



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Recinto Universitario Simón Bolívar
Facultad de Electrotecnia y Computacion

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO.**

**“Desarrollo de una metodología para la elaboración de tarjetas PCB de
forma óptima”**

Autor:

Br. Rodrigo Antonio Morales

Br. Roniel Javier Solis Salinas

Tutor:

Msc. Felipe Paz Campos

Managua, Nicaragua, Septiembre de 2018

Agradecimientos

Primeramente le doy gracias a Dios por darme la sabiduría y fuerza para seguir adelante y poco a poco culminar mis estudios.

A mi madre que ha estado en cada momento de todos estos largos años ayudándome con sus consejos y apoyo incondicional.

Mis hermanos porque fueron parte de todo el proceso a lo largo de toda mi etapa, brindándome su amor y cariño, darme la fuerza de lograr ganar una victoria con mucho empeño.

A todos mis amigos que me vieron nacer y crecer desde muy pequeño. Siempre aconsejándome por el buen camino que debería de retomar en la vida y aprender que era un camino muy largo.

También en especial a mi amigo y hermano, Christopher Peralta, que fue un ejemplo a seguir con mis estudios de luchar día a día para lograr una meta que iba a cambiar mi vida.

Br. Rodrigo Antonio Morales.

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de formar parte de esta vida tan maravillosa y poder lograr cumplir mis metas y logros conseguidos con esfuerzo y dedicación.

A mi madre por que ha luchado día a día para verme convertido en profesional y generalmente a mi familia por la comprensión y apoyo incondicional en situaciones tanto buenas como malas.

A la universidad Nacional de ingeniería por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional y a todas las personas que forman parte de mi vida, quienes fueron un gran apoyo durante el transcurso de este tiempo.

Agradezco especialmente a mi tutor de tesis por siempre apoyarme en cada momento que se nos dificulto el trabajo y por estar siempre presente en todo momento en el transcurso de la tesis.

Br. Roniel Javier Solis Salinas.

Resumen

Este trabajo monográfico consiste en desarrollar una guía para la implementación de circuitos impresos. La metodología servirá para ayudar y poder implementar pistas en las PCBs de una manera más sencilla en la cual se podrá ir guiando paso a paso. En estos pasos se inicia en la etapa de diseño con el programa proteus; luego se explica cómo transferir correctamente las pistas; el manejo y uso del ácido nítrico, y finalizar con la perforación y comprobación de la tarjeta.

Se utilizan instrumentos (encuesta y tablas comparativas) para determinar y evaluar un proceso de desarrollo óptimo en la implementación de circuitos impresos. De igual forma se desarrollaron experimentos prácticos con el fin de elegir los mejores elementos y métodos para la elaboración de pistas en PCBs.

En el desarrollo del documento monográfico, se ha dividido la metodología en 4 pasos muy importante para poder concluir e implementar nuestro primer circuito impreso con mayor eficiencia. Seguir los pasos es primordial para la buena elaboración

Asimismo tenemos recomendaciones y protecciones con las herramientas (guantes, lentes, gavacha, mascarilla) básicas como evitar cualquier accidente con las indicaciones que se presentan la metodología que se explica de manera formal los puntos de manipulaciones al momento de desarrollar las PCBs.

Al final se demostrara con un video tutorial, donde se apreciara cada función y se explica cómo hacer la elaboración de pistas en las PCBs. El video tutorial inicia desde la fase de diseño, continuando con la transferencia de pistas a la tarjeta, hasta finalizar con el perforado y comprobación.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. OBJETIVO GENERAL.....	7
V. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	8
V.1 ¿Qué es un circuito impreso?	8
V.2 Tarjetas usadas para PCB	10
V.2.1. Placas comúnmente usadas.....	10
V.2.2. Placas fotosensibles.....	12
V.3. Equipos para impresión de pistas	13
V.3.1. Impresoras Láser.....	13
V.3.2. ProtoMat H100 de LPKF.....	14
V.3.3. Máquina de prototipo para PCB ProtoMat S43.....	14
V.3.4. Máquina de prototipo ProtoLaser LDI.....	15
V.3.5. Materiales de equipo kinsten o tipos de tarjetas	16
V.4. Materiales para impresión de pistas.....	16
V.4.1. Filmina	16
V.4.2. PCB Blue	17
V.4.3. Papel fotográfico.....	17
V.5. Ácidos usados para la elaboración de PCB	18
V.5.1. Acido cloruro férrico.....	18
V.5.2. Ácido muriático	18
V.5.3. Ácido Nítrico	19
V.6. Software usado para diseñar la PCB	19
V.6.1. Proteus	19
V.6.2. PCB Wizard	20
V.6.3. Crocodile	21
V.6.4. EasyEDA	21
V.7. Métodos de elaboración de pistas PCB	23
V.7.1. Método de Serigrafía	24
V.7.2. Método del planchado	25
V.7.3. Método de insolación.....	25

VI. CAPITULO II: ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS	27
VI.1. Diseño metodológico	27
VI.2. Metodología para la elaboración de pistas de forma óptima.	28
VI.2.1. Paso 1. Software Proteus para elaboración de pistas en PCB. 29	
VI.2.2. Paso 2. Impresión de pistas y transferencia en la tarjeta virgen.....	42
VI.2.3. Paso 3. Desprendimiento del cobre mediante la aplicación de ácido en la PCB.	47
VI.2.4. Paso 4. Perforado y Comprobación de PCB	51
VI.3. Medidas de seguridad de productos químicos	52
VI.3.1. Recomendaciones de seguridad de residuos tóxicos y medio ambiente.....	52
VI.3.2. Equipos de manejos personales	53
VI.3.3. Prevención	54
VI.3.4. Almacenamiento.....	55
VI.3.5. Datos ambientales consideraciones para desecho	56
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
VII.1. Conclusiones.....	57
VII.2. Recomendaciones.....	58
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	59
XIX. ANEXOS.....	61
I. Encuesta a estudiantes de ingeniería electrónica para análisis de PCB, incluyendo sus resultados.....	62
I.I Resultado de encuestas aplicadas.....	63
II. Tabla comparativa de software para diseños de circuitos impresos ...	67
III. Guía de experimento del método del planchado y resultados obtenidos.....	74
IV. Guía para realizar experimentos de ácidos para eliminar el cobre en la tarjeta virgen y resultados obtenidos.....	76
IV.1 FICHAS TECNICA DE SEGURIDAD.....	80
V. Costo para elaborar la tarjeta PCB con las siguientes dimensiones: 100mm X 150mm.....	84

I. INTRODUCCIÓN

Los circuitos impresos son un soporte de material aislante donde se conectan entre sí, puntos de un circuito electrónico mediante pistas conductoras adheridas a él. Dichos circuitos suelen servir de soporte físico para la colocación y soldadura de los componentes. Las placas de circuitos impresos, en inglés (Printed Circuit Board) PCB seguirán siendo esenciales en la electrónica para diversos casos. Estas tarjetas PCB aun desempeñan un papel importante en los diseños de los distintos proyectos electrónicos.

En el presente trabajo monográfico tiene como propósito enseñar a los estudiantes de ingeniería electrónica a fabricar placas de circuitos impresos (PCB), así como describir las herramientas teóricas y prácticas para el proceso de desarrollo de las placas PCB. Estos procesos se pueden aplicar a cualquier proyecto que necesite una PCB y convertirse en una guía para el estudiante de ingeniería en la elaboración de pistas en PCB de forma eficiente que garantice la calidad en los circuitos electrónicos que conforman un determinado proyecto.

La falta de experiencia y uso inapropiado de los químicos (peligros y riesgos) limita las posibilidades de vincular la teoría con la práctica y algunas veces es un poco complicado para los estudiantes la realización de tarjetas de circuito impreso, dado que se desconoce el tipo de material ideal y las medidas exactas que deben llevarse a cabo para obtener buenos resultados y de esta forma poder evitar algún accidente por mal uso de los componentes y materiales.

En la carrera de ingeniería electrónica sabemos lo importante que es elaborar una tarjeta PCB de forma óptima. Mediante este trabajo monográfico se ha desarrollado una metodología para elaborar pistas en PCB; seleccionando el programa, el tipo de tarjeta y el ácido adecuado para poder efectuar una buena reacción química sobre el cobre. Además de estudiar la técnica para transferir las pistas a la tarjeta e instruir en una forma adecuada el empleo del perforado para evitar fisuras en las tarjetas por uso inadecuado.

El documento contiene los resultados obtenidos de los experimentos desarrollado a lo largo de la tesis. Se presentan instrumentos o guías de cada paso para la implementación de pistas, de igual forma para ayudar en la descripción de uso de cada material a ocupar. Existe una guía de seguridad y precauciones a tener en cuenta para evitar los peligros tóxicos y disminuir la contaminación ambiental.

Adjuntamente en este documento se incluye un DVD, que contiene los videos de cada paso de la elaboración de pistas de circuito impreso. (Video1: Introductorio; video2: Elaboración de PCB en el programa Proteus; video3: Impresión y transferencia a la tarjeta virgen; video4: Desprendimiento de cobre mediante la aplicación del ácido a la tarjeta PCB; video5: Perforación y comprobación de tarjeta.) O un solo video que contiene todos los pasos para elaborar la tarjeta PCB.

Al final del documento en anexos se adjuntan los resultados obtenidos de los experimentos (encuestas aplicadas, tabla comparativa de programa, tablas del planchado, tablas de ácido) de igual forma se incluyen fichas técnicas de seguridad con respecto al ácido nítrico y finalmente el presupuesto de elaboración de PCB.

II. ANTECEDENTES

A nivel internacional se han desarrollado los siguientes trabajos monográficos relacionados con la elaboración de tarjetas PCB:

- **Técnicas de diseño, desarrollo y montaje de circuitos impresos**, este artículo nombra y brinda las funciones principales de las herramientas computacionales CAD (Computer-aided design), utilizadas por los autores, para el diseño de circuitos impresos, desarrollo del esquemático, simulación y fabricación del arte de PCB. (Robert Salas)
- **Fabricación de placas de circuito impreso con Proteus**, este trabajo de grado, tiene como propósito enseñar al usuario a fabricar placas de circuito impreso (PCB) mediante el software Proteus, que es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica. Se pretende que, mediante la guía realizada, cualquier persona con un mínimo de conocimientos de electrónica sea capaz de diseñar una PCB sin ningún problema, ya que se indica con detalle cada uno de los pasos a seguir en todas las fases del diseño. (Puertas, 2015)
- **Elaboración de tarjetas de circuitos impresos por métodos de serigrafía**, en este documento se delimita el proyecto a la obtención de tarjetas a mediana escala con acabado profesional mediante métodos de producción baratos y eficientes como el uso de la serigrafía. (Carrasco, 2012)

A nivel local no se encontró antecedentes de metodologías escritas para la elaboración de tarjetas PCB, En la universidad nacional de ingeniería los estudiantes de ingeniería electrónica e ingeniería eléctrica elaboran tarjetas PCB de forma empírica sin seguir ninguna metodología.

El Ing. Felipe Paz ha estado ayudando a lo largo de sus años a los estudiantes a la comprensión de los programas (Proteus ares y PCB Wizard) para el diseño y elaboración de pistas, donde también recomienda para la impresión de estas pistas, la filmina, PCB Blue o el papel fotográfico. Una vez impresa las pistas, se utiliza el método de planchado, en que sólo se requiere una tarjeta ya sea baquelita (Comúnmente conocida) o fibra de vidrio, donde él recomienda usar esta última y una plancha. Para darle fin a este proceso viene la selección de ácidos, en donde se tiene conocimiento que el ingeniero ha trabajado con el ácido nítrico y cloruro férrico. Un segundo y último método con el que ha trabajado es utilizando el equipo kinsten, sin embargo, los materiales son difícil de conseguir en nuestro país. (Ing. Felipe Paz)

Al igual el Ing. Manuel Arcía se ha dedicado a ayudar a los estudiantes de ingeniería electrónica a trabajar de manera más simple el diseño de circuito en algunos programas tales como Aguila, Circuit Maker, Proteus Ares y Multisim, que al igual que el Ing. Paz utiliza uno de los métodos como lo es el papel fotográfico y el método de planchado junto a una tarjeta de fibra de vidrio, utilizando el ácido nítrico o el cloruro férrico, siendo el primero el más recomendable debido a su bajo costo y su eficacia. Otro método que se mencionó fue el de una máquina CNC, pero no es tan recomendable debido a su alto costo en la industria. Y el último método mencionado fue el Lápiz indeleble, que se basa en rotular con una tinta negra especial el diseño de pistas y se encarga de protegerlas del ácido. (Ing. Manuel Arcia)

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la electrónica es muy importante en la vida diaria, hoy en día los circuitos electrónicos son más comunes cada día y vemos como algunos se dañan rápidamente. En el momento que procedemos a revisar la causa de este daño, observamos que las PCBs, están mal diseñadas o en otro caso las tarjetas están mal elaboradas, esto se debe a un mal procedimiento a la hora de realizarlas, esto puede ser por no usar una buena técnica para transferir las pistas a la tarjeta, o el tipo de ácido no es el adecuado. A esto le agregamos que en algunos momentos quienes proceden a hacer las pistas, pueden estar expuestos a algún accidente, ya sea intoxicación o sufrir quemaduras en el cuerpo.

