente en el ramo de la construcción para una gran cantidad de aplicaciones. Se caracterizan por ser hojas metálicas que han llegado a ser conocidas como chapa o planchas, estas láminas son fabricadas en diferentes grosores y tamaños (calibres y largos), se pueden usar lisas o también como materia prima para la fabricación de perfiles.

### **Chapa perforada**

Las chapas perforadas se pueden utilizar en múltiples aplicaciones, como por ejemplo para insonorización, decoración, filtrado y mobiliario metálico. Según el tipo de perforación y el material que sea utilizado, también son aplicables en techos, protecciones, fachadas, peldaños, estanterías, etc. Se pueden realizar todo tipo de perforaciones en agujeros redondos, cuadrados, largos redondeados y rectangulares, dibujos decorativos y cualquier otro tipo de perforación necesaria mediante la construcción de matrices y punzones especiales, así como la utilización del corte por láser. Los materiales más utilizados son el hierro, acero inoxidable y aluminio.

- **Acero inoxidable** es un material naturalmente resistente a la corrosión y de bajo mantenimiento. No importa la fuerza o la frecuencia de uso, rara vez revela rastros de abolladuras o rasguños, incluso después de años de uso. Patentado por primera vez en 1912 por Krupp en Essen, el acero inoxidable se denominó "acero V2a" o "Nirosta" (*nunca se oxida*). Reconocido por sus propiedades desde el principio, el material se ha utilizado desde entonces en proyectos que requieren un uso continuo y un mantenimiento poco frecuente.
- **El bronce** es un material estéticamente agradable que se vuelve más 'radiante' con el paso de los años debido a las propiedades de su composición química. Al desarrollar una pátina a través de la oxidación y los años de uso, este cambio generalmente se considera de alto valor ornamental.
- **El aluminio** es un material ligero y muy duradero, concebido desde el principio como una opción de alta tecnología. Es fuerte y agradable de manejar, es muy

hábil frente a la temperatura ambiente y permite una multitud de opciones estéticas debido a su capacidad de ser pintado en una gran gama de colores.

- **Latón** Formado por una aleación de cobre y zinc, el latón se ha utilizado desde tiempos inmemoriales en la fabricación de elementos decorativos y accesorios para puertas y ventanas debido a sus tonos dorados únicos. Si no está encerado o lacado, el latón reaccionará naturalmente a las condiciones ambientales, haciendo que se corroa y desarrolle una pátina de tonos marrones o grises verdosos.

### 2.2.6 Matriz de selección o priorización

También denominada matriz de criterios, Betancourt (2018), la define como “un arreglo de filas y columnas que enfrentadas permiten realizar una elección, que con base en la selección, ponderación y aplicación de criterios debería ser la mejor.” La matriz de priorización consiste en una serie de criterios ponderados y utilizados para elegir entre un conjunto de opciones por medio de matemáticas simples. Para elegir la que se supone es la mejor elección, se utiliza la definición, ponderación y aplicación de criterios. Ahora bien, su utilidad se ve maximizada cuando se tienen más de 5 opciones y no menos de 4 criterios, que es cuando ya se va tornando complejo elegir una opción empíricamente

#### **Ventajas.**

Entre las ventajas de la matriz de priorización se tiene que:

- **Es flexible.** Puede involucrar pocas opciones, pocos criterios o muchas opciones y muchos criterios.
- **De fácil trabajo en equipo:** Es una herramienta con que se puede trabajar en equipo, bien sea en una pantalla o en un tablero.
- **Parametrizable.** Las matrices de priorización más complejas (cientos de opciones y criterios) se pueden parametrizar en un software y dejar que el software decida con base en órdenes. Esto ya involucra programación.

- **Facilita el consenso:** Cuando es difícil ponerse de acuerdo, una matriz de priorización puede solucionarlo todo.

### **Tipos**

El concepto en sí mismo de la matriz de priorización es muy simple, no obstante, es importante indicar que existen otros tipos de matrices adecuados para casos más complejos. Estos son:

- **Método del criterio analítico completo:** Adecuado para equipos más pequeños que van desde 3 a 8 personas con pocas opciones y pocos criterios. Es el más complejo de los 3 métodos de priorización, pues suele requerir no menos de 3 tablas, una para llegar a un consenso frente a los criterios de priorización, otra para las opciones (que pueden ser tantas como criterios existan) y una última que cruza criterios y opciones.
- **Método del consenso de criterios:** Es adecuado para grupos más grandes (más de 8 personas) que consideran más criterios y opciones (más de 8). No tiene tantos pasos como el método analítico completo.
- **Método de combinación ID:** Se basa en causa y efecto en lugar de criterios. Es apropiado cuando existe mucha interrelación entre las opciones.

### **Pasos para hacer una matriz de priorización**

Los pasos a continuación pueden variar un poco según el tipo de matriz a emplear, pero sí se puede establecer 4 pasos fundamentales:

- Paso 1: Definir el objetivo perseguido con la matriz: El objetivo debe ser claro, concreto, específico. Dicho de otra forma, vale preguntar, ¿qué se busca saber con la matriz de priorización?
- Paso 2: Cuáles son las opciones: Si no están definidas ya, es necesario definir las. Si ya se tienen también es conveniente preguntar, ¿hace falta otra opción? Si se trabaja en equipo, una buena idea es repartir post-it a cada persona para que escriba las opciones que considere, para luego mencionar las opciones que cada uno anotó y elegir las más apropiadas.

- Paso 3: Establece los criterios: Los criterios se obtienen a partir de las opciones. Los criterios pueden ser por ejemplo tiempo de implementación, complejidad, conocimiento requerido y recurso financiero. Si se trabaja en equipo, se pueden establecer escribiéndolos y luego seleccionando los que mas se acoplen al objetivo. Lo importante aquí es preguntar ¿qué características deberían cumplir las opciones?
- Paso 4: Pesos ponderados de los criterios: En este paso define el peso que tendrá cada criterio. Si el grupo de trabajo no llega a un acuerdo, se puede ir más al detalle y comenzar a cruzar cada criterio con los demás en una matriz en forma de L con base en una tabla de valores ya establecida.
- Paso 5: Enfrentar las opciones para el primer criterio: De nuevo, en una matriz tipo L teniendo como enfoque un solo criterio, toma una opción y cruzarla con las demás. Vale preguntar: ¿La opción X (fila) es más importante que la opción Y (columna) teniendo en cuenta el criterio Z? El resultado será la calificación por opción para el criterio determinado.
- Paso 6: Enfrentar las opciones para los demás criterios: Repite el paso 5 para los demás criterios, es decir, enfrenta las opciones entre sí para cuanta cantidad de criterios exista. Con esto ya se tiene claro cómo hacer la matriz de priorización de problemas. ¿Qué queda ahora? ¡Pasar a la acción!

### **2.3 Bases legales**

Pérez define las bases legales como “...el conjunto de leyes, reglamentos, normas, decretos, etc., que establecen el basamento jurídico sobre el cual se sustenta la investigación”, (p. 65). Las bases legales bajo las cuales se rigió esta investigación fueron las siguientes:

#### **2.3.1 Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo LOCYMAT**

**Artículo 53** Derechos de los Trabajadores y las Trabajadoras

Los trabajadores y las trabajadoras tendrán derecho a desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, y que garantice condiciones de seguridad, salud, y bienestar adecuadas. En el ejercicio del mismo tendrán derecho a:

1. Ser informados, con carácter previo al inicio de su actividad, de las condiciones en que ésta se va a desarrollar, de la presencia de sustancias tóxicas en el área de trabajo, de los daños que las mismas puedan causar a su salud, así como los medios o medidas para prevenirlos.
2. Recibir formación teórica y práctica, suficiente, adecuada y en forma periódica, para la ejecución de las funciones inherentes a su actividad, en la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, y en la utilización del tiempo libre y aprovechamiento del descanso en el momento de ingresar al trabajo, cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe, cuando se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. Esta formación debe impartirse, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo y si ocurriese fuera de ella, descontar de la jornada laboral...

**Artículo 54** Deberes de los Trabajadores y las Trabajadoras

Son deberes de los trabajadores y trabajadoras:

3. Usar en forma correcta y mantener en buenas condiciones los equipos de protección personal de acuerdo a las instrucciones recibidas dando cuenta inmediata al responsable de su suministro o mantenimiento, de la pérdida, deterioro, vencimiento, o mal funcionamiento de los mismos. El trabajador o la trabajadora deberá informar al Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa o al Comité de Seguridad y Salud Laboral cuando, de acuerdo a sus conocimientos y experiencia, considere que los equipos de protección personal suministrados no corresponden al objetivo de proteger contra las condiciones inseguras a las que está expuesto.

**Artículo 55** Derechos de los Empleadores y Empleadoras Los empleadores y empleadoras tienen derecho a:

7. Exigir a los trabajadores y trabajadoras el uso adecuado y mantener en buenas condiciones de funcionamiento los sistemas de control de las condiciones inseguras de trabajo instalados en la empresa o puesto de trabajo.
8. Exigir a los trabajadores y trabajadoras el uso adecuado y de forma correcta, y mantener en buenas condiciones los equipos de protección personal suministrados para preservar la salud.

**Reglamento Parcial de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT) (2007).**

Artículo 10: define el medio ambiente de trabajo como:

“Los lugares, locales o sitios, cerrados o al aire libre, donde personas presten servicios a empresas, centros de trabajo, explotaciones, faenas y establecimientos, cualquiera sea el sector de actividad económica; así como otras formas asociativas comunitarias de carácter productivo de servicio; o de cualquier otra naturaleza, sean públicas o privadas, con las excepciones que establece la Ley”.

**2.3.2 NEMA:**

Prepara las normas que definen un producto, proceso o procedimiento referente a uno o varios de los siguientes términos: nomenclatura, composición, construcción, dimensiones, tolerancias, seguridad, características de funcionamiento, rendimiento, calidad, capacidad eléctrica, pruebas y servicio para el que está diseñado. En Estados Unidos, la mayor institución nacional en estándares eléctricos es la National Electrical Manufacturers Association (NEMA), cuyo objetivo principal es facilitar la cooperación entre fabricantes y usuarios de equipos eléctricos. Entre sus publicaciones, la MG1 puede ser considerada como una guía para el diseño de motores estándares que cumplan con requerimientos NEMA. Entre sus características están:

- Sistema Métrico: la norma NEMA basa en el sistema métrico británico (HP, ft, lb, lbf).
- Variación requerida en frecuencia y voltaje de alimentación al motor: La norma NEMA impone variaciones de +/- 10% y +/- 5% respectivamente.
- Grado de protección del motor: denominaciones IP 44, 46 y 54 de protección de los motores.

#### 2.4 Definición de Términos

- **Arduino:** es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.
- **Coordenadas:** son grupos de números que describen una posición: posición a lo largo de una línea, en una superficie o en el espacio
- **Driver:** es un programa que le dice a un sistema operativo cómo funciona un dispositivo hardware.
- **El firmware:** también conocido como soporte lógico inalterable, es el programa básico que controla los circuitos electrónicos de cualquier dispositivo. ... Es parte del hardware porque siempre está integrado en la electrónica, pero no deja de ser un programa informático, por lo que también es software.
- **GRBL:** es un firmware para el control de máquinas CNC, está pensado para usarse en placas Arduino con un microcontrolador Atmega328, ya que nos permite configurar el control y desplazamiento de nuestra maquina
- **Lenguaje G:** también conocido como RS-274, es el nombre que habitualmente recibe el lenguaje de programación más usado en control numérico (CN), el cual posee múltiples implementaciones. Al G-code se le llama en ciertas ocasiones lenguaje de programación G. En términos

generales, G-code es un lenguaje mediante el cual las personas pueden decir a máquinas herramienta controladas por computadora qué hacer y cómo hacerlo. Esos "qué" y "cómo" están definidos mayormente por instrucciones sobre a dónde moverse, cuán rápido moverse y qué trayectoria seguir. Las máquinas típicas que son controladas con G-code son fresadoras, perforadoras, cortadoras, tornos e impresoras 3D.

- **Lenguaje M:** es el lenguaje que utiliza Power Query para poder conectar, combinar y refinar los orígenes de datos y así dejar una base de datos limpia que permita extraer y analizar la información que se desee.
- **Perforación** es la acción y efecto de perforar (agujerear algo atravesándolo). La máquina que se utiliza para perforar se conoce como perforadora.
- **Punzón:** Es una herramienta de acero de alta dureza, de forma cilíndrica o prismática, con un extremo o boca con una punta aguda o una que al presionar o percutir sobre una superficie queda impresa en troquel.
- **Sistema:** es "un objeto complejo cuyas partes o componentes se relacionan con al menos alguno de los demás componentes"; ya sea conceptual o material.
- **variable** es una palabra que representa a aquello que varía o que está sujeto a algún tipo de cambio.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Toda investigación debe estar fundamentada por un marco metodológico, pues este es de gran importancia, ya que su planteamiento adecuado garantiza que las relaciones que se establecen y los resultados o nuevos conocimientos obtenidos tengan el mismo grado de exactitud y confiabilidad.

Arias, F. (2012) establece que “la metodología del proyecto incluye el tipo de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación” (p.45), lo cual se presenta a continuación.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

Esta investigación se enmarcará dentro de la modalidad de proyecto factible, ya que busca proponer una alternativa de solución a un problema planteado a través del desarrollo de un objetivo, como es el Proponer el diseño de un sistema de control de proceso para una máquina de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A., proveyendo así una solución a la problemática de esta empresa la cual es la de poseer una herramienta que les permita reducir los costos de operación.

Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis de la UPEL (2016), se entiende por proyecto factible: “la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas requerimientos o necesidades de organizaciones, así como grupos sociales, programas, tecnología, métodos o procesos”. (p.7).

#### **3.2 Diseño de la investigación**

La presente investigación se basará en una investigación de campo y documental. Según la UPEL (2016) en su manual de trabajo de grado de especialización, maestrías y tesis doctorales se entiende por investigación de campo, “el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlo, interpretarlos, entender su naturaleza y factores contribuyentes” (p.5).

La investigación de campo permite mantener estrategias claras en relación directa con la unidad en estudio. El estudio está basado en una investigación de campo, ya que permite a través de la observación directa, obtener datos directamente de la zona bajo estudio, recoger datos de la comunidad y describirla detalladamente para facilitar a los investigadores una absoluta claridad de los datos necesarios para el desarrollo de la propuesta

De igual manera, es una investigación de tipo documental ya que los investigadores utilizan fuentes como leyes, libros, manuales y normas para poder basarse, sustentar y profundizar la acción de investigación. Para el manual de trabajo de grado de especialización, maestrías y tesis doctorales del UPEL (2016), “es el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos” (p.6)

### **3.3 Nivel de la investigación**

Arias (2012) señala: “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p.23) Así mismo la investigación es de un nivel descriptivo, según Arias (2012) señala:” consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.46).

De acuerdo a lo expresado anteriormente, la presente investigación es de tipo descriptiva, debido a que implica observar y describir el comportamiento de las variables necesarias para el desarrollo técnico de la propuesta a realizar.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Poblacion**

Es importante establecer, a qué o quién, serán válidas las conclusiones que se obtengan de esta investigación, en este sentido Arias (2012) define:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (p.67)

Partiendo de esta definición, se puede indicar que la población para este estudio está constituida por los sistemas de control para máquinas perforadoras

### **3.4.2 Muestra**

Para efecto de la investigación se hace necesario la selección de muestra, para tal caso Busot, L. (2002), la define como: “El subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible y debe ser representativa de la misma” (p.112), por lo que debe considerarse la selección de una parte de la población para que sea objeto de estudio. Para el presente trabajo la muestra bajo estudio está constituida por los sistemas de control para máquinas perforadoras cartesianas.

## **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.5.1 Técnicas de recolección de datos**

Para Blanco, R. (2005) son “aquellas involucradas en el proceso de obtención de datos e información útil para el desarrollo del sistema y procedimientos a proponer” (p.114). En el presente proyecto para obtener los datos relacionados con el objeto de estudio serán las siguientes:

- **Observación Directa**

Según Ruiz (2016) “la observación se entiende como un proceso deliberado, sistemático, dirigido a obtener información de forma directa del contexto donde tienen lugar las acciones” (S/N). La aplicación de esta técnica se llevará cabo con la incorporación activa del investigador en la zona bajo estudio, donde se podrá constatar de manera presencial las condiciones técnicas, ambientales y sociales, así como también, las apreciaciones de la empresa acerca de los requerimientos del desarrollo del diseño.

- **Entrevista estructurada**

Según lo señalado por Arias (2012), la entrevista “es una técnica basada en un diálogo o conversación ‘cara a cara’, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”. De acuerdo con lo

anterior, se utilizará la entrevista estructurada, aplicándola a los representantes de la empresa bajo estudio, ya que facilitará la expresión de opiniones, por lo que se puede obtener información acerca de los requerimientos necesarios para la elaboración del diseño, tratándose en general de preguntas abiertas.

- **Revisión Bibliográfica**

Gálvez A (2002), la define como “Un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea esta clínica, docente, investigadora o de gestión.” (p.31). Mediante esta técnica se elaborará una base teórica a cada una de las herramientas utilizadas en los objetivos, se revisarán trabajos de grado con problemáticas similares, así como también libros y páginas electrónicas

### **3.5.2 Instrumentos Utilizados en la Recolección de Datos**

Arias (2012) explica que “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato, que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.68). De allí pues, en el presente proyecto de investigación se aplicará:

- **Registro fotográfico:** se realizará un registro fotográfico de los materiales y productos necesarios en el diseño.
- **Guion de entrevista:** la cual permitirá, a través de preguntas concisas realizadas a los representantes de la organización, obtener información pertinente que contribuyan a establecer los requerimientos de diseño del sistema propuesto
- **Registros Documentales:** Consiste en buscar información en normas técnicas, manuales de equipos, artículos indexados, libros académicos y otros documentos para realizar el estado del arte frente a un tema, esto va a permitir obtener información en categorías o ejes y organizarla para cualquier búsqueda de material.

### **Validación del guion de entrevista**

La validación de instrumentos, Sabino (2004) la define como “una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones”. (p.48). Es allí donde la tarea del experto se convierte en una labor fundamental para eliminar aspectos irrelevantes, incorporar los que son imprescindibles y modificar aquellos que lo requieran.

Para la validación del guion de entrevista que se le hará al personal de la empresa Rubik Assembly C.A., se realizó la operacionalización de la cual se desprendió el instrumento, además se elaboró un formato de validación el cual se entregó a dos expertos, uno técnico y otro metodológico los cuales a través de cuatro criterios revisaron y aprobaron el instrumento. En el anexo A se tiene el cuadro de operacionalización, el formato de validación firmado por los expertos y el instrumento.

### **3.6 Técnicas de Análisis de Datos**

- **Técnicas comparativas:** se utilizará técnicas comparativas como la matriz de selección para determinar cuáles son los requerimientos de diseño más apropiados según lo identificado en el diagnóstico realizado
- **Métodos matemáticos:** formulas asociados al cálculo de los parámetros técnicos de los componentes del sistema de control a proponer
- **Software de diseño:** se apoyará en una herramienta tecnológica para la prueba piloto del diseño a realizar.

