



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE TABLILLAS P.C.B.

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESENTA

LEONARDO HERNANDEZ VARELA

NOMBRE DEL ASESOR

M.C. ÓSCAR MARÍN BAUTISTA



OCTUBRE 2025



Tzompantepec, Tlaxcala, a 25/junio/2025

HERNANDEZ VARELA LEONARDO
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 19370748.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACION INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIAS PROFESIONALES** y cuyo tema es: **IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TABLILLAS P.C.B.**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

IJSS/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Metal-Mecánica

Apizaco, Tlaxcala, 07/noviembre/2024

Oficio No. MM-783/2024.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

CESAR REYNALDO RAMOS GÓMEZ
JEFE DE LA DIV. EST. PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	LEONARDO HERNÁNDEZ VARELA
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	19370748
Nombre del Proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TABLILLAS P.C.B."
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir. Servir para Triunfar



JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

OSCAR MARÍN BAUTISTA
ASESOR

c.p.- Expediente
Archivo.
JAV*petry.

49
Aniversario

100%
LIBRE
PLÁSTICO

Agradecimiento

Este logro es una página más escrita y un sueño alcanzado, pero no se podría haber concluido sin el apoyo, esfuerzo y ánimo de mis padres que fueron y serán un pilar importante para alcanzar cada una de mis metas y objetivos propuestos. De igual manera agradecer el cariño y apoyo de mis abuelos, de aquellos familiares que a través de sus palabras me expresaban ánimo y apoyo.

Asimismo agradecer a los docentes por transmitirme sus conocimientos por apoyarme y aconsejarme profesionalmente, por darme exigencias que sabían que podía lograr.

Son pocas las palabras pero grande la gratitud para todas aquellas personas que fueron parte de este proceso.

1. Resumen

Este proyecto implementa el desarrollo para el proceso de fabricación de PCB, comenzado con el desarrollo del rediseño de la placa de circuito impreso para obtener los archivos de fabricación completos.

Una vez que se obtuvieron los datos completos del diseño PCB. Se procede a la fabricación de la PCB. Para esto se diseñó y fabrico una serie de máquinas que cumplan con la automatización de ciertas tareas para fabricar las PCB de manera eficiente.

Posteriormente se realizó un diagrama de flujo sobre el proceso de fabricación y un layout para acondicionar un espacio e instalar la maquinaria y de esta manera comenzar con una producción mayor y sistematizada.

Por último se realizó la consulta y el cálculo de componentes y materiales eléctricos que nos exige la NOM-SEDE-001 para el cumplimiento de una instalación eléctrica adecuada.

Índice

1. Resumen.....	2
2. Glosario.....	5
3. Introducción.....	6
4. Problemas a resolver	7
5. Objetivos	8
6. Justificación.....	9
7. Marco teórico.	10
7.1. Definición de PCB	10
7.2. Historia de placa de circuito impreso.	10
7.3. Tipos de placas para circuito impreso.....	11
7.4. Tipos de sustratos	13
7.5. Materiales y químicos para la fabricación de PCB	14
7.6. Diseño PCB	15
7.7. Formato Gerber.....	16
7.8. Diseño de maquinaria.....	19
7.9. Fresadora CNC	22
7.9.1. Tipos de mecanizado.	22
7.9.2. Partes de una fresadora.....	22
7.9.3. Programación G y M	23
7.10. NOM-SEDE-001-2012.	24
8. Procedimiento o desarrollo de las actividades.	26
8.1. Rediseño de modelo PCB	26
8.2. Diseño de maquinaria.....	29
8.3. Ranurado mediante fresadora CNC	35
8.4. Diseño de distribución y espacio para la línea de producción	38
8.5. Diseño de instalación eléctrica	40
9. Análisis de resultados.....	47
10. Conclusiones y/o recomendaciones	50
11. Referencias	51

Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Cualidad de químicos.	29
Tabla 2. Calculo de potencia eléctrica	40
Tabla 3. Ampacidad permisible en conductores de alimentación	42
Tabla 4. Ampacidad permisible de conductores para bajada eléctrica.	44
Tabla 5. Diámetro para tubería eléctrica.	46
Tabla 6. Materiales y precios para la fabricación de maquinaria	48
Tabla 7. Comparación de precios de maquinaria.	49
Figura 1 PCB.....	10
Figura 2. PCB de doble cara.	11
Figura 3. PCB de doble cara.	12
Figura 4. PCB Flexible.....	12
Figura 5. Diagrama esquemático.....	15
Figura 6. Lay out de PCB	16
Figura 7. Diseño PCB doble cara.	17
Figura 8. Vía de una PCB.....	17
Figura 9. Pad de PCB.....	18
Figura 10. Silkscreen de PCB.....	18
Figura 12. Simulación.....	26
Figura 13. Diseño PCB.....	27
Figura 14. Acomodo PCB para producción.....	28
Figura 15. Pruebas de rediseño.....	28
Figura 16. Maquina SCHMID para producción PCB.....	30
Figura 17. Diagrama de potencia.....	32
Figura 18. Diagrama de control	33
Figura 19. Diseño de máquina.....	34
Figura 20. Diseño de ranurado	35
Figura 21. Simulación de fresadora en CAM.....	36
Figura 22. Códigos G y M.....	37
Figura 23. Ranurado en fresadora CNC	37
Figura 24. Layout de línea de producción	39
Figura 25 Layout 3D.....	39

2. Glosario

CAM: La fabricación asistida por computadora (CAM) comúnmente se refiere al uso de aplicaciones de software de computadora de control numérico (NC) para crear instrucciones detalladas (código G)

CAD: El diseño CAD (diseño asistido por computadora). Con los programas CAD 2D o 3D, puedes realizar diferentes tareas, como crear un modelo 3D de un diseño, aplicar materiales y efectos de iluminación y documentar el diseño con cotas y otras anotaciones

CNC: El control numérico por computadora (más comúnmente conocido como CNC). Se utiliza para controlar máquinas como tornos CNC o fresadoras CNC y obtener así productos seriales totalmente personalizados para el cliente final.

Códigos G y M: Se trata de un lenguaje de programación vectorial mediante el que se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas

PCB: El significado de los PCB es Printed Circuit Board, es decir, placa de circuito impreso. Básicamente, es un soporte físico donde instalamos posteriormente componentes electrónicos y eléctricos que se interconectan entre ellos para el desarrollo de un circuito electrónico.

Archivos gerber: Son documentos vectoriales que identifican la norma para la producción de circuitos impresos. Estos archivos tienen descripciones de las conexiones eléctricas, pistas, vías y pastillas de una PCB junto con todas las instrucciones para su producción:

Layout: Se trata de un diseño que busca optimizar la disposición de los elementos para lograr una mayor eficiencia en el uso del espacio, reducir los tiempos de producción, mejorar la circulación de personas y materiales.

3. Introducción

En la empresa donde se desarrolla este proyecto, crean y fabrican dispositivos de control eléctrico para la automatización del encendido y apagado de sistemas de iluminación pública, industrial, comercial y residencial, donde una de su principal materia prima para la fabricación de estos dispositivos son las PCB.

Hoy en día las placas de circuito impreso son indispensables para la producción de cualquier equipo electrónico, desde aparatos de uso general como televisiones, computadoras, celulares hasta aparatos de grado militar. A pesar de eso en México son pocas las industrias que se dedican a la fabricación PCB, y desafortunadamente estas tienen precios elevados que van desde los \$100 a \$300 MXN por una pieza de 30x30cm mientras que una PCB importada rodean los precios de \$14 a \$20 MXN la diferencia es que las importadas requieren de un tiempo mayor de entrega. Por tal motivo se busca la fabricación de las placas de circuito impreso, esto para beneficiar a la empresa generando ahorros de tiempo y dinero.

Para iniciar con un proceso de fabricación es importante contar con el diseño del producto en este caso de la placa de circuito impreso. Ya que este diseño es la guía para la elaboración del producto y de esta manera poder adecuarlas al proceso de fabricación y a futuro poder realizar modificaciones si es que requirieran.

Para el proceso de fabricación se requiere de máquinas especializadas que son muy costosas, una de ellas disponible en el mercado rodea los \$12,000 MNX. Por ende, se requirió diseñar una serie de máquinas que puedan cumplir con las tareas solicitadas para la fabricación PCB.

Una vez definido el diseño y el proceso se diseña un diagrama de flujo para el proceso de fabricación esto para mejorar la ejecución del proceso y tomarlo en cuenta para diseñar un layout para la distribución y espacio de la maquinaria de esta manera tener un orden y eficiencia en la ejecución del proceso.

Por último se requiere una instalación eléctrica que soporte la demanda de energía. Al ser una empresa debe de estar bajo el régimen de la NOM-SEDE-001-2014. Para el cumplimiento adecuado de instalaciones eléctricas.

4. Problemas a resolver

- Capital económico

Uno de los grandes problemas en el desarrollo de nuevos procesos de fabricación es la inversión económica, normalmente lo que busca una empresa es tener la inversión lo más mínima posible, por lo cual siempre se busca economizar, encontrar alternativas de materiales, herramientas y maquinaria de mayor accesibilidad.

- Diseño PCB incompleto.

Para iniciar con el proceso de fabricación de placas de circuito impreso se requiere un diseño PCB. Este debe de contener una serie de archivos llamado gerber. Se contaba con este diseño pero de manera incompleta y debido al modo de fabricación es necesario contar con todos los archivos por ende se busca complementar y rediseñar los archivos para obtener el diseño PCB completo.

- Falta de maquinaria

Existen máquinas especializadas para la producción de PCB. Pero estas máquinas tienen un precio elevado. Por esta razón se opta por buscar alternativas para diseñar y adecuar maquinaria que cumplan con las características para poder realizar el proceso de fabricación, evitando que rebasen el precio de las que se encuentran en el mercado.

- Paros de producción

Estos paros normalmente se generan por los problemas de importación que llegan a existir en la aduana. Interviniendo con el transporte y los días de entrega estimados.

5. Objetivos

Objetivo general

Implementar y desarrollar el proceso de fabricación para placas de circuito impreso.

Objetivos específicos.

- ✓ Desarrollar proceso de fabricación.
- ✓ Fabricar el volumen de demanda.
- ✓ Disminuir paros de producción.
- ✓ Economizar el proceso de fabricación.
- ✓ Rentabilidad del producto.

6. Justificación.

Las PCB son un producto que se utiliza con generalidad en la mayoría de los productos. Pero gracias a su constante demanda se irán elevando los precios perjudicando a la empresa ya que se elevara el precio final de su producto ocasionando poca rentabilidad de ellos.

Este proyecto se realiza con la finalidad de satisfacer la demanda del producto evitando la escases del mismo ocasionando paros de producción.

De igual manera se busca crear y fabricar nuevos diseños de placas de circuito impreso con la finalidad de innovar y obtener nuevos productos aumentando el catálogo que se pueda ofrecer a los compradores.

7. Marco teórico.

7.1. Definición de PCB.

Una PCB, se define como un circuito cuyos componentes y conductores están contenidos dentro de una estructura mecánica. Las funciones conductoras de la PCB incluyen trazas de cobre, terminales, disipadores de calor o conductores planos. La estructura mecánica se hace con material laminado aislante entre capas de material conductor. A su vez, la estructura general de la placa es chapada y cubierta con una máscara de soldadura no conductora y una pantalla de impresión para la ubicación de leyenda o simbología de componentes electrónicos. (Peterson, What is a PCB?, 2020).