La cantidad de alumnos que pueden diseñar de una manera eficiente son muy pocos, tanto así que hay alumnos egresados o estudiantes que llegan a su último año y aún no saben cómo aplicar dicho conocimiento.

En la UNI los estudiantes de Ingeniería Electrónica realizan un mal manejo: de equipos, faltas de medidas de seguridad, inexistencia de una guía de instrucciones, que provean al estudiante una base teórica para llevarla a la práctica, son las deficiencias que los alumnos presentan a la hora de desarrollar una PCB determinada. De esta manera se proyecta al estudiante de la carrera de electrónica una metodología de elaboración de tarjetas PCBs que les sirva de apoyo en la teoría y la práctica para realizar proyectos asignados durante su carrera.

Lo que se pretende es brindar una alternativa al desarrollador, para realizar sus placas electrónicas con un menor costo y un acabado de calidad, ofreciéndoles una ayuda paso a paso en los procesos de elaboración, y detallando cuales son los elementos o herramientas a utilizar para obtener un rendimiento óptimo.

Para entender por qué nuestra metodología es óptima, nosotros hacemos una relación con los siguientes parámetros.

- Precio: Este parámetro sirve para guiarnos a medir lo óptimo de nuestro trabajo, debido que podemos elaborar circuitos impresos con un acabado de calidad y a un bajo costo.
- Seguridad: Valoramos la seguridad como óptimo porque es de importancia lograr desarrollar un proyecto evitando daños, tanto para el ser humano como para el medio ambiente.
- Tiempo al fabricar PCB: El tiempo es un factor muy importante, porque puede ayudarnos a reducir gastos, así como también a incrementarlos. Con esta metodología el tiempo aproximado para elaborar PCB es de 30 minutos, esto ayuda a optimizar el tiempo y poder trabajar en otras tareas.
- Claridad de pasos: Se hace énfasis en una secuencia de 4 pasos para la elaboración de circuitos impresos, si seguimos cada paso se puede lograr terminar una PCB basándonos en los tres parámetros fundamentales, los cuales han sido mencionados anteriormente.

IV. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología para la elaboración de tarjetas PCB de forma óptima y eficiente.

IV.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar los diferentes programas diseñados para la creación de tarjetas PCBs (Proteus, PCB Wizard, Crocodile, EasyEDA) para seleccionar el más adecuado.
2. Analizar las diferentes maneras de transferir las pistas a tarjetas PCB siguiendo los métodos del planchado, insolación y serigrafía, para seleccionar la forma óptima.
3. Determinar los diferentes ácidos: Nítrico, Cloruro Férrico, Muriático en la elaboración de tarjetas PCBs.
4. Implementar las medidas de seguridad y el manejo de residuos tóxicos siguiendo las normativas.
5. Elaborar la metodología para la elaboración de PCB, a través, de un tutorial en video.

V. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

V.1 ¿Qué es un circuito impreso?

Una placa de circuito impreso es una plancha de material rígido aislante, cubierta por unas pistas de cobre por una de sus caras o por ambas para servir como conexiones entre los distintos componentes que se montarán sobre ella. La materia prima consiste en esa plancha aislante, típicamente fibra de vidrio, cubierta completamente por una lámina de cobre. Dependiendo del tipo de placa, el cobre puede ir a su vez protegido por una capa de resina fotosensible. (Fernández, 2006)

Es una superficie constituida por caminos o pistas de material conductor laminadas sobre un sustrato no conductor. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de los caminos conductores, y sostener mecánicamente por medio del sustrato, un conjunto de componentes electrónicos.

A continuación, se mencionan algunas:

- Circuitos impresos elaborados con tinta indeleble.
- Circuitos impresos elaborados con logotipo.
- Circuitos impresos elaborados con la técnica de serigrafía.
- Circuitos impresos elaborados con la técnica fotográfica.

Existen dos tipos de materiales útiles que se utilizan como tarjetas de impresión o trazado de circuitos impresos, los más comunes de encontrar en el mercado son la fibra fenólica (baquelita) y la fibra de vidrio. (CARRASCO, 2012)

Estos materiales cuentan con una o dos caras cubiertas de una capa delgada de cobre, sobre la cual se traza el circuito impreso. Ofrecen características físicas adecuadas para el proceso de manufactura de los circuitos impresos, como la capacidad para soportar el calor, la rigidez que ofrecen para llevar a cabo el montaje de los componentes y la facilidad de corte para obtener tarjetas de variadas dimensiones.

Inicialmente el diseño de los circuitos impresos se hacía de forma totalmente manual, dibujando los caminos electrónicos directamente sobre las placas virgen o baquelitas con un marcador de tinta indeleble. Sin embargo, con el tiempo se fue incorporando el computador como principal herramienta en el diseño de circuitos impresos, dando a conocer las técnicas de fabricación de circuitos impresos, por medio del software, facilitando así la realización de las pistas que se trazan sobre las baquelitas, o sobre la fibra de vidrio. (Puertas, 2015)

El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente un conjunto de componentes electrónicos, a través, de las pistas conductoras. Las pistas generalmente son de cobres mientras que la base se fabrica generalmente de resinas de fibra de vidrio reforzada, pero también cerámicas o polímeros como las baquelitas.

Durante el siglo XX, Dr. Paul Eisler, propone emplear un hoja de material aislante revestida de cobre como material base, a esa hoja se le aplica, se le superpone, el patrón del circuito impreso de manera que el cobre descubierto se elimina por ataque químico Estas ideas dieron lugar a una reducción del peso, espacio y una producción en masa de los sistemas que dio lugar a una reducción de los precios y, como consiguiente, una aplicación de esta técnica a todo tipo de sistemas eléctricos/electrónicos (A mediados de los años 30).

Otro paso que dio lugar a una gran mejora en los procesos de automatización de fabricación de los PCB es la técnica de SMT (source mounted-technology, técnica de montaje superficial) la que se montan en forma superficial. (Carrasco, 2012)

V.2 Tarjetas usadas para PCB

Existen muchos tipos de tarjetas en la actualidad, en las cuales, se tomaron en cuenta las tarjetas de placas comunes en el mercado local y las placas fotosensibles que son muy difíciles de encontrar localmente.

V.2.1. Placas comúnmente usadas

Las tarjetas más usadas en la actualidad son las conocidas como tarjetas de fibra de vidrio, las cuales son, óptimas para realizar pruebas que demuestren la eficiencia de la metodología a implementar siendo así adecuadas para este tipo de demostraciones, añadiendo que dichas placas son especiales para realizar la impresión sobre ellas debido que son creadas para ese propósito.

➤ Placa de fibra de vidrio

Esta lámina o placa de fibra de vidrio contiene un color verde claro y traslúcido, y soportan bien las altas temperaturas. Gracias a las características que posee, son las más utilizadas a nivel mundial. Es una capa de cobre, la cual, puede ser utilizada para la elaboración de circuitos impresos o PCB, lo que será parte de tus futuros prototipos, interconectando los dispositivos electrónicos necesarios. (Elias, s.f.)

➤ Baquelita

Las baquelitas se encuentran principalmente en aplicación en los sectores que requieren un buen comportamiento frente al fuego y altas temperaturas, interiores de medios de transporte, aviones o trenes. Utilizadas también como recubrimiento

para adhesivos, como solvente, carga, en la producción de pigmentos, plastificantes, endurecedores, resinas de intercambio iónico, resinas de moldeo, resinas para recubrimientos y barnices, aditivos, aglomerados para madera, papel, carbón, polvo abrasivo, bloques, etc. Tiene color marrón oscuro y opaco. Absorben bien la humedad y son baratas. (Byron Ortiz)

➤ Lamina foto resistiva

No son placas, pero ayudan en la elaboración de circuitos impresos. Estas se adhieren a la placa (baquelita, fibra de vidrio),

Usted puede crear tarjetas de circuitos increíblemente finas y detalladas que utilizan esta película foto resistiva de alta calidad. Es el mismo material que las tiendas de PCB profesionales utilizan.¹

- Uso de tarjetas
 - ✓ Preparar: Limpie su placa de cobre, corte la película foto resistiva un poco más grande que su PCB.
 - ✓ Aplicar película foto resistiva: Este film tiene 3 capas, las capas superior e inferior son capas protectoras transparente, por lo que, en la primera, necesita eliminar una capa protectora, la forma más fácil es usar dos pequeños trozos de cinta adhesiva.

A continuación, aplicar la capa media a la lámina de cobre.

- A. Aplicar utilizando un rodillo laminado en caliente. Esta es la forma más fácil y profesional para hacerlo.

¹ (microjpm, s.f.)

- B. Aplicar el uso de su mano. A partir de una esquina y terminando a la esquina cruzada, utilice su palma para eliminar toda burbuja de aire entre la lámina y el film, establecer la temperatura de la plancha a unos 130 ° C, se aplica la plancha caliente hacia abajo sobre la película y PCB, presionando a ambos.
- ✓ La exposición: Coloque su obra en negativo sobre la capa protectora (film foto resistivo). Use un par de cristales para presionar la placa de cobre con su diseño, luego exponerlo a los rayos UV o bajo la luz solar, la fuente de luz debe ser de al menos 8" de distancia del diseño. El mejor tiempo de exposición depende de diferentes aspectos, pero usted puede fácilmente reconocer: el color de la película cambia de azul claro a azul oscuro.
 - ✓ Desarrollar: Recuerde, usted necesita desarrollar una película negativa, eliminar la capa protectora del resto de la película, ahora sólo queda someter la placa en solución reveladora; utilizar 1g de polvo de revelador con 100 g (100 ml) de agua (~ 1 % en peso). Después de 3 minutos comprobar si el revelador y la placa aún se mantienen, siempre se puede volver a meterla en el revelador si necesita más tiempo.

V.2.2. Placas fotosensibles

Tienen un barniz que es sensible a la luz, que se impresiona mediante un equipo de insolación o cualquier otro foco luminoso adecuado.

Para la exposición, se prepara una transparencia de las pistas, que puede ser en negativo o en positivo, aunque ésta última es la más utilizada. Tras la exposición, se introduce la placa en un líquido revelador que destruirá el barniz que no forma parte de las pistas, de forma que el barniz restante actúa de protector contra la corrosión.

Las placas fotosensibles se dividen en dos tipos:

PLACA NEGATIVA: Las partes insoladas conservarán el barniz en el proceso de revelado, por lo que la transparencia también será negativa. La imagen muestra una transparencia negativa, en la que las pistas (transparentes) dejarán pasar la luz y por tanto el barniz insolado (fotosensible negativo) se protege y no será eliminado en el proceso de revelado.

PLACA POSITIVA: Las partes insoladas perderán el barniz durante el proceso de revelado, y por tanto la transparencia será también positiva. La imagen muestra una transparencia positiva, en la que las pistas van en negro para proteger el barniz de la insolación, que en este caso permanecerá tras el proceso de revelado de la placa.

V.3. Equipos para impresión de pistas

V.3.1. Impresoras Láser

Una impresora Láser es un tipo de impresora que realiza sus impresiones de gráficos y textos a una gran velocidad y calidad. La impresión láser consiste en un láser que, a través de impulsos eléctricos, graba la imagen de la página en un tambor, que luego es embebido en tinta por el depósito del tóner, para finalmente ser transferido al papel por un proceso que combina el calor y la presión.

Una de las características de las impresoras láser es su capacidad de resolución o calidad de sus impresiones. Su resolución varía entre los 300 PPP (puntos por pulgada) como mínimo, a los 2400 PPP; aunque algunas impresoras láser pueden alcanzar todavía mayores resoluciones. Además, las impresoras láser pueden ser monocromáticas (solo un color) o a color, según el tipo de depósitos de tóner que utilicen. (impresoras, s.f.)

V.3.2. ProtoMat H100 de LPKF

El ProtoMat H100 es de máximo rendimiento en la fabricación de prototipos de placas de circuito impreso. Con una velocidad de trabajo de hasta 100mm/s, el ProtoMat H100 de LPKF reduce de forma considerable el tiempo y los costes de desarrollo de sus prototipos de placas de circuito impreso. Equipado con un motor de husillo de 100.000 rev/min se pueden realizar anchos de circuito impreso y distancias de hasta 100 μm .