### **3.7 Fases de la Investigación**

- **Fase I: Diagnóstico de la situación actual del proceso de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A.**

Para el diagnóstico se realizará visitas a la empresa para observar el proceso de elaboración de la lámina perforada. Se tomarán las características de la lámina tales como dimensiones, diámetros de la perforación, separación entre

perforaciones y otros elementos que pueden ser utilizados para el diseño propuesto. Se revisarán las condiciones técnicas y de espacio que posee la planta para la instalación de la máquina y además las características del personal actual. Se aplicará una entrevista estructurada con el fin de obtener información precisa que permita recabar los datos técnicos necesarios para el diseño de la propuesta

- **Fase II: Fase II: Determinación de los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas.**

Para el desarrollo de esta fase y ya conocidas la información recolectada en el diagnóstico se determinarán los componentes que llevará el sistema de control del proceso a proponer. Para ello se calcularán los valores técnicos, se harán comparativas para su selección a través de la matriz de selección y realizará una revisión técnica a través de catálogos y páginas web especializadas

- **Fase III: Diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.**

Para el desarrollo de esta fase se tomará la información obtenida en el diagnóstico y la selección de los componentes técnicos realizada en la fase II y se integraran en la elaboración de un diseño digital, el cual será simulado a través de un software especializado, lo que permitirá hacer los ajustes para el diseño final.

- **Fase IV: Evaluación de la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto**

Una vez realizado el diseño y conocido los elementos que la integran se hará una evaluación de factibilidad económica indicando costos y beneficios que le aporta el diseño a la empresa, se evaluara su factibilidad operativa indicando la forma en que deberá ser instalado y usado en la máquina, y también la factibilidad técnica indicando los elementos técnicos necesarios para que funcione adecuadamente. Además, se evaluará la factibilidad ambiental, tomando en cuenta el impacto que genera la propuesta en el ambiente de trabajo, así como la factibilidad social determinando el impacto que genera en el contexto.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, haciendo uso de los datos obtenidos mediante diferentes técnicas y de herramientas de recolección de datos y análisis de la información. Para su presentación, este capítulo constará de las cuatro fases que fueron establecidas en el diseño metodológico. En la primera fase se hizo una descripción de la lámina, considerando sus características técnicas y de la operación de perforado, para con ello establecer elementos requeridos en el diseño propuesto.

Seguidamente en la segunda fase, se realizó un análisis los requerimientos técnicos necesarios para el diseño, basado en la información obtenida en el diagnóstico. Para ello se aplicó un método comparativo para determinar así cuales eran los requerimientos adecuados al diseño a realizar. Posteriormente, en la fase tres se integró toda la información recolectada en las fases anteriores y con ello se estableció el diseño utilizando un software para su simulación. En la fase cuatro se evaluó la factibilidad técnica, operativa, económica, social y ambiental del diseño desarrollado. A continuación, los resultados obtenidos

#### **4.1 Fase 1: Diagnóstico de la situación actual del proceso de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A.**

Para el desarrollo de esta fase se inició con la visita a la planta Rubik Assembly C.A., donde se observaron las diferentes áreas de producción. Se empezó el recorrido por el área de bastidores, largueros y pintado, en donde a través de la observación directa, entrevistas y revisión documental, se pudo conocer el proceso productivo de la lámina perforada, así como sus características técnicas y necesidades establecidas por la empresa para el diseño del sistema de control propuesto.

Su actividad económica consiste en la elaboración de estantes, cestas metálicas, paneles para almacenar, entre otros, dando así solución a los diversos clientes en cuanto al almacenamiento y exhibición de sus productos. (ver figura 4)



**Figura 4:** Productos elaborados por la empresa  
Autor: Ramírez, N. (2021)

#### **4.1.1 Descripción la lámina perforada y su proceso actual de producción**

A continuación, se presenta el proceso de elaboración de la lámina perforada que realiza la empresa actualmente.

##### **Proceso de elaboración de láminas perforada**

El proceso comienza cuando la empresa recibe una lámina de acero con dimensiones de  $2.4 \times 1.2 \times 0.0009$  m, la cual se ubica en un almacén temporal que se encuentra al lado de la cizalla (ver figura 5)

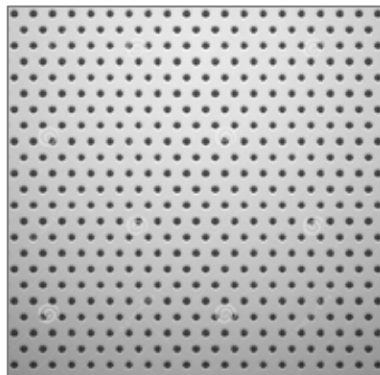


**Figura 5:** Área de ubicación de lámina galvanizada  
Autor: Ramírez, N. (2021)

Recibido y chequeado el material, el mismo pasa a la cizalla para ser cortado, según las dimensiones requeridas. Sin embargo, en la visita realizada, se observó que esta lamina, se estaba utilizando en sus dimensiones totales ya que va adherida a los estantes personalizado que se están elaborando para uno de sus clientes mayoritarios, los cuales tienen estas medidas aproximadas (ver figura 6). En este caso la lámina es llevada a la perforación con terceros, y luego es recibida por la empresa, para proseguir su proceso. (ver Figura 7).



**Figura 6:** Espacio destinado para la ubicación de la lámina perforada entre los estantes  
Autor: Ramírez, N. (2021)



**Figura 7:** Patrón de perforado de la lámina requerida (figura de referencia)  
Autor: Ramírez, N. (2021)

En la figura 7 se observa el patron de perforado requerido por la empresa. Una vez perforada la lámina, la misma pasa al área de corte donde se recortan las esquinas de la lámina haciendo un corte en ángulo recto para luego pasar a la perfiladora (Roll Forming) donde se realiza un dobléz en L. (ver figura 8)



**Figura 8:** Maquina perfiladora (Roll Forming) y dobléz en L de lámina  
Autor: Ramírez, N. (2021)

Elaborado los perfiles, la lámina es llevada a los tanques de tratamiento, donde desengrasan y pasan al horno de secado y por último entran en la cabina de pintado electrostático y regresan al horno para fijar la pintura. (ver figura 9)



**Figura 9:** Cabina de pintado, horno y tanque de desengrase  
Autor: Ramírez, N. (2021)

Al salir del horno, pasan al área de flejado donde se envuelven en una película plástica para así proteger la pintura y luego son enviadas al cliente. En el caso observado, las láminas se flejaron para llevarlas al sitio donde iban a ser instaladas en la parte intermedia de los estantes. (ver figura 10)

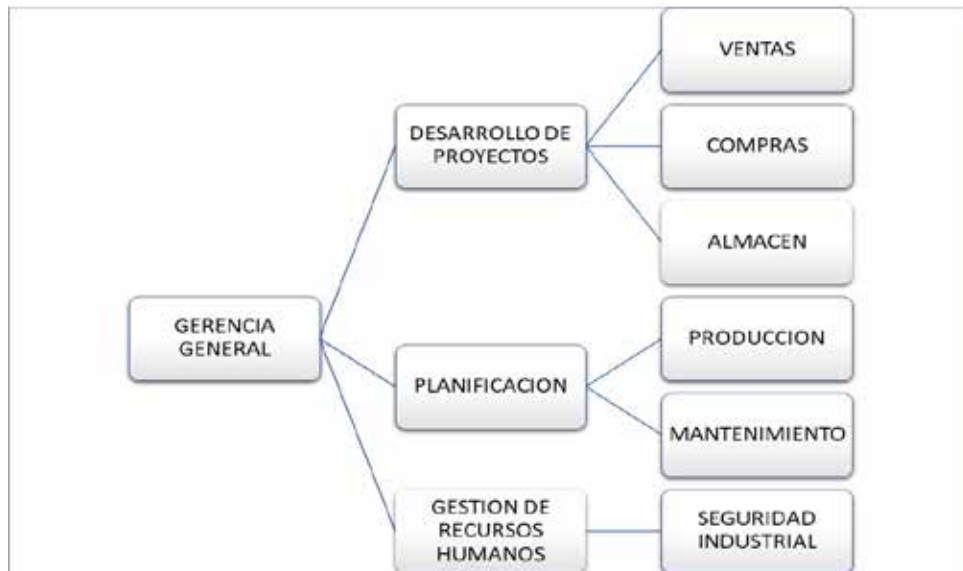


**Figura 10:** Laminas terminadas y flejadas  
Autor: Ramírez, N. (2021)

#### **4.1.2 Descripción del área de trabajo y sus condiciones**

La empresa Rubik Assembly C.A. dispone de especialistas en todas las áreas de ingeniería, para dar asistencia tanto a nivel nacional como a nivel global, ofrece asesoramiento para la mejora de los procesos, desarrolla equipos y herramientas para la manipulación de cargas, y diseñan, desarrollan y fabrican todo en estantería para almacenamiento de cargas pequeñas, medianas y pesadas; al mismo la empresa busca ampliar su catálogo de productos que actualmente cuenta con 18 productos a la venta, con el objetivo de aumentar la participación en el mercado e innovar en nuevos

campos. Actualmente cuenta con los siguientes departamentos, como se observa en el organigrama de la figura 11.



**Figura 11:** Organigrama de la empresa Rubik Assembly C.A  
Fuente: Rubik Assembly C.A. (2021)

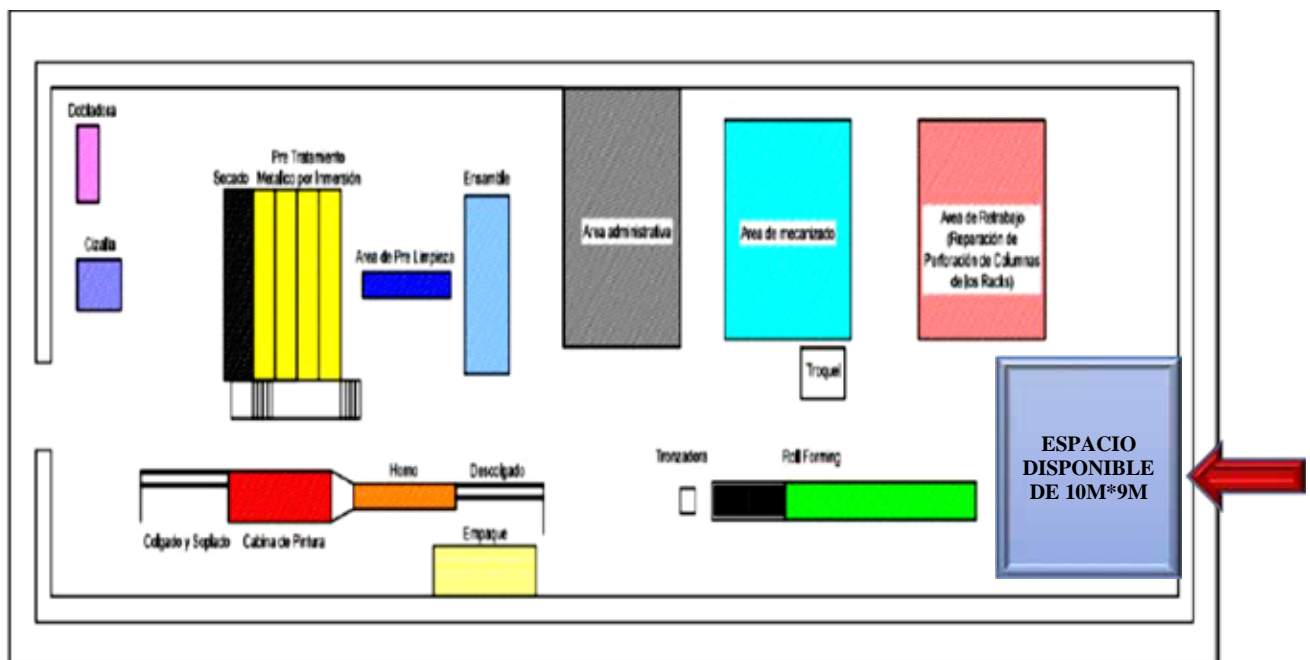
Cada uno de estos departamentos cuenta con el personal especializado. La Gerencia General se encarga de todos los asuntos financieros de la empresa, así como mantener el contacto con los clientes, monitorear el mercado y establecer las estrategias necesarias que le permitan a la empresa mantenerse en el mercado. El departamento de desarrollo de proyectos, se encarga de recibir los requerimientos del cliente y elaborar las propuestas de acuerdo a las especificaciones dadas. Dichas propuestas son presentadas al cliente y una vez aprobada y acordando el presupuesto y venta del mismo, se lleva a planificación, quien revisa con compras y almacén todos los insumos necesarios y envía a producción la orden para su desarrollo.

Los departamentos de producción y mantenimiento preparan la maquinaria para cumplir con la orden requerida y una vez elaborada, se hace el despacho al cliente.

Generalmente cuando se trata de estantería y racks, si el cliente así lo requiere, el mismo se instala en los espacios establecidos por él.

### Condiciones de trabajo

En la figura 12 se presenta el lay out de la empresa, el cual fue suministrado por la misma. En él se puede ver de manera esquemática la ubicación de la maquinaria que posee la empresa



**Figura 12:** Lay Out actual de la empresa Rubik Assembly C.A.

Fuente: Barboza-Pinto (2019)

Como se puede observar en el layout, la empresa posee espacios libres que pueden ser utilizados para la instalación de la máquina perforadora (área azul señalada), de aproximadamente  $90\text{m}^2$ , la cual se encuentra entre la máquina perfiladora (verde) y área de armado de rack (rosado). Dentro esta área disponible la empresa tiene planificado ubicar la máquina, se estima que el área de trabajo de la máquina sea de  $22.6\text{m}^2$  ( $\text{área} \times 4 = 3.36\text{m} \times 1.68\text{m} \times 4 = 22.6\text{m}^2$ ) lo cual indica que la empresa cuenta con el espacio requerido para la máquina.

También Se realizó un checklist para determinar las condiciones operativas actuales de la planta. (Ver cuadro 3)

**Cuadro 3: Condiciones Operativas actuales de la planta Rubik Assembly C.A**

Nº	Condiciones	Si	No	Observaciones
<b>DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA</b>				
1	¿Posee la planta espacios adecuados para el desarrollo de las actividades de producción?	X		
2	¿Posee espacios disponibles para la ubicación de nuevas maquinarias?	X		Si, pero actualmente los espacios están llenos de producto en proceso
3	¿Posee áreas demarcadas para la ubicación de las maquinarias y espacios de trabajo?		X	
4	¿Los materiales tienen un sitio para su apropiado almacenamiento?		X	A pesar que se tiene un área para almacenar
<b>MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS</b>				
5	¿La empresa posee la tecnología adecuada según la producción requerida?	X		
6	¿Cuenta con la tecnología para asumir nuevos proyectos?		X	No, pero tiene la disposición para asumir nuevas tecnologías si el producto lo requiere
7	¿Puede adaptar la maquinaria a nuevas formas de producción?	X		Posee el personal técnico para hacer esta adaptación
8	Posee las herramientas apropiadas que faciliten la labor de producción en cada etapa	X		
<b>SERVICIOS</b>				
9	¿Posee instalaciones eléctricas industriales adecuadas y tomas de corriente accesibles dentro de toda la planta?	X		110v y 240v
10	¿Cuenta con servicio de agua para las actividades en planta?	X		
11	¿Tiene buena iluminación en sus áreas de trabajo?	X		
12	¿El sistema de ventilación es adecuado en sus áreas de trabajo?	X		Generalmente es ventilación natural, ya que parte de la planta esta abierta a un patio interno
13	¿Cuentan con suministro de los combustibles necesarios para sus actividades?	X		A pesar de la escasez de combustibles como aceites y gasoil
<b>PERSONAL</b>				
14	¿Posee personal capacitado para el logro de los objetivos productivos?	X		Tanto fijo, como subcontratado si así lo requiere el lote a producir
15	¿Posee personal técnico para el mantenimiento e instalación de nuevas maquinarias?	X		Este personal es en su mayoría fijo

<b>CONDICIONES DE SEGURIDAD LABORAL</b>				
<b>16</b>	¿Posee las instalaciones las condiciones de seguridad establecidas por la ley?	X		
<b>17</b>	¿Usan los trabajadores equipos de seguridad personal?	X		

Autor: Ramírez, N. (2021)

Una vez realizado el checklist, se pueden destacar los siguientes aspectos que son importantes para el desarrollo de la propuesta, objeto de este trabajo:

- Dentro de la planta se tienen espacios para la instalación de nuevas maquinarias, sin embargo, actualmente éstos están ocupados por herramientas o materiales de tránsito, que pueden ser reubicados si así se ameritan
- Posee instalaciones eléctricas adecuadas y distribuidas por toda la planta, además de otros servicios como iluminación, ventilación, agua, entre otros, los cuales propician un área de trabajo apta.
- Cuenta con un personal formado y con personal técnico tanto para el mantenimiento como para la instalación de nuevas maquinarias y equipos. Entre ellos se destacan un ingeniero electrónico y un ingeniero mecánico quienes trabajan en el departamento de desarrollo de nuevos proyectos y en el mantenimiento de equipos y maquinaria
- Tiene la disponibilidad de aceptar nuevas tecnologías y de adaptar lo que tiene a nuevos procesos de manufactura, según lo que requiera el producto

#### **4.1.3 Resultados de la entrevista estructurada aplicada al personal de la empresa**

En el anexo B se puede observar las respuestas obtenidas en la entrevista realizada al gerente de producción de la empresa Rubik Assembly C.A. Como resultado de la misma se obtiene los siguientes puntos que son importantes para el desarrollo del proyecto a realizar:

- Material de la lámina es de acero no reflectante
- En cuanto al patrón del perforado este es único y no se requiere variación, además del diámetro de perforado es de 6 u 8 mm

- Solo se tiene previsto un único uso para la lámina perforada
- Para este tipo de láminas perforadas se proyecta elaborar 100 und/año para clientes variados.
- La empresa tiene la disponibilidad de preparar al operario para el proceso de perforación con el sistema de control a diseñar.
- La empresa prefiere un sistema de perforado con punzones ya que ese es su área o rama de trabajo
- La cantidad mínima que exige un proveedor para realizar la operación de perforado es de 20 láminas a un costo de 200\$ por lote, es decir cada lamina saldría a 10\$. Sin embargo, hablando con el gerente indicó que un lote menor a 20 láminas la cobran de manera individual, como casos especiales, a 20\$ cada una algunos proveedores

#### 4.1.4 Ficha técnica de la lámina perforada

A continuación, se realizará un resumen de las características técnicas de la lámina a través de una ficha, lo cual servirá de base para el diseño a proponer (ver cuadro 4).

**Cuadro 4: Ficha técnica de lámina porta herramientas**

<b>Nombre</b>	<b>Lámina porta herramienta</b>
<b>Material</b>	Acero
<b>Dimensiones</b>	Ancho: 1.2m Alto: 2.4 m Espesor: 0.9mm
<b>Otras características</b>	Peso: 20kg Material no reflectante

Autor: Ramírez, N. (2021)

#### 4.2 Fase II: Determinación de los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas.

Una vez realizado el diagnóstico del proceso y obtenido las características de la lámina se procederá en esta fase a establecer los requerimientos técnicos necesarios

para el desarrollo de la propuesta del sistema de control de proceso de una máquina de perforación de láminas, el cual es el objetivo de esta investigación.