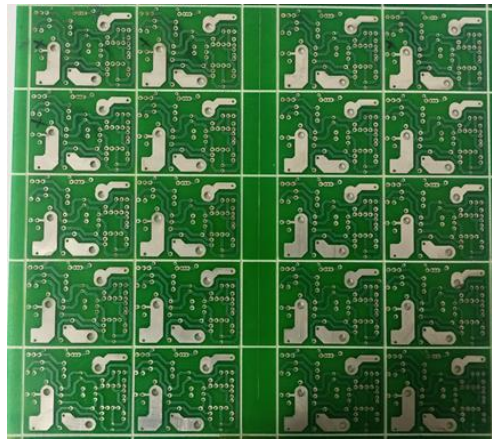


Figura 1 PCB.

7.2. Historia de placa de circuito impreso.

Las placas de circuito impreso han ido revolucionando a lo largo del tiempo empezando en el año de 1903 con un inventor alemán llamado Albert Hanson solicitó una patente británica, y fue pionero en el concepto de utilizar “alambres” utilizado en los sistemas de central telefónica, la lámina de metal se utiliza para cortar conductores de línea, y luego se pega papel de parafina en la parte superior e inferior de los conductores de línea, y los agujeros de vía se establecen en las intersecciones de líneas para realizar la interconexión eléctrica entre diferentes capas.

Posteriormente En 1925, Charles Ducas vino de los Estados Unidos y tuvo un pensamiento innovador para imprimir patrones de circuitos en un sustrato de aislante., y luego se aplicó chapado para hacer conductores para el cableado.

En 1936, el Dr. Austriaco. Paul Eisler, conocido como “el padre del circuito impreso”, publicó la tecnología de película de aluminio en el Reino Unido que desarrolló la primera placa de circuito impreso para su uso en un aparato de radio.

Alrededor 1943, La invención técnica de Paul Eisler fue utilizada a gran escala por Estados Unidos para fabricar espoletas de proximidad para su uso en la Segunda Guerra Mundial.

En 1953, Motorola desarrolló una placa de doble cara con vías galvanizadas. Alrededor 1955, Toshiba de Japón introdujo una tecnología para generar óxido de cobre en la superficie de la hoja de cobre., y laminado revestido de cobre (CCL) apareció. Gracias a estas dos tecnologías, las placas de circuito impreso multicapa se inventaron con éxito.

En la década de 2000, Los PCB se volvieron más complejos con más funciones mientras que el tamaño se hizo más pequeño. (MOKO TECHNOLOGY, 2021)

7.3. Tipos de placas para circuito impreso.

Existen diferentes tipos de Placas de Circuito Impreso o PCB pero son 3 los principales y los más comunes en la industria.

- PCB de una cara.

En la **Figura 2.** PCB de una cara. Muestra la estructura de una placa de circuito impreso de un solo lado. Las capas azul, amarilla y verde son el sustrato, la capa de cobre conductor y la máscara de soldadura, respectivamente. En la PCB de un solo lado, solo un lado del sustrato está recubierto con una capa de cobre, y este lado es donde los componentes están conectados eléctricamente. (Orient Display (USA), 2022)

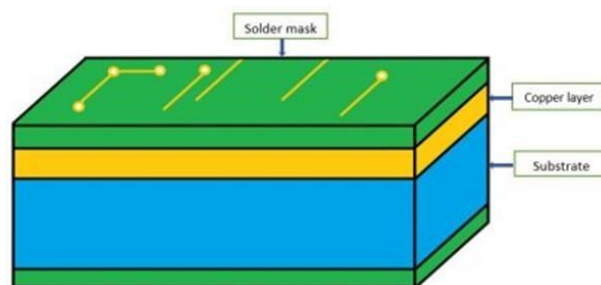


Figura 2. PCB de una cara.

(Orient Display (USA), 2022)

- PCB de doble cara.

Como se puede apreciar en la **Figura 3**. PCB de doble cara. Este tipo de placa cuenta con el recubrimiento de cobre por ambos lados esta placa se utiliza en diseños más complejos y que probablemente requieran ser más compactos o dependiendo a su utilización o especificaciones.



Figura 3. PCB de doble cara.

(Orient Display (USA), 2022)

- PCB flexible.

Una placa de circuito impreso flexible trata de un sustrato flexible. Los PCB flexibles suelen estar hechos de poliamida, PEEK (poliéster éter cetona) o una película de poliéster conductora transparente. Los PCB flexibles comúnmente se encuentran en teléfonos celulares, cámaras y productos electrónicos complejos como computadoras portátiles entre otros. (Orient Display (USA), 2022)



Figura 4. PCB Flexible.

(Hoyogo, 2021)

7.4. Tipos de sustratos.

Los diferentes materiales empleados en la construcción de PCB proporcionarán destacadas características y propiedades, tales como resistencia a la temperatura, adhesión, resistencia a la tracción, flexibilidad, fuerza dieléctrica y constante dieléctrica, entre otras. La fiabilidad y la vida útil de la PCB dependen estrictamente de los materiales utilizados en la fabricación de los sustratos. Véase la **Figura 2** donde se indica cual es la parte del sustrato. (Proto-Electronics, 2022)

- FR-2.

Este tipo de sustrato es el de menor rendimiento. (FR-2 significa ignífugo de nivel 2), está compuesto de un material fenólico, que es un tipo concreto de papel impregnado depositado sobre una fibra de vidrio. Este sustrato solo se utiliza en la actualidad en algunas aplicaciones de consumo muy económicas, como es el caso de los radios de bajo coste. (Proto-Electronics, 2022)

- FR-4.

(FR-4 significa ignífugo de nivel 4), Este material es el más utilizado. Está compuesto por una lámina epoxídica reforzada con vidrio. La resina epoxídica empleada es ignífuga, impermeable y no absorbe la humedad. La resistencia a la tracción es muy elevada, así como la relación resistencia/peso y el aislamiento eléctrico. Existen varios tipos de FR-4 que, además de las características comunes antes mencionadas, difieren en cuanto a algunas propiedades específicas, tales como:

- FR-4 estándar: es el tipo más común y económico de FR-4, con una resistencia al calor de hasta 140°C-150°C.
- FR-4 para altas temperaturas: esta versión de FR-4 ofrece un alto valor de Tg (temperatura de transición vítrea), que permite al sustrato alcanzar temperaturas de hasta 1180°C.
- FR-4 libre de halógenos: es una versión de material con un bajo contenido de halógenos (que desarrollan sustancias tóxicas durante la combustión). Los halógenos se encuentran entre los elementos ignífugos más ampliamente utilizados. (Proto- Electronics, 2022)

7.5. Materiales y químicos para la fabricación de PCB.

- Dry film o película foto resistiva.

El Dry film es una película de poliéster impregnada en un polímero sensible a la luz ultravioleta que se adhiere a la placa de cobre virgen y que permite dibujar los circuitos mediante fotolitografía. Se utiliza ampliamente a nivel profesional en la fabricación de circuitos impresos. El Dry-Film es capaz de reproducir fielmente el circuito impreso mediante la luz ultravioleta y una vez grabado se elimina con una solución alcalina. Con él es posible obtener resultados profesionales con pistas de hasta 5 milésimas de pulgada/0.127mm. (Diyouwere , 2013)

- Carbonato de sodio.

El carbonato de sodio o carbonato sódico natural, es una sal blanca casi traslúcida. Debido a su alta solubilidad, raramente se presenta en estado puro o cristalino, por lo que es muy frecuente encontrarlo en asociación con otras sales. Las propiedades químicas del carbonato de sodio lo vuelven muy versátil, por lo que es ampliamente utilizado en diferentes industrias. Se trata de un compuesto soluble en agua e insoluble en alcohol, altamente higroscópico y se comporta como una base fuerte ya que puede contrarrestar el efecto de ácidos. En este caso en carbonato sódico se utiliza para eliminar la película que no fue fotograbada o impresa. (David Schomwandt, 2022)

- Cloruro férrico.

En el campo de la electrónica, el cloruro férrico es utilizado para la fabricación de placas de circuito impreso en bajas cantidades, ya que este compuesto reacciona con el cobre generando cloruro ferroso y cloruro cúprico. Eso hace que el cobre se deteriore dejando solamente las pistas previamente impresas con la película fotosensible. (Amoquimicos, 2019)

7.6. Diseño PCB.

1.- Diseño Esquemático.

El esquemático o diagrama esquemático, representa una visualización de las interconexiones de los elementos del circuito a realizar. Se recomienda realizar pruebas en un prototipo para validar la funcionalidad del esquemático, o hacer uso de algún software de simulación. (Ortega, 2014)

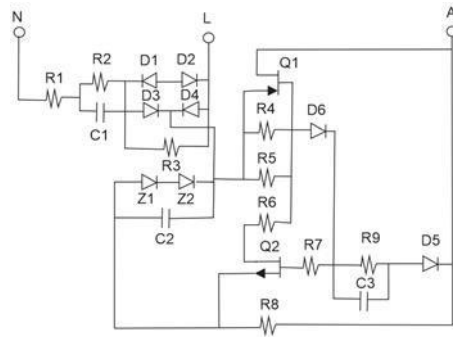


Figura 5. Diagrama esquemático.

2.- Simulación.

Un simulador de circuitos electrónicos es una herramienta de software utilizada por profesionales en el campo de la electrónica y los estudiantes de las carreras de tecnologías de información. Ayuda a crear algún circuito que se desee ensamblar, ayudando a entender mejor el mecanismo, y ubicar las fallas dentro del mismo de manera sencilla y eficiente. (M. Morris Mano, 2005)

3.- Captura esquemática en software de diseño PCB.

El software procesa con precisión los datos requeridos por los fabricantes de placas de circuito impreso. CircuitPro es un software que importa automáticamente tablas de aperturas y listas de herramientas, datos gerber y NC. Este asistente controla según los datos ingresados y sugiere el método de producción más eficiente. Una vez definidos los trabajos, se pueden guardar y abrir rápidamente de nuevo para realizar más series de producción. (LPKF, 2024)

7.7. Formato Gerber.

Este formato es un conjunto de archivos que constituye la norma para la producción de circuitos impresos. Contienen descripciones de conexiones eléctricas, pistas, vías y pastillas. Son documentos vectoriales formados por un conjunto de comandos que generan un flujo de objetos gráficos. También incluyen instrucciones para perforar sobre el PCB. Hoy en día, las empresas que producen circuitos impresos sólo necesitan este tipo de documentación de sus clientes. Estos documentos son estandarizados y compatibles con los programas de diseño electrónico más importantes contienen la posibilidad de exportar todo el trabajo en este formato. Actualmente, el formato estándar utilizado es RS-274X. Es una versión extremadamente potente porque incluye, en el mismo los siguientes documentos. (Proto- electronics, 2023)

A continuación se describen algunos elementos que contiene un formato gerber.

Boardfile – Layout.

El Boardfile es el archivo en donde se realiza el diseño físico de la tarjeta. El diseño de la misma se le conoce como Lay out. Esta es la manera en que se trazaron las señales o pistas en la tarjeta. Estos conceptos van de la mano. Cuando se habla del archivo se hace referencia al boardfile y cuando se habla del diseño en particular se hace referencia al layout. (Ortega, 2014)

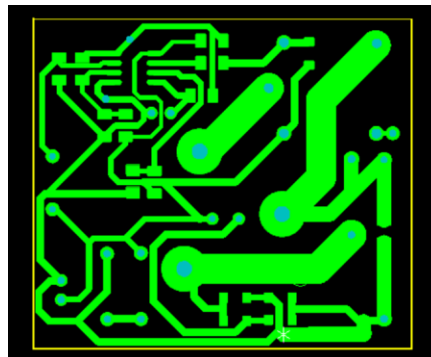


Figura 6. *Lay out de PCB.*

Toplayer y Bottomlayer.

Se refieren a las capas que serán impresas en la PCB conocidas como pistas o net. Encargadas de la comunicación de componentes o partes de la PCB. Cuando se trata de una PCB de doble cara toplayer se refiere a las pistas de la parte superior o cara A, y bottomlayer a

la parte inferior o cara B. como se puede apreciar en la **Figura 7**. los layer en color rojo son de la cara B y los layer verdes de la cara A.