Los rasgos innovadores como el cambio de herramienta totalmente automático y la mesa integrada de vacío para el procesado óptimo de sustratos blandos y flexibles garantizan un mínimo tiempo de instalación y múltiples posibilidades de utilización. La profundidad ajustable y automatizada de inserción de herramienta para el fresado de profundidad y el ajuste automático de profundidad de instrumento complementan este sistema.

V.3.3. Máquina de prototipo para PCB ProtoMat S43

El ProtoMat S43 es el modelo de iniciación a la serie S de ProtoMat. Se puede ir complementando su equipamiento hasta llegar al modelo puntero S103. Con sus 40.000 rev/min, el ProtoMat S43 está equipado para taladrar, separar placas y para la mayoría de tareas de estructuración. Además de eso, este sistema es recomendable para grabar frontales de carcasas.

En caso de necesitarlo para un uso ocasional o de contar con un presupuesto limitado, constituye el ProtoMat S43 la iniciación perfecta al mundo de la

creación profesional rápida de prototipos PCB. Gracias al alojamiento de herramientas con sujeción rápida ofrece el S43 un manejo especialmente sencillo.

V.3.4. Máquina de prototipo ProtoLaser LDI

El LPKF ProtoLaser LDI es un sistema directo universal, de alta resolución, tablero de la proyección de imagen del láser (LDI) para la creación de un prototipo en los substratos resistir-cubiertos. Una imagen transferida tiene incluso mejores bordes definidos comparados a la litografía convencional. Con una zona de trabajo de hasta 100 x 100 milímetros y estructuras abajo a 1 μm es una herramienta ideal para los diseños microfluid.

Kinsten fabrica la placa de circuito impreso (PCB) recubierta con resistencia positiva para muchos prototipos, aplicaciones educativas y de bajo volumen. Incluso algunas aplicaciones de alto volumen han utilizado Kinsten PCB para mantener el proceso completo seguro y en casa.

La caja de exposición UV Kinsten tiene una superficie de exposición máxima de 230 x 380 mm. Incluye temporizador digital y mesa de vacío.

La longitud de onda máxima de las lámparas UV es de 350 ~ 400 μm .

La caja de exposición UV estándar tiene 3 tubos UV por lado, y versiones de alta intensidad con 4 o 5 tubos UV por lado.

Mientras que la caja de exposición UV Kinsten ha sido diseñada para su uso con Kinsten PCB, se ha utilizado para otras aplicaciones, incluyendo la fabricación de etiquetas y sellos de goma.

Algunos materiales no son transparentes a los rayos ultravioletas y tampoco son adecuados para usarlos como ilustración de PCB.

El poliéster es adecuado para su uso en la mayoría de impresoras láser. Además, es capaz de una mejor resolución que el papel y es resistente al agua. (kinsten, s.f.)

V.3.5. Materiales de equipo kinsten o tipos de tarjetas

Kinsten Tipo 'WA' PCB donde el WA tiene una película protectora a prueba de luz, además de que proporciona la mejor protección de la capa fotográfica sensible.

Kinsten Tipo 'T' PCB, este es otro tipo de material para Kinsten, el cual tiene una película protectora transparente.

La capa fotosensible posee una resistencia positiva que tiene una buena latitud de exposición y puede producir diseños muy detallados de la pista cuando se utiliza el material de trabajo adecuado. La capa fotosensible consta de dos componentes: un pre polímero y un sensibilizador. El pre polímero tiene más enlaces dobles insaturados y que son reticulados por grupos de etileno. El sensibilizador se compone de una combinación de uno o más compuestos químicos. (kinsten, s.f.)

V.4. Materiales para impresión de pistas

V.4.1. Filmina

Dos cuadros de imagen de una filmina incluyendo su banda de seguridad, estos ocupan el mismo espacio de un solo fotograma de 35 mm, con lo que una película de 35 mm de 25 exposiciones puede contener una filmina de cincuenta imágenes.

Una filmina es un rollo de 35 mm película positiva, con un contenido promedio de treinta a cincuenta imágenes, dispuestas en orden secuencial.

Algunas versiones de filminas especiales tienen tonos audibles y subaudibles combinados, por lo que la filmina y su cassette acompañante eran compatibles con cualquier proyector de película.

Durante la década de 1970, llegaron a estar disponibles unos proyectores avanzados que hacían avanzar automáticamente la película por medio de un tono subaudible de 50 Hz grabado en la videocasete que era detectado por el proyector, y hacía avanzar automáticamente un cuadro de imagen de la filmina. (Grupo de trabajo wikipedia, s.f.)²

V.4.2. PCB Blue

Para este tipo de Material no sirven las máquinas de impresión de Chorro de tinta, solo sirven las de impresión láser. Una vez diseñado el PCB imprimir el diseño por la parte opaca (emulsión) de la hoja, la hoja tiene un lado opaco y un lado brillante (no imprimir). Ya tenemos el dibujo grabado con la impresora láser en la hoja azul. Para proseguir precisamos: una placa de circuito virgen, una plancha, un poco de papel del tipo Kleenex y cinta de embalaje transparente (opcional). (micropik, s.f.)

V.4.3. Papel fotográfico

El papel fotográfico en el sentido clásico es un soporte por lo general de papel, cubierto por una emulsión sensible a la luz para la ampliación o reproducción de fotografías tomadas sobre películas.

² Se ha utilizado el grupo de trabajo Wikipedia al no encontrar otra referencia.

Desde la aparición de la fotografía digital se encuentra en el mercado papeles especiales para la impresión de fotografías para el ordenador. Aunque esos papeles también se les han denominado papel fotográfico, éste artículo hará referencia especialmente al papel fotosensible de la fotografía química.

V.5. Ácidos usados para la elaboración de PCB

En la construcción de estas placas se hace uso de distintos tipos de químicos, los cuales, son utilizados para extraer el sobrante de cobre en las tarjetas, así como también para la limpieza de las mismas.

V.5.1. Ácido cloruro férrico

Es un líquido de color ámbar ligeramente viscoso, el cual, se produce mediante la reacción del hierro con ácido clorhídrico y cloro. Usado por su alta eficiencia en remoción de orgánicos y de metales pesados usado también como agente de grabado en: litografías, fotografía, placas de circuitos electrónicos, catalizador, mordiente, agente oxidante, etc.

Cuando se disuelve en agua, el cloruro de hierro (III) sufre hidrólisis y libera calor en una reacción exotérmica. De ello resulta una solución ácida y corrosiva de color marrón que se utiliza como coagulante en la industria electrónica para el grabado químico de plaquetas de circuito impreso. (Prezi.com, s.f.)

V.5.2. Ácido muriático

Es una combinación de ácidos y humectantes que lo hace un excelente removedor de sales minerales que se depositan en múltiples superficies debido al uso de aguas duras. Este producto puede causar quemaduras severas si la exposición es prolongada. (actiweb, s.f.)

V.5.3. Ácido Nítrico

El ácido nítrico es un líquido corrosivo, tóxico, que puede ocasionar graves quemaduras. Es un líquido aceitoso, incoloro, que por acción de la luz toma una coloración marrón, más o menos intensa, debido a su parcial descomposición en NO_2 (sus disoluciones se deben guardar en botellas oscuras) (Ecurrred, s.f.)

V.6. Software usado para diseñar la PCB

Existen diversos programas para el diseño y creación de los circuitos impresos (PCB). A continuación, se presentan algunos de ellos.

V.6.1. Proteus

Es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas, diseño del esquema electrónico, programación del software construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto depuración de errores, documentación y construcción. Proteus está conformado por dos aplicaciones llamadas Isis y Ares. (Puertas, 2015)

➤ **ISIS**

El Programa ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o micro controlador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en ISIS pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

ISIS es la herramienta principal de Proteus, esta combina un entorno de diseño de una potencia excepcional con una enorme capacidad de controlar la apariencia final de los dibujos.

Es ideal para una rápida realización de complejos diseño de esquemas electrónicos destinados tanto para tareas de simulación y pruebas como para la construcción de equipos electrónicos. Permitirá realizar el esquema electrónico del circuito que se desee diseñar posteriormente a través del entorno ARES.

➤ **ARES**

Es una aplicación de proteus que se utiliza para ubicar los componentes utilizados en el esquema realizado en ISIS sobre una tarjeta virtual, que luego será impresa y así ponerla sobre la capa de cobre para quemarla y obtener las pistas de conducción mediante una reacción extrayendo el cobre sobrante sobre de la placa.

Para poder elaborar las PCB primeramente se utiliza ISIS para hacer un esquema, luego ARES para el diseño de la placa teniendo en cuenta que ya tenemos el esquema electrónico.

V.6.2. PCB Wizard

PCB Wizard 3 es un potente paquete para el diseño de placas de circuito impreso de un solo lado y de doble cara (PCB).

Proporciona una amplia gama de herramientas que cubren todos los pasos tradicionales en la producción de PCB, incluyendo dibujo esquemático, captura esquemática, colocación de componentes, enrutamiento automático, informes de

listas de materiales y generación de archivos para la fabricación. Además, PCB Wizard 3 ofrece una gran cantidad de nuevas e inteligentes funciones que eliminan la curva de aprendizaje abrupta normalmente asociada con los paquetes de PCB. (Electronica G. d., s.f.)

V.6.3. Crocodile

Un Software orientado a la enseñanza de la comunidad educativa es habitual en el uso de programas de simulación eléctrico-electrónica del tipo Electronic WorkBench, Pspice, MicroCap, CircuitMaker, etc. En algunos casos este tipo de software tiene unos objetivos excesivamente profesionales para ser utilizados en niveles educativos, como el bachillerato, en los que no se pretenden una especialización del alumnado en la técnica electrónica, sino más bien conseguir unos conocimientos generales con aplicación directa a materias como la física, las matemáticas, la tecnología, etc.

En estos casos se hace necesario el uso de herramientas informáticas que no abrumen al alumno con excesivos tecnicismos sobre los tipos de análisis, componentes, instrumentación avanzada, etc. El software destinado a tal fin ha de ser directo y de uso inmediato. El alumno ha de sentirse cómodo con lo que está haciendo y no ver en el propio programa una barrera en el aprendizaje. (J.C.M.Castillo, s.f.)

V.6.4. EasyEDA

Las herramientas EDA (Electronic Design Automation) son herramientas diseñadas específicamente a proyectos y producción de sistemas electrónicos, abarcando desde la creación del circuito integrado hasta el desarrollo de placas de circuito impreso. Le explicaremos EasyEDA, una de las mejores herramientas software de simulación de circuitos y diseño de PCB cuyo uso es completamente online, sin necesidad de instalar ningún software.

La principal característica de EasyEDA es que es una herramienta gratuita, no requiere instalación y además está basada en la nube, por lo que podremos crear directamente nuestros diseños de manera online. Esta herramienta está diseñada específicamente para proporcionar a los ingenieros electrónicos, educadores, estudiantes de ingeniería y aficionados a la electrónica una herramienta EDA completa pero a su vez sencilla de manejar, y todo ello desde nuestro navegador web. (EasyEda, s.f.)

➤ **Funcionalidades de EasyEDA**

Algunas de las principales funcionalidades de EasyEDA es por ejemplo el diseño de esquemas, gracias a las bibliotecas disponibles tendremos la posibilidad de dibujar estos esquemas de forma fácil y rápida, además la herramienta se actualiza automáticamente de forma transparente. Otra característica importante de este software es que permite simular los circuitos, tendremos la posibilidad de verificar tanto los circuitos analógicos, digitales y de señal mixta como subcircuitos y modelos spice. Por último, podremos diseñar circuitos impresos de manera online, utilizando múltiples capas y miles de pads. EasyEDA tiene una amplia biblioteca con miles de componentes electrónicos, tanto de circuitos como de circuitos impresos para el modelado, además también tenemos ejemplos de esquemas para tomar como base un esquema que ya esté hecho anteriormente.

Una característica muy importante es que podremos importar a EasyEDA otros diseños hechos con Altium, Eagle y KiCad, de esta forma no solo podremos guardar en la nube nuestros esquemas, sino también editarlos si fuera necesario. Además, otra característica destacada de EasyEDA es que los usuarios tienen acceso a módulos Open Source desarrollados por ingenieros electrónicos.