Como resultado del diagnóstico se observa que la empresa requiere de un sistema de perforado con punzones, aunque se le presentaron otras tecnologías más eficientes y/o de avanzada, y esto se debe a que el ramo de la empresa es metalmecánico y la tecnología que utilizan están centrado en este tipo de máquinas, por lo que les saldrá más viable desde el punto de vista económico y técnico la construcción de la de máquinas, además de preparar al personal para su uso, ya que éstos poseen experiencia en este ramo.

Delimitado este sistema, a continuación se establecerán los requerimientos técnicos que llevará el sistema de control del proceso de una máquina de perforación de láminas, en este caso para una punzonadora.

#### **4.2.1 Requisitos para el punzonado**

Los procesos que conforman las láminas de acero en general, y en particular el proceso de punzonado, suelen asociarse con procesos mecánicos relativamente simples de reducida aportación tecnológica. Sin embargo, esto no es la realidad ya que estos procesos, al igual que otros procesos de tipo mecánico, están fuertemente influenciados por factores muy diversos relacionados con la máquina, las herramientas, el material y características geométricas de la pieza o el propio entorno del proceso.

El punzonado ofrece corte en láminas, generalmente en frío, mediante un dispositivo mecánico formado por dos herramientas: el punzón y la matriz. La aplicación de una fuerza de compresión sobre el punzón obliga a éste a penetrar en la chapa, creando una deformación inicial en régimen elastoplástico seguida de un cizallamiento y rotura del material por propagación rápida de fisuras entre las aristas de corte del punzón y matriz. El proceso termina con la expulsión de la pieza cortada.

##### **4.2.1.1 Punzonado con punzonadoras CNC**

Esta maquinaria permite realizar operaciones mecánicas automatizadas para conseguir realizar agujeros en láminas o chapas. Las mismas operan mediante

comandos programados en un soporte de almacenamiento de datos para diseñar el corte de la lámina o chapa metálica y monitorizar su proceso de producción. Los elementos básicos para realizar un agujero en una chapa o lámina son el punzón, el pisador o separador y la matriz. A estos tres elementos se les denomina juego. Para poder realizar el agujero de una forma y unas dimensiones determinadas, el juego (punzón, matriz y pisador) debe tener la misma forma. De allí entra en juego lo que es: la tolerancia de corte de la matriz y cálculo de la fuerza de corte (problemas de tonelaje)

### **1. Tolerancia de corte de la matriz**

Para realizar un agujero de forma concreta en una lámina de un espesor determinado, el punzón debe tener la misma dimensión que el agujero deseado y la matriz deberá tener una dimensión un poco mayor. Esa diferencia de dimensiones es conocida como tolerancia de corte de la matriz. Es muy importante que la tolerancia de corte de la matriz este uniformemente repartida alrededor de la medida del punzón, incluso en las esquinas.

La tolerancia de corte adecuada es aquella que hace coincidir las fracturas de corte generadas por el punzón y por la matriz. Esto ocurrirá cuando las fracturas se encuentren a  $1/3$  o  $1/2$  del espesor de la chapa en mm. Los valores de la tolerancia pueden variar desde un 15% a un 25% del espesor de material en función del espesor y tipo de material. Como regla general se podría aplicar como tolerancia de corte un 15% para el aluminio, un 20% para el acero y un 20-25% para el inoxidable.

Los beneficios de utilizar una tolerancia de corte adecuada:

- Menor rebaba y curvatura en los agujeros.
- Agujeros más uniformes y cortes más limpios.
- Piezas punzonadas más planas, con menos deformaciones.
- Mayor precisión entre agujeros.
- Menor adhesión del material punzonado en las paredes del punzón.

A continuación, se mostrará una tabla en la cual se sugieren unas tolerancias de corte orientativas para el punzonado de diferentes materiales. (Ver tabla 1)

**Tabla 1** Tolerancias de Corte Orientativas para el Punzonado de Diferentes Materiales

<b>Espesor(mm)</b>	<b>Alum. (20-25 kg/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Acero. (37-45 kg/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Inox. (60-70 kg/mm<sup>2</sup>)</b>
0.6-1.0	0.1-0.15	0.12-0.2	0.12-0.2
1.2-1.5	0.2-0.25	0.25-0.3	0.25-0.35
2.0-2.5	0.3-0.4	0.4-0.5	0.45-0.6
3.0	0.45-0.5	0.6-0.7	0.7-0.8
4.0	0.7-0.8	0.8-1.0	0.9-1.2
5.0	0.9-1.0	1.0-1.2	1.2-1.4
6.0	1.1-1.2	1.2-1.5	1.5-1.8

**Fuente:** Tomado de la investigación de Barragán (2016)

## **2. Cálculo de la Fuerza de Corte (Problemas de tonelaje)**

Es importante saber qué fuerza o tonelaje va a ser necesaria cuando se realice un agujero en la lámina para no sobrepasar el tonelaje máximo de la punzonadora. En caso contrario se podrían ocasionar daños al utillaje o a la máquina. El tonelaje necesario depende del perímetro de corte del punzón, del espesor de la chapa o lámina y del esfuerzo de corte del material a punzonar. Para calcular el tonelaje se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Perímetro} \times \text{Espesor} \times \text{Esfuerzo de corte} = \text{Toneladas}$$

Para el esfuerzo de corte se suelen aplicar los siguientes valores:

- Aluminio 20 – 25 kg/mm<sup>2</sup>.
- Acero 37 – 45 kg/mm<sup>2</sup>
- Inoxidable 60 – 70 kg/mm<sup>2</sup>

Cada material tiene su esfuerzo de corte, pero sería conveniente utilizar los valores máximos para poder tener un margen de seguridad. Para el cálculo de los perímetros se adjunta en la figura 13, una imagen donde aparecen algunas fórmulas para calcular el perímetro en función de la forma geométrica del utillaje. Según el trabajo realizado por (Barragán, 2016) se suma un 20% adicional por seguridad,

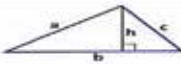
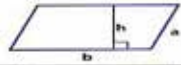
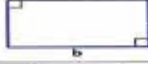


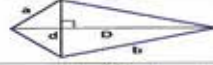
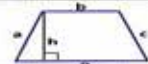

Perímetros y áreas de figuras planas			
	Perímetro	Área	
Triángulo		$a + b + c$	$\frac{b \cdot h}{2}$
Paralelogramo		$2 \cdot (a + b)$	$b \cdot h$
Rectángulo		$2 \cdot (b + a)$	$b \cdot a$
Cuadrado		$4 \cdot a$	$a^2$
Rombo		$4 \cdot a$	$\frac{D \cdot d}{2}$
Cometa		$2 \cdot (b + a)$	$\frac{D \cdot d}{2}$
Trapezio		$B + b + a + c$	$\frac{(B + b) \cdot h}{2}$
Círculo		$2 \cdot \pi \cdot r$	$\pi \cdot r^2$

Figura 13: Fórmulas para calcular el perímetro en función de la forma geométrica del utillaje  
Fuente: Alandinez, M. (2013)

#### 4.2.1.2 Sistema de punzonado

Para el tipo de sistema de punzonado; se tiene las siguientes alternativas: sistema neumático y sistema hidráulico. A continuación, en el cuadro 5 se muestra la comparación de estos dos sistemas, indicando sus ventajas y desventajas.

**Cuadro 5: Ventajas y Desventajas de los Sistemas Hidráulico y Neumático**

Sistemas	Ventajas	Desventajas
<b>Sistema neumático</b>	• Fácil transporte del aire en las tuberías	• Poca fuerza
	• El aire no posee propiedades explosivas	• Tiene altos niveles de ruido
	• Es un sistema con velocidades altas	• No se mantiene el pistón a una velocidad uniforme y constante
	• El aire sin lubricante es limpio	
	• Bajo costo	
<b>Sistema hidráulico</b>	• Tiene una fuerza mayor	• Bajas velocidades
	• Tiene gran flexibilidad	• Necesita limpieza
	• Los elementos se pueden frenar en marcha	• Exige un buen mantenimiento por manejo de altas

		presiones
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las fuerzas pueden regularse de manera continua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevado costo</li> </ul>

Autor: Ramírez, N. (2021)

Bajo esta comparativa, se realizó una matriz de selección para determinar cuál de los dos sistemas ofrece mayor ventaja para el sistema a proponer. Para ello se utilizaron criterios como: fuerza, velocidad, costo, disponibilidad para la empresa. La escala utilizada fue de 100% distribuida de la siguiente forma:

- Fuerza: del sistema (35%)
- Velocidad en el proceso (30%)
- Costo: (25%)
- Disposición En La Empresa (10%)

Para los valores de prioridad de los criterios se tomó una escala del 1 al 5 siendo: muy importante (5) menos importante (1). El resultado de la aplicación de la matriz se muestra en la tabla 2. Es importante destacar que estos valores fueron consultados con la gerencia de la empresa

**Tabla 2: Matriz de Selección entre el Sistema Hidráulico y Sistema Neumático**

Criterio/ opción	Fuerza	peso	total	Velocidad	peso	total	Costo	peso	total	Disposición en la empresa	peso	total	Total
Sistema hidráulico	5	35%	1.75	3	30%	0.9	3	25%	0.75	5	10%	0.5	3.9
Sistema neumático	2	35%	0.7	5	30%	1.5	4	25%	1	3	10%	0.3	3.5

Autor: Ramírez, N. (2021)

Como se puede observar, los resultados de la matriz de selección indica que la mejor opción para el punzonado es el sistema hidráulico, ya que de acuerdo a los criterios dados es el que obtuvo mayor puntaje.

### Consideración:

A pesar de que se recomienda el sistema hidráulico, sobre todo por su fuerza, es importante destacar que para lograr una mayor precisión en la operación de punzonado a través de un CNC, requiere que el sistema matriz y punzón permanezcan fijos, esto permite una operación más limpia y reduce considerablemente la rebaba generando esto que el elemento final, es decir la lámina, sea la que se mueva, durante el proceso de perforado, por ello el elemento a controlar será el sistema móvil en donde se ubicará la lámina, el cual será detallado a continuación.

#### 4.2.2 Sistema móvil

Para poder realizar el punzonado se requiere de un sistema móvil que sujetará la lámina y permitirá que la misma se mueva a la posición donde es necesario realizar el punzonado. Este sistema estará conformado por una mesa que se pueda mover fácilmente en los ejes “X” y “Y”. en su diseño, esta mesa deberá tener los siguientes elementos: Transmisión de movimiento, Guías de desplazamiento de mesa móvil y Accionamiento de actuador para movimiento

##### 1. Transmisión de movimiento

Para el tipo de transmisión de movimiento de la punzonadora en los ejes “X” y “Y”; se consideran las siguientes alternativas: tornillo sin fin, piñón – cremallera y piñón – correa dentada. En el cuadro 6 se hace una comparativa de ambas alternativas, resaltando sus ventajas y desventajas.

**Cuadro 6: Ventajas y Desventajas de las alternativas consideradas en la transmisión de movimiento**

Alternativas	Ventajas	Desventajas
1. Tornillo Sin Fin	• Es de fácil instalación	• Posee una marcha lenta.
	• Posee soportes y apoyos simples	• No permite grandes tamaños por problemas de vibración.
	• Gran reducción de fuerza de roce	• Costo elevado
		• Necesita lubricación
	• Es ideal en máquinas de robusta estructura.	• Trabaja de manera óptima en trayectos cortos

<b>2. Piñón-cremallera</b>	· Permite movilizar con alta	· Puede ocurrir deslizamiento entre el juego piñón-cremallera
	· velocidad grandes y pesados volúmenes con menos potencia	
	· Bajo costo	
	· Alta precisión	
<b>3. Piñón – correa dentada</b>	· Transmisión de movimiento rápida	· Es necesario que los motores permanezcan excitados constantemente para que una fuerza externa no mueva el carro.
	· Transmisión de movimiento silenciosa	
	· Transmisión de movimiento en largos cortos y medias distancias	
	· Estiramiento nulo o despreciable	
	· No transmiten las vibraciones generadas en el motor o el husillo	

Autor: Ramírez, N. (2021)

Bajo esta comparativa, se realizó una matriz de selección para determinar cuál de las alternativas ofrece mayor ventaja para el sistema a proponer. Para ello se utilizaron criterios como: velocidad, costo, precisión, vibración. La escala utilizada fue de 100% distribuida de la siguiente forma:

- Precisión (35%)
- Vibración en el sistema: (30%)
- Velocidad (20%)
- Costo (15%)

Para los valores de prioridad de los criterios se tomó una escala del 1 al 5 siendo: muy importante (5) menos importante (1). El resultado de la aplicación de la matriz se muestra en la tabla 3. Es importante destacar que estos valores fueron consultados con la gerencia de la empresa

**Tabla 3: Matriz de Selección entre las alternativas consideradas de transmisión de movimiento**

Autor: Ramírez, N. (2021)

Como se puede observar, los resultados de la matriz de selección indica que la mejor alternativa es el piñón-correa dentada ya que de acuerdo a los criterios dados es el que obtuvo mayor puntaje.

**Características del Piñón del sistema piñón - correa dentada**

Este sistema permitirá mover una carga a mayores distancias que el tornillo sin fin de forma tal que la fuerza de roce sea despreciable y no afecte a la fuerza necesaria para mover la mesa móvil, la implementación del tipo de sistema quedará por parte de la empresa. Para tener un aproximado del sistema se obtiene que el piñón puede presentar las siguientes características. (Ver tabla 4)

**Tabla 4: Características del piñón en el sistema piñón- correa dentada**

<b>Tipo De Sistema Piñón – correa dentada</b>	<b>Formula</b>	<b>Valor</b>
Modulo(m)	-	2mm
Numero de dientes (z)	-	20

Una vez determinando los parámetros necesarios para el sistema piñón–cremallera, el cual a través de un actuador moverá la mesa móvil, se requiere de una guía de desplazamiento.

## 2. Guías de desplazamiento de la mesa móvil.

Las guías de desplazamiento permitirán que la mesa mueva la lámina durante el proceso. Para el tipo de desplazamiento de la mesa móvil; se tiene las siguientes alternativas: guía de carril cuadrado y guía de carril redondo. En el cuadro 7 se muestra las dos alternativas, con sus ventajas y desventajas.

**Cuadro 7: Ventajas y Desventajas de las alternativas consideradas de las guías de desplazamiento**

Alternativas	Ventajas	Desventajas
<b>1. Guía de carril cuadrado</b>	· Tiene una mayor resistencia a impactos y durabilidad	· Mayor costo
	· Tiene gran rigidez y estabilidad	
	· Posee menor vibración comparado a otras guías	
	· Tiene estabilidad de corte Ideales para máquinas con carga y piezas pesadas sujetas a mucho esfuerzo	
	· Mayor precisión	
<b>2. Guía de carril redondo</b>	· Fácil mantenimiento y reemplazo	· Mayor vibración
	· Bajo costo	

Autor: Ramírez, N. (2021)

Bajo esta comparativa, se realizó una matriz de selección para determinar cuál de las dos alternativas ofrece mayor ventaja para el sistema a proponer. Para ello se utilizaron criterios como: velocidad, costo, precisión, rigidez. La escala utilizada fue de 100% distribuida de la siguiente forma:

- Rigidez: (35%)
- Precisión: (30%)
- Vibración: (20%)
- Costo: (15%)

Para los valores de prioridad de los criterios se tomó una escala del 1 al 5 siendo: muy importante (5) menos importante (1). El resultado de la aplicación de la matriz se muestra en la tabla 5. Es importante destacar que estos valores fueron consultados con la gerencia de la empresa.

**Tabla 5: Matriz de Selección entre las alternativas consideradas de las guías de desplazamiento**

Criterio/ opción	Rigidez	peso	total	Precisión	peso	total	Vibración	peso	total	Costo	peso	total	Total
<b>Guía de carril cuadrado</b>	5	35%	1.75	4	30%	1.2	4	20%	0.8	2	15%	0.3	<b>4.05</b>
<b>Guía de carril redondo</b>	3	35%	1.05	3	30%	0.9	3	20%	0.6	4	15%	0.8	<b>3.35</b>

Autor: Ramírez, N. (2021)

Como se puede observar, los resultados de la matriz de selección indica que se debe utilizar una guía de carril cuadrado ya que esta posee mayor rigidez y menos vibración, además de ser más precisa. Ahora para que el sistema se mueva se requiere de un actuador que genere la fuerza para mover el sistema a través del piñón – cremallera y la guía de carril cuadrado.

### 3. Accionamiento de actuador para movimiento

En el tipo de actuador para el movimiento de la punzonadora en los ejes “X” y “Y”; se tiene las siguientes alternativas: motor paso a paso, servomotor y motor paso a paso híbrido. Para su selección se hará una comparativa entre estas alternativas, destacando sus ventajas y desventajas. En el cuadro 8 se muestra esta comparativa.

**Cuadro 8: Comparativa entre motores paso a paso, servomotor y motor paso a paso híbrido**

Alternativa	Ventajas	Desventajas
<b>1. Motor paso a paso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de configurar y usar</li> <li>• Par de velocidad baja</li> <li>• Excelente repetibilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja eficiencia</li> <li>• Bajo torque</li> <li>• El motor se calienta mucho en configuraciones de alto rendimiento</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motor no puede ser dañado por sobrecarga mecánica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja potencia</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja precisión</li> </ul>
<b>2. Servomotor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posee mucho torque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precio más elevado</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>No consume mucha energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se puede operar directamente de la red, se necesita de un drive</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor precisión</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencia proporcional para cargas mecánicas</li> </ul>	
<b>3. Motor paso a paso híbrido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La longitud del escalón es menor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inercia superior.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene mayor torque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El peso del motor es más debido a la presencia del imán del rotor.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporciona torsión de retención con los devanados des - energizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se varía la fuerza magnética, se efectúa el rendimiento del motor.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor eficiencia a menor velocidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El costo del motor híbrido es más en comparación con el motor de reluctancia variable.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor velocidad de avance.</li> </ul>	

Autor: Ramírez, N. (2021)

Bajo esta comparativa y tomando la metodología aplicada en las alternativas anteriores, se realizó una matriz de selección para determinar cuál de las dos ofrece mayor ventaja para el sistema a proponer. Para ello se utilizaron criterios como: Torque, costo, precisión, mantenimiento. La escala utilizada fue de 100% distribuida de la siguiente forma:

- Torque: (35%)

- Precisión: (30%)
- Mantenimiento: (20%)
- Costo: (15%)

Para los valores de prioridad de los criterios se tomó una escala del 1 al 5 siendo: muy importante (5) menos importante (1). El resultado de la aplicación de la matriz se muestra en la tabla 6. Es importante destacar que estos valores fueron consultados con la gerencia de la empresa.

**Tabla 6: Matriz de Selección entre motor paso a paso y servomotor**

Criterio/ opción	Torque	peso	total	Precisión	peso	total	Mantenimiento	peso	total	Costo	peso	total	Total
<b>Motor paso a paso</b>	2	35%	0.70	2	30%	0.6	5	20%	1.0	4	15%	0.6	<b>2.9</b>
<b>Servomotor</b>	5	35%	1.75	4	30%	1.2	3	20%	0.6	2	15%	0.3	<b>3.85</b>
<b>Motor híbrido</b>	4	35%	1.4	3	30%	0.9	5	20%	1.0	2	15%	0.3	<b>3.6</b>

Autor: Ramírez, N. (2021)

Como se puede observar, los resultados de la matriz de selección indica que se debe utilizar un servomotor ya que éste posee mayor torque con menor potencia y mayor precisión, sin embargo, para la selección final del motor se debe considerar ciertos parámetros que se describirán a continuación.