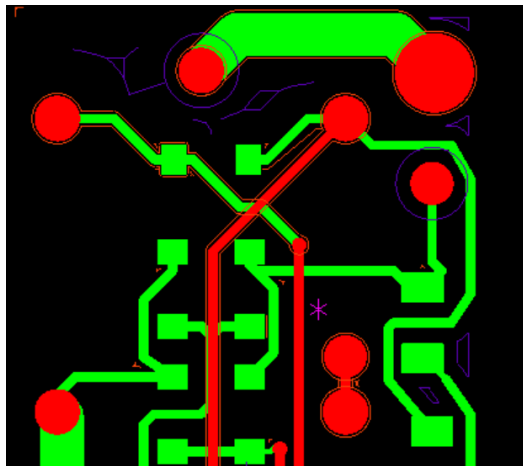


Figura 7. *Diseño PCB doble cara.*

Vía o drill plated.

Perforación que genera una sección de metal utilizada para transferir comunicación entre nets o vías de ambas caras de la PCB. Esta vía está galvanizada por una pequeña capa de cobre para poder generar la continuidad eléctrica.

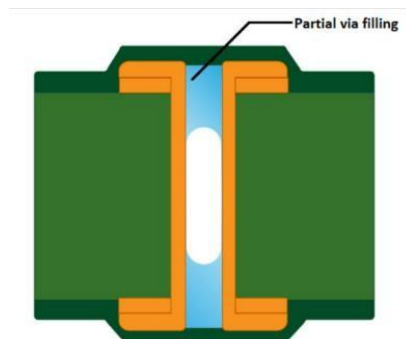


Figura 8. *Vía de una PCB*

(serra circuits, 2024)

Drill unplated.

Similar a la anterior la diferencia que esta no va galvanizada, normalmente se utiliza para el ensamble de los componentes through-hole y se utiliza para PCBs de una cara.

PAD.

Es aquel elemento o segmento de cobre que conecta la pista con un componente de montaje o de through-hole, Más específico son el principal contacto entre las conexiones del PCB con el exterior a través de los pads se soldán los componentes de montaje superficial SMD y through-hole. (Ortega, 2014)

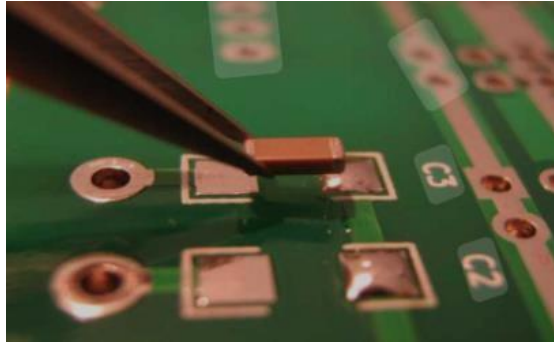


Figura 9. Pad de PCB.

(MOKO TECHNOLOGY, 2021)

Soldermask.

El soldermask se pone sobre la PCB para evitar oxidación del cobre. Recubre toda la cara de la PCB a excepción de los pads y suele tener color verde, aunque puede ser de otros colores dependiendo del fabricante. En la mayoría de los programas de diseño el soldermask viene de la mano con los pads. (Ortega, 2014)

Silkscreen.

Es una capa de serigrafía que sirve como indicador de los componentes sobre la PCB, se recomienda imprimir el nombre del componente, el valor del componente, así como el contorno del componente. Aquí se puede imprimir texto con información como la revisión, diseñador, código de barras, etiquetas, licencias, marca, institución, entre otras cosas. (Ortega, 2014)

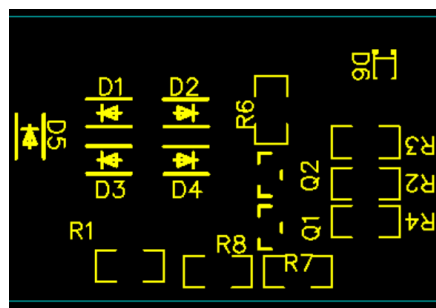


Figura 10. Silkscreen de PCB.

7.8. Diseño de maquinaria.

El diseño de una maquinaria para un proceso de fabricación consiste en una serie de pasos para que logre realizar movimientos o tareas específicas, generando una eficiencia obteniendo menor pérdida de energía posible.

El diseño de ingeniería se ha definido como el proceso de aplicar las diversas técnicas y principios científicos con el propósito de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficientes detalles que permitan su realización. El diseño puede ser simple o muy complejo, fácil o difícil, matemático o no matemático; puede implicar un problema trivial o uno de gran importancia”.

A continuación se muestran 10 pasos que (Norton, 2009), desarrollo para el diseño y elaboración de máquinas. Es importante saber que cada uno de estos pasos no es un proceso en el que se procede del paso uno al diez de un modo lineal. En su lugar, por su naturaleza, es un proceso iterativo en el cual se avanza de manera vacilante, dos pasos hacia delante y uno atrás.

- 1.- Identificación de la necesidad.

Este primer paso es realizado por alguien, jefe o cliente, al decir: “Lo que se necesita es...” Por lo general este enunciado será breve y sin detalles. Estará muy lejos de proporcionarle un planteamiento estructurado del problema.

- 2.- Investigación preliminar.

Es una investigación más mundana, que reúne información de fondo sobre la física, química u otros aspectos pertinentes del problema. Además, es pertinente indagar si éste, o un problema similar, y ha sido resuelto con anterioridad.

- 3.- Planteamiento del problema.

Deberá tener tres características. Deberá ser conciso, general e incoloro en cuanto a expresiones que predigan una solución. Deberá ser expresado en términos de visualización funcional, lo que significa visualizar su función, en lugar de cualquier incorporación particular. Plantear el problema general de manera clara y concisa.

- 4.- Especificaciones de desempeño.

Cuando se entiende el antecedente y se plantea el objetivo con claridad, se está listo para formular un conjunto de especificaciones de desempeño (también llamado especificaciones de

tareas). Éstas no deberán ser especificaciones de diseño. La diferencia es que las especificaciones de desempeño definen lo que el sistema debe hacer. El propósito es definir y limitar con cuidado el problema de modo que pueda ser resuelto y se puede mostrar lo que se resolvió después del hecho.

Estas especificaciones se pueden hacer en forma de lista para tener la idea y puntos mas claros, están limitadas las especificaciones en cuestión del cumplimiento de tareas pero no sobre el ingenio. Por ejemplo Será inapropiado requerir un motor de gasolina conforme, porque existen otras posibilidades que proporcionarán la movilidad deseada.

- 5.- Ideación e innovación.

Este punto esta llevado a la parte creativa, en poner en marcha la imaginación y encontrar soluciones a los problemas, realizar nuevos mecanismos, renovar o inventar.

- 6.- Generación de ideas.

El objetivo aquí es obtener una gran cantidad de diseños potenciales como sea posible. Incluso las sugerencias superficialmente ridículas deberán ser bienvenidas, ya que pueden generar ideas nuevas y sugerir otras soluciones más reales y prácticas.

Se han desarrollado diversas técnicas para mejorar el estímulo mental y generar nuevas idea. El objetivo es acumular la mayor cantidad de ideas desde las más básicas y sencillas hasta las más irreales y descabelladas.

Una de estas técnicas en la lluvia de ideas, esta técnica requiere de un grupo puede variar el número de personas pero se prefiere que sea un grupo mayor a 3 personas, los individuos deben de aportar una serie de ideas.

Las reglas de esta técnica requieren que nadie se burle o critique las ideas de cualquier persona, sin importar cuán ridículas sean. Un participante actúa como “escriba” y su deber es registrar todas las sugerencias, no importa cuán tontas parezcan ser. Cuando se realiza de manera apropiada, esta técnica puede ser divertida y en ocasiones dar por resultado una “frenética alimentación” de ideas que se vigorizan entre sí.

Cuando un proyecto o problema se trabaja solo se desarrollan otras técnicas. Las analogías e inversiones en ocasiones son útiles. Hay que intentar sacar analogías entre el problema en cuestión y otros contextos físicos. Si es un problema mecánico, convertirlo por analogía en un

fluido o eléctrico. La inversión voltea el problema hacia fuera. Por ejemplo, considérese que lo que se desea mover permanezca inmóvil y viceversa. A menudo surgen las ideas.

Otra ayuda útil para la creatividad es el uso de sinónimos. Definir el verbo de acción en el enunciado del problema y luego elaboran una lista con tantos sinónimos del verbo como sea posible. Por ejemplo: Enunciado del problema: Mueva este objeto del punto A al punto B. El verbo de acción es “mover”. Algunos sinónimos son empujar, jalar, deslizar, lanzar, expulsar, saltar, derramar.

De estas maneras es posible ver el problema desde otro Angulo donde se pueda facilitar la solución e inclusive tomar otros problemas que se puedan generar a futuro.

- 7.- Análisis y selección.

Este análisis tiene el fin de verificar y comparar si las ideas determinadas son las idóneas, contemplar alternativas para cambios y determinar el desempeño del diseño. Tomando en cuenta todo los problemas posible tanto económicos como mecánicos.

Cuando el análisis técnico indica que se tienen algunos diseños potencialmente factibles, se debe seleccionar el mejor disponible para un diseño detallado, creación de prototipo y pruebas. El proceso de selección casi siempre implica un análisis comparativo previo de las soluciones de diseño disponibles.

- 8.- Diseño detallado.

Este paso en general incluye la creación de un conjunto completo de dibujos de ensamble detallados, o archivos de diseño asistido por computadora (CAD). Cada dibujo detallado debe especificar todas las dimensiones y las especificaciones de material necesarias.

- 9.- Creación de prototipos y pruebas.

Modelos Por último, se puede verificar la corrección o factibilidad de cualquier diseño hasta que esté construido y probado. Esto por lo general implica la construcción de un modelo físico del prototipo.

Las pruebas del modelo o prototipo pueden variar desde simplemente accionarlo y observar su funcionamiento, hasta fijar instrumentos suficientes para medir con precisión sus desplazamientos, velocidades, aceleraciones, fuerzas, temperaturas y otros parámetros. Puede que se requieran pruebas en condiciones ambientales controladas tales como alta o baja temperatura o humedad.

- 10.- Producción.

Para este último paso tendrá que ser necesario que los modelos o prototipos hallan pasado las pruebas. Sin a ver generado interrupción en la realización de su tarea. Para así empezar con una producción a mayor volumen y ser ofrecido u puesto en funcionamiento sin detalle o problema alguno.

7.9. Fresadora CNC.

Es una máquina que utiliza una herramienta giratoria y una mesa movable o fija dependiendo su diseño y utilidad. Las herramientas utilizadas (fresas) tienen filos de corte que realizan el mecanizado por arranque de viruta. La fresa gira y se desplaza en el eje Z (vertical) a la vez que la mesa se desplaza en los ejes X Y. De esta manera la herramienta puede arrancar viruta según la forma deseada. (victor, 2024)

7.9.1. Tipos de mecanizado.

Existen diferentes tipos de mecanizados o fresados esto para diferentes acabados. Alguno de ellos son:

- Planeado. La aplicación más frecuente de fresado es el planeado, que tiene por objetivo conseguir superficies planas.
- Fresado en escuadra. El fresado en escuadra es una variante del planeado que consiste en dejar escalones perpendiculares en la pieza que se mecaniza.
- Corte. Una de las operaciones iniciales de mecanizado que hay que realizar consiste muchas veces en cortar las piezas a la longitud determinada partiendo de barras y perfiles comerciales de una longitud mayor.
- Ranurado recto. Para el fresado de ranuras rectas se utilizan generalmente fresas cilíndricas con la anchura de la ranura.
- Fresado de roscas. El fresado de roscas requiere una fresadora capaz de realizar interpolación helicoidal simultánea en dos grados de libertad.
- Escariado. Normalmente se utiliza para agrandar agujero previamente perforados.