V.7. Métodos de elaboración de pistas PCB

La gran mayoría de las tarjetas para circuitos impresos se hacen adhiriendo una capa de cobre sobre todo el sustrato, a veces en ambos lados (creando un circuito impreso virgen), y luego retirando el cobre no deseado después de aplicar una máscara temporal (por ejemplo, grabándola con percloruro férrico), dejando sólo las pistas de cobre deseado. (CARRASCO, 2012)

Algunos pocos circuitos impresos son fabricados al agregar las pistas al sustrato, a través de un proceso complejo de electro-recubrimiento múltiple. Algunos circuitos impresos tienen capas con pistas en el interior de éste, y son llamados circuitos impresos multicapas. Éstos son formados al aglomerar tarjetas delgadas que son procesadas en forma separada. (CARRASCO, 2012)

Hay varios métodos típicos para la producción de circuitos impresos:

1. La impresión serigráfica utiliza tintas resistentes al grabado para proteger la capa de cobre. Los grabados posteriores retiran el cobre no deseado. Alternativamente, la tinta puede ser conductiva, y se imprime en una tarjeta virgen no conductiva, esta última técnica también se utiliza en la fabricación de circuitos híbridos.
2. El fotograbado utiliza una fotomecánica y grabado químico para eliminar la capa de cobre del sustrato. La fotomecánica usualmente se prepara con un fotoplotter, a partir de los datos producidos por un programa para el diseño de circuitos impresos. Algunas veces se utilizan transparencias impresas en una impresora láser como foto-herramientas de baja resolución.
3. El fresado de circuitos impresos utiliza una fresa mecánica de 2 o 3 ejes para quitar el cobre del sustrato. Una fresa para circuitos impresos funciona en forma similar a un plotter, recibiendo comandos desde un programa que controla el cabezal de la fresa los ejes x, y, z. Los datos para controlar la máquina son generados por el programa de diseño, y son almacenados en un archivo en formato HPGL o Gerber.

4. La impresión en material termo sensible para transferir a través de calor a la placa de cobre. En algunos sitios comentan de uso de papel glossy (fotográfico), y en otros de uso de papel con cera como los papeles en los que vienen los autoadhesivos.

Tanto el recubrimiento con tinta, como el fotograbado requieren de un proceso de atacado químico, en el cual el cobre excedente es eliminado, quedando únicamente el patrón deseado. (CARRASCO, 2012)

V.7.1. Método de Serigrafía

Los dibujos y texto se pueden imprimir en las superficies exteriores de un circuito impreso a través de la serigrafía. Cuando el espacio lo permite, el texto de la serigrafía puede indicar los nombres de los componentes, la configuración de los interruptores, puntos de prueba, y otras características útiles en el ensamblaje, prueba y servicio de la tarjeta.

También puede imprimirse a través de tecnología de impresión digital por chorro de tinta (inkjet/Printar) y volcar información variable sobre el circuito (serialización, códigos de barra, información de trazabilidad).

Es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material y consiste en transferir una tinta a través de una malla tensada en un marco, el paso de la tinta se bloquea en las áreas donde no habrá imagen mediante una emulsión o barniz, quedando libre la zona donde se aplica la tinta.

V.7.2. Método del planchado

Utiliza la impresión del circuito mediante el calcado de tinta utilizando una plancha, la plancha es la encargada de pasar la imagen del circuito a la placa de cobre con el calor generado en el electrodoméstico.

Este método consiste en simplemente planchar la hoja impresa sobre la placa a utilizar. El tiempo del planchado dependerá de varios factores, entre ellos la potencia de la plancha, el papel utilizado. Este método se basa a prueba y error para dar con los tiempos exactos. (Electronica, s.f.)

Este método tiene beneficios, los cuales son, los siguientes:

- Es un método, barato, sencillo y rápido.
- No requiere demasiado esfuerzo ni de herramientas para su realización.
- Se pueden hacer con placas de cobre virgen sin necesidad de ser foto sensibilizadas ni de utilizar ningún tipo de material especial. (Electronica, s.f.)

V.7.3. Método de insolación

El proceso de insolación se basa en la técnica de exposición de la capa fotosensible de una placa a la luz ultravioleta. Para hacer que ciertas partes de nuestra PCB no se vean afectadas por dicha luz, estas se colocaran una barrera opaca, esta barrera es el fotolito. Por lo general está compuesto de una tinta opaca aplicada en una lámina translúcida o transparente, como puede ser acetato o papel vegetal (papel cebolla). El fotolito se debe colocar lo mejor posible, y en este proceso es donde se puede producir la mayor parte de los errores en la insolación, debido a factores ópticos. (Fernández, 2006)

Para trasladar el diseño de la máscara a la resina fotosensible se procede al insolado. Éste consiste en cubrir la placa con la máscara y aplicar luz durante un cierto tiempo. Para ello se suele utilizar una insolación, que no es más que una caja opaca con tubos fluorescentes de luz actínica (con un gran contenido de radiación ultravioleta, para acelerar el insolado) donde se coloca la placa con la máscara. De este modo se consigue que sólo reciba luz la resina bajo las zonas transparentes de la máscara, mientras que el resto queda protegida por el tóner o la tinta. (Fernández, 2006)

VI. CAPITULO II: ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

VI.1. Diseño metodológico

La investigación es de tipo aplicada, debido que va dirigido a la solución de un problema, como es la dificultad que tienen los estudiantes para encontrar documentación acerca de la elaboración de tarjetas PCBs. El método a utilizar es el método experimental, donde la fase descriptiva fue la que ayudó a identificar y analizar el problema en cada una de sus partes, y así tener un acercamiento mayor al mismo.

Este proyecto se realizó en siete fases, las cuales son las siguientes:

- En la primera fase, se aplicaron encuestas a estudiantes, con el propósito de obtener la información de los alumnos acerca de los métodos que usaban para elaborar las PCBs, así como el programa que actualmente utilizan.
- En la segunda fase, se realizó un estudio acerca del software a utilizar como herramienta, para ello se elaboró una tabla comparativa para evaluar los diferentes programas.
- Tercera fase, se evaluó mediante experimentos el tipo de tarjeta PCB, el ácido y hoja de impresión para determinar la mejor opción para elaborar el diseño de pistas de circuito impreso en la PCB.
- Cuarta fase, fue el proceso de elaboración de pistas en la PCB, en esta fase se requiere la impresión del circuito, para luego grabar en la tarjeta PCB el circuito diseñado.
- Quinta fase, posteriormente se aplicó el ácido a la placa PCB, (el ácido utilizado fue el recomendado según los experimentos) el cual ayudó a desprender el cobre para la creación de las pistas sobre las tarjetas de circuito impreso.

- En la sexta fase, se realizó una comprobación en las pistas sobre la PCB. Una vez finalizado todos los procesos de elaboración de pistas se comprobó el funcionamiento de estas de forma visual o con la utilización de un multímetro para medir la continuidad y así verificar si no existen daños o problemas como lo son los de corto-circuito y de circuito-abierto.
- En la séptima fase, se elaboró una metodología que aseguró el diseño y construcción de una PCB de forma óptima. Además, se elaboró un video tutorial video siguiendo la metodología desarrollada.

VI.2. Metodología para la elaboración de pistas de forma óptima.

La metodología obtenida para elaborar la tarjeta PCB, se constituye en 4 pasos, los cuales son:

Paso 1: Software Proteus para elaboración de pistas en PCB

Paso 2: Impresión de pistas y transferencia a la tarjeta virgen (Planchado)

Paso 3: Desprendimiento del cobre mediante la aplicación del ácido en la PCB

Paso 4: Perforado y Comprobación de PCB.

Los pasos a seguir en la elaboración de una placa de circuito impreso son muy sencillos, si se conocen de antemano y se llevan adelante mediante una secuencia organizada. Además, otro detalle muy importante es tener todos los elementos necesarios para realizar el trabajo, sin errores ni demoras que podrían arruinar nuestro desarrollo. El propósito de este artículo es mostrar una de las maneras clásicas de trabajar por los estudiantes que día a día nos apasionamos al armar pequeños, útiles y divertidos circuitos electrónicos.

Todas las dificultades del proceso consiste en la correcta interpretación de las especificaciones dadas por el fabricante: capas del diseño que se deben utilizar y dimensiones mínimas de los elementos.

Todos los métodos manuales parten de una placa cubierta por una lámina de cobre y pasan por la eliminación del cobre indeseado, para permitir que solamente

quede cobre donde deba haber pistas. De esta forma puede fluir corriente, el cual permite el funcionamiento de la PCB.

Elementos básicos (requerimientos mínimos):

- Impresora láser.
- Papel Fotográfico.
- Tarjeta Virgen (Fibra de vidrio)
- Plancha común o casera.
- Recipientes.
- Ácido nítrico.
- Dremel o taladro.

VI.2.1. Paso 1. Software Proteus para elaboración de pistas en PCB

A partir de la encuesta aplicada a estudiantes de Ingeniería Electrónica que han elaborado tarjetas PCB, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El 65% de los estudiantes han utilizado el software Proteus ARES para el diseño de las pistas, esto dado que proteus posee una librería actualizada y les facilita en el momento de añadir nuevas tecnologías y un 25% PCB Wizard.
- El 80% de los encuestados han trabajado con tarjetas de fibra de vidrio y un 20% baquelita.
- Un 50% han usado filmina para impresión de las pistas y un 45% papel fotográfico.
- Un 95% han usado el método de planchado para transferir las pistas a la tarjeta virgen

- Un 55% han usado ácido Nítrico para eliminar el cobre de la tarjeta y un 35% Cloruro Férrico.

Según la tabla comparativa el programa utilizado para elaborar PCB, es el Proteus ARES como la mejor opción, porque posee una librería más amplia comparado con los otros software y muy buena adaptación al uso de nueva tecnología, una vista tridimensional (3D), portable con facilidad en el uso de este en diferentes lugares y además un sistema operativo amigable como es el Windows. Proteus Ares

Basándonos en los resultados de las encuestas y en la tabla comparativa de software se concluye que Proteus ARES es el software más eficiente para trabajar en el momento de crear pistas sobre las tarjetas de circuitos impresos³

Requisitos para PC.

- Procesador: 2.2GHz Dual Core
- Memoria: 4 GB RAM
- Tarjeta gráfica: 512 MB NVidia ó ATI Tarjeta gráfica card
- Disco duro: 100 MB HD space

- Elaboración de pistas en el software Proteus.

Tomando como referencia el circuito electrónico de una fuente de alimentación.

Esta metodología muestra cómo se puede diseñar la pista de un circuito electrónico. Debes seguir esta metodología para aprender las habilidades básicas que necesitas para usar Proteus.

³ Ver anexo II y III: Resultado de encuesta, Tabla comparativa de software para diseños de circuitos impresos.

Se recomienda descargar la versión actualizada del software Proteus, con el propósito de realizar una determinada pista con herramientas actualizadas.

Proteus posee dos secciones que conforman todo el programa. Para realizar las pistas primero se debe realizar el circuito en la sección ISIS y cuando dicho circuito sea finalizado se selecciona la sección ARES, esta sección es para realizar la pista final.

La versión con la que se trabajó fue Proteus 8.6, debido que es una versión muy actual y eso ayudará un poco con la realización de la pista. Esto se aprecia en la figura 1.

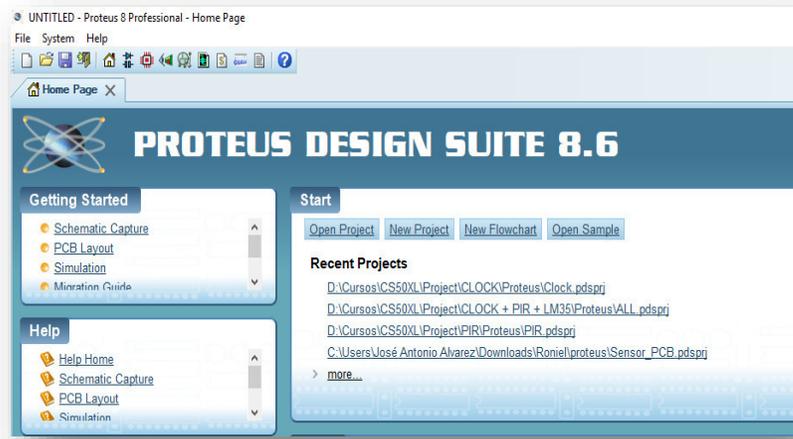


Figura 1. Versión Proteus 8.6

Se continuó con la sección ISIS donde se realizó el circuito de prueba como se muestra en la imagen.

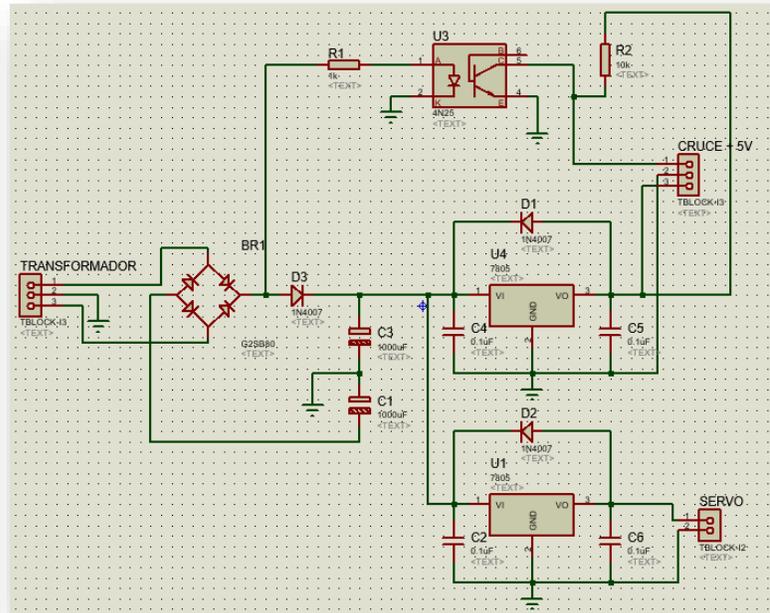


Figura 2. Simulación.