#### **4.2.3 Parámetros para la Selección del motor**

Para seleccionar los motores, se debe conocer el torque mínimo que se necesita, y que servirá tanto para el motor en el eje X como en el eje Y. El cálculo del torque depende de la carga y la fuerza que necesite realizar sobre esta para moverla.

##### **1. Cálculo de la fuerza de empuje**

Para determinar el torque primero se debe saber la fuerza tanto de empuje como la de halar, para ello se utiliza la siguiente formula: (Fuente: Jiménez, L. 1976)

Dónde:

F= fuerza para mover la carga

$$F_{vc} \text{ (fuerza constante)} = m \cdot g \cdot \mu$$

$$F_{ac} \text{ (fuerza de aceleración y desaceleración)} = m \cdot a$$

m= masa

a= aceleración

g= gravedad

$\mu$ = coeficiente de fricción.

Ahora bien, gracias a los sistemas de transmisión como el piñón – correa dentada y las guías de transmisión, el coeficiente de roce ( $\mu$ ) se reduce hasta valores pequeños que van desde 0.175 a 0.225.

Para determinar la masa y la aceleración, a fin de hallar un valor que permita obtener la fuerza de empuje en la carga, se deben estimar valores cercanos a los deseados, debido a que no existe la maquina en físico de donde obtener los datos. Así se tiene que, la aceleración parte de una velocidad máxima del sistema estimada en 0.5m/s, de donde se obtiene que la aceleración es de 0.1m/s<sup>2</sup>.

Para determinar la masa total del sistema se tiene que la lámina a mover pesa 20 kg, a esto se le debe sumar la masa de la mesa móvil donde estará apoyada la lámina, sin embargo, como no se tiene físicamente, entonces se estima que con las dimensiones de la lámina y todos los elementos que pueden llevar dicha mesa, la misma debería estar entre a 30 kg adicionales, es decir que el sistema mesa móvil y lámina tendría una masa aproximada de 50 kg en total.

Entonces con los datos anteriores y usando la ecuación anterior dada se obtiene que se necesita una fuerza de 91-115 N para mover la lámina.

## **2. Cálculo del torque**

Para determinar el troque se utiliza la siguiente formula: (Fuente: Jiménez, L. 1976)

Dónde:

$r$ : Es el radio del Piñón = 21mm (calculado anteriormente)

$F$ : Fuerza para mover una carga= 91-115N

De allí que con los datos anteriores y usando la ecuación dada se obtiene que el torque necesario es 1.9-2.42 N-m que es igual a 19.5-24.6 Kg-cm

### **3. Comunicación entre el motor y el CNC**

Para que los motores muevan la mesa móvil a las coordenadas deseadas para el punzonado se requiere además de los drivers un cerebro que a través de una programación le indique las coordenadas deseadas y además le indica a la máquina, en este caso la punzonadora cuando realizar el punzonado. En el caso del cerebro o controlador del sistema, suelen estar representados estar representado por el Arduino uno ya que este a través las señales recibidas por el CNC son capaces de controlar los motores con sus respectivos drivers para que estos puedan mover la mesa móvil donde ira la lámina a punzonar y ubicarla debajo de la punzonadora en las coordenadas deseadas para su punzonado, esto se logra gracias a los códigos G con los cuales se determina las coordenadas deseadas.

#### **3.1 Generar código G**

Para generar el código G se cuenta con grandes cantidades de software libre que permite la generación de este, uno de los más populares y versátiles es Inkscape el cual es un software de vectores gráficos. Es usado por para crear una gran variedad de gráficos como ilustraciones, iconos, logos, diagramas, mapas y diseños web. Este software libre y de código abierto utiliza SVG (Scalable Vector Graphic), el estándar abierto de W3C, como formato nativo. Tiene herramientas de dibujo vectorial sofisticadas con capacidades comparables con los estándares de la industria. Puede exportar e importar varios formatos de archivo, incluyendo SVG, AI, EPS, PDF, PS y PNG. Tiene funcionalidades muy fáciles de comprender, una interfaz sencilla, soporte multi-idiomias y está diseñado para ser extensible, los usuarios pueden personalizar las funcionalidades de Inkscape con sus múltiples extensiones. A través de este software podremos obtener el código G con las ubicaciones requeridas para el punzonado, sim embargo se debe tener en consideración que los puntos de interés a

perforar deben ser menores al diámetro del punzón para evitar que la mesa se mueva mientras se realiza el punzonado.

### **3.2 lectura del código G**

Una vez obtenido el código G, y teniendo como parámetro la implementación de un Arduino por su bajo costo y gran versatilidad, se requiere de un firmware que permita la lectura del código G y la transforme en acciones que el motor pueda entender, uno de los firmware mayormente utilizados es el GRBL el cual permite a través del código G transformarlo en acciones que el motor pueda entender, sin embargo el GRBL está configurado para trabajar con motores paso a paso y solo es compatible con el microcontrolador Atmega328 (el cual posee el Arduino UNO, Duemilanove, Nano, Micro, etc.).

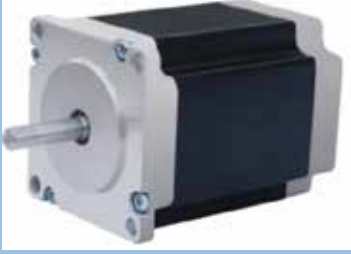
### **4. Selección del motor según los parámetros previamente establecidos**

Dada la matriz de selección entre motor paso a paso, servomotor y motor paso a paso híbrido, se pudo obtener que el servomotor es mucho más eficaz que el motor paso a paso, sin embargo, los motores paso a paso denominados motores híbridos, son uno de los tipos de motores paso a paso más utilizados en la industria. Se caracteriza por una alta resolución, su rotor realiza saltos de  $0,9^\circ$  a  $3,6^\circ$  (de 400 a 100 golpes). Este tipo de motor supera al resto de los paso a paso en cuanto a fiabilidad, par, par de retención y velocidad alcanzada. Debido a la facilidad de conexión y configuración entre el motor paso a paso y el software de control, además de la existencia de estos motores híbridos se determina que se requiere de este motor como elección final para el diseño.

### **5. Características técnicas del motor seleccionado**

Una vez determinado el troque y el tipo de motor a continuación se mostrarán las características básicas del motor a seleccionar (ver cuadro 9)

**Cuadro 9: Características del motor seleccionado**

	Tipo	Hibrido - bipolar
	Fase	2
	torque	De 21 a 26kg.cm
	Ángulo de Paso (Grados):	1.8°
	Corriente por Fase	3.5 (4A max)

Autor: Ramírez, N. (2021)

#### 4.2.4 Driver controlador para el motor seleccionado

Para poder controlar el motor previamente seleccionado, se debe utilizar un driver adecuado, el chip TB6600 permite controlar de motores paso a paso bipolares de hasta 3.5A por canal (4A max). Este driver tiene limitación de corriente ajustable, protección contra sobre corriente y 7 resoluciones diferentes de microstepping. Es compatible con microcontroladores como Arduino y otros que puedan generar señales de pulsos de 5V. El TB6600 soporta una gran variedad de voltajes de entrada de 9 a 42V DC. También puede configurarse para microstepping mediante unos microinterruptores incluidos. Hay 7 valores posibles: 1, 2 / A, 2 / B, 4, 8, 16 y 32 además de 8 posiciones para el ajuste de corriente: 0.5A, 1A, 1.5A, 2A, 2.5A, 2.8A, 3.0A y 3.5A. Todas las señales están protegidas internamente mediante optoacopladores de alta velocidad para evitar interferencias y mejorar el aislamiento del circuito de control.

Características:

- Corriente de entrada: 0 a 5A
- Salida de corriente: 0.5 a 4A (ajustable)
- Señales de control: 3.3 a 24V
- Potencia máxima: 160W
- Micro Step: 1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32
- Temperatura de funcionamiento: -10

- Humedad: Sin condensación
- Dimensiones: 96x56x33 mm
- Peso: 200 gramos

#### 4.2.5 Resumen de los requerimientos técnicos para la propuesta del control del proceso de una máquina de perforación de láminas

Una vez realizado el proceso de selección, se resume a continuación, en el cuadro 10, los requerimientos técnicos que se usaran en el diseño del sistema para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas.

**Cuadro 10: Resumen de los requerimientos técnicos**

Requerimiento	Tipo	Características	Cantidad
Requisitos para el punzonado	Punzonadora	Fija	1
	Sistema de punzonado	Sistema hidráulico	1
Sistema móvil	Transmisión de movimiento	piñón-correa dentada	1
	Guías de desplazamiento de la mesa móvil	Guía de carril cuadrado	2
	Accionamiento de actuador para movimiento	Motor hibrido bipolar	2
Motor hibrido bipolar	Torque	De 21 a 26kg.cm	2
	Ángulo de Paso (Grados):	1.8°	
	Corriente por Fase	3.5 (4A max)	
Sistema electrónico	Controlador del sistema	Arduino UNO	1
	Driver controlador	TB6600 Entrada 0-. 5A Salida 0.5 a 4A Señales de control: 3.3 a 24V Potencia máxima: 160W	2
	Finales de carrera		4
	Fuente de poder	0 a 24V graduable salida 5V 8 A	1
Software	Generación de código G	UNIVERSAL G CODE SENDER	
	Generación de GRBL	V 0.9 o superior	

Autor: Ramírez, N. (2021)

### **4.3 Fase III: Diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.**

Una vez realizado el diagnóstico donde se obtuvieron datos relevantes para la investigación tales como: espacios disponibles dentro de la empresa, características de la lámina, disponibilidad de personal técnico y personal capacitado, y efectuado el análisis, donde se determinaron los requerimientos técnicos para el diseño del sistema, se procedió en esta fase a desarrollar el diseño del sistema de control de proceso para la máquina de perforación de láminas, el cual es el objetivo de esta investigación.

Como ya se determinó, el diseño del sistema se centrará en la parte electrónica del sistema móvil, ya que es el que será controlado en el proceso, puesto que la máquina punzonadora será fija. Para su diseño, primero se presentará el diagrama de flujo de la propuesta y posteriormente se irá explicando cada fase del diseño

#### **4.3.1 Diagrama de flujo del diseño del Sistema de Control de proceso**

En la figura 14, se muestra el flujograma del diseño del sistema electrónico a proponer.

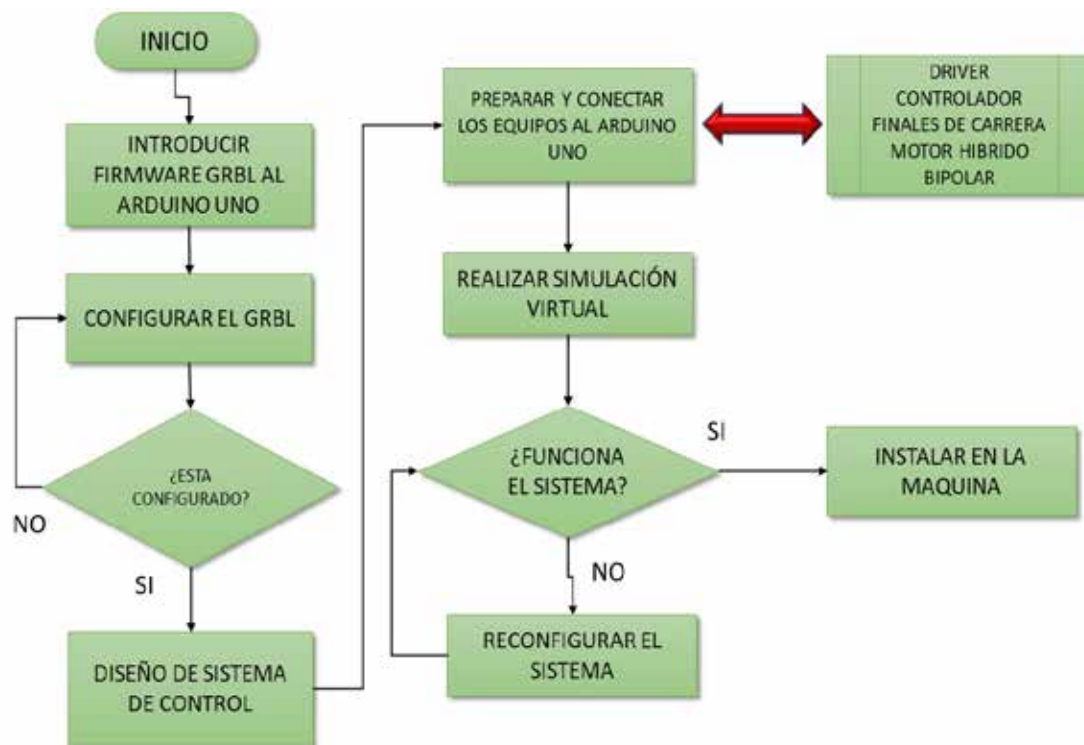


Figura 14: Flujograma del diseño del sistema electrónico a proponer.

Autor: Ramírez, N. (2021)

Como se observa en esta figura, el primer paso consiste en introducir el firmware GRBL al controlador del sistema el Arduino UNO, el cual será configurado y se verificará que este de manera correcta. Una vez listo se procederá a integrar los equipos al Arduino UNO, estos son, el driver controlador TB6600, los finales de carrera y los motores híbridos bipolares. Después de hacer la conexión de los equipos se realizará la simulación virtual para verificar que funciona de acuerdo a los requerimientos dados. De ser necesario se hará la reconfiguración del sistema hasta que la simulación indique que esta bien el funcionamiento, se entregará para ser instalado a la maquina cuando la empresa adquiera todos los elementos.

### 4.3.2 Configuración del firmwere GRBL en el controlador del sistema el Arduino UNO

Antes de realizar las conexiones del driver al Arduino y al motor, primero se debe cargar el firmware GRBL al Arduino, para evitar cualquier daño con el resto del circuito. Una vez cargado el GRBL se podrá cargar el código G sin necesidad de desconectar los drivers ni los motores.

En este caso se va a utilizar el firmwere GRBL versión 0.9 o una superior, el cual permitirá controlar eficientemente los motores a través de código G. Es necesario el Arduino IDE para compilación e introducción del GRBL al Arduino, y/o el UNIVERSAL G CODE SENDER para la introducción del código G y configuración del GRBL, es decir, una vez compilado e introducido el GRBL en el Arduino UNO se debe configurar, donde el GRBL posee las siguientes instrucciones a ser configuradas con el comando “\$\$” para verlas y “\$x = valor” para cambiarlo y asignarle la característica deseada. Las características de cada instrucción se observan en el anexo C. A continuación, se mostrará un resumen de los parámetros más importantes del apéndice C en el siguiente cuadro.

Cuadro 11: Resumen de las configuraciones del GRBL

<b>\$22= (ciclo homing, bool)</b>	Se utiliza para localizar con precisión una posición conocida y consistente en una máquina cada vez que inicia su Grbl entre sesiones. \$22=1
<b>\$100, \$101, \$102 (X, Y, Z, pasos/mm)</b>	<p>Los pasos/mm se pueden calcular así: <math>\text{steps\_per\_mm} = (\text{steps\_per\_revolution} * \text{microsteps}) / \text{mm\_per\_rev}</math></p> <p>Según los requerimientos determinados en la fase 2 se tiene que el recorrido es mediante piñón correa dentada, el motor es de 1.8° es decir 200pasos y se utiliza micropasos para mayor precisión de 1/16</p> <p>En este caso \$100= 80, \$101= 80, \$103= 80 (Ne se utiliza en este caso, sin embargo, se debe mantener los mismos valores para no afectar el sistema)</p>
<b>\$110, \$111, \$112= (X, Y, Z, velocidad máxima, mm/min)</b>	<p>Esto establece la velocidad máxima a la que cada eje puede moverse.</p> <p>Como se determinó en la fase 2 la velocidad del sistema</p>

	es de 0.5m/s. es decir \$110= 500, \$111= 500, \$112= 20 (dejando este valor pequeño y una distancia pequeña en \$132 se obtiene un rango en donde se activa y desactiva la punzonadora)
<b>\$120, \$121, \$122= (X, Y, Z, aceleración mm/sec<sup>2</sup>)</b>	En la fase 2 se determina una aceleración de 0.1m/s <sup>2</sup> . Es decir, \$120= 100, \$121= 100, \$122= 14
<b>\$130, \$131, \$132= (X, Y, Z, máximo recorrido, mm)</b>	En este caso en X \$130= 2400, en Y \$131= 1200 y \$132=30 (dejando este valor y una velocidad pequeños en \$112 se obtiene un rango en donde se activa y desactiva la punzonadora) dando un tiempo para punzonar de 1.5 segundos, si se determina que la punzonadora puede trabajar más rápido o lento se debe cambiar estos parámetros a unos más adecuado

Autor: Ramírez, N. (2021)

#### 4.3.3. Diseño del sistema de control

A continuación, se realizará el diseño para el sistema de control a través de un CNC para el proceso de punzonado de las láminas

##### 4.3.3.1 Conexión de equipos al Arduino UNO

- **Conexión- motor híbrido bipolar al driver TB6600.**

Para que cada perforación del punzonado sea realizada en la ubicación deseada se debe mover la lámina a dicha ubicación, este trabajo será realizado por el motor paso a paso previamente seleccionado, y para poder controlar dicho motor se seleccionó el driver TB6600 y el controlador Arduino UNO. Según el manual del driver TB6600, éste presenta las siguientes características físicas (ver figura 15)

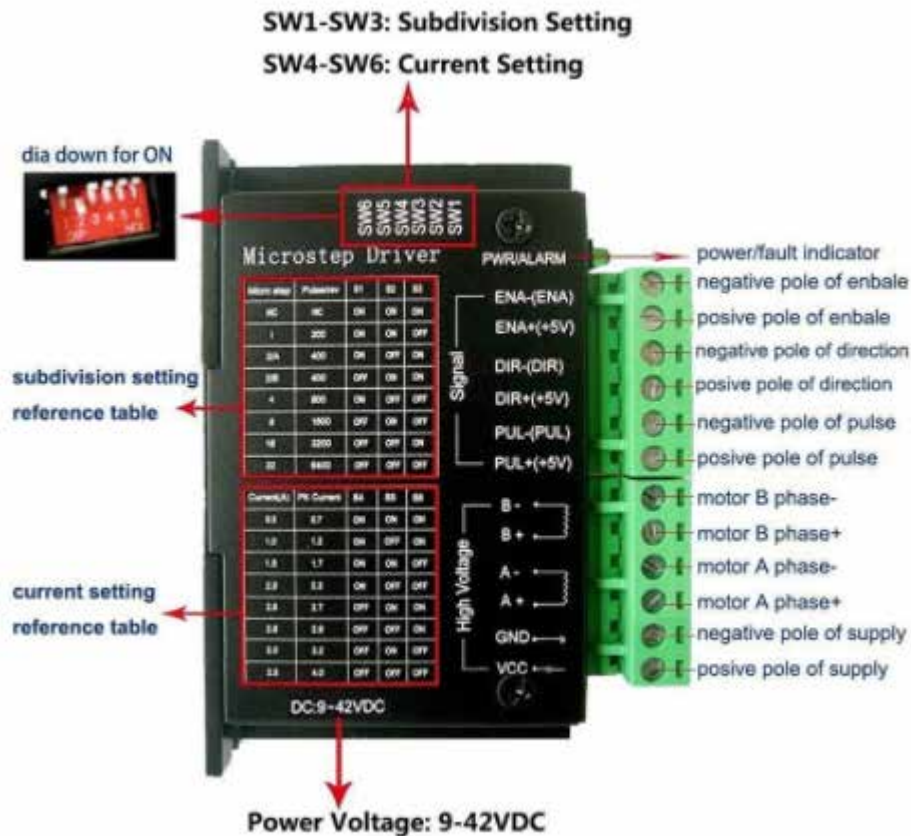


Figura 15: Características del Driver TB6600  
Fuente: TodoMicro

Este driver permite que, a través del Arduino, se realice el control sobre los motores paso a paso bipolares, además es capaz de controlar el paso de la corriente, Posee siete (7) configuraciones para el micro-paso donde dependiendo del motor se recomienda hasta un micro-paso de 16 para una mayor precisión del motor y ocho (8) configuraciones para el paso de la corriente la utilizaremos la última configuración donde se le permite el paso máximo de la corriente como lo muestra las siguientes tablas 7 y 8

Micro Step	Pulse/Rev	S1	S2	S3
NC	NC	ON	ON	ON
1	200	ON	ON	OFF
2/A	400	ON	OFF	ON
2/B	400	OFF	ON	ON
4	800	ON	OFF	OFF
8	1600	OFF	ON	OFF
16	3200	OFF	OFF	ON
32	6400	OFF	OFF	OFF

Tabla 7: Configuración para los micropasos  
Fuente: TB6600 User Guide V1.2

Current (A)	S4	S5	S6
0.5	ON	ON	ON
1.0	ON	OFF	ON
1.5	ON	ON	OFF
2.0	ON	OFF	OFF
2.5	OFF	ON	ON
2.8	OFF	OFF	ON
3.0	OFF	ON	OFF
3.5	OFF	OFF	OFF

Tabla 8: Configuración para el paso de la corriente  
Fuente: TB6600 User Guide V1.2

Una vez descrito el driver y observadas sus características se procederá a realizar la conexión de éste con el motor. En la figura 16 se observa de manera esquemática como se debe realizar la conexión del motor paso a paso híbrido bipolar al driver TB6600.