(victor, 2024)

7.9.2. Partes de una fresadora.

- Columna. La columna es el elemento que se desplaza a lo largo de un eje y que sirve para sujetar la pieza que corta o fresa.

- Panel de control. El panel de control es la parte que ayuda a sostener el ordenador. Aquí es donde se pueden programar los códigos G en la máquina.
- Herramienta de corte. La herramienta de corte está conectada a la columna y sirve para cortar las piezas de la misma forma que lo ordena el operario. En resumen, podríamos decir que es el cerebro de la máquina.
- Husillo. Podemos decir que es el motor de la máquina. Dependiendo del trabajo que se quiera realizar, la potencia y las vueltas del husillo son muy importantes. El husillo se compone de un motor, un cono para sujetar las herramientas y un eje que mantiene unidos todos los componentes por separado. Los husillos giran sobre un eje, que recibe información sobre el movimiento del controlador CNC correspondiente.
- Mesa. La mesa es la plataforma plana donde se fija la pieza de trabajo mediante una almeja. Es el lugar donde se mantendrá la pieza durante el fresado.

(3AXIS group, 2023)

7.9.3. Programación G y M.

El término “Control Numérico” se debe a que las órdenes dadas a la máquina se indican mediante un programa de códigos numéricos. Generalmente el programa contiene instrucciones estandarizadas por la EIA e ISO, estas instrucciones se agrupan en códigos “G” o funciones preparatorias y en códigos “M” o misceláneas.

- Comandos G para el centro de maquinado.

Los ejes de movimiento principales se designan con las letras X, Y e Z. Los códigos G00 y G01 se asocian a uno o varios valores de coordenadas X, Y o Z según sea el caso. La instrucción G01 requiere la especificación del valor de avance, el cual se proporciona en el proceso de torneado en unidades de distancia por vuelta, ya sea en mm/rev o pulg/rev. Así como estos códigos descritos existen más de ellos cada uno para propósitos diferentes, a continuación se describe algunos de ellos que fueron utilizados durante este proyecto.

G00.- Avance lineal del cortador a velocidad alta, para posicionar o sin aplicar corte

G01.- Avance lineal del cortador a velocidad programada, para aplicar corte.

G02.- Avance circular del cortador en el sentido de las manecillas del reloj, a velocidad programada.

G03.- Avance circular del cortador en sentido opuesto a las manecillas del reloj a una velocidad programada..

G17.- Selección del plano XY.

G18.- Selección del plano ZX.

G19.- Selección del plano YZ. .

G21.- Entrada de valores en milímetros.

G28.- Regreso al punto cero de la máquina (HOME).

G90.- Comando para hacer uso de coordenadas absolutas.

G92.- Programación del punto cero absoluto, o cero de pieza.

(Rodriguez, 2008)

- Códigos M para el centro de maquinado.

Se utilizan para programar las funciones especiales de la máquina alguno de ellos utilizados en este proyecto son los siguientes:

M00.- Paro del programa.

M02.- Fin del programa.

M03.- Giro del husillo en sentido de las manecillas del reloj.

M05.- Paro del husillo.

M30.- Fin del programa y regreso al inicio del mismo.

M39.- Cierra la puerta.

M99.- Con este comando también se ordena el fin del programa, regresando al inicio del mismo y haciendo que el ciclo se cumpla cuantas veces sea necesario. (Rodriguez, 2008)

7.10. NOM-SEDE-001-2012.

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Las descargas eléctricas,
- Los efectos térmicos,
- Las sobrecorrientes,
- Las corrientes de falla
- Las sobretensiones

(SENER, 2019)

La NOM-001-SEDE desempeña un rol vital en la seguridad y funcionamiento adecuado de las instalaciones eléctricas en México, garantizando la protección de las personas y las propiedades contra riesgos eléctricos potenciales.

8. Procedimiento o desarrollo de las actividades.

8.1. Rediseño de modelo PCB.

- Fase 1 Diagrama esquemático.

Guiándonos de una inspección visual y comprobando la continuidad entre las perforaciones o conexiones de los componentes THT de la PCB de los proveedores se obtuvo el diagrama esquemático, este diagrama se realizó para tener una mejor comprensión del circuito y su funcionamiento.

Como los valores, características y modelos de los componentes son los utilizados y ensamblados en la empresa no se obtuvo problema para obtener los valores. El diagrama esquemático se puede visualizar en la **Figura 5**.

- Fase 2. Simulación.

Una vez obtenido el diagrama esquemático se prosigue a la simulación en un software para verificar que el diseño cumpla con su funcionalidad. Agregando los componentes electrónicos con sus valores respectivos.

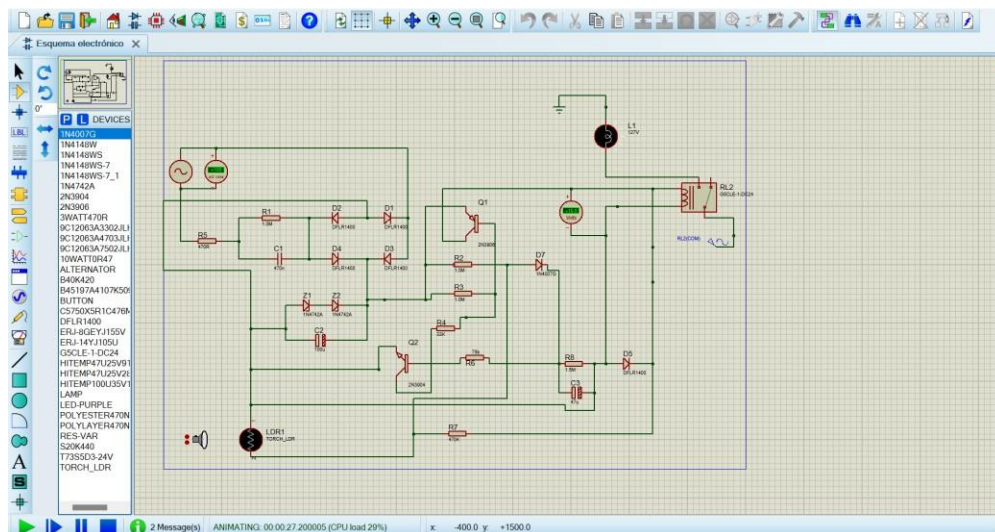


Figura 11. Simulación.

- Fase 3. Diseño PCB en software.

El diseño de layout PCB se realizó en un software enfocado al diseño de prototipos PCB este software proporciona demasiada facilidad para crear el layout de las pistas y poder generar los archivos gerber.

Base al diagrama esquemático y la PCB de los proveedores. Se realiza el diseño del layout tomando medidas con un vernier las longitudes de pistas, perforaciones y pads. Para que el diseño sea lo más similar al que se tiene en producción y no tener que cambiar el proceso de ensamble de los componentes electrónicos.

Una de las modificaciones que se realizó fue la creación de un nuevo barreno y pad para el ensamble de un componente ya que este se ensamblaba sobre otro y se encimaban. Esto generaba problemas en el soldado ya que se tenía que ingresar dos veces a la máquina de soldado y con esta modificación se evitaba ese doble soldado reduciendo tiempos.

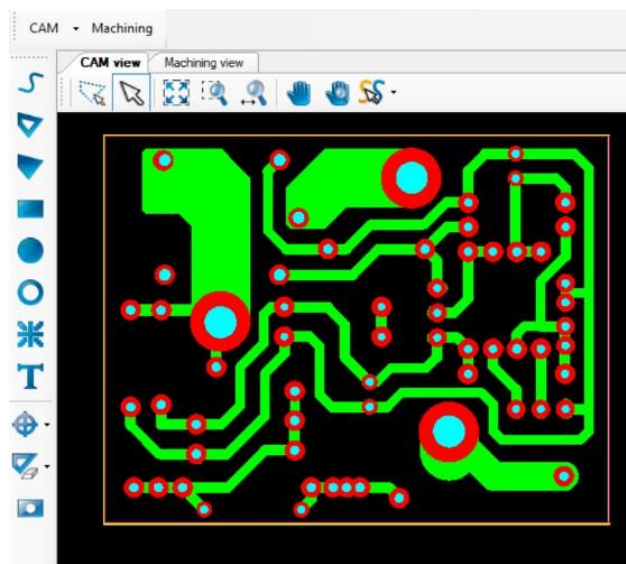


Figura 12. Diseño PCB.

- Fase 4 acomodo de secciones.

Para finalizar con el rediseño se acomodaron varias secciones dentro de una placa de esa manera se aprovecha el espacio y el material. De igual manera para eficientizar el proceso de fabricación de las PCBs al igual que el ensamble de los componentes.

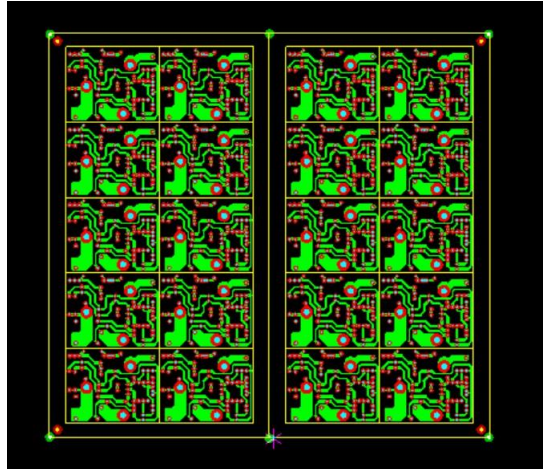


Figura 13. *Acomodo PCB para producción.*

- Fase 5. Pruebas.

Se fabricaron pruebas para ensamblar los componentes electrónicos y comprobar que el rediseño cumpla con el funcionamiento y las especificaciones.

Es importante recalcar que estas primeras pruebas fueron realizadas completamente en la fresadora CNC.

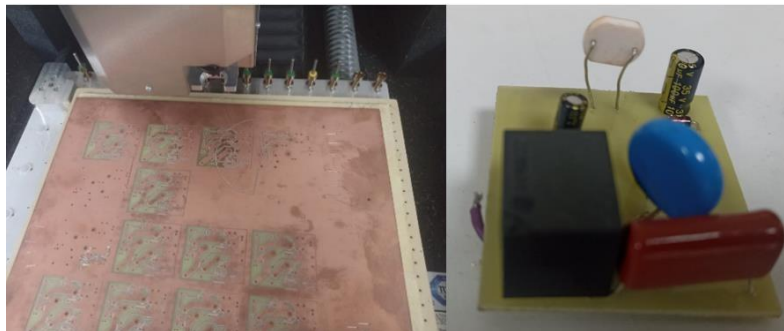


Figura 14. *Pruebas de rediseño.*

8.2. Diseño de maquinaria.

- Paso 1. Identificación de la necesidad.

Se requiere una máquina que resista químicos corrosivos y que esté caliente el líquido a una cierta temperatura al igual que genere el movimiento del fluido para generar la oxigenación del mismo y generar un ataque sobre una placa.

- Paso 2. Investigación preliminar.

Químicos a utilizar.

Tabla 1. Cualidad de químicos.

Químicos	Función	Temperatura
Acido férrico	Elimina el cobre dejando partes cubiertas por tinta o plástico.	35°C - 45°C
Carbonato de sodio anhídrido	Remueve película fotosensible no curada.	35°C – 45°C

También es importante hacer una investigación y tener como referencia las marcas y tipos de máquinas que se dedican a la fabricación de PCB.