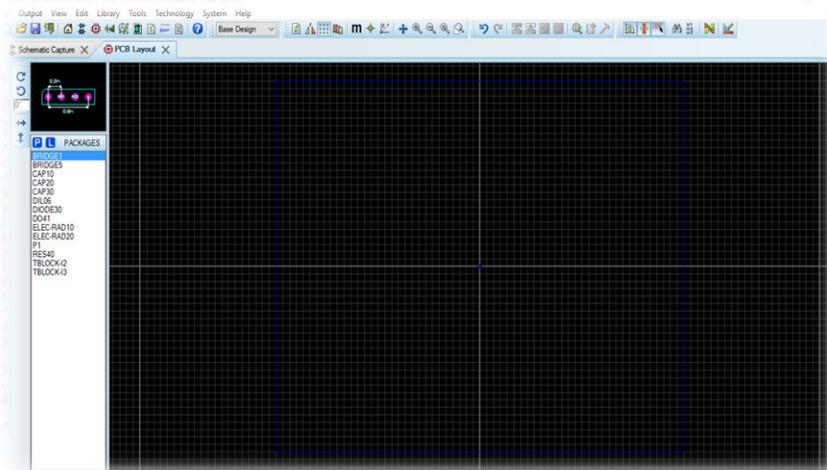


Figura 3. Proteus Ares (layout)

Una vez que se realizó el circuito se comenzó a trabajar en la sección ARES para realizar la pista correspondiente.

Primeramente, se debe crear cuadro de trabajo donde se ubicarán todos los componentes electrónicos que conforman el circuito diseñado. A continuación, se mostrará los pasos.

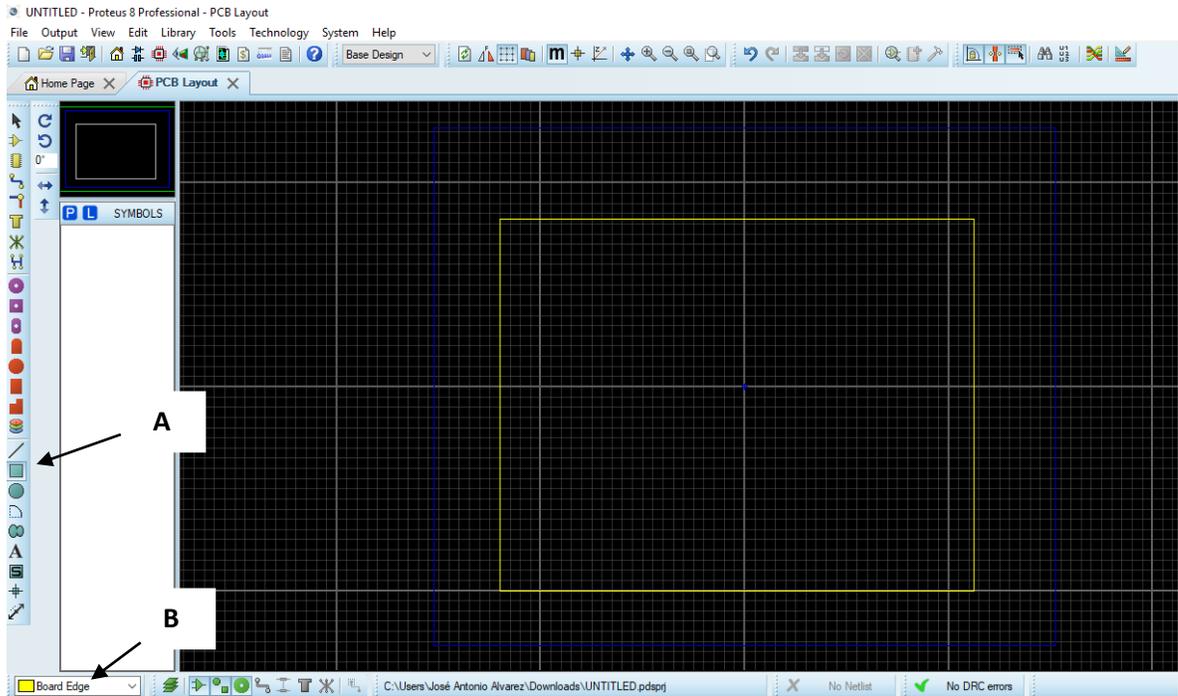


Figura 4. Selección de área de trabajo

La sección A es el primer paso que se toma para poder seleccionar el cuadro de trabajo, seguido del paso B de seleccionar la opción Board Edge.

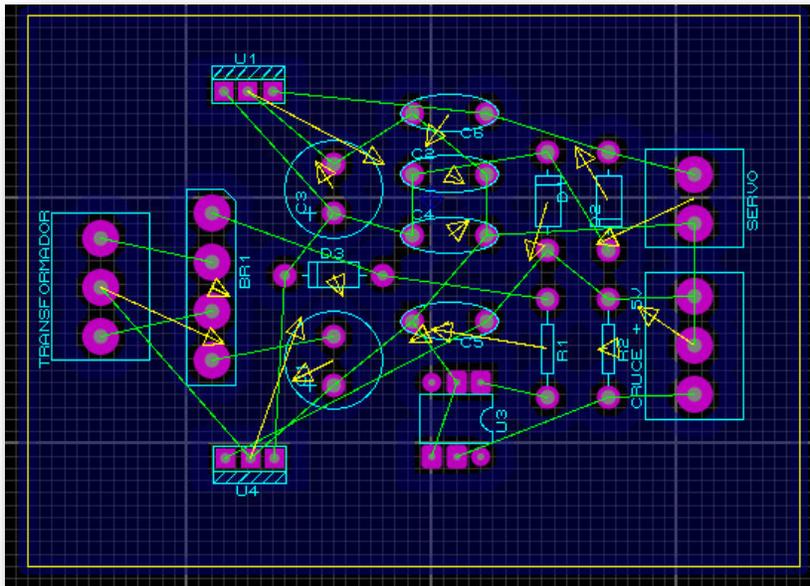


Figura 5. Orden de los componentes

A continuación, se visualiza la colocación de los distintos componentes que posee el circuito de prueba donde cada ubicación esta dado de acuerdo a la comodidad del usuario que realiza el diseño de la pista.

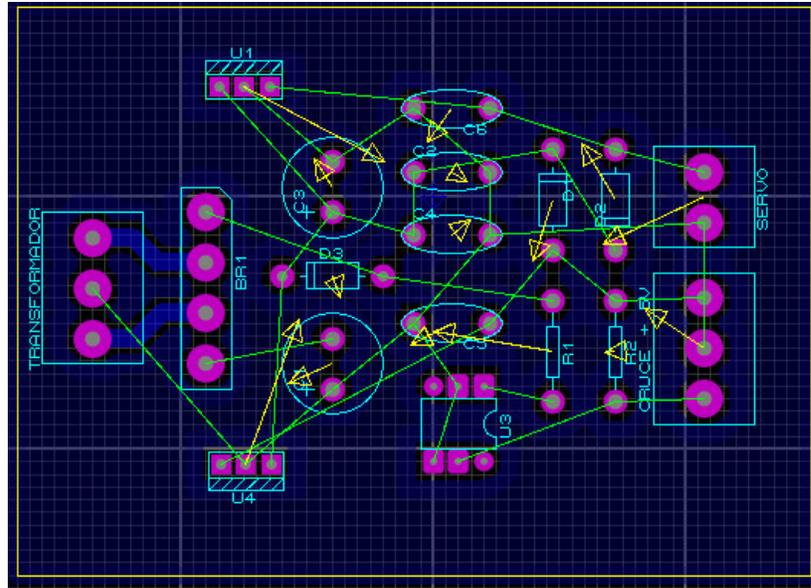


Figura 6. Unión de pistas

Para unir pin con pin cada componente en la correcta ubicación, el software te señale automáticamente la ubicación del destino la unión de los pines por medio de flechas.

El diseño de la pista debe contener líneas que formen ángulos de 45 grados para que no exista algún tipo de problema.

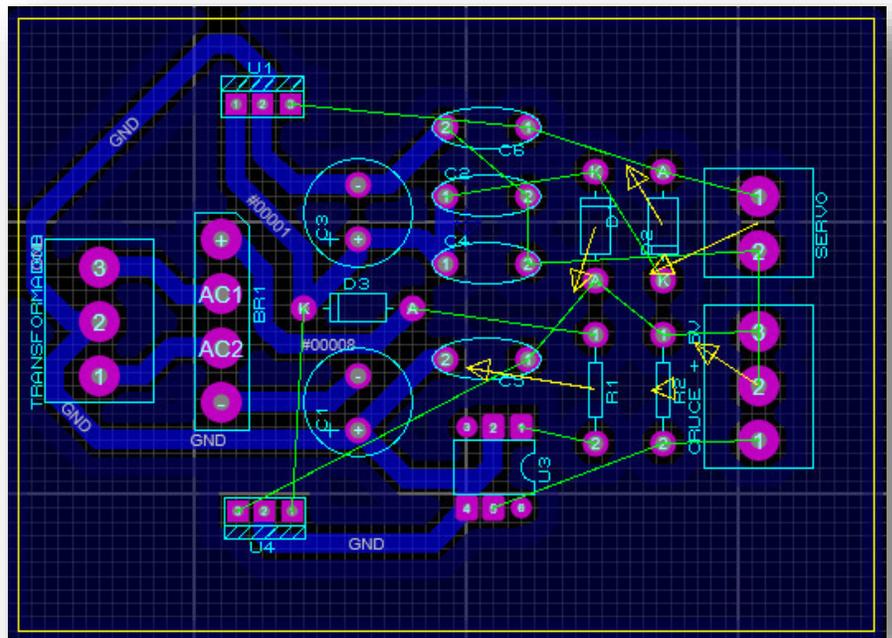


Figura 7. Diseño de las pistas

Se debe tener mucho cuidado con respecto a las uniones de cada componente, si se traza una línea de 90 grados puede ocasionar problemas con el circuito final.

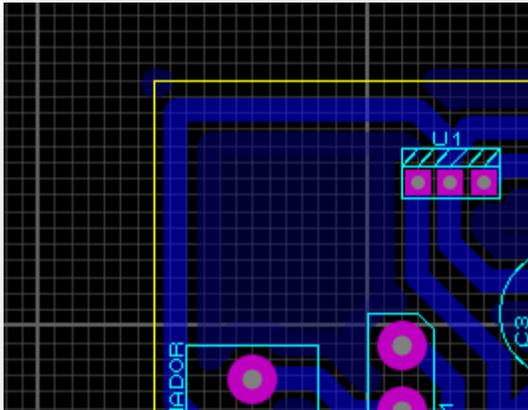


Figura 8. Unión de pistas

En la imagen se observa cómo se puede editar el grosor de las trazas, una medida estándar para circuitos electrónicos es la de 45th no tan gruesa ni tan delgada.

Esto se puede editar dándole click en el símbolo de las trazas y luego click en el botón E. Se aparecerá una pequeña ventana emergente donde se puede cambiar el valor al gusto del usuario.

De igual forma se debe tener cuidado con respecto al grosor de las líneas, estas líneas difieren en dependencia del consumo de los componentes que conforman el circuito, es decir, cada circuito posea cierta cantidad de alimentación, en la cual, se moverán por medio de las líneas trazadas.