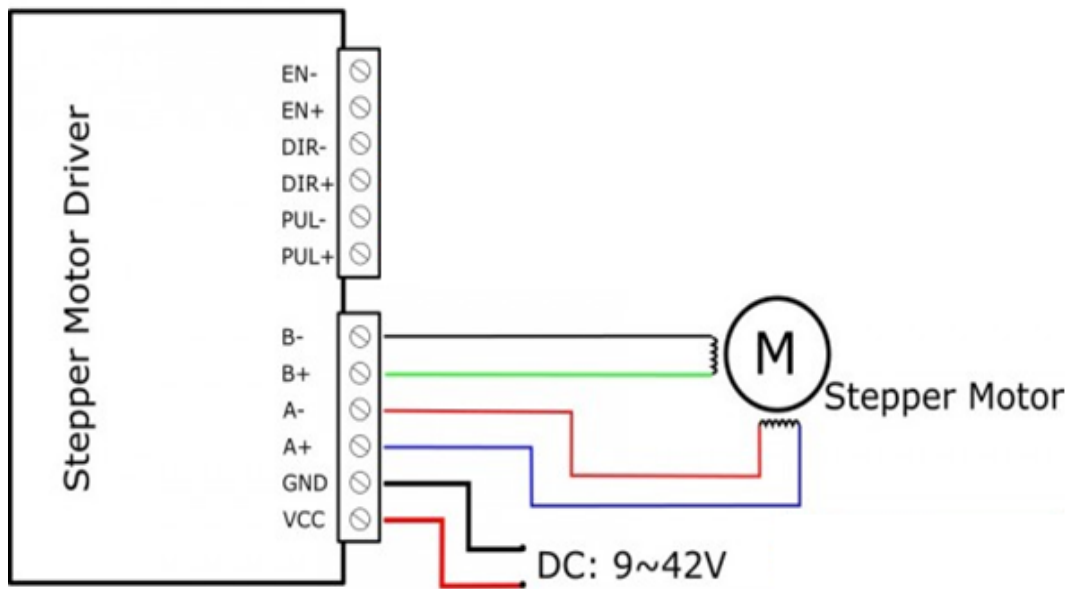


Figura 16: Conexión del motor al driver TB6600.  
 Autor: Ramírez, N. (2021)

En la figura anterior se observa las conexiones del motor en sus fases B- y B+ igual A- y A+, así como las conexiones a la toma de corriente de 9 a 42V

· **Conexión motor-driver al Arduino uno**

Una vez cargado y configurado el GRBL en el Arduino UNO se procederá a realizar la conexión de los drivers TB6600 – motor híbrido bipolar al Arduino. Para ello es importante primero visualizar cuales son los pines requeridos para hacer esta conexión. Por ello en la figura 17 se puede visualizar los pines de salida del GRBL.

Como se observa en la figura, se establece los puntos de conexión donde irá conectado el conjunto driver – motor con el Arduino tanto para el eje X como para el eje Y. Es importante indicar que en el sistema diseñado, el eje Z no será de interés en esta conexión, Sin embargo, el sistema debe controlar su accionamiento, pues, hasta que no esté posicionada la coordenada, no se puede permitir la activación que representa el movimiento que hará punzón para perforar la lámina, pero es ésta la que se moverá en ambos ejes (X,Y) para que el proceso se dé y es la maquina quien accionará el punzón a través del sistema hidráulico de la misma.

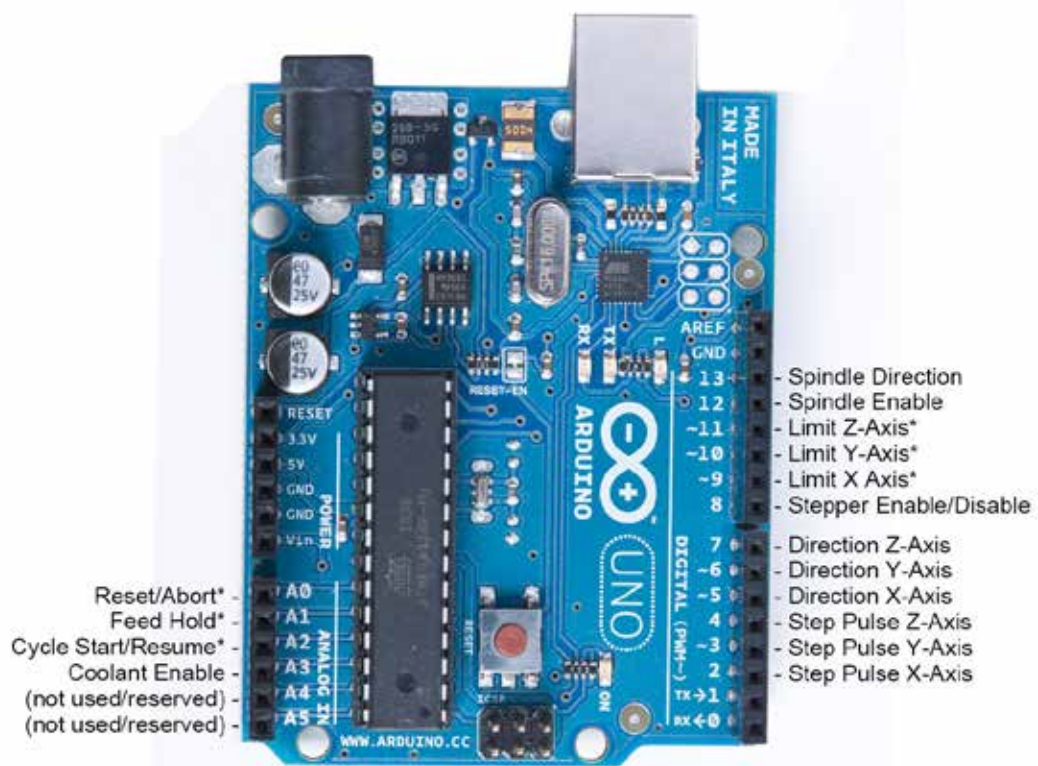


Figura 17: Puntos de conexión del Arduino UNO  
 Autor: GitHub. (2021)

Una vez observadas las características y puntos de conexión para el conjunto driver TB6600 y motor, se procederá a realizar la conexión de éste con el Arduino UNO. En la figura 18 se puede observar de manera esquemática la conexión que se hace del conjunto driver TB6600 y motor en el eje X al Arduino UNO.

Para el motor en el eje Y se utilizará otro driver TB6600, al cual previamente se le habrá conectado otro motor híbrido bipolar, con el mismo procedimiento que se mostró en el esquema de la figura 16. Ambos motores se conectan a los pines señalados del Arduino UNO. En la figura 19 se puede observar de manera esquemática la conexión que se hace del conjunto driver TB6600 y motor en el eje Y al Arduino UNO.

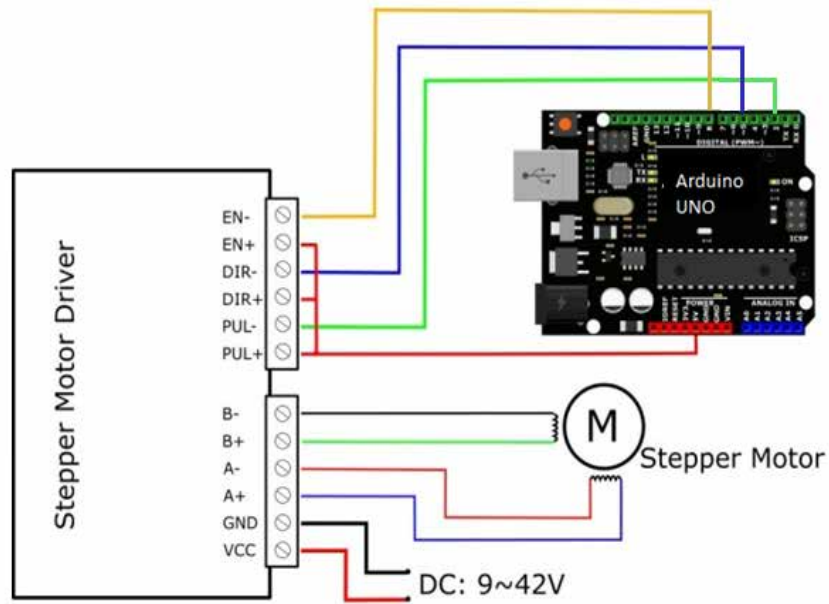


Figura 18: Montaje del motor en el eje X  
 Autor: Ramírez, N. (2021)

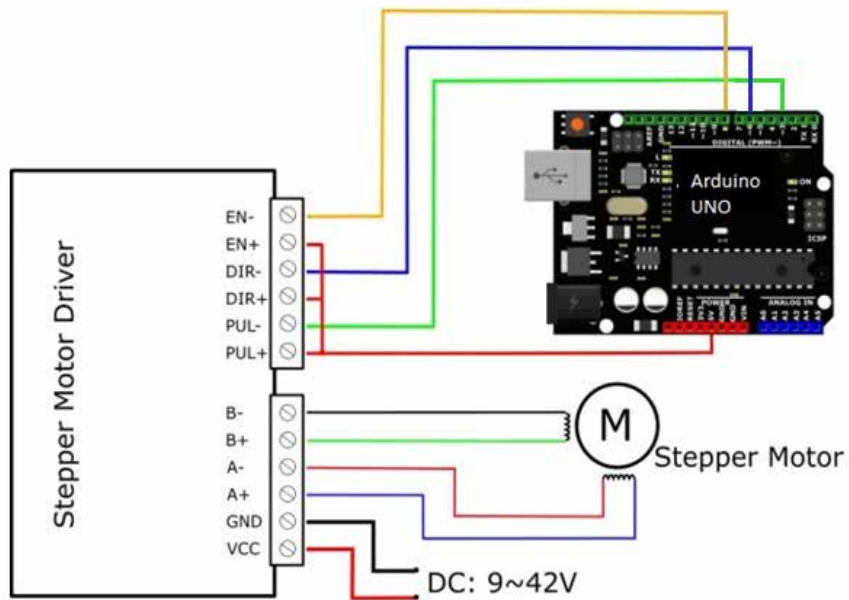


Figura 19: Montaje del motor en el eje Y  
 Autor: Ramírez, N. (2021)

- **Montaje de los finales de carrera al conjunto motor-driver Arduino UNO**

Para finalizar el diseño del sistema, se hará el montaje de los finales de carrera, tanto para el eje X como para el eje Y. Estos finales de carrera van conectados al Arduino UNO y mediante ellos se pueden proteger el sistema tanto a lo largo como a lo ancho de la lámina.

En la figura 20, se muestra de manera esquemática cómo será el montaje de los finales de carrera en el sistema diseñado

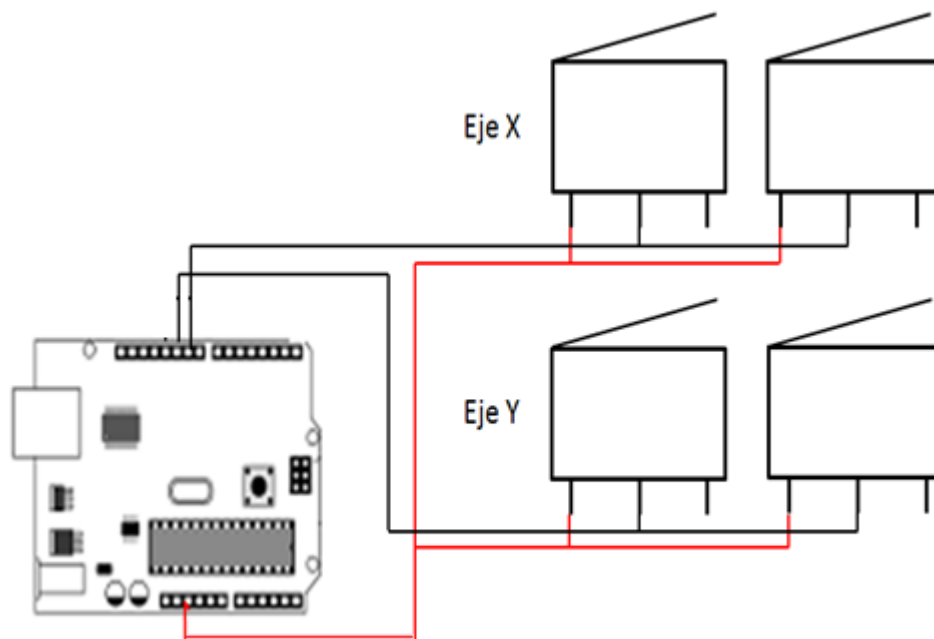


Figura 20: Montaje de los finales de carrera  
Autor: Ramírez, N. (2021)

#### 4.3.3.2 Simulación virtual del sistema diseñado

Una vez hecho los montajes se procedió a realizar una versión virtual del diseño para ir ajustando y reconfigurando el sistema para con ello tener el sistema final, que será entregado a la empresa para su disposición. En la figura 21 se muestra el diseño virtual que fue simulado en proteus para visualizar en funcionamiento del sistema de control, la simulación se realiza con la conexión virtual entre el

controlador Arduino UNO y el UNIVERSAL G CODE SENDER para introducir las instrucciones a realizar en la máquina, en la figura 22 se observa la configuraciones descritas en el anexo C, una vez realizadas las configuraciones necesarias, se procede a introducir el código G con las instrucciones de ubicación y perforado para el sistema de control y la máquina, en la figura 23 se observa la visualización del trayecto del código G utilizado en la simulación y por ultimo se observa en la figura 24 la activación de la punzonadora en la ubicación deseada simulada con la activación de un led.

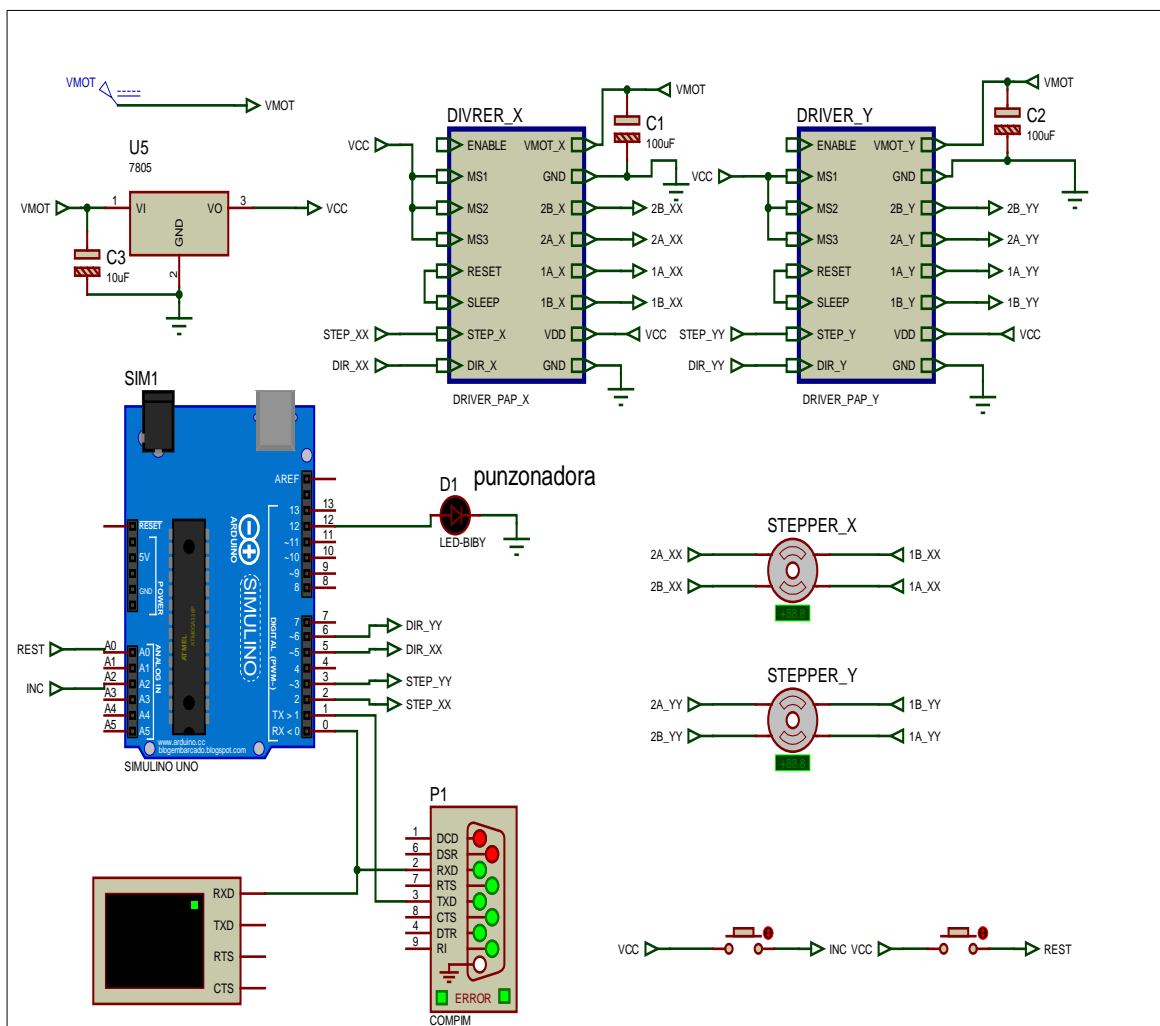


Figura 21: Simulación virtual del sistema diseñado

Autor: Ramírez, N. (2021)