A continuación se muestran dos marcas referentes a la fabricación de placas de circuito impreso.

✚ SCHMID, Línea infinity de des.

- Boquillas de pulverización plana de línea fina con conexiones de bayoneta.
- Presión de pulverización seleccionable por separado para el lado superior e inferior, ya sea manualmente o mediante válvulas motorizadas y manómetros digitales.
- Control de boquillas mediante caudalímetro con control de los valores límite.
- Filtros para cada posición de boquilla para evitar un taponamiento prematuro de la boquilla (opcional).

(SCHMID, 2024)



Figura 15. *Maquina SCHMID para producción PCB.*

(SCHMID, 2024)

✚ SUNY, Máquina de grabado de PCB micro SUNY-ZWS420Uso.

- Realización del proceso de micro erosión de la placa de circuito impreso mediante pulverización a alta presión.
- Función de detección de apertura-cubierta para proteger mejor al operador de las salpicaduras de líquido; función de alarma de bajo contenido de líquido, prevención de la función de calentamiento en seco, función automática de temperatura constante, función automática de alarma regular.
- Sistema de control: procesador ARM embebido de alto rendimiento + sistema operativo embebido, interfaz humano-computadora: pantalla LCD a color de gran tamaño + pantalla táctil.

(sunny electronics technology limited)

- Paso 3. planteamiento del problema.

Se requiere automatizar el proceso de desbaste de cobre mediante ácido férrico y deterioro de película fotosensible mediante carbonato de sodio, ambos deben tener una temperatura de 35°C a 45°C y oxigenación constante para mejorar el ataque.

- Paso 4. Especificaciones de desempeño.

- 1.- controlar una bomba de agua para la recirculación y oxigenación de los químicos.
- 2.- mediante un temporizador controlar la bomba para limitar el tiempo de ataque químico.

3.- controlar una resistencia sumergible para elevar y establecer la temperatura de lo químicos.

4.- si la bomba está en funcionamiento esta sea interrumpida al alzar la tapadera, esto para protección del operador.

- Paso 5. Ideación, innovación y generación de ideas.

Se propuso un tanque de un polímero resistente a químicos ácidos y corrosivos que contenga un sistema de aspersores conectada a una bomba y a la vez oxigenar el químico está. Controlada con un temporizador para la elevar la temperatura del químico se propuso una resistencia sumergible contralada por un sensor de temperatura sumergible con protección a corrosión conectado a un módulo de control de temperatura para variar los parámetros con mayor facilidad. Para la parte de seguridad se pensó en un sistema de desconexión inmediato mediante un interruptor de límite normalmente abierto para cortar la corriente al levantar la tapa de seguridad y al colocar la tapa se cierra el circuito.

- Paso 6. Selección.

Se buscaron componentes que sean de fácil acceso y que cumplan con las especificaciones de funcionamiento.

- 1 Temporizador de retardo Relé 0.5S-300H Perilla Control de Tiempo Relé 11 Pines 100-240VAC.
- 1 Módulo de control de temperatura W1209.
- 1 Relevador de 12v 220v.
- 1 Sensor De Temperatura Ds18b20 a Prueba De Agua.
- 1 Interruptor magnético.
- 1 Resistencia de 220v para calentar agua.
- 2 botones pulsadores NA y NC.
- 1 Fuente conmutada de 220 VCA a 24 VCD.
- Cable calibre #12 y #16.
- 1 Interruptor de acción.
- Tanque con tapadera de polipropileno.
- Tubería pvc C40 de ¼ in.
- Aspersores de riego ajustables.
- Bomba hidráulica de ¼ hp.

- Paso 7. Análisis de funcionamiento.

Para el análisis se realizó una simulación eléctrica con los componentes seleccionados para verificar su funcionamiento y cumplir con las especificaciones. La simulación cuenta con un diagrama de potencia y control.

En la **Figura** tenemos el diagrama de potencia donde tenemos una alimentación de 220v. Donde está conectado un fusible termo magnético bifásico. A la salida de una de las fases están conectados dos pulsadores en serie uno NC y el otro NA esto para energizar e des energizar un relevador y activar el circuito.

Diagrama de potencia.

A una entrada del relevador está conectada una de las fases y a la salida un interruptor de nivel. Al llegar el agua al nivel del interruptor deja pasar la corriente eléctrica de lo contrario no se permite el paso. Esto se hace como medida de seguridad de la resistencia eléctrica ya que sin un nivel de agua adecuado la resistencia puede llegar a quemarse. De igual manera tenemos conectado en serie un interruptor de acción con el sensor de nivel. El interruptor va en la de bajo de la tapa como una medida de protección para el operador, al quitar la tapa de inmediato se corta la energía.

A la salida del interruptor está conectado un temporizador para controlar una boba hidráulica de ¼ HP bifásico.

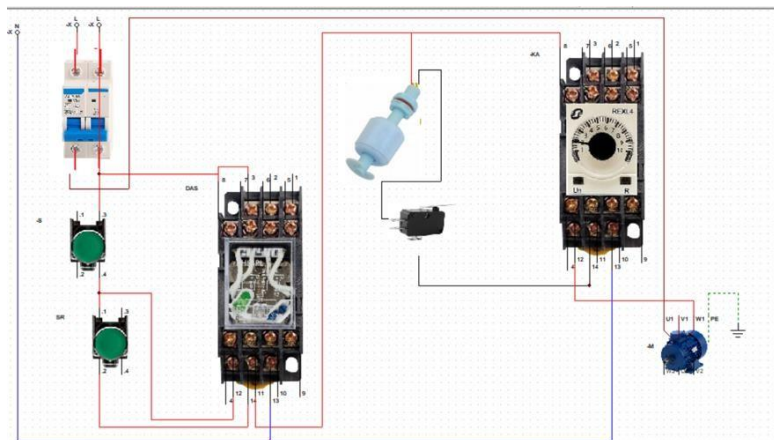


Figura 16. Diagrama de potencia.

En el diagrama de control tenemos la salida del interruptor de acción para alimentar una fuente conmutada de 220 VCA a 12 VCD en esta fuente conmutada alimenta un controlador de temperatura que controla un relevador de 12VDC a 220VCA para la resistencia eléctrica.

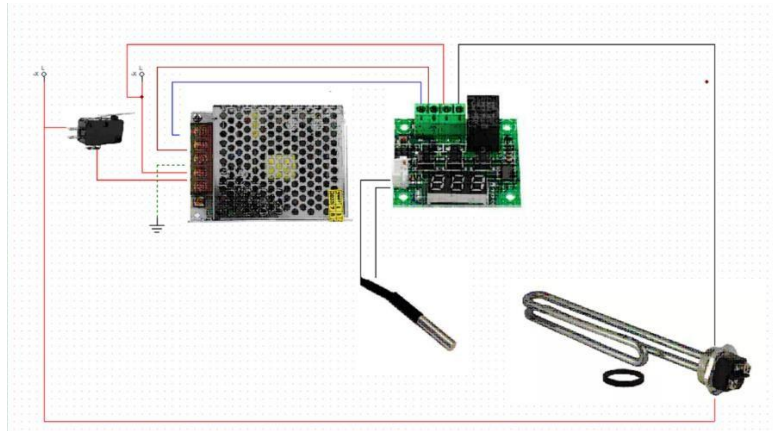


Figura 17. *Diagrama de control.*

- Paso 8. diseño detallado.

Se diseñó el tanque con capacidad de 40L junto con la tubería para el sistema de aspersión y se porción una sección para la colocación e instalación de componentes eléctricos.

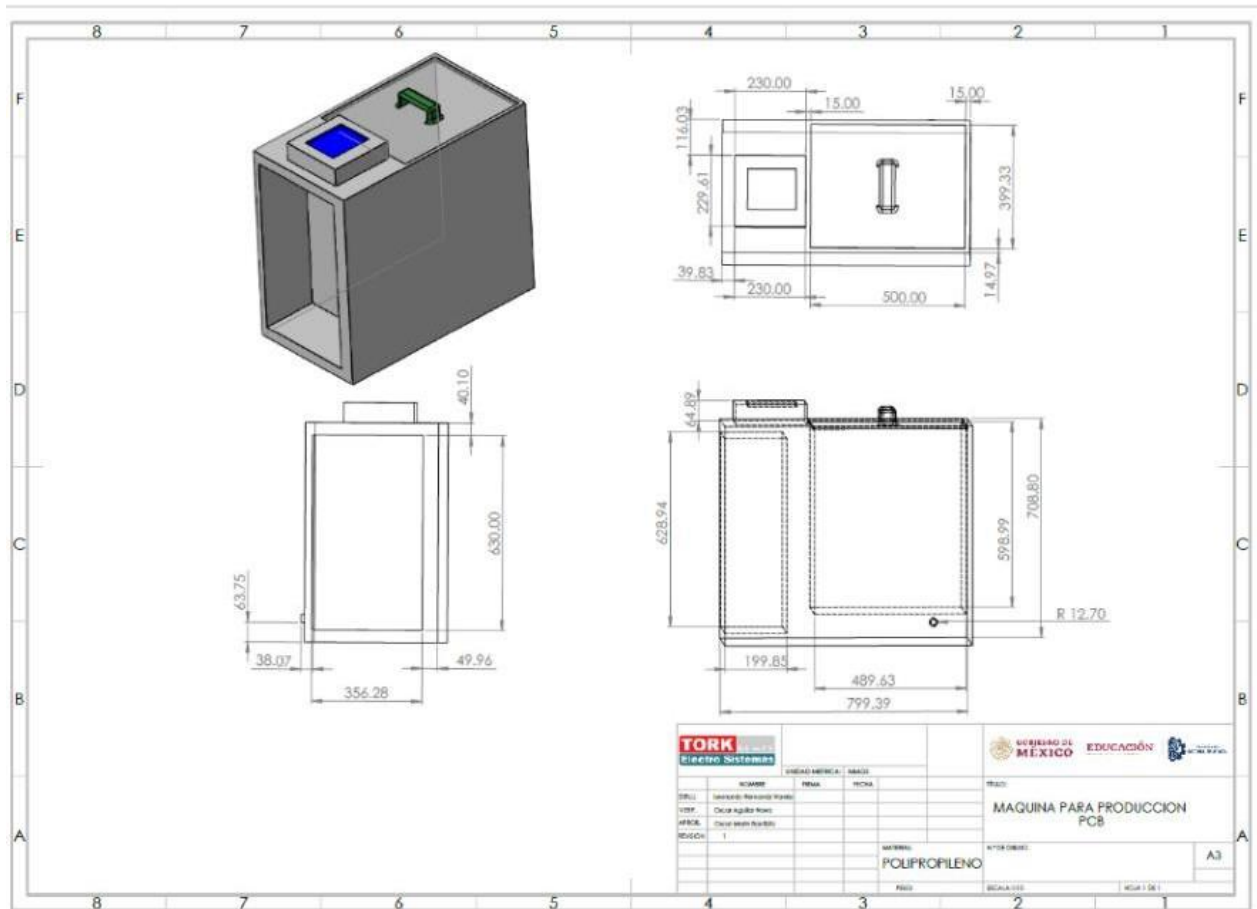


Figura 18. Diseño de máquina.

- Paso 9. creación de prototipos y pruebas.

El prototipo fue realizado en un tanque que se tenía, este fue reutilizado y se prosiguió a la instalación eléctrica e hidráulica.

Por políticas de la empresa se restringió la imagen del prototipo de la máquina.

8.3. Ranurado mediante fresadora CNC.

Como se ha explicado anteriormente se requiere realizar un ranurado sobre la PCB. Este ranurado es realizado en una fresadora CNC donde el código G y M fue realizado a través de una simulación por CAD.

- Paso 1. Dibujo de placa en CAM.

Se realizó el dibujo de la placa con el ancho y profundidad de ranurado que se requiere.