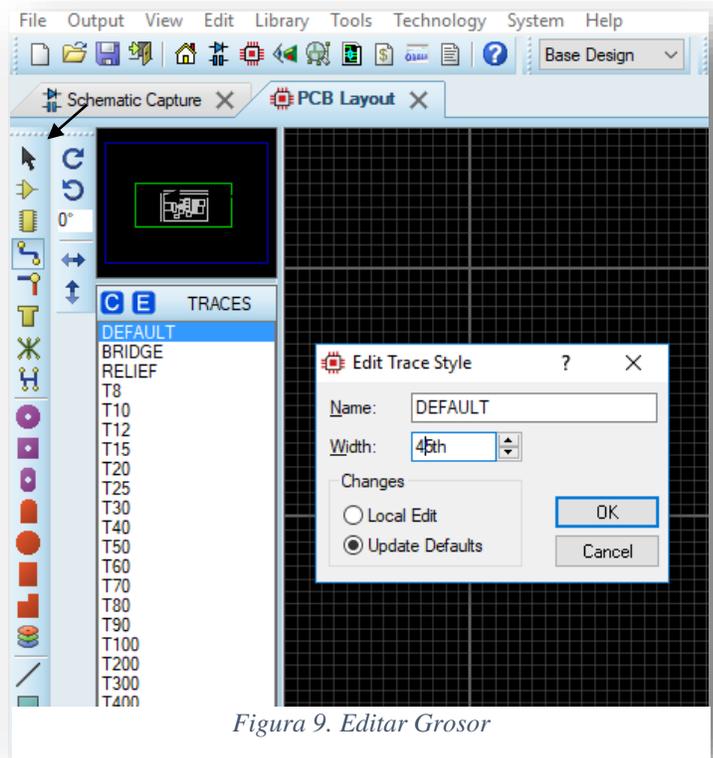


Figura 9. Editar Grosor

Donde el circuito final se muestra en la siguiente imagen.

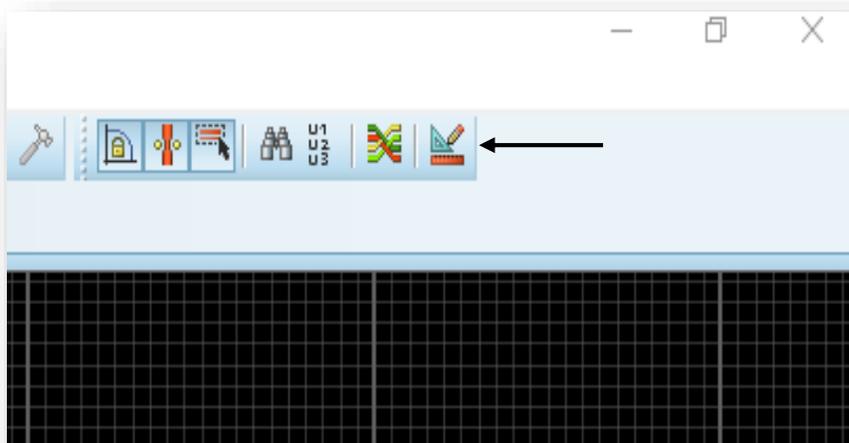


Figura 12. Diseño de una sola cara

Luego, el usuario puede editar el diseño de tal forma que se realice en una sola cara, de doble cara, el más usado es la realización de una sola cara.

Esto se edita dándole click en el icono de diseño de reglas, exactamente el último icono que muestra PROTEUS.

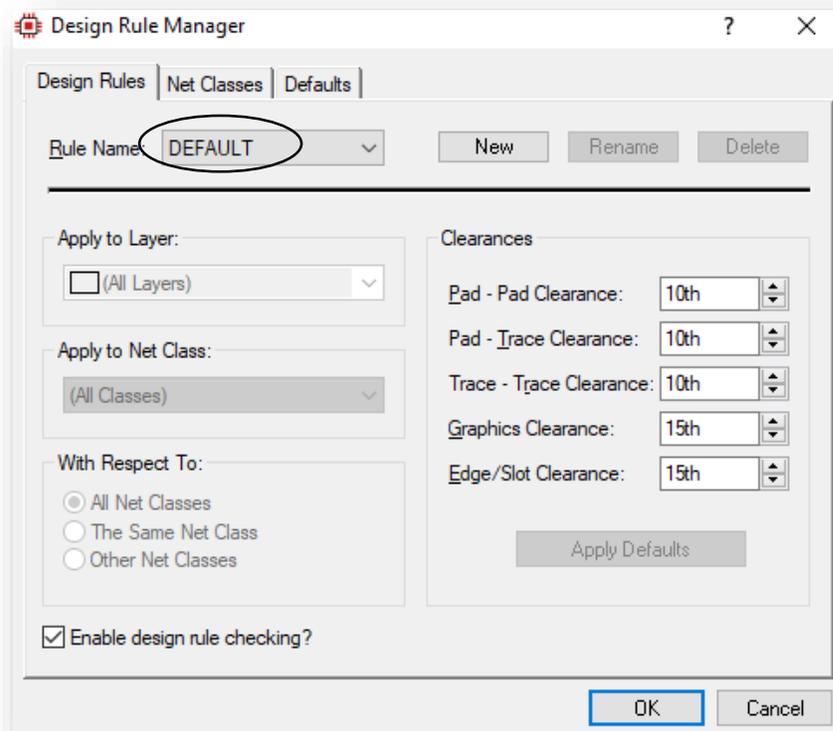


Figura 13. Ajuste Auto-Route 1

Cuando se selecciona el icono previamente explicado se abrirá una ventana como la que se aprecia en la figura. Dándole click en rule name y cambiándolo de DEFAULT a POWER.

Cuando se selecciona rule name cambiamos a POWER, se mostrará en la parte derecha las opciones horizontales y verticales, en las cuales, se selecciona Bottom Copper en ambas para realizar el diseño de la pista en una sola cara.

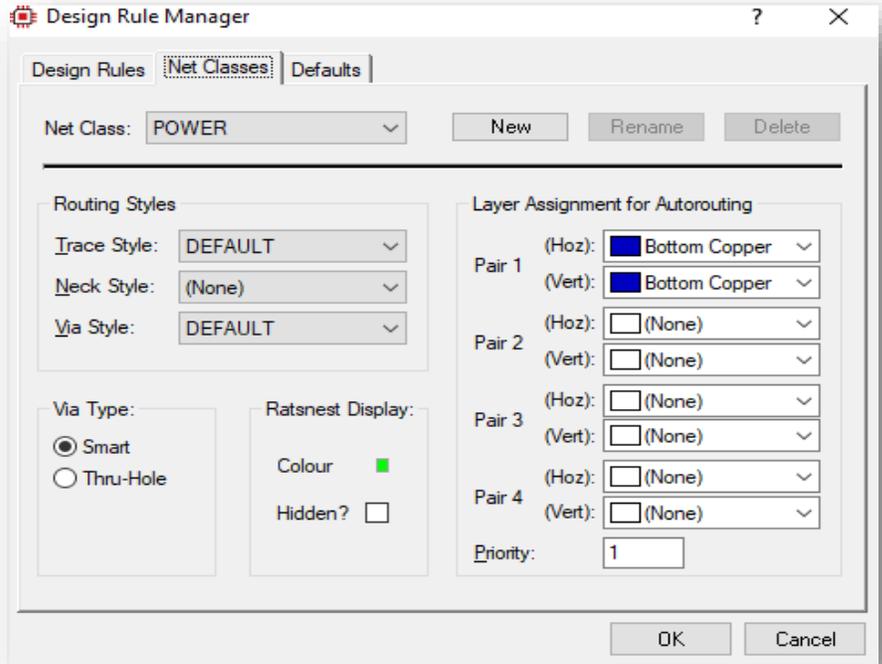


Figura 14. Ajuste Auto-Route 2

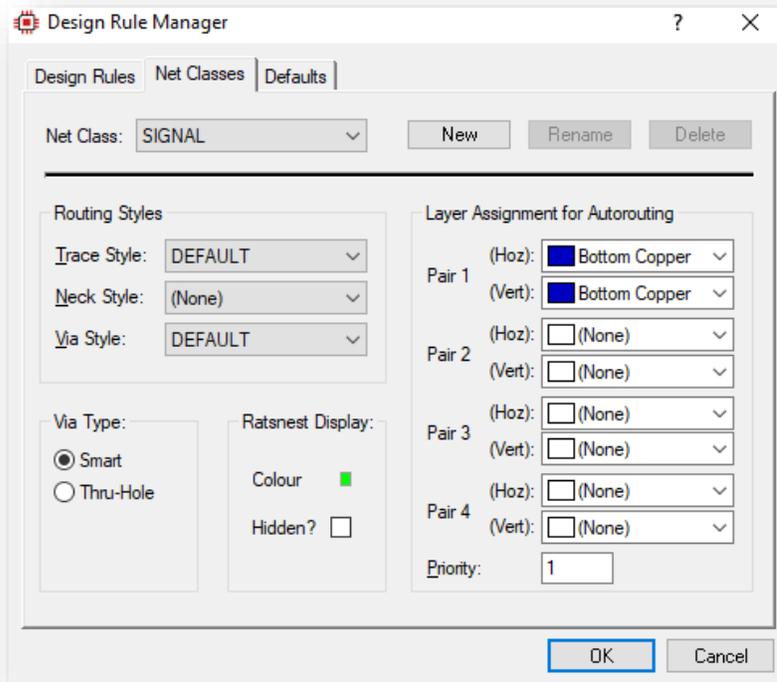


Figura 15. Ajuste Auto-Route 3

De igual forma se realiza el paso anterior pero ahora con SIGNAL en el mismo mensaje de rule name obteniendo la siguiente figura.

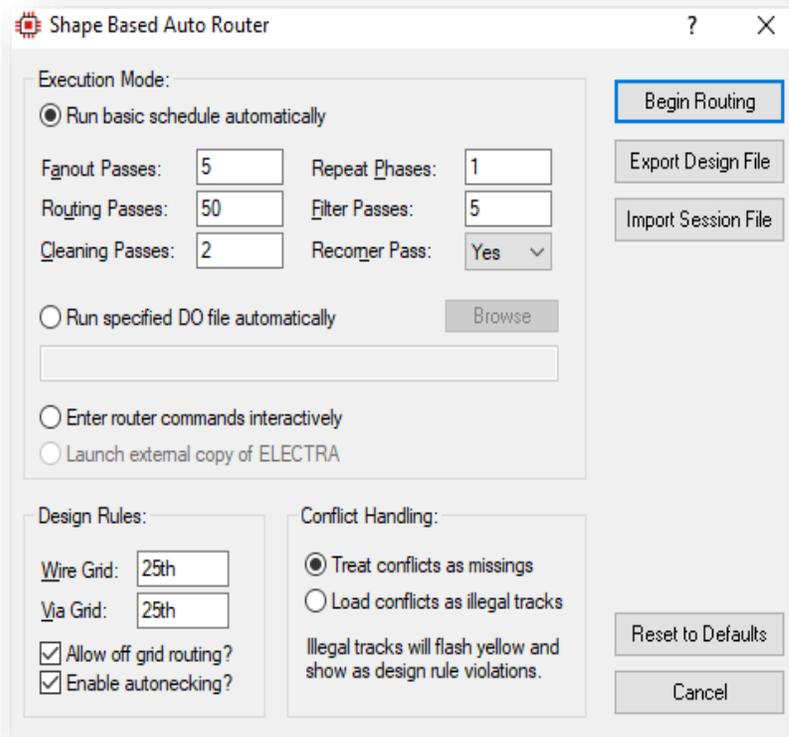


Figura 16. Ajuste Auto-Route 4

Luego como paso final se realiza el Begin Routing para que el software realice las conexiones de forma automática. Esto se logra realizar seleccionando el icono previamente mencionado Auto-route y le aparecerá lo siguiente.

Sin embargo, si se realiza el diseño de la pista utilizando esta opción las líneas pueden quedar colocadas de forma incorrecta como se muestra en la siguiente figura provocando uniones de algunas líneas. Por tal razón, se recomienda que el usuario realice las conexiones de las líneas manualmente.

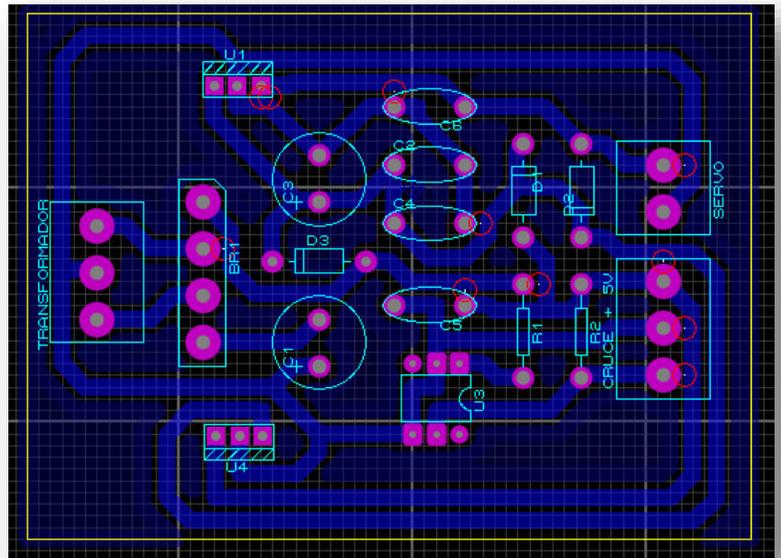


Figura 17 Circuito final Auto-Route

Para poder exportar la pista previamente diseñada se debe tomar los pasos correspondientes como se muestra en la figura.