Setting	Value	Description
\$0	10	(step pulse, usec)
\$1	255	(step idle delay, msec)
\$2	0	(step port invert mask:00000000)
\$3	0	(dir port invert mask:00000000)
\$4	0	(step enable invert, bool)
\$5	0	(limit pins invert, bool)
\$6	0	(probe pin invert, bool)
\$10	3	(status report mask:00000011)
\$11	0.010	(junction deviation, mm)
\$12	0.002	(arc tolerance, mm)
\$13	0	(report inches, bool)
\$20	0	(soft limits, bool)
\$21	1	(hard limits, bool)
\$22	1	(homing cycle, bool)
\$23	0	(homing dir invert mask:00000000)
\$24	100.000	(homing feed, mm/min)
\$25	500.000	(homing seek, mm/min)
\$26	250	(homing debounce, msec)
\$27	1.000	(homing pull-off, mm)
\$100	80.000	(x, step/mm)
\$101	80.000	(y, step/mm)
\$102	80.000	(z, step/mm)
\$110	500.000	(x max rate, mm/min)
\$111	500.000	(y max rate, mm/min)
\$112	20.000	(z max rate, mm/min)
\$120	100.000	(x accel, mm/sec <sup>2</sup> )
\$121	100.000	(y accel, mm/sec <sup>2</sup> )
\$122	14.000	(z accel, mm/sec <sup>2</sup> )
\$130	2400.000	(x max travel, mm)
\$131	1200.000	(y max travel, mm)
\$132	30.000	(z max travel, mm)

Save Close

Figura 22: configuración en el UNIVERSAL G CODE SENDER del GRBL  
 Autor: Ramírez, N. (2021)

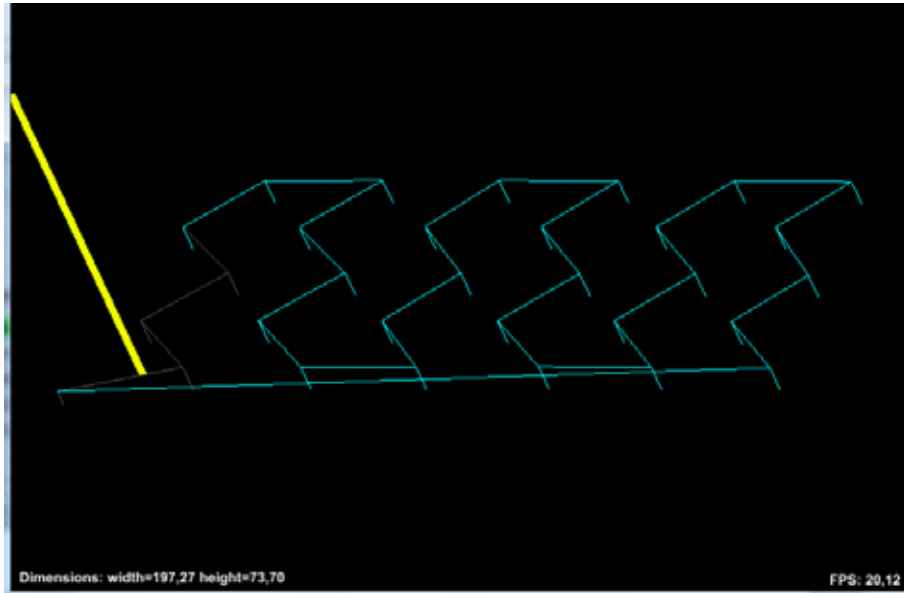


Figura 23: visualización del UNIVERSAL G CODE SENDER del código G  
 Autor: Ramírez, N. (2021)

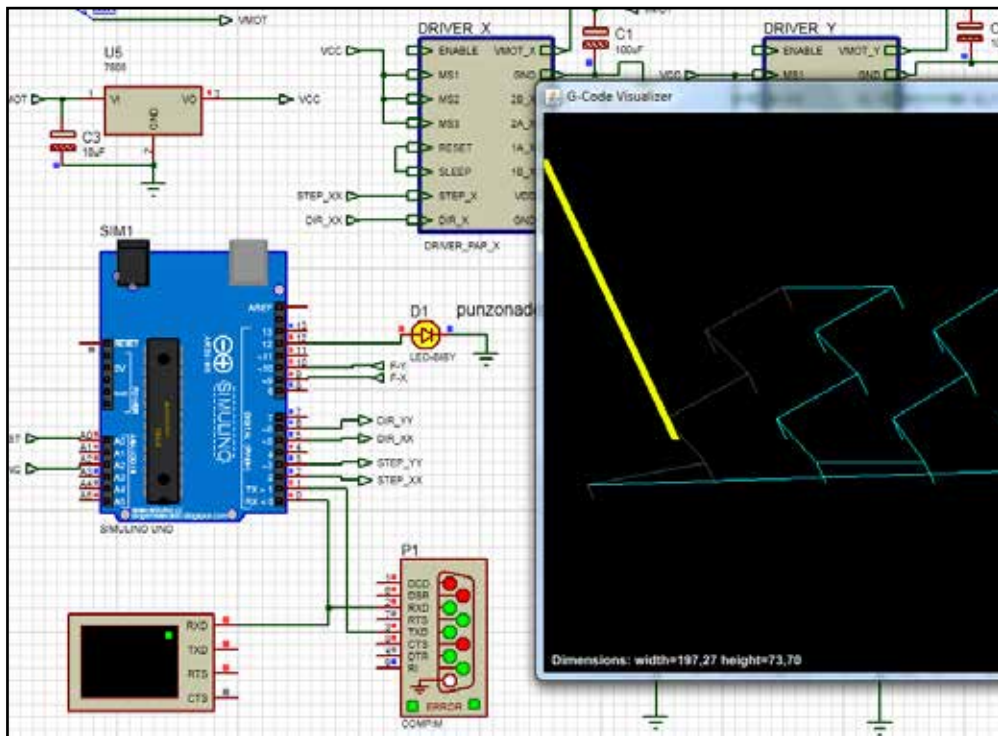


Figura 24: activación de la punzonadora en la ubicación requerida  
 Autor: Ramírez, N. (2021)

Es importante señalar que este diseño llega hasta su simulación virtual ya que para terminar de configurar el sistema se debe tener en cuenta aspectos físicos post montaje en la máquina para así luego realizar su correcta calibración con una simulación virtual, realizando la reconfiguración con los parámetros previamente mencionados. En la figura 25 se puede observar el flujograma del proceso de arranque de la máquina.

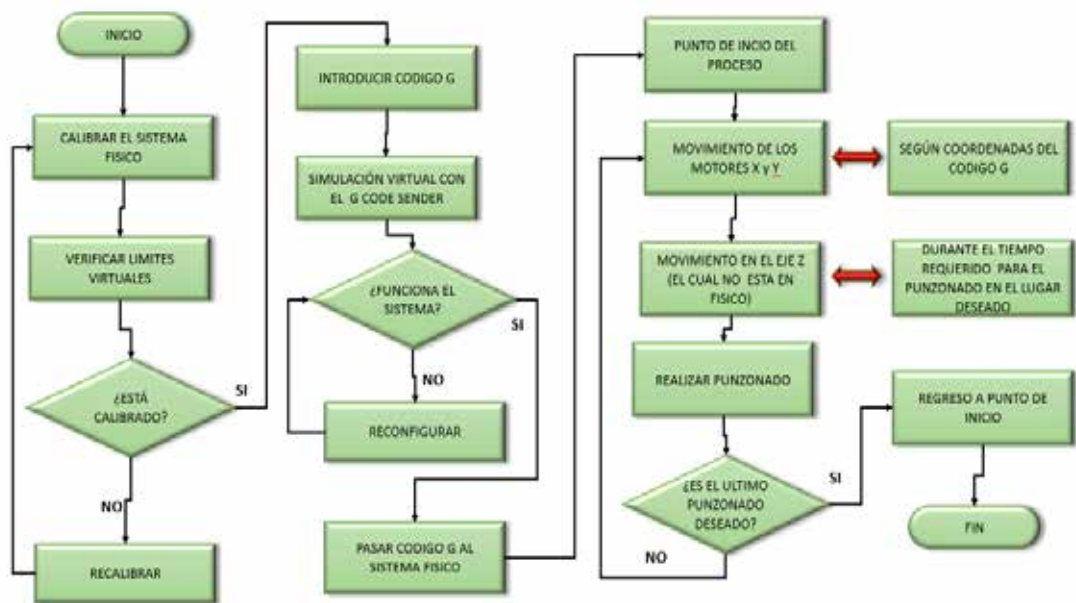


Figura 25: Flujograma del proceso de arranque de la máquina.

Autor: Ramírez, N. (2021)

A continuación, se realiza en solidwork un esquema de cómo podría ir ubicado el sistema de control en la maquina los cuales se muestran en las figuras 26 y 27.

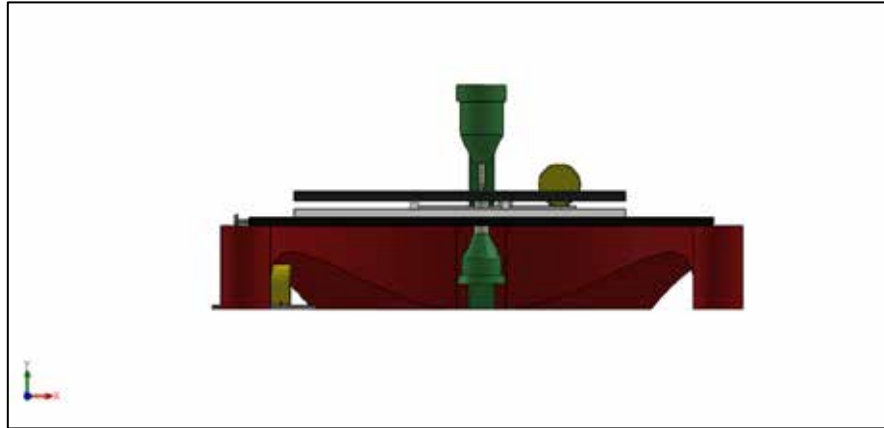


Figura 26: Esquema frontal de la maquina en solidwork.  
Autor: Ramírez, N. (2021)

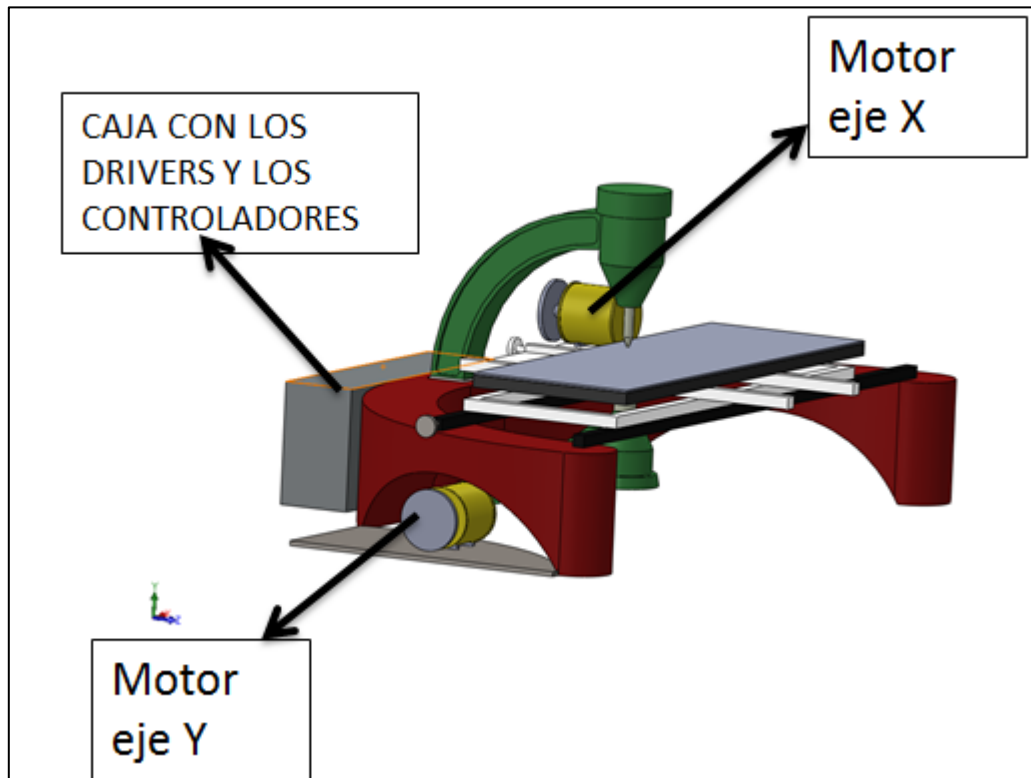


Figura 27: Ubicaciones del sistema de control.  
Autor: Ramírez, N. (2021)

#### **4.4 Fase IV: Evaluación de la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto**

La evaluación de la factibilidad del proyecto radica en calificar la idea y comprobar si su utilización es conveniente para su desarrollo mediante la utilización de ciertos criterios que responden al área técnica, ambiental, social, operativa y económica. Según Sapag (1995) “la evaluación de un proyecto busca medir objetivamente ciertas magnitudes cuantitativas que resultan del estudio del proyecto, dando origen a diferentes coeficientes de evaluación” (p. 27).

Es importante destacar que, todo proyecto se basa en estimaciones de lo que se espera que ocurra. Para sustentar estas premisas se realiza un análisis del entorno tomando en cuenta las variables económicas, ambientales y sociales que puedan afectar el proyecto en estudio. Al evaluar todos los aspectos que podrían influir positiva o negativamente se procede a avalar la factibilidad.

##### **4.4.1 Factibilidad operativa**

El estudio de la factibilidad operativa permite conocer lo urgente de implementar un proceso y la posible aceptación de éste por parte del personal. Para evaluar la factibilidad operativa se aplicará la metodología expuesta por Rodríguez, Castellano, Hernández y Aguilar en su respectivo estudio. Dichos autores exponen los procedimientos la evaluación de la factibilidad de la siguiente manera (2014, p.18) la valorización del impacto [0,10] de forma ascendente, el impacto se considera más intenso según su carácter positivo o negativo. De esta forma proponen el siguiente criterio de evaluación:

Es altamente factible si:

---

Es factible si:

---

No es factible:

En el cuadro 12, se describe la valorización de la factibilidad operativa para conocer qué tan factible resulta la propuesta de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.

**Cuadro 12: Valorización de la factibilidad operativa**

ÍTEMS	CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES	SI	NO	OBSERVACIÓN
1	¿El diseño del sistema de control propuesto es sencillo de comprender por los usuarios?	X		
2	¿El diseño del sistema de control propuesto se adapta a los cambios necesarios para suplir las necesidades de la organización?	X		
3	¿El sistema de control propuesto es sencillo de utilizar por los usuarios?	X		
4	¿La introducción del sistema de control propuesto coincide con las metodologías de trabajo actuales de la organización?		X	Pero la organización está adaptando nuevas metodologías
5	¿Se tiene el personal capacitado para la utilización del sistema propuesto?		X	Tiene la disposición para capacitar al personal

Autor: Ramírez, N. (2021)

Valorización positiva: 3 puntos

Valorización negativa: 2 puntos

$$VO = 3/2 = 1.5$$

En conclusión, siendo VO mayor que uno **la propuesta es altamente factible.**

#### 4.4.2 Factibilidad técnica

El estudio de la factibilidad técnica permite conocer si se dispone de los conocimientos, habilidades, equipos y/o herramientas para llevar a cabo la implementación del sistema de control propuesto. Por tal razón, se procedió a describir los requerimientos técnicos necesarios en el cuadro 13.

**Cuadro 13. Valorización de la factibilidad técnica**

ÍTEMS	DESCRIPCIÓN	SI	NO	OBSERVACIÓN
1	¿Se cuenta con personal técnico capacitado para la instalación del sistema propuesto?	X		
2	¿Se tienen los espacios físicos adecuados		X	Posee espacios que

	para la instalación del sistema propuesto?			debe organizar y despejar
3	¿La empresa cuenta con los equipos y las herramientas necesarias para la instalación del sistema propuesto?	X		
4	¿La empresa tiene facilidad para la adquisición de los materiales, equipos, accesorios y maquinaria requerida para la instalación del sistema propuesto?	X		
5	¿La empresa tiene las condiciones de instalación y servicio para el funcionamiento del sistema propuesto		X	Tiene la facilidad para la adecuación de los espacios

Autor: Ramírez, N. (2021)

Valorización positiva: 3 puntos

Valorización negativa: 2 puntos

$$V_t = 3/2 = 1.5$$

En conclusión, siendo  $V_t$  mayor que uno **la propuesta es altamente factible**.

Dado los resultados obtenidos en el cuadro anterior, se concluye que la propuesta planteada está adaptada a dicho requerimiento, por lo que posee una alta factibilidad técnica

#### 4.4.3 Factibilidad ambiental

Rodríguez H., Castellanos M., Hernández R. y Aguiar B. (2014), en su trabajo de investigación Evaluación de la Factibilidad Ambiental de las Inversiones Turísticas para el desarrollo sostenible, explican que la factibilidad ambiental:

“Tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración del mismo; todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de los órganos competentes”. (p. 18)

Por lo tanto, a continuación, se presenta, en el cuadro 14, la evaluación de la factibilidad ambiental aplicada al presente trabajo.

**Cuadro 14. Valorización de la factibilidad ambiental**

Medio	¿Existe relación con el medio?		¿Cumple con las leyes de ambiente?	
	SI	NO	SI	NO
<b>Agua</b>		X	X	
<b>Atmosfera</b>		X	X	
<b>Suelo</b>	X		X	
<b>Flora y fauna</b>		X	X	
<b>Contaminación electromagnética, visual y sónica.</b>	X		X	

Autor: Ramírez, N. (2021)

En materia de ambiente se toman los elementos que lo conforman, es decir, agua, suelo, atmosfera, flora y fauna. Para este caso, la investigación se centra en proponer un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A., en materia de ambiente solo repercute a poca escala en el suelo, puesto que la perforación de las láminas, puede generar rebarba que se traduce en pequeñas virutas que al caer al piso de la planta son recogidas por la empresa y dispuesta en contenedores, formando así parte del material de desecho que es vendido a terceros para su reutilización. Otro aspecto considerado es que el proceso puede producir mínimas emisiones de contaminación electromagnética, visual y sónica, sin embargo, para los operarios de la empresa, la misma dispone de equipos de protección personal y para el ambiente en general, la empresa se ubica en una zona alejada de cualquier zona urbanizada. Por lo que se concluye que en **materia ambiental este proyecto es factible.**

#### **4.4.4 Factibilidad social.**

Uribe F. (2015), define que “evaluar la factibilidad social de un proyecto es hacer énfasis en el impacto social del mismo, este tipo de análisis tiene como objetivo buscar la satisfacción de las necesidades humanas materiales” (s/n), esto quiere decir que la propuesta planteada entrega un impacto positivo en el ámbito social de la empresa, debido a los beneficios que los trabajadores obtienen, ya que, si se considera a los trabajadores como parte social del análisis, serían los primeros beneficiados por el Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas

propuesto, puesto que además de ser capacitados técnicamente, este sistema les proporciona mayor facilidad en el proceso, así como rapidez y efectividad en el trabajo realizado. Además de ello, la empresa cumple con las normas de seguridad laboral vigente, lo que implica equipos de protección personal. De allí que se concluye que, **desde el punto de vista social la propuesta es factible**

#### **4.4.5 Factibilidad económica**

La factibilidad económica según Blanco (2007), “refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos que deben considerarse para establecer el costo del tiempo, de la realización y de adquisición de nuevos recursos” (p. 29).