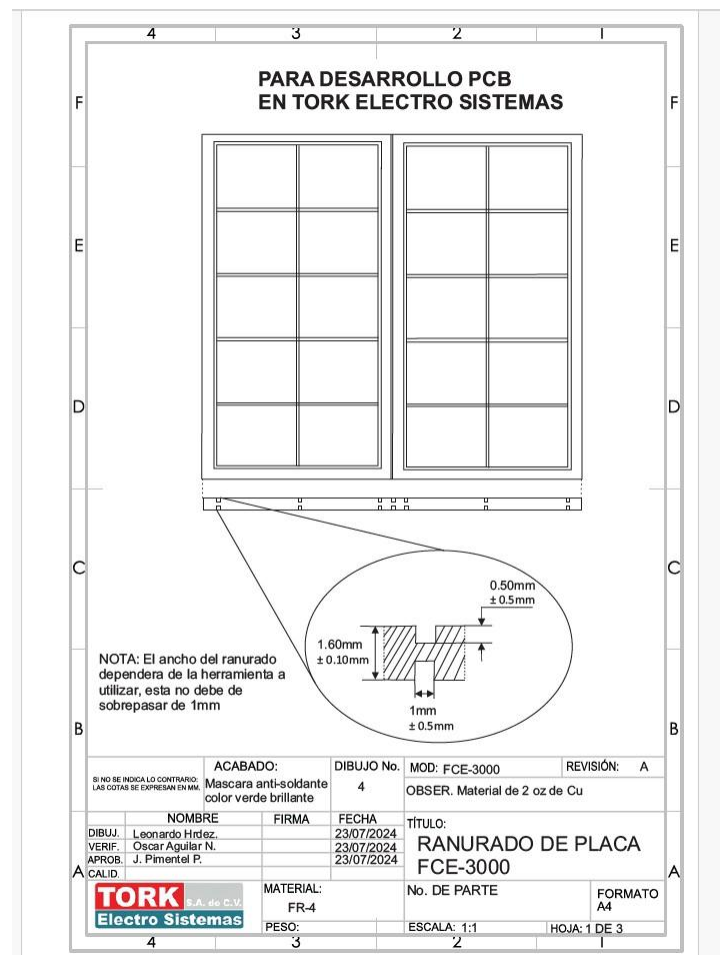


Figura 19. Diseño de ranurado.

- Paso 2. Simulación de ranurado en CAM.

Una vez diseñada la placa se utiliza el simulador CAM que proporciona el software de diseño asistido por computadora, se genera las trayectorias y simula los caminos de fresado.

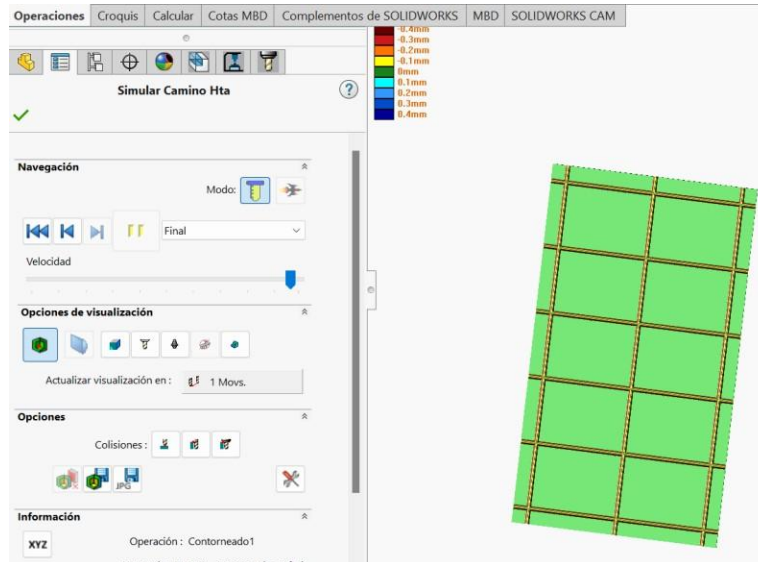


Figura 20. Simulación de fresadora en CAM

- Paso 3. Extracción de códigos G y M.

Una vez generados y simulado el proceso se extraen los códigos G y M. estos códigos los genera de manera automática el software. Se extraen en una memoria USB en archivo txt.

```
1 FCE-3000.txt
Archivo  Editar  Ver

M3 S1000 ; Turning on spindle

; Go to safety height
G0 Z3

; Go to zero location
G0 X0 Y0
G0 Z3

; Create rectangle
G1 X0 Y0 Z3 F1000
G1 X-1.750
G1 Y-5.650
G1 Z-0.200
G1 Y31.666
G1 Z3
G1 X-6.750
G1 Y27.400
G1 Z-0.200
G1 X85.366
G1 Z3
G1 X80.366
G1 Y31.666
G1 Z-0.200
G1 Y-5.650
G1 Z3
G1 Y-1
G1 X85.366
G1 Z-0.200
G1 X-6.750
G1 Z3
G1 X14.843 Y-5.650
```

Figura 21. *Códigos G y M.*

Por políticas de la empresa se restringe la visualización completa de los códigos.

Se inserta la memoria USB en el HMI de la fresadora, seleccionando la sección de dispositivo USB y en automático se ejecutan los códigos.

- Paso 4. Inicio de fresado.

Se coloca la placa en los puntos de referencia y se inicia con el proceso.

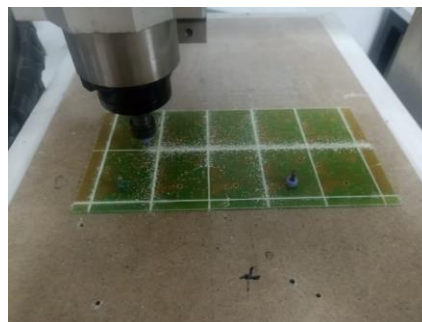


Figura 22. *Ranurado en fresadora CNC.*

8.4. Diseño de distribución y espacio para la línea de producción.

Con la ayuda y realización de un diagrama de flujo podremos obtener una representación gráfica y secuencial para determinar un acomodo apropiado de la maquinaria para la línea de la producción.

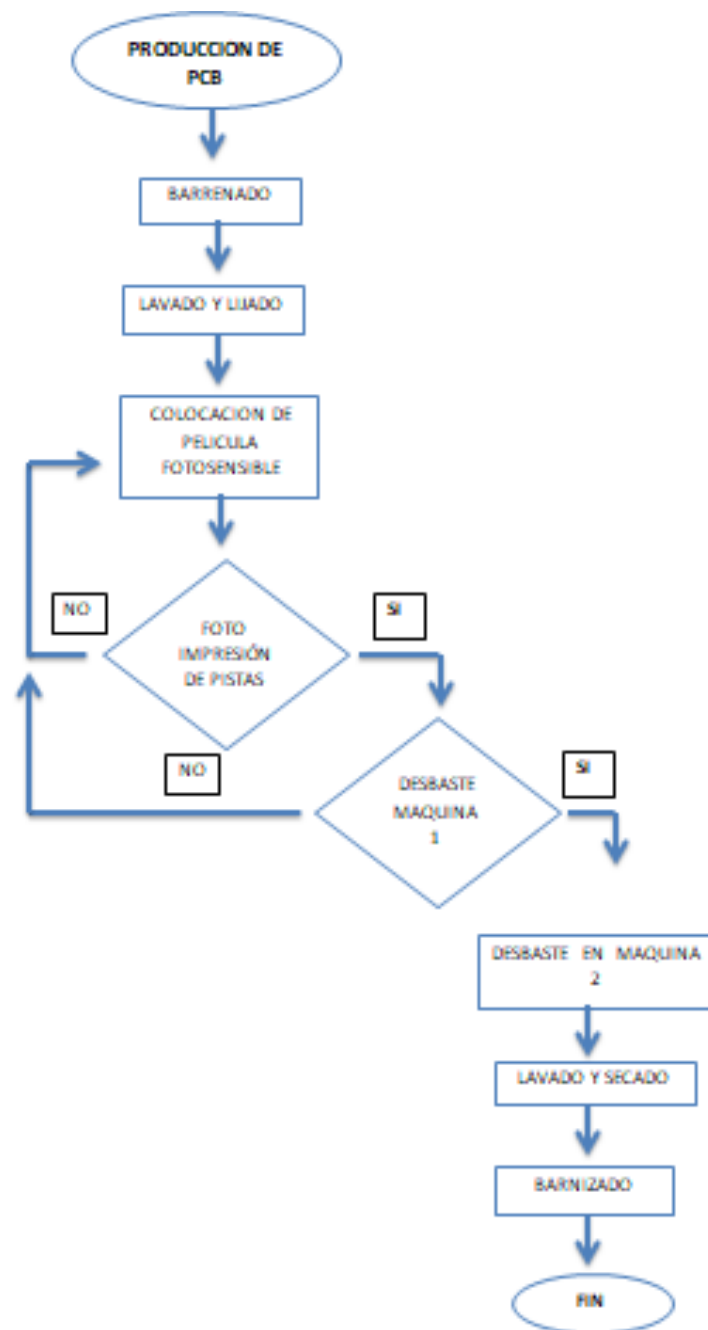


Figura 23. Diagrama de flujo para producción PCB.

Posteriormente se diseñó la distribución de la maquinaria dentro del espacio asignado a la línea de producción para mejorar y tener un orden durante la elaboración de proceso de fabricación. Y de esta manera conseguir un proceso más eficiente.

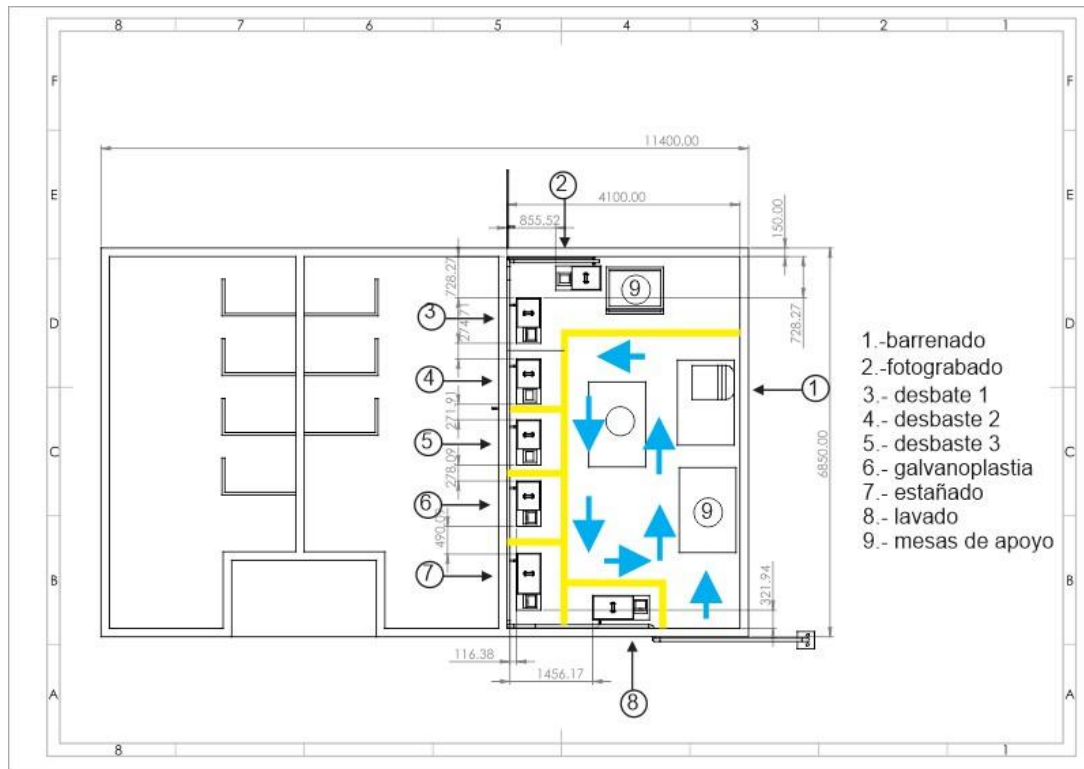


Figura 24. Layout de línea de producción.