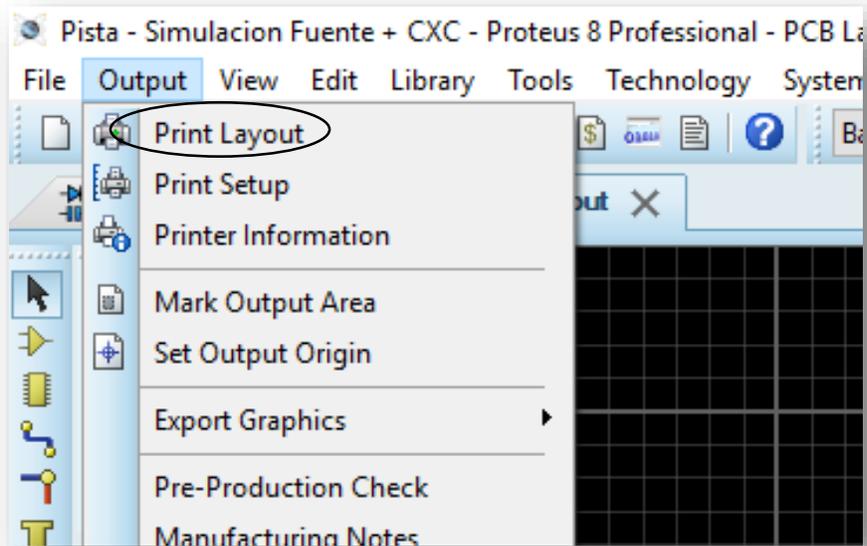


Figura 18. Exportar pistas a PDF

Aparecerá la siguiente ventana, donde el usuario debe seleccionar la opción

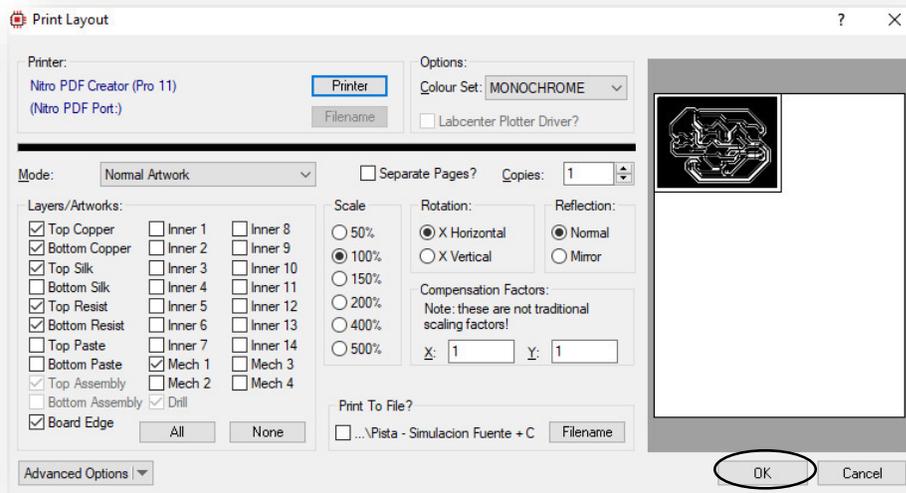


Figura 19. Configuración de exportación de pistas

Bottom Copper, luego se deselecciona las demás opciones y se le da click en OK.

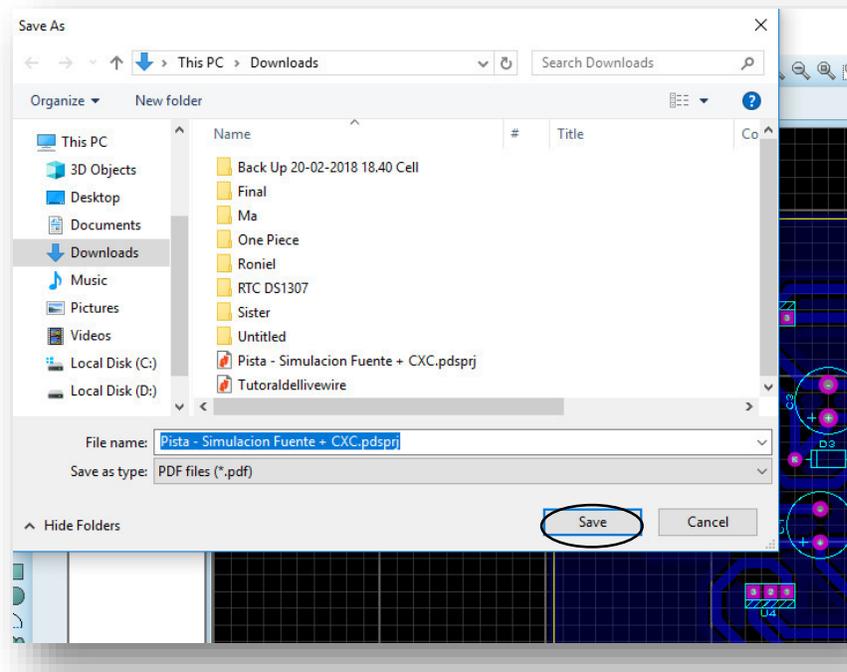


Figura 20. Guardar archivo de pistas en PDF

Luego aparecerá una pequeña ventana donde le solicitará al usuario el lugar y nombre donde se almacenará la simulación y por último se le da click en el botón Save.

Cuando el archivo se guarda, automáticamente aparecerá un documento PDF donde se apreciará la pista, lista para su correspondiente impresión.

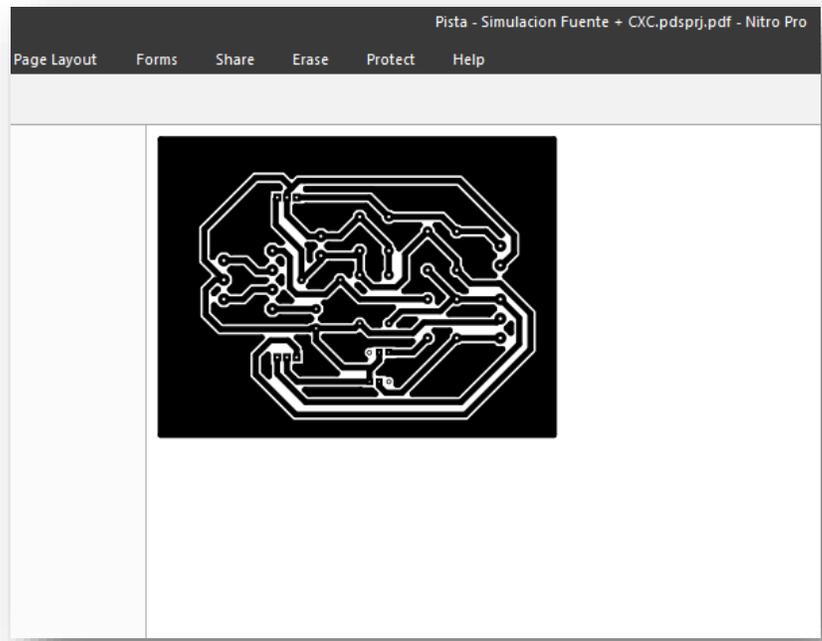


Figura 21. Pistas en PDF

⁴ Todos estos pasos se explican en el video 2: Software Proteus para la elaboración de pistas en PCB

VI.2.2. Paso 2. Impresión de pistas y transferencia en la tarjeta virgen

En base a los resultados de las tablas comparativas se ha concluido que el papel fotográfico es una mejor opción porque la tinta se pega más en la tarjeta, además quedan trozos de papel encima de la tinta, obteniendo mejores resultados para que no sea removida con facilidad. Cabe resaltar que después de cada planchado, la placa PCB es ubicada en un recipiente con agua para facilitar el retiro del papel.⁵

Elegir una buena tarjeta es primordial si queremos un circuito impreso de calidad y con duración.

Para este proceso de elaboración se ha determinado trabajar con la tarjeta de fibra de vidrio. Este tipo de tarjeta nos ayuda a que nuestra placa tenga más tiempo de vida, teniendo mayor eficiencia que la tarjeta de baquelita.

La tarjeta de fibra de vidrio es más resistente puesto que en el momento de planchar la placa y taladrar, conviene trabajar con este material, evitando quebrarla o que se hagan unas burbujas en el cobre cuando se aplique calor con la plancha.

Se recomienda el tipo de papel Imperial o CLIP. Es primordial impresora más densa en la configuración de mayor calidad o más oscura. Así se asegura que exista suficiente tóner para la realización de las pistas. Imprimir en impresora láser (puede ser impresora de hogar)

Antes de empezar debemos tener nuestro circuito en hoja impresa como muestra la figura 23 (Hojas Impresas)

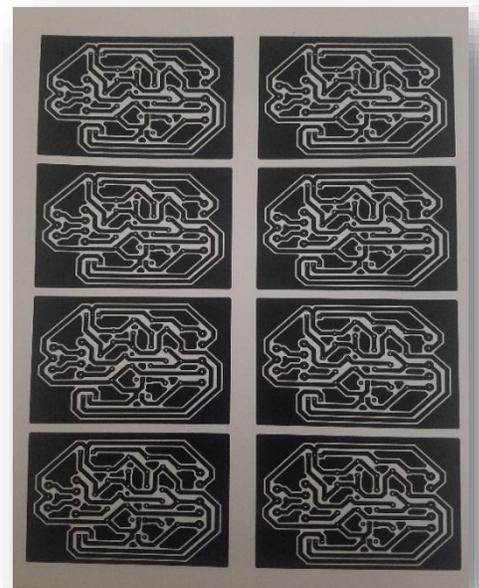


Figura 22. Hojas Impresas

⁵ Ver anexo III: Guía de experimento del planchado.

➤ Medidas de la placa y limpieza

Con el fin de obtener buenos resultados, debemos cortar la PCB al tamaño del diseño antes de aplicarle calor por encima del papel fotográfico y lijar las imperfecciones. Medir correctamente la placa para evitar cortar nuevamente.

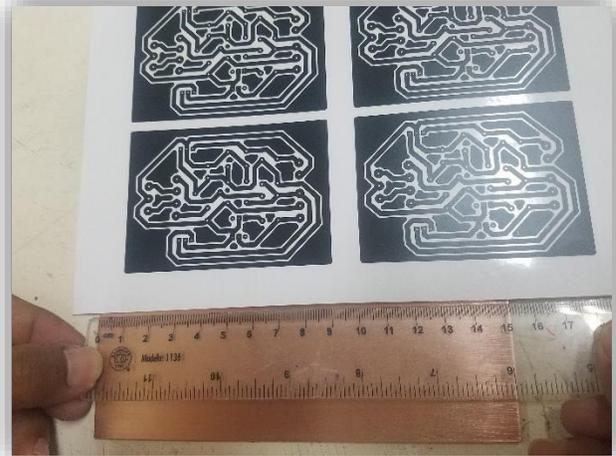


Figura 23. Medidas de placa



Figura 24. Corte de placa

El recorte de la PCB se puede realizar con una sierra o poseer una placa con un tamaño adecuado es necesario para implementar el circuito impreso cuando se requiere ensamblar los componentes.

Antes de proceder a planchar nuestra tarjeta, debemos de limpiar la PCB para suprimir la suciedad (polvo, grasa) con una lija de agua 1000. Esto nos ayuda a que el papel fotográfico quede más fijo y la tinta se adhiera sin problema alguno.



Figura 25. Limpiar PCB

- Transferencia de la pista a la tarjeta virgen.

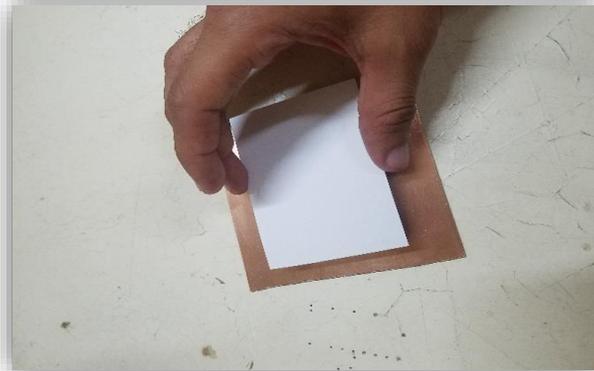


Figura 26. Papel Fotográfico en PCB

A continuación se ajusta la placa PCB en una superficie plana. El papel fotográfico es montado en la tarjeta, donde la plancha es utilizada es una de 1200 watts.

Situar la plancha sobre la placa PCB encima del papel fotográfico, ejerciendo suficiente presión constante por unos 40 segundos, para obtener una adherencia inicial del tóner y el cobre.