Para el análisis de factibilidad económica es necesaria la aplicación de cálculos que permitan su fácil comprensión. En este caso se utilizará el indicador de Tasa interna de retorno por ser uno de los más confiables

La tasa interna de retorno (TIR), se utiliza como indicador de rentabilidad de un proyecto. También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado. Su resultado determinará la aceptación o el rechazo del plan propuesto.

---

Siendo:

TIR = Tasa interna de retorno.

I = Inversión inicial.

Fn = Flujo neto de caja.

n = número de periodos

El criterio de selección será el siguiente, donde “i” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

$TIR > i$ , el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

$TIR = i$ , estaría en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

$TIR < i$ , el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

A continuación, se detalla el resumen del costo de inversión que la empresa, debe destinar para llevar a cabo la instalación de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas, ver cuadro 15

**Cuadro 15.** Resumen del costo de inversión de la propuesta planteada

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Arduino UNO	1	20\$	20\$
2	Motor nema 23 hibrido bipolar de 26 kg cm	2	150\$	300 \$
3	Driver TB6600	2	50\$	100 \$
4	Finales de carrera	4	10\$	40\$
5	Fuente de poder de 0V a 24V salida 5V 8A	1	30\$	30\$
6	Montaje e Instalación	40 hr	2,5\$ (*)	100\$
7	Misceláneos (cables, terminales, entre otros)			20\$
8	Sub Total			610 \$
9	Imprevistos	10%		61\$
	Total			671\$
	Iva (16%)			107.36\$
				778.36\$

Autor: Ramírez, N. (2021)

(\*) Tomado del tabulador del Colegio de Ingenieros de Venezuela vigente a partir del 1 de agosto del 2021

Para la evaluación económica de la propuesta planteada, es necesario recalcar que el beneficio/flujo anual neto es variable y dependerá de la cantidad de unidades que se demanden. Sin embargo, se estableció el mínimo de demanda proyectada por

la empresa que es de 100 und/año las cuales al mandarlas a punzonar con terceros presenta el siguiente costo:

**Cuadro 16.** Resumen del costo de inversión de perforación de lámina con terceros

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Costo unitario	Costo total/anual
1	Perforación de laminas	100	200\$/20	1000\$
2	Traslado ida y vuelta	100	19.6\$/lamina	392\$
3	Gastos de envío, carga y descarga			150\$
	total			1542 \$
	Iva (16%)			246.72 \$
	total			1788.72 \$

Autor: Ramírez, N. (2021)

Ahora bien, la lámina es vendida en el mercado donde opera la empresa en 5\$, lo que daría un total de ingreso 500\$ por las 100 láminas, de allí que el beneficio total seria 2288.72\$

Por lo tanto, el cálculo de la factibilidad económica para este trabajo de investigación es el siguiente:

Tasa interna de retorno.

---


$$TIR = 1.94 = 194\%$$

Según el banco central de Venezuela el valor  $i$  para el mes de julio del 2021 es de 28.5% por lo tanto  $TIR > i$ , expresa que el proyecto de inversión debe aceptarse.

### Relación beneficio-costo

Para determinar esta relación, se utiliza la expresión:

$$= \frac{B}{C}$$

Siendo B: beneficio y C: Costo.

Dónde:

- Si  $R (B/C) > 1$  Factible. Indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, la propuesta debe ser considerada.
- $R (B/C) = 1$  Indiferente. No hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes.
- $R (B/C) < 1$  No Factible. Muestra que los costes son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

En este caso, **los beneficios** se perciben como el monto que la empresa deja de invertir por realizar la operación de perforado con terceros, el cual es **1788.72 \$**. **Los costos** es la inversión del sistema propuesto, que en este caso es **778.36\$**. Entonces la relación costo beneficio será:

$$= 1788.72 \$ / 778.36 \$.$$

$$R = 2.3$$

Entonces como  $R (B/C) > 1$  la propuesta **se considera Factible**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Una vez desarrollados los objetivos que condujeron a cumplir con el propósito de este trabajo de investigación el cual fue proponer el diseño de un sistema de control de proceso para una máquina de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A. se presentan las siguientes conclusiones:

En la fase I se realizó un diagnóstico de la situación actual del proceso perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A., los datos fueron obtenidos por medio de la observación directa tanto al área de producción de la empresa como a las características de la lámina objeto de estudio, también a través de la entrevista realizada al personal de la empresa se obtuvieron datos relevantes que permitieron avanzar en la investigación y que fueron aplicados en el diseño propuesto

En la fase II se determinaron de los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas, para ello se estudiaron diferentes alternativas que fueron evaluadas a través de un proceso comparativo para seleccionar la que más se adecue al diseño. Para la selección de los componentes necesarios para el diseño propuesto, se utilizaron tablas técnicas, formulas, cálculos los cuales permitieron llegar a los componentes requeridos en el diseño.

En la fase III se presenta el diseño de un sistema de control de proceso para una máquina de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A. en esta fase se presenta el flujograma de la propuesta, el paso a paso de las conexiones del sistema y al final se hace una simulación virtual de la propuesta para con ello mostrar el comportamiento del sistema. Es importante resaltar que este diseño llega hasta su simulación virtual ya que para terminar de configurar el sistema se debe tener en cuenta aspectos físicos post montaje en la máquina para así luego realizar su correcta calibración con una simulación virtual, realizando la reconfiguración con los parámetros previamente mencionados

En la fase IV, se realizó la evaluación de la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto. Para ello se analizó y evaluó mediante indicadores estos factores en la propuesta dando como resultado que es factible. Desde el punto de vista económico se determinó que la inversión que debe hacerse para el sistema es de 684.4\$ y a través del indicador económico llamado tasa interna de retorno (TIR) se obtuvo que la propuesta es aprobable. Al realizar el indicador de la relación costo beneficio se obtuvo un valor de 2, 3, lo que indica que al estar por encima de 1 la propuesta realizada es factible.

En forma general se observó que el sistema actual de llevar la lámina a perforar por terceros no es rentable para la empresa, ya que los costos de proceso incrementan, lo que no hace posible que pueda competir con los precios que oferta el mercado. Con el sistema propuesto, la empresa comienza su camino de adquirir su propio sistema de perforación de las láminas, lo que no solo le permitiría tener un activo, sino que podría diversificar su gama de productos en el mercado.

### **Recomendaciones**

Una vez realizada la investigación se indican las siguientes recomendaciones:

- Tomar en cuenta el sistema propuesto y las características estudiadas a fin de que puedan acoplarse a la maquina punzonadora.
- Considerar que la estructura móvil donde estará ubicada la lámina no sea muy pesada o mayor a 2.5 veces el peso de la lámina, ya que requerirá de un cambio de motores paso a paso a servomotores, los cuales poseen mayor troque.
- A pesar de que los drivers TB6600 poseen una cubierta metálica disipadora de calor, se recomienda mantenerlos en ambientes frescos.
- En el software controlador se recomienda mantener el ciclo homing para mayor seguridad del sistema
- Se recomienda no aplicar ninguna fuerza a la mesa móvil ya que esta puede moverse y desorientar el sistema

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alandinez, M. (2013) **Geometría**. Disponible en red en <https://mariaalandinezleon.wordpress.com/geometría/tabla-de-perímetros-y-áreas/>
- Arias, F (2012). **El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica**: (3ed) Caracas, Venezuela: Episteme C.A/ Oriol Ediciones
- Autycom. (2018) **¿Qué es el Control Numérico Computarizado o CNC?** Recuperado de [https://www.autycom.com/que-es-el-control-numeric-computarizado-o-cnc/?doing\\_wp\\_cron=1613152118.9152650833129882812500](https://www.autycom.com/que-es-el-control-numeric-computarizado-o-cnc/?doing_wp_cron=1613152118.9152650833129882812500)
- Balestrini, M. (2002) **Como se elabora el Proyecto de la Investigación**. Sexta Edición. Caracas: Editorial Panapo.
- Barragán, D. (2016) **Diseño e implementación de un prototipo de punzonadora CNC industrial automática para la empresa EnergyPetrol. S.A. Universidad de las Fuerzas Armadas**. Quito. Disponible en red en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/20986/T-ESPE039728.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bavaresco, G. (2012). **Prensas**. Recuperado de <https://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/prensas.pdf>
- Betancourt, D. (2018). **Cómo hacer una matriz de priorización**. Recuperado de agosto Ingenio Empresa: [www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion](http://www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion).
- Blanco, R (2005). **Metodología de la investigación**. México tercera Edición Mc Graw-Hill interamericana
- Blanco (2007), **Factibilidad Económica**. Disponible en red en: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR8257.pdf>
- Busot, L (2002) **Iniciación a la estadística**. Caracas: Editorial Alfa
- Cao, L. (2020). **Acero inoxidable, bronce, latón o aluminio: Cómo elegir materiales para manillas**. Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/931983/acero-inoxidable-bronce-laton-o-aluminio-como-elegir-materiales-para-manillas>

- Cardozo, A. (2019). **Propuesta de un diseño de control automatizado para el proceso de preparación de pulpas de papel.** Trabajo de grado. Universidad José Antonio Páez. San Diego Venezuela.
- Chacón, A. Rascón, D. Salinas, Y. (2010). **Automatización Industrial.** Recuperado de <https://a207816.wordpress.com/tipos-de-automatizacion/>
- Escalona, I. (2003). **Control numérico computarizado CNC. Diseño y manufactura asistidos por computadora.** Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/control-numerico-computarizado-diseno-manufactura-asistidos-computadora/>
- Fernández, Y. (2020). **Qué es Arduino.** Recuperado de: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Fernández, Y. (2021). **Firmware: qué es y en qué se diferencia con los drivers.** Recuperado de: <https://www.xataka.com/basics/que-firmware-que-se-diferencia-drivers>
- Gálvez, A (2002) **Metodología de la investigación Cualitativa España,** Editorial Carricondo Guirao
- GitHub. (2021). **Connecting Grbl** <https://github.com/grbl/grbl/wiki/Connecting-Grbl>
- Illustrationprize. (s/f). **Motor paso a paso híbrido.** Recuperado de: <https://illustrationprize.com/es/557-hybrid-stepper-motor.html>
- Jiménez, L. (1976) **Prontuario de la técnica mecánica.** Ediciones técnicas MARCOMBO, S.A. Barcelona España.
- Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo** (Gaceta Oficial N° 38.236 del 26 de julio de 2005) Recuperado de <https://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/LOPCYMAT.pdf>
- Maquiclick. (2019). **Punzonadoras CNC: maquinaria ideal para la deformación metálica.** Recuperado de <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/punzonadoras-cnc-maquinaria-ideal-la-deformacion-metalica/>
- Martínez, K. (2018). **Conceptos Básicos: Sistemas de Control.** Recuperado de <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-basicos-sistemas-de-control/>

- Mayur, G. (2019). **¿Qué es un sistema de control?** Recuperado de <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>
- MBrobotics. (2019). **GRBL – Configuración.** Recuperado de: <http://mbrobotics.es/blog/grbl-configuracion/>
- Mecanizado. (2015). **Introducción a la tecnología CNC.** Recuperado de <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>
- Mírez, J. (2013). **Diseño de sistemas de control.** Recuperado de <https://jmirezcontrol.wordpress.com/2013/08/28/c048-diseno-de-sistemas-de-control/>
- Montoya, A. (2018) **Desarrollo y Montaje de una Máquina de Control Numérico basado en la Plataforma Arduino.** Trabajo de Grado. Universidad Politécnica de Valencia, Campus Alcoy. España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/>
- Reglamento Parcial De La Ley Orgánica De Prevención, Condiciones Y Medio Ambiente De Trabajo (2007)** Recuperado de <https://www.medicinalaboraldevenezuela.com.ve/archivo/LOPCYMAT.pdf>
- Rodríguez, Castellano, Hernández y Aguilar. (2014). **Factibilidad Operacional.** Revista Ciencia en su PC. Santiago de Cuba, Cuba.
- Ruiz, M (2016) **Técnicas e instrumentos de investigación.** Disponible en: [http://www.eumed.net/tesisdoctorales/2012/mirm/tecnicas\\_instrumentos](http://www.eumed.net/tesisdoctorales/2012/mirm/tecnicas_instrumentos).
- Sabino (2004) **El proceso de Investigación.** Editorial Panapo. Caracas.
- Sarabia, R. (2019). **Recomendaciones para almacenar láminas metálicas.** Recuperado de <https://blog.laminasyaceros.com/blog/cuidados-para-almacenar-laminas-met%C3%A1licas>
- Semelpro. (2019). **Protocolos de comunicación en tarjetas y sensores.** Recuperado de <https://smelpro.com/blog/protocolos-de-comunicacion-en-tarjetas-y-sensores/>
- Shigley J. (1987). **Diseño en Ingeniería Mecánica,** Mc Graw Hill, México
- Sapag (1995). **Evaluación de proyectos.** Disponible en: <http://www.utntyh.com/wp-content/uploads/2013/03/Preparacion-Y-Evaluacion-De-Proyectos-Sapag.pdf>

- TodoMicro. (2021). **Controlador driver motor paso a paso 9 a 42V 4A TB6600.** Disponible en: <https://www.todomicro.com.ar/motores-y-drivers-motores/692-controlador-driver-motor-paso-a-paso-9-a-42v-4a-tb6600.html>
- Universidad José Antonio Páez (2020). **Manual para la elaboración Y presentación de los Anteproyectos, proyectos de Trabajos de grado, trabajos de Grado, tesis doctoral e informe de pasantía y extramuros de la Universidad José Antonio Páez.** No Publicado. San Diego, Venezuela.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2016). **Manual para la elaboración del trabajo de grado.** 5ta edición Caracas-Venezuela
- Uribe F. (2015), **Factibilidad social.** Disponible en: [http://scholar.google.co.ve/scholar?q=Uribe+F.+\(2015\),+Factibilidad+social&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](http://scholar.google.co.ve/scholar?q=Uribe+F.+(2015),+Factibilidad+social&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart)
- Valdiviezo, M. y Negrete, T. (2018). **Diseño e implementación de un prototipo de sistema de control numérico computarizado para la elaboración de circuitos impresos en baquelita.** Trabajo de grado. Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Ecuador.
- Webcentro. (2001). **Automatización.** Recuperado de <http://www.sc.edu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

# ANEXOS

## ANEXO A:

### VALIDACION DEL INSTRUMENTO



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA

### VALIDACIÓN DEL GUION DE ENTREVISTA

Estimado experto: **Profesor Wilmer Sanz**

Conocedor de la labor y experiencia que tiene, me dirijo a Ud., muy respetuosamente para saludarlo y a la vez solicitarle sus buenos oficios para la revisión y validación desde el punto de vista metodológico, de un instrumento de recolección de datos, en este caso un guion de entrevista, que será aplicado a los directivos de la empresa RUBIK ASSEMBLY C.A., en la estoy desarrollando una investigación titulada: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK ASSEMBLY C.A. Este instrumento consta de 9 preguntas abiertas, donde se busca obtener información técnica necesaria para el diseño buscado.

Agradezco su opinión con respecto a los componentes que se someten a consideración, con la seguridad de que sus observaciones serán tomadas en consideración para mejorar el instrumento y por ende el trabajo de la investigación propiamente dicho.

Seguro de contar con su apoyo, quien suscribe:

Ramírez, Neomar  
C.I. 26960661

A tal efecto le estoy anexando:

- Título de la investigación
- Objetivos de la investigación
- Instrumento a utilizar para la recolección de datos
- Formato de evaluación para que Ud. Emita su juicio, luego de analizar cada aspecto

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK ASSEMBLY C.A.**

**Autor: Neomar Ramírez**

**Tutor: Ing. Antonio Rodríguez**

**OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**Objetivo General**

Proponer el diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.

**Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual del proceso de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A.
- Determinar los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas.
- Diseñar un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.
- Evaluar la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto.



**REPUBLICA BOLIVARIANA DE ENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA**

**HOJA DE REGISTRO PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

**Instrucciones:** Marque con una X el recuadro que identifique su punto de vista respecto al ítem de acuerdo a las siguientes apreciaciones:

- P: pertinente
- A: ambiguo
- C: claro
- D: debemos modificar o reforzar
- E: eliminar

En la columna de observaciones puede complementar su apreciación

Ítem	P	A	C	D	E	Observaciones
1	X					
2	X					
3				X		Uso único, por ejemplo como porta objetos
4	X					
5	X					
6	X					
7	X					
8	X					
9				X	X	¿Por qué es importante esta pregunta?
10	X					

Observaciones Generales: El instrumento parece diseñado para recolectar información relativa a un solo tipo de lámina; la pregunta 1 así lo establece y la pregunta 5 lo confirma. Si esto es en realidad lo que se desea, está muy bien, si no habría que hacer cambios importantes.

Nombre y Apellido: Wilmer Sanz

Teléfono: 0414845056

Estudios realizados: In. Electricista, MSc. en Instru  
Educación Superior

en Docencia para la

Firma del Validador:

**Cuadro de Operacionalización de variables**  
**Operacionalización de variables**

<b>Objetivo General</b>	Proponer el diseño de un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C.A.				
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable</b>	<b>Concepto</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Items</b>
Diagnosticar la situación actual del proceso de perforación de láminas en la empresa Rubik Assembly C.A.	Parámetros técnicos	Son datos que se consideran como <b>imprescindibles y orientativos</b> para lograr el diseño esperado.	Medidas	Ancho, largo peso, material, diámetros, patrón de perforado	1, 2
	Mercado del producto	Está formado por todos los consumidores o compradores potenciales de un producto.	Oferta y demanda	Usos de la lámina, demanda y oferta, expectativas de producción	3,4, 5
Determinar los requerimientos técnicos para el control del proceso de una máquina de perforación de láminas	Método de perforación	Permite establecer el tipo de diseño más factible de acuerdo a las posibilidades de la empresa	Método	Diferentes métodos de perforación existente	8
Diseñar un Sistema de Control de proceso para una máquina de Perforación de láminas en la Empresa Rubik Assembly C. A	Diseño del sistema de control de proceso	Diseño propuesto de acuerdo a las necesidades de la empresa	Sistema de control de proceso	Tipo de diseño seleccionado	Según el análisis realizado fase II
Evaluar la factibilidad operativa, técnica, económica, social y ambiental del diseño propuesto	Parámetros de factibilidad	Son datos que permiten evaluar una propuesta desde varios puntos de vista	Factibilidad	Operativa Técnica, económica	6,7,9,

Autor: Ramírez, N. (2021)

**ANEXO B:  
ENTREVISTA APLICADA AL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA  
MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK  
ASSEMBLY C.A.**

**GUION DE ENTREVISTA PARA EL EMPRESARIO**

OBJETIVO: Recopilar información técnica para la selección de requerimientos necesarios en el diseño

1.- ¿CUÁLES SON LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA LÁMINA?