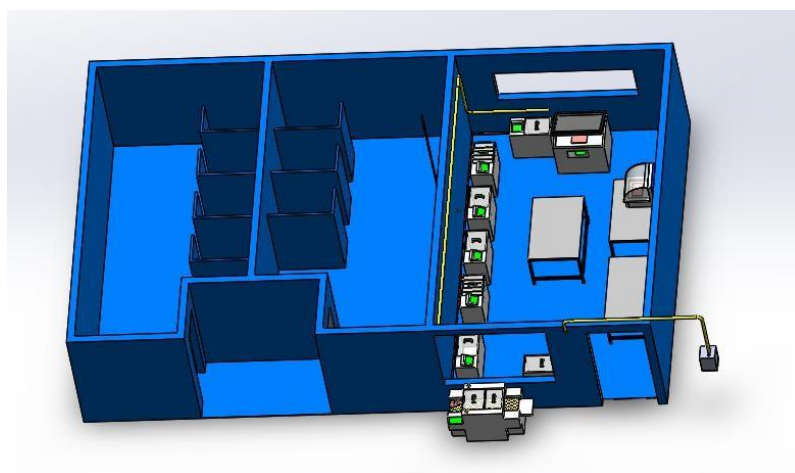


Figura 25. Layout 3D.

8.5. Diseño de instalación eléctrica.

- Fase 1. Calculo de potencia total.

Se realizó el cálculo de la potencia total de todos los aparatos y máquinas que se utilizan en la línea de producción.

Formula

$$P_t = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

Ecuación 1. Calculo de potencia total. (Gómez, 2015)

Donde

P_t= Potencia total (W)

P_n= Número de veces de se repite la suma de potencias (W)

Tabla 2. Calculo de potencia eléctrica.

Maquina	Potencia
Exposición de rayos uv	P1= 3200w
Laminadora	P2= 3000w
Ataque químico 1 carbonato de sodio	P3= 2200w
Ataque químico ácido férico	P4= 2200w
Hundimiento de cobre	P5= 2200w
Ataque químico 2 carbonato de sodio	P6= 2200w
Hundimiento de estaño	P7= 2200w
Lavado de pintura	P8= 2200w
Horno	P9= 1400w
Pulidora	P10=5000w
Revestimiento de cobre	P11= 2200w
Potencia Total	28000w

- Fase 2. Calculo de ampacidad.

Se calcula el amperaje para obtener la demanda de energía eléctrica y poder seleccionar con mayor exactitud los calibres de los conductores eléctricos como las protecciones eléctricas.

Formula:

$$I = P/V$$

Ecuación 2. Calculo de corriente. (Acevedo, 2016)

Dónde:

I = Corriente (A)

P = Potencia (W)

V = Voltaje (V)

Resultado:

$$I = 28000/220 = 128A$$

Se pueden derivar el circuito para disminuir el calibre del cable. En este caso se derivara en dos secciones de 65a por ende tendremos dos bajadas.

- Fase 3. Calculo de calibre del cable para alimentación.

De acuerdo al artículo 110-14 de la nom-001-sede-2012, si la corriente en el circuito es mayor a 100 a, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 75°C. Si la corriente del circuito es menor de 100 a, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 60°C.

Como se puede apreciar en la parte remarcada de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se selecciona el calibre 1/0 AWG cual soporta hasta 150 amperes y una temperatura de 75°C.

Tabla 3. Ampacidad permisible en conductores de alimentación.
(SENER, 2019)

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

1.

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
		TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
0.824	18 ^{''}	-	-	14	-	-	-
1.31	16 ^{''}	-	-	18	-	-	-
2.08	14 ^{''}	15	20	25	-	-	-
3.31	12 ^{''}	20	25	30	-	-	-
5.26	10 ^{''}	30	35	40	-	-	-
8.37	8 ^{''}	40	50	55	-	-	-
13.3	6 ^{''}	55	65	75	40	50	55
21.2	4 ^{''}	70	85	95	55	65	75
26.7	3 ^{''}	85	100	115	65	75	85
33.6	2 ^{''}	95	115	130	75	90	100
42.4	1 ^{''}	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205

- Fase 4. Calculo de caída de tensión de cable para alimentación.

En la nom-001-sede-2012 en el artículo 2015-1 nota 2 nos dice que:

Los conductores de los alimentadores tal como están definidos en el artículo 100, con un tamaño que evite una caída de tensión superior al 3 por ciento en la salida más lejana para cargas de fuerza, calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión de los circuitos alimentadores y derivados hasta la salida más lejana no supere el 5 por ciento, ofrecerán una eficiencia de funcionamiento razonable.

Formula:

$$e\% = \frac{4 * L * I}{(V_{ff}) * S}$$

Ecuación 3. Porcentaje de caída de tensión.

(Palavecino, 2020).

Donde:

E%= caída de tensión (%)

L= longitud (M)

I= corriente (A)

Vff= voltaje fase, fase (V)

S= sección transversal del conductor (MM²)

Resultado:

$$e\% = \frac{4*5*128}{220*53.49} = 0.217\%$$

Como se puede apreciar en los cálculos la caída de tensión es muy pequeña menor al 1% por lo cual cumple con los parámetros que especifica la norma.

- Fase 5. Selección de interruptores para protección de sobrecorriente.

Para la protección del centro de carga se optó en derivar el circuito en dos para disminuir el calibre de cable y seleccionar un interruptor termo magnético para protección sobrecorriente de mayor accesibilidad.

En la nom-001-sede-2012 artículo 240-4 índice (b) nos dice que. Los dispositivos de sobrecorriente de 800 amperes o menos. Se permitirá el uso de un dispositivo de protección contra sobrecorriente, de valor estándar inmediato superior (sobre la ampacidad de los conductores que proteja).

240-6. Capacidades estandarizadas de fusibles e interruptores automáticos.

A) fusibles e interruptores automáticos de disparo fijo. Los valores de corriente normalizados para los fusibles e interruptores automáticos de circuito de tiempo inverso, son: 15, 16, 20, 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes. Los valores en amperes estandarizados adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601. Se permitirá el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con valores en amperes no estandarizados.

Para este apartado se seleccionaron dos interruptores termomagneticos de disparo fijo de 70A bifásico, ya que estos cumplen con la capacidad de corriente previamente calculada.

- Fase 6. Calculo de cable para suministro de energía eléctrica.

Con la tabla 1.2 de la nom-001-sede-2014 tabla 310-15 (b)(16) seleccionaremos un calibre de cable para el suministro de energía basando en el valor de la corriente derivada el cual es de 65a

Como se puede observar en la **Tabla 4.** Ampacidad permisible de conductores para bajada eléctrica. se selecciona el calibre #6 AWG el cual es el adecuado para soportar la corriente e demanda.

Tabla 4. Ampacidad permisible de conductores para bajada eléctrica.
(SENER, 2019)

Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	COBRE		ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
		TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
0.824	18	-	-	14	-	-	-
1.31	16	-	-	18	-	-	-
2.08	14	15	20	25	-	-	-
3.31	12	20	25	30	-	-	-
5.26	10	30	35	40	-	-	-
8.37	8	40	50	55	-	-	-
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205

- Fase 7. Calculo de caída de tensión para el cable de suministro

Si calculamos la caída de tensión y nos basándonos en artículo 215-1 nota 2, tenemos la posibilidad de aumentar el calibre del cable para disminuir el área de sección transversal y así

poder generar un ahorro en los gastos de material. Para este cálculo retomaremos la **Ecuación 3. Porcentaje de caída de tensión**. Para realizar y comparar el porcentaje de caída de tensión de los calibres #10 y #12 AWG y de esa manera poder escoger el calibre adecuado.

Calculo de porcentaje para caída de tensión en cable calibre #10 AWG

$$e\% = \frac{4 * 10 * 64}{220 * 5.26} = 2.21\%$$

Calculo de porcentaje para caída de tensión en cable calibre #12 AWG

$$e\% = \frac{4 * 10 * 64}{220 * 3.31} = 3.51\%$$

La nom-001-sede nos permite tener un porcentaje máximo del 5% en caída de tensión, Obtenido los resultados de 2.21% para el calibre #10 AWG y 3.51% para el calibre #12 AWG, por lo tanto se tiene la posibilidad de seleccionar cualquiera de estos dos calibres. Se tomara como referencia el calibre #12 AWG ya que este

- Fase 8. Características adecuadas del lugar de instalación.

La instalación eléctrica se realizara superficialmente esto para evitar hacer nuevas canalizaciones sobre la pared.

En la nom-sede-002-2014 sección 386-10 usos permitidos aprueba la instalación de tubería metálica sobre la superficie respetando sus condiciones.

(1) lugares secos.

(2) lugares peligrosos (clasificados) clase i, división 2, como se permite en 501-10(b)(3).

(3) bajo pisos falsos, como se permite en 645-5(e)(2).

(4) extensiones a través de paredes y pisos. Se permitirá que las canalizaciones metálicas superficiales pasen transversalmente por paredes secas, divisiones secas y pisos secos, si el tramo que pasa a través de estos elementos es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores en ambos lados de la pared, división o piso.

- Fase 9. Tipo de tubería.

De acuerdo en la nom-sede-001-2014 artículo 342 y dependiendo a las especificaciones mencionadas en este artículo se determinó que el tubo conduit metálico semipesado imc es apropiado para llevar acabo la instalación ya que nos permite ser utilizado en cualquier tipo de ambiente.

Con ayuda de tablas que nos proporciona la nom-sede-001-2014 determinamos el tamaño de la tubería basándonos en el número de cables y calibre de ellos mismos. Véase en la siguiente tabla.