Figura 27. Presión con Plancha



Figura 28. Planchado de PCB

Aplicar presión en los bordes de la placa, la zona central no muestra mucha dificultad, por lo tanto, se recomienda que en las esquinas o bordes, se debe aplicar más presión para que no se desprenda el papel fotográfico de la tarjeta. El tiempo del planchado es de 7 minutos aproximadamente, en ese tiempo la tinta del papel ya se ha -

adherido al cobre de la tarjeta y el papel fotográfico resulta más fácil de retirar.

Después de terminar el planchado, retirar el papel fotográfico de nuestra tarjeta, pero antes de esto, es esencial colocar la tarjeta en un recipiente con agua, con el fin que el papel fotográfico suavice un poco y de esta forma no dañar la pista al momento de retirar el papel.



Figura 29. Remover Papel Fotográfico

Hacer esta parte es primordial si queremos obtener buenos resultados, luego quitamos con las yemas de los dedos los restos de papel que han quedado por encima del cobre, sin ejercer demasiada presión para no dañar el circuito.⁶



Figura 30. Residuos de papel

⁶ Ver explicación en video 3: impresión de pistas y transferencia en la tarjeta virgen.



Figura 31. Pistas planchadas

➤ Solución de pistas dañadas:

Si hay alguna falla en las pistas, con respecto a la tinta, debido al mal retiro del papel fotográfico o al mal planchado, pueden ser reparados con el uso de un marcador permanente sobre las pistas faltantes, el cual debe ser aplicado antes del desprendimiento de cobre. De igual manera, si el ácido desprende cobre de la pista a utilizar se recomienda hacer puentes con un cable conductor para unir las pistas y pueda fluir corriente.

VI.2.3. Paso 3. Desprendimiento del cobre mediante la aplicación de ácido en la PCB.

Basándonos en las tablas comparativas ubicadas en los anexos se seleccionó la prueba óptima para realizar el desprendimiento de cobre en tarjetas PCB, donde se tomó como referencia el tiempo que tarda en completar eliminar el cobre excedente al igual que las proporciones exactas llegando a la siguiente conclusión:

El ácido nítrico es el más adecuado para dicha tarea, debido al poco desprendimiento de gases tóxicos dañinos para el medio ambiente. Además que el tiempo tardado es de 3 minutos aproximados (no es necesario agitar el recipiente) con una cantidad 100 ml de ácido y 218 de agua. Asimismo, la calidad es excelente y el precio es accesible, teniendo un costo de 90 córdobas el litro de ácido. De igual forma es un ácido reutilizable, permitiéndonos almacenarlo para quemar más tarjetas en un futuro.⁷

Trabajar la disolución de ácido para remover el cobre excedente a una temperatura de 25 -27 grados Celsius. Estas prácticas se han elaborado a estas temperaturas.

En la utilización del ácido nítrico es importante la seguridad por lo tanto debemos utilizar guantes y gafas para manipular el producto químico. Los efectos que puede ocasionar si no utilizamos las medidas de seguridad necesaria pueden resultar graves con el paso del tiempo, dañando la piel. Es un producto en el cual pueden tener daños perjudiciales a largo plazo.

Al final del documento existe una pequeña guía de seguridad a tener en cuenta cuando se trabaje con ácido nítrico.

⁷ Ver anexo IV: Guía para realizar experimentos de ácidos para eliminar el cobre en la tarjeta virgen.

Realizado los pasos anteriores procedemos a eliminar el cobre, en este paso lo que se hace es remover de la tarjeta PCB el cobre que no vamos a utilizar, de tal manera que solamente quede la parte que necesitamos para nuestro proyecto (las pistas).

En un recipiente de plástico agregar ácido nítrico, más agua (el tamaño del recipiente depende del tamaño de la tarjeta, recordamos cortar la tarjeta a la medida correspondiente del circuito), con una medida de 100 ml de ácidos y 218 ml de agua. La disolución para este tipo de ácido es por cada 10 ml de ácido ocupar 21.8 ml de agua.

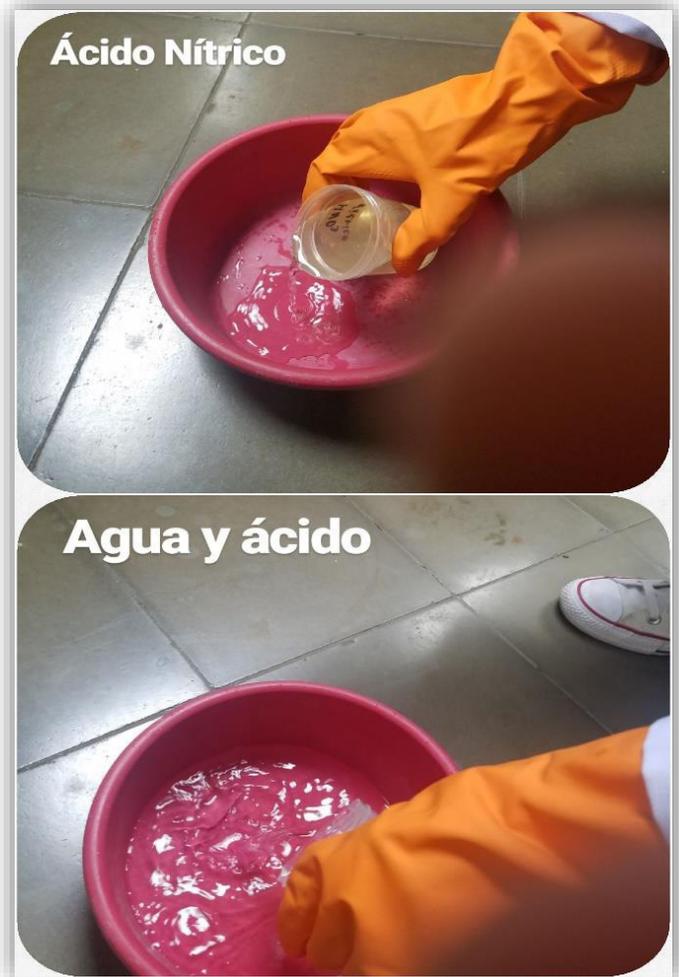


Figura 32 Mezcla de ácido y agua

El ácido nítrico se ocupa para eliminar el cobre. La tinta adherida a nuestra placa nos ayudara a proteger nuestro circuito. Por tanto al final de este proceso nos quedara una PCB con nuestro circuito diseñado.



Figura 33. PCB Introducida al ácido

A continuación sumergir la tarjeta PCB en el recipiente con ácido ya compuesto. (Utilizar guantes)

Dejamos la PCB en el recipiente con ácido. El químico compuesto va cambiando de color a medida que el cobre se esté quemando. Con esta medida de ácido el tiempo estimado para quemar la placa es de 3 minutos. Es el tiempo suficiente para que solamente queden nuestras pistas.



Figura 34. Desprendimiento de cobre en PCB

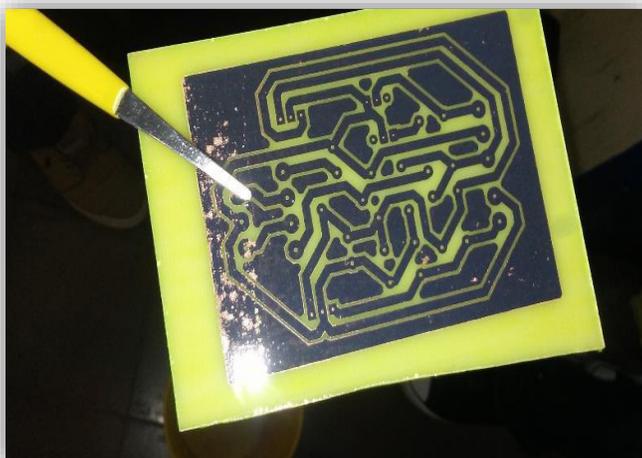


Figura 35. Pistas PCB con tinta

Retiramos la tarjeta del ácido cuando no exista cobre excedente y solamente quede la tinta del circuito. De tal forma que nos quede como la imagen de la figura. Luego se retira la PCB utilizando los guantes o una pinza (se recomienda ambas)

Después de finalizar el desprendimiento de cobre excedente es necesario lavar la placa para evitar que los restos de ácido corroan el cobre de las pistas. Una vez terminado el atacado debemos limpiar la tarjeta para disolver la tinta aun adherida sobre nuestra tarjeta, para el cual, necesitaremos una lija de agua (1000) o podemos usar algodón y alcohol. En este caso usamos lija de agua.

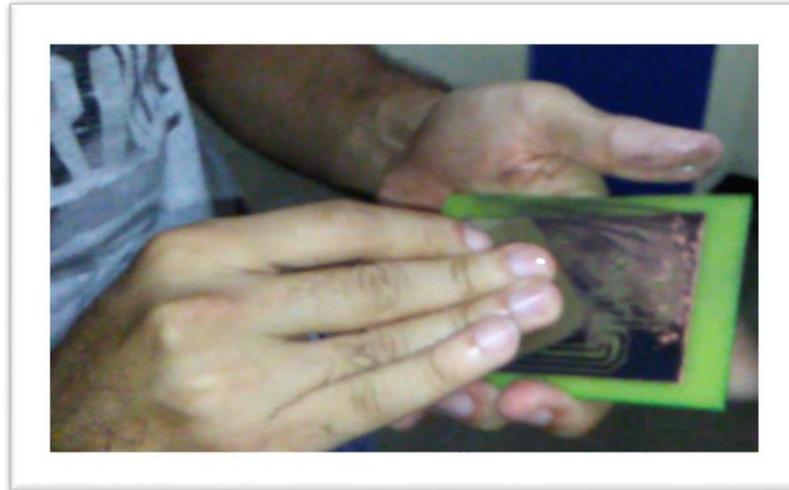


Figura 36. Lijar pistas PCB

Una vez terminado de lijar la placa o remover la tinta impresa, solamente quedan las pistas cubiertas por el cobre. Estas son las pistas que necesitamos para nuestro circuito.⁸

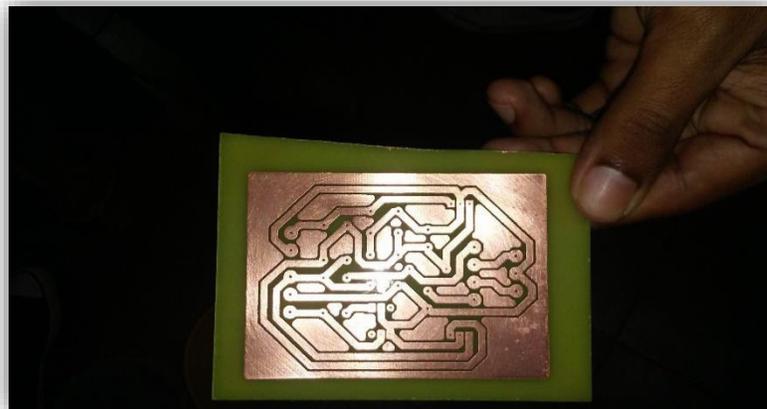


Figura 37. Circuito impreso sin perforar.

⁸ Ver video 4: Desprendimiento de cobre mediante la aplicación del ácido

VI.2.4. Paso 4. Perforado y Comprobación de PCB

Finalmente para poder montar los componentes en la PCB tenemos que perforar cada punto donde van nuestros componentes. Para este paso se recomienda por seguridad usar lentes para evitar que algún objeto dañado se introduzca en el ojo (residuos de cobre, broca dañada). Hay que tener cuidado en el momento de perforar, muchas veces la tarjeta es quebrada por hacer la perforación sin cuidado. Es recomendable tener la tarjeta en una posición firme o fija para que la placa no se mueva, evitando de esta forma perforar puntos que no son necesarios.



Figura 38. Perforando Placa

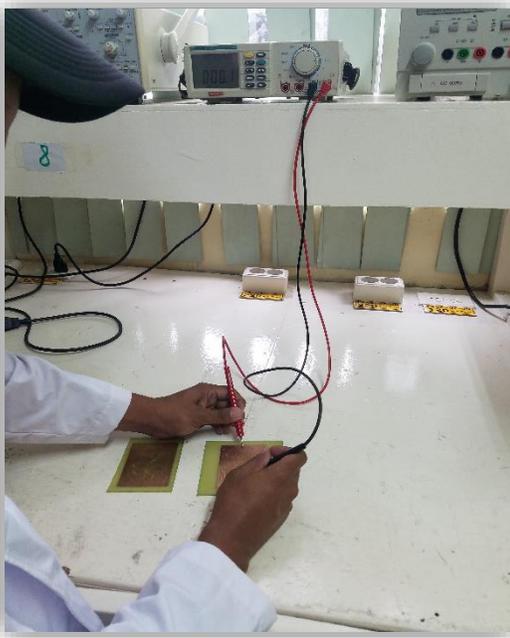


Figura 39. Comprobación de Tarjeta