Material:

Dimensiones:

Ancho:            largo:            espesor:

Peso:

Material reflectante: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

2.- EN CUANTO AL PATRON DE PERFORADO, ¿CUÁLES SON LOS REQUERIMIENTOS?

Diámetro de perforación requerido:

Patrón único: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Variación posible del diámetro: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Se tiene estimado que el equipo a diseñar se pueda utilizar para un patrón de perforado diferente:

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

3.- ¿CUÁLES SON LOS USOS QUE TENDRÁ LA LÁMINA PERFORADA?

Uso único, por ejemplo, como porta objetos: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Variación en el uso de la lámina: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

4.- DEMANDA Y OFERTA APROXIMADA

Cantidad demandada aproximadamente:

Cliente único: Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Se tiene estimado ofertar a otros clientes láminas con patrón de perforado igual:

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

Se tiene estimado ofertar a otros clientes láminas con patrón de perforado diferente

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

5.- ¿CUÁLES SON LAS EXPECTATIVAS DE PRODUCCIÓN DE ESTA LAMINA?

6.- ¿TIENE LA DISPONIBILIDAD PARA CAPACITAR AL PERSONAL REQUERIDO PARA LLEVAR A CABO EL METODO DE PERFORACIÓN QUE PUEDA SER DISEÑADO?

7.- ¿CUÁL SERÍA EL INTERVALO DEL PRESUPUESTO QUE ESTARÍA LA EMPRESA DISPUESTA A INVERTIR PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINAS?

8.- EN CUANTO AL MÉTODO DE PERFORACIÓN ¿CUÁLES DE LOS SIGUIENTES PODRÍA SER EL QUE LE CONVIENE A LA EMPRESA Y CUÁL PUEDE PRESUPESTAR?

Tipo	Costo	Mantenimiento	Ciclo de vida	Patrón de perforado	Requerimientos	Selección
Láser	alto	bajo	alto	ajustable	Limpieza del óptico	
Punzones	bajo	alto	bajo	único	Cambio de punzón o cabezal y una operación adicional para quitar la rebaba	
Agua	alto	alto	alto	ajustable	Tratamiento del agua reciclada	
Robot con herramienta punzón-taladro	alto	bajo	medio	ajustable	Protección de sus sistemas de los agentes externos	

9.- ¿CUÁL ES EL COSTO QUE LE OFERTAN LOS PROVEEDORES POR PERFORAR LAS LÁMINAS Y CUÁL ES LA CANTIDAD MÍNIMA PARA HACERLO? ¿CUÁLES SON ESTOS PROVEEDORES?



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINAS EN LA EMPRESA RUBIK ASSEMBLY C.A.

### GUION DE ENTREVISTA PARA EL EMPRESARIO

OBJETIVO: Recopilar información técnica para la selección de requerimientos necesarios en el diseño

1.- ¿CUÁLES SON LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA LÁMINA?

Material: Acero

Dimensiones: 2.4x1.2

Ancho: 1.2 m      largo: 2.4 m      espesor: 0.9 mm

Peso: 20 kg aprox

Material reflectante: Si  No

2.- EN CUANTO AL PATRON DE PERFORADO, ¿CUÁLES SON LOS REQUERIMIENTOS?

Diámetro de perforación requerido: 6 u 8 mm

Patrón único: Si  No

Variación posible del diámetro: Si  No

Se tiene estimado que el equipo a diseñar se pueda utilizar para un patrón de perforado diferente:

Si  No

3.- ¿CUÁLES SON LOS USOS QUE TENDRÁ LA LÁMINA PERFORADA?

Uso único, por ejemplo, como porta objetos: Si  No

Variación en el uso de la lámina: Si  No

4.- DEMANDA Y OFERTA APROXIMADA

Cantidad demandada aproximadamente: 100 laminas / año

Cliente único: Si  No

Se tiene estimado ofertar a otros clientes láminas con patrón de perforado igual:

Si  No

Se tiene estimado ofertar a otros clientes láminas con patrón de perforado diferente

Si  No

5.- ¿CUÁLES SON LAS EXPECTATIVAS DE PRODUCCIÓN DE ESTA LÁMINA?

Al menos 100 laminas anuales



6.- ¿TIENE LA DISPONIBILIDAD PARA CAPACITAR AL PERSONAL REQUERIDO PARA LLEVAR A CABO EL METODO DE PERFORACIÓN QUE PUEDA SER DISEÑADO?

Si

7.- ¿CUÁL SERIA EL INTERVALO DEL PRESUPUESTO QUE ESTARÍA LA EMPRESA DISPUESTA A INVERTIR PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA MÁQUINA PERFORADORA DE LÁMINAS?

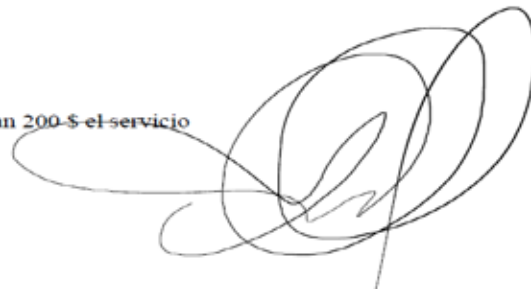
USD 3.000

8.- EN CUANTO AL MÉTODO DE PERFORACIÓN ¿CUÁLES DE LOS SIGUIENTES PODRÍA SER EL QUE LE CONVIENE A LA EMPRESA Y CUÁL PUEDE PRESUPESTAR?

Tipo	Costo	Mantenimiento	Ciclo de vida	de patrón de perforado	Requerimientos	Selección
Láser	alto	bajo	alto	ajustable	Limpieza del óptico	
Punzones	bajo	alto	bajo	único	Cambio de punzón o cabezal y una operación adicional para quitar la rebaba	X
Agua	alto	alto	alto	ajustable	Tratamiento del agua reciclada	
Robot con herramienta punzón-taladro	alto	bajo	medio	ajustable	Protección de sus sistemas de los agentes externos	

9.- ¿CUÁL ES EL COSTO QUE LE OFERTAN LOS PROVEEDORES POR PERFORAR LAS LÁMINAS Y CUÁL ES LA CANTIDAD MÍNIMA PARA HACERLO? ¿CUÁLES SON ESTOS PROVEEDORES?

20 laminas en adelante, otros proveedores cobran 200 \$ el servicio



## ANEXO C

### UNIVERSAL G CODE SENDER

\$0= (step pulse, usec)	<p><b>Pulso de paso, microsegundos:</b>          Los controladores paso a paso se clasifican para una cierta longitud mínima de pulso de paso. Se revisa la hoja de datos. Si se desea los pulsos más cortos que los conductores paso a paso puedan reconocer de manera confiable. Si los pulsos son demasiado largos, es posible que tenga problemas al ejecutar el sistema a velocidades de alimentación y pulso muy altas, porque los pulsos de paso pueden comenzar a superponerse entre sí. Se recomienda utilizar un valor alrededor de 10 microsegundos, que es el valor predeterminado.</p>
\$1= (step idle delay, msec)	<p><b>Paso de retraso inactivo, msec</b>          Cada vez que el motor complete un movimiento y se detengan, el Grbl retrasará la desactivación de los steppers por este valor. O bien, siempre puede mantener sus ejes habilitados (encendidos para mantener la posición) estableciendo este valor en el máximo de 255 milisegundos. Al desconocer la velocidad de la maquina punzonadora se puede mantener todos los ejes siempre habilitados configurando \$1=255</p>
\$2= (step port invert mask: 00000000)	<p><b>Paso puerto invertir máscara: binario</b>          Esta configuración invierte la señal de pulso de paso. De forma predeterminada, una señal de paso comienza en normal-bajo y se eleva en un evento de pulso de paso. En este caso se desactiva con \$2=0</p>
\$3= (dir port invert mask: 00000110)	<p><b>Máscara de inversión del puerto de dirección: binario</b>          Esta configuración invierte la señal de dirección para cada eje. De forma predeterminada, Grbl asume que los ejes se mueven en una dirección positiva cuando la señal del pin de dirección es baja, y una dirección negativa cuando el pin es alto. A menudo, los ejes no se mueven de esta manera con algunas máquinas. Esta configuración invertirá la señal del pin de dirección para aquellos ejes que se mueven en sentido contrario. En este caso se desactiva con \$3=0</p>
\$4= (step enable invert, bool)	<p><b>Paso habilitar invertir, bool</b>          De forma predeterminada, el pin de habilitación paso a paso es alto para deshabilitar y bajo para habilitar. En este caso \$4=0</p>
\$5= (limit pins invert, bool)	<p><b>Limitar los pines invertir, bool</b>          De forma predeterminada, los pines de límite se mantienen normalmente altos con la resistencia pull-up interna del Arduino. Cuando un pin de límite es bajo, Grbl interpreta esto como activado. En este caso \$5=0</p>
\$6= (probe pin invert, bool)	<p><b>Inversión del pasador de la sonda, bool</b>          De forma predeterminada, el pin de la sonda se mantiene normalmente alto con la resistencia pull-up interna del Arduino. Cuando el pin de la sonda está bajo, Grbl interpreta esto como activado. En este caso \$6=0</p>
\$10= (status report mask: 00000011)	<p><b>Máscara de informe de estado: binario</b>          Esta configuración determina qué datos en tiempo real de Grbl informa al usuario cuando se envía un informe de estado '?'. De forma predeterminada, Grbl devolverá su estado de ejecución (no se puede desactivar), la posición de la máquina y la posición de trabajo (posición de la máquina con desplazamientos de coordenadas y otros desplazamientos aplicados). En este caso \$10=3</p>
\$11= (junction deviation, mm)	<p><b>Desviación de unión, mm</b>          La desviación de unión es utilizada por el administrador de aceleración para</p>

	determinar qué tan rápido puede moverse a través de las uniones de segmentos de línea de una ruta de programa de código G. Los valores más altos dan un movimiento más rápido a través de las curvas, al tiempo que aumentan el riesgo de perder pasos y posicionamiento. Los valores más bajos hacen que el gestor de aceleración sea más cuidadoso y conducirán a curvas cuidadosas y más lentas. En este caso \$11= 0.02
\$12= (arc tolerance, mm)	<b>Tolerancia de arco, mm</b> Grbl representa círculos, arcos y hélices G2 /G3 subdividiéndolos en pequeñas líneas diminutas, de modo que la precisión del trazado de arco nunca esté por debajo de este valor. Probablemente nunca necesitará ajustar esta configuración, ya que está muy por debajo de la precisión de la mayoría de las máquinas CNC. En este caso \$12= 0.002
\$13= (report inches, bool)	<b>Reportar pulgadas, bool</b> Grbl tiene una función de informes de posicionamiento en tiempo real para proporcionar comentarios del usuario sobre dónde se encuentra exactamente la máquina en ese momento, así como parámetros para desplazamientos de coordenadas y sondeo. De forma predeterminada, se establece para informar en mm, pero al enviar un comando, envía esta marca booleana a true y estas características de informes ahora informarán en pulgadas. En este caso \$13=0
\$20= (soft limits, bool)	<b>Límites suaves, bool</b> Los límites suaves son una característica de seguridad para ayudar a evitar que su máquina viaje demasiado lejos y más allá de los límites de viaje, se estrelle o rompa algo caro. Funciona conociendo los límites máximos de recorrido para cada eje y dónde se encuentra Grbl en las coordenadas de la máquina. Cada vez que se envía un nuevo movimiento de código G a Grbl, comprueba si accidentalmente ha excedido o no el espacio de su máquina. Si lo hace, Grbl emitirá una retención de alimentación inmediata donde sea que esté, apagará el husillo y el refrigerante, y luego configurará la alarma del sistema que indica el problema. La posición de la máquina se mantendrá después, ya que no se debe a una parada forzada inmediata como los límites duros. En este caso \$20= 1
\$21= (hard limits, bool)	<b>Límites duros, bool</b> El límite duro funciona básicamente igual que los límites blandos, pero usa interruptores físicos en su lugar. Básicamente, conecta algunos interruptores (mecánicos, magnéticos u ópticos) cerca del final del recorrido de cada eje, o donde quiera que sienta que podría haber problemas si su programa se mueve demasiado lejos donde no debería. Cuando el interruptor se activa, detendrá inmediatamente todo el movimiento, apagará el refrigerante y el husillo (si está conectado) y entrará en modo de alarma, lo que lo obliga a revisar su máquina y restablecer todo. En este caso \$21=1
\$22= (homing cycle, bool)	<b>Ciclo de homing, bool</b> EL ciclo de homing se utiliza para localizar con precisión una posición conocida y consistente en una máquina cada vez que inicia su Grbl entre sesiones. Para configurar el ciclo de homing para Grbl, debe tener interruptores de límite en una posición fija que no se golpee ni se mueva, o de lo contrario su punto de referencia se estropea. Por lo general, se configuran en el punto más lejano en +x, +y, +z de cada eje. De forma predeterminada, el ciclo de orientación de Grbl mueve primero el eje Z positivo para despejar el espacio de trabajo y luego mueve los ejes X e Y al mismo tiempo en la dirección positiva. En este caso \$22=1
\$23= (homing dir	<b>Homing dir invertir máscara, int:binary</b>

invert mask: 00000001)	De forma predeterminada, Grbl asume que los interruptores de límite de orientación están en la dirección positiva, primero moviendo el eje z positivo, luego el eje x-y positivo antes de tratar de localizar con precisión la máquina yendo y viniendo lentamente alrededor del interruptor. Si su máquina tiene un interruptor de límite en la dirección negativa, la máscara de dirección de orientación puede invertir la dirección de los ejes. En este caso \$23=0
\$24= (homing feed, mm/min)	<b>Alimentación Homing, mm/min</b> El ciclo de búsqueda primero busca los interruptores de límite a una tasa de búsqueda más alta, y después de encontrarlos, se mueve a una velocidad de alimentación más lenta para llegar a la ubicación precisa de la máquina cero. La tasa de alimentación de homing es esa velocidad de alimentación más lenta. Establezca esto en cualquier valor de tasa que proporcione una localización de máquina cero repetible y precisa. En este caso \$24=100
\$25= (homing seek, mm/min)	<b>Búsqueda de homing, mm/min</b> La tasa de búsqueda de homing es la tasa de búsqueda del ciclo de homing, o la velocidad a la que primero intenta encontrar los interruptores de límite. Ajustese a cualquier velocidad que llegue a los interruptores de límite en un tiempo lo suficientemente corto sin chocar contra sus interruptores de límite si entran demasiado rápido. En este caso \$25 = 150
\$26= (homing debounce, msec)	<b>Homing debounce, ms</b> Cada vez que se activa un interruptor, algunos de ellos pueden tener ruido eléctrico / mecánico que en realidad "rebota" la señal alta y baja durante unos milisegundos antes de instalarse. Para resolver esto, debe rebotar la señal, ya sea por hardware con algún tipo de acondicionador de señal o por software con un breve retraso para dejar que la señal termine de rebotar. Grbl realiza un breve retraso, solo en la localización de la máquina cero. Establezca este valor de retardo en lo que necesite su conmutador para obtener una orientación repetible. En este caso \$26= 25
\$27= (homing pull-off, mm)	<b>Homing pull-off, mm</b> Para jugar bien con la función de límites duros, donde el homing puede compartir los mismos interruptores de límite, el ciclo de homing se moverá de todos los interruptores de límite mediante este viaje de extracción después de que se complete. En otras palabras, ayuda a prevenir la activación accidental del límite duro después de un ciclo de homing. En este caso \$27=1
\$100= (x, step/mm)	<b>X pasos/mm</b> Grbl necesita saber hasta dónde llevará cada paso la herramienta en la realidad. Para calcular los pasos/mm para un eje de su máquina, necesita saber: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El mm recorrido por revolución de su motor paso a paso. Esto depende de sus engranajes de transmisión por correa o paso de tornillo de plomo.</li> <li>• Los pasos completos por revolución de sus steppers</li> <li>• Los micropasos por paso del mando.</li> </ul> Los pasos/mm se pueden calcular así: $steps\_per\_mm = (steps\_per\_revolution * microsteps) / mm\_per\_rev$ Según los requerimientos determinados en la fase 2 se tiene que el recorrido es mediante piñón correa dentada, el motor es de 1.8° es decir 200pasos y se utiliza micropasos para mayor precisión de 1/16 En este caso \$100= 80
\$101= (y, step/mm)	<b>Y pasos/mm</b> Se utiliza los mismos que para el eje x. \$101=80
\$102= (z, step/mm)	<b>Z pasos/mm</b>

	Ne se utiliza en este caso, sin embargo, se debe mantener los mismos valores para no afectar el sistema. \$102=80
\$110= (x max rate, mm/min)	<b>X Tarifa máxima, mm/min</b> Esto establece la velocidad máxima a la que cada eje puede moverse. Cada vez que Grbl planea una mudanza, verifica si la mudanza hace que alguno de estos ejes individuales exceda su tasa máxima. Si es así, ralentizará el movimiento para garantizar que ninguno de los ejes exceda sus límites de velocidad máxima. Esto significa que cada eje tiene su propia velocidad independiente, lo que es extremadamente útil para limitar el eje Z típicamente más lento. Como se determino en la fase 2 la velocidad del sistema es de 0.5m/s. es decir \$110= 500
\$111= (y max rate, mm/min)	<b>Y Tarifa máxima, mm/min</b> \$111=500
\$112= (z max rate, mm/min)	<b>Z Tarifa máxima, mm/min</b> \$112=20 (dejando este valor pequeño y una distancia pequeña en \$132 se obtiene un rango en donde se activa y desactiva la punzonadora)
\$120= (x accel, mm/sec^2)	<b>X Aceleración, mm/seg^2</b> Esto establece los parámetros de aceleración de los ejes en mm/segundo/segundo. De manera simplista, un valor más bajo hace que Grbl se mueva más lentamente, mientras que un valor más alto produce movimientos más ajustados y alcanza las velocidades de alimentación deseadas mucho más rápido. En la fase 2 se determina una aceleración de 0.1m/s <sup>2</sup> . Es decir, \$120= 100
\$121= (y accel, mm/sec^2)	<b>Y Aceleración, mm/seg^2</b> \$121= 100
\$122= (z accel, mm/sec^2)	<b>Z Aceleración, mm/seg^2</b> \$121= 14
\$130= (x max travel, mm)	<b>X Recorrido máximo, mm</b> Esto establece el recorrido máximo de extremo a extremo para cada eje en mm. Esto solo es útil si tiene habilitados los límites suaves (y el homing), ya que solo lo usa la función de límite suave de Grbl para verificar si ha excedido los límites de su máquina con un comando de movimiento. En este caso \$130= 2400
\$131= (y max travel, mm)	<b>X Recorrido máximo, mm</b> \$131= 1200
\$132= (z max travel, mm)	<b>X Recorrido máximo, mm</b> \$132=30 (dejando este valor y una velocidad pequeños en \$112 se obtiene un rango en donde se activa y desactiva la punzonadora) dando un tiempo para punzonar de 1.5 segundos, si se determina que la punzonadora puede trabajar más rápido o lento se debe cambiar estos parámetros a unos mas adecuado

Autor: Ramírez, N. (2021)