Tabla 5. Diámetro para tubería eléctrica.
(SENER, 2019)

Este apéndice no es parte de los requerimientos y especificaciones de la NOM, se incluye únicamente con propósitos informativos

Tabla C-1.- Número máximo de conductores o alambres para artefactos en tubería metálica eléctrica (EMT)

CONDUCTORES												
Tipo	Tamaño o designación		Designación métrica (Tamaño comercial)									
	mm ²	AWG o kcmil	16 (½)	21 (¾)	27 (1)	35 (1¼)	41 (1½)	53 (2)	63 (2½)	78 (3)	91 (3½)	103 (4)
RHH, RHW, RHW-2	2.08	14	4	7	11	20	27	46	80	120	157	201
	3.31	12	3	6	9	17	23	38	66	100	131	167
	5.26	10	2	5	8	13	18	30	53	81	105	135
	8.37	8	1	2	4	7	9	16	28	42	55	70
	13.3	6	1	1	3	5	8	13	22	34	44	56
	21.2	4	1	1	2	4	6	10	17	26	34	44
	26.7	3	1	1	1	4	5	9	15	23	30	38
	33.6	2	1	1	1	3	4	7	13	20	26	33
	42.4	1	0	1	1	1	3	5	9	13	17	22
	53.5	1/0	0	1	1	1	2	4	7	11	15	19
	67.4	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17
	85.0	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14
	107	4/0	0	0	1	1	1	3	5	7	9	12

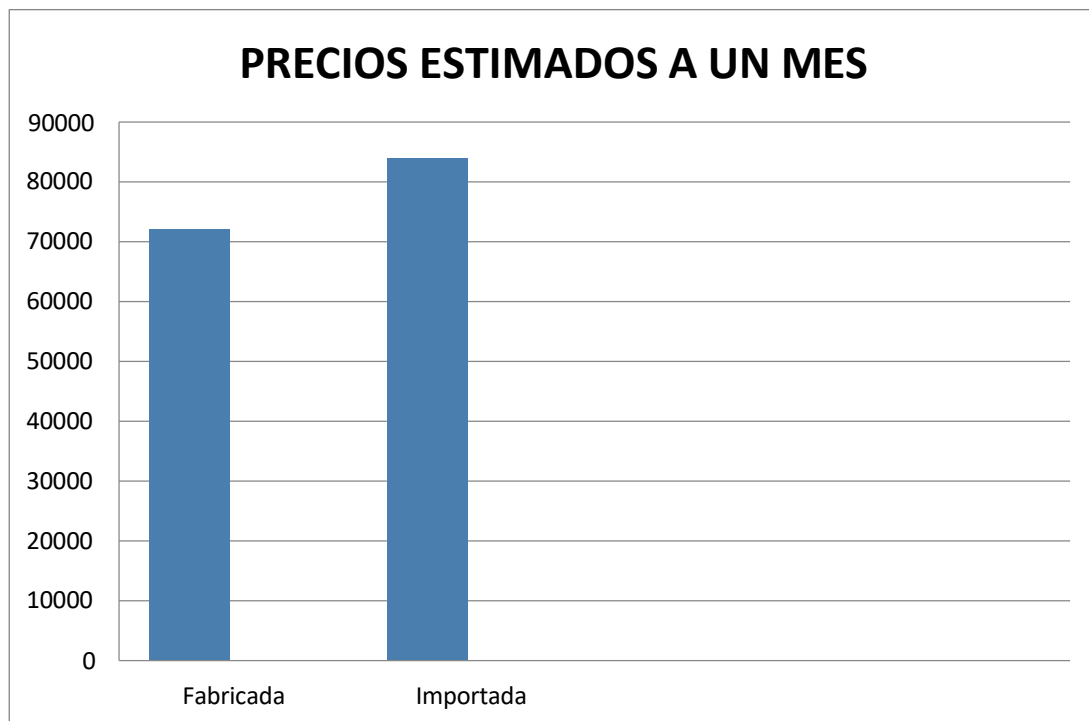
Como se muestra en la **Tabla 5.** Diámetro para tubería eléctrica. Tenemos dos partes remarcadas. La de la parte superior derecha es para las medidas de la tubería de alimentación. Y la segunda para el suministro.

9. Análisis de resultados.

En base a la producción se tiene un estimado de 300pzs al día en una jornada laboral de 8 hrs. dando un estimado de 6,000pzs por mes cumpliendo de manera apropiada con la demanda que se solicita. Evitando los paros de producción ya que este proceso será continuo.

En la fabricación de este producto da un precio estimado de \$12 MXN por pieza mientras que las importadas tienen un valor de \$14 MXN por pieza

La siguiente grafica compara los precios de las PCBs donde se puede apreciar que el costo de las importadas rebasa los \$80 mil MXN mientras que las fabricadas no sobrepasa de los \$72 mil MXN, generando un ahorro mensual de hasta el 9%



Gracias a las máquinas que se diseñaron y realizaron se pudo lograr estos buenos resultados y se disminuyó considerablemente el costo de fabricación. En la **Tabla 6**. Materiales y precios para la fabricación de maquinaria. Se pueden apreciar los costos de los materiales y componentes que se utilizaron así como el precio total que resultó la fabricación de esta maquinaria.

Tabla 6. Materiales y precios para la fabricación de maquinaria.

Material	Precio \$
Temporizador de retardo Relé 0.5S-300H	226
Módulo de control de temperatura W1209	60
Relevador de 12v 220v	120
Sensor De Temperatura Ds18b20	60
Interruptor magnético 220v	250
Resistencia de 220v	320
botones pulsadores NA y NC	175
Fuente conmutada de 220 VCA a 24 VCD	300
Interruptor de acción	30
Tubo PVC C40 con coples	160
Aspersores 20pzs	120
Plancha de polipropileno de 6x6 mtrs 6mm de grosor	1200
Bomba hidráulica	850
Manufactura	1000
Total	4,871

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Se puede apreciar que el ahorro es significativo, ya que una maquina comprada es el doble de precio que la elaborada en este proyecto.

Tabla 7. Comparación de precios de maquinaria.

Maquina elaborada	Precio	Maquina cotizada	Cotización
Aspersor de película foto sensible	4,871	Máquina de grabado por pulverización	10,000
Ataque de ácido férrico	4,871	Maquina pulverizadora de imagen	12,000
Total	9,742		22,000

Considerando que se genera un ahorro aproximado de \$8 mil MNX mensuales y las maquinas diseñadas tiene un precio final de \$4,871 MNX y se requieren dos máquinas para iniciar con el proceso de fabricación. Lo que nos lleva a que después de un mes el proyecto es rentable. Esto sin considerar diferentes factores como la compra de la fresadora CNC para el barrenado o la renta del espacio, ya que estos valores no fueron proporcionados.

10. Conclusiones y/o recomendaciones

Este proyecto fue desarrollado mediante varias etapas en cada una de ellas se produjeron diversos retos como nuevos aprendizajes, todas estas etapas y retos fueron un conjunto de procesos que llevaron como resultado a un producto final, este producto debe de ser satisfactorio y cumplir con ciertas especificaciones y funcionalidades, de igual manera que se debía de adaptar e incluso mejorar para un proceso de fabricación. Esto para reducir ciertos factores como tiempos de producción y costos de material.

El proyecto en general cumplió con las expectativas ya que obtiene una rentabilidad aproximadamente después de un mes de producción continua. Y el producto final cumple con las especificaciones y funcionalidades.

11. Referencias

- victor. (2024). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/201082041/FRESADORA-CNC- docx>
- 3AXIS group. (2023). Obtenido de <https://3axis-group.com/es/cuales-son-las-partes-de-una-fresadora-cnc/>
- Acevedo, F. M. (2016). *Y se hizo la luz. Voltaje, corriente y potencia eléctrica*. Ciudad de Mexico .
- Amoquimicos. (26 de Septiembre de 2019). *Amoquimicos* . Obtenido de <https://www.amoquimicos.com/noticias/propiedades-del-cloruro-ferrico>
- David Schomwandt, A. N. (2022). *Carbonato de Sodio: características, usos y demanda*. Argentina.
- directindustry. (s.f.). *directindustry*. Obtenido de www.directindustry.es
- Diyowere . (2013). Obtenido de <http://www.diyoware.com/es/dryfilm#:~:text=El%20Dry%20film%20es%20una,dibujar%20los%20circuitos%20mediante%20fotolitograf%C3%ADa>.
- Grupo ORS. (s.f.). *grupoors.com.mx*. Obtenido de <https://grupoors.com.mx/2023/05/23/normas-oficiales-mexicanas-la-nom-001-sede-y-su-importancia-para-la-seguridad-electrica/>
- Hoyogo. (4 de diciembre de 2021). *Hoyogo*. Obtenido de <https://www.hoyogo.com/news/4-Advantages-of-Flexible-PCB.html>
- Hurtado, A. F. (s.f.). MINICURSO DE DISEÑO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO (PCB). *X seminario de automatica* . Popayan .
- IDEASPCB. (31 de 12 de 2021). Obtenido de [ideaspcb](http://ideaspcb.com)
- juan. (2019). *GEEK Factory*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tutoriales-arduino/ds18b20-con-arduino-sensor-de-temperatura-digital/>
- LPKF. (2024). *LPKF USA*. Obtenido de <https://www.lpkf.com/en/>
- M. Morris Mano, C. R. (2005). *Fundamentos de diseño lógico y de computadora*. PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- MOKO TECHNOLOGY. (11 de noviembre de 2021). *MOKO TECHNOLOGY*. Obtenido de <https://www.mokotechnology.com/es/pcb-history-and-trends/>
- MOKOTECHNOLOGY. (16 de 6 de 2023). Obtenido de [MOKOTECHNOLOGY: https://www.mokotechnology.com/es/silkscreen-pcb/](https://www.mokotechnology.com/es/silkscreen-pcb/)
- MV Electronica. (2021). *Manula de uso de termostato W1209*.
- NCAB GROUP CORPORATION. (10 de 05 de 2022). *Ncabgroup*. Obtenido de <https://www.ncabgroup.com/es/blog/procesos-de-grabado-de-pcb/#:~:text=Grabado%20Positivo%20PCB,contacto%20s%C3%B3lido%20de%20tres%20terminales>.

- Norton, R. L. (2009). *Diseño de maquinaria sistemas y análisis de máquinas y mecanismos cuarta edición*. NTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Orient Display (USA). (2022). *Orient Display*. Obtenido de <https://www.orientdisplay.com>
- Ortega, H. T. (2014). *Guía de diseño de PCB con EAGLE Introducción y recomendaciones generales*. Guadalajara, Jalisco: HetPro.
- Palavecino, D. (Abril de 2020). *Cálculo simplificado de caída de tensión basado en reglamentaciones AEA*. Obtenido de ROKER materiales electricos: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.roker.com.ar/wp-content/uploads/2021/05/RokerWebinar_Caida-de-tension-y-Canalizaciones_DavidPalavecino.pdf
- Peterson, Z. (5 de Octubre de 2020). *What is a PCB?* Obtenido de Altium: <https://resources.altium.com/es/p/what-is-a-pcb>
- Peterson, Z. (21 de junio de 2022). *Altium*. Obtenido de <https://resources.altium.com/es/p/day-life-pcb-manufacturing-process>
- Proto-Electronics. (28 de marzo de 2022). *Proto-Electronics.com*. Obtenido de <https://www.proto-electronics.com/es/blog/caracter%C3%ADsticas-detalles-y-tipos-de-sustratos-de-pcb>
- Proto-electronics. (28 de 3 de 2023). *Proto-electronics*. Obtenido de <https://www.proto-electronics.com/es/blog/archivos-gerber-para-que-sirven>
- Ramírez, R. R. (21 de mayo de 2021). *cactustronica*. Obtenido de <https://cactustronica.com/como-hacer-un-circuito-impreso-pcb/utiliza-una-cnc-para-fabricar-tu-pcb/>
- Rodriguez, M. e. (2008). *PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA DE MÁQUINAS CNC*. CUAUTITLÁN.
- Santiago Silvestre, Jordi Salazar, Jordi Marzo. (2019). *Proceso de diseño y fabricación*. Erasmus+.
- SCHMID. (2024). Obtenido de <https://schmid-group.com/technologies/>
- SENA. (s.f.). *iepgtic.wordpress.com*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://iepgtic.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/05/03-ley-de-ohm.pdf>
- SENER. (2019). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*.
- serra circuits. (2024). *proto express*. Obtenido de <https://www.protoexpress.com/kb/via-covering-in-pcbs/>
- sprine . (16 de 8 de 2023). Obtenido de [https://www.puxipcb.es/blog/aplicacion-ventajas-y-desventajas-del-estano-de-inmersion/#:~:text=Consiste%20en%20reemplazar%20el%20cobre,\(CuSn\)%20en%20la%20superficie.](https://www.puxipcb.es/blog/aplicacion-ventajas-y-desventajas-del-estano-de-inmersion/#:~:text=Consiste%20en%20reemplazar%20el%20cobre,(CuSn)%20en%20la%20superficie.)

Suares, L. (15 de 12 de 2020). *AGElectronica*. Obtenido de <https://agelectronica.blog/2020/12/15/fabricacion-de-pcbs/>

suny electrínics technology limited. (s.f.). SUNY-ZCX400 OPERATION MANUAL . Qingshan industrial park, china .

WORLD electronics. (2024). Obtenido de <https://worldsway.com/types-of-pcb-boards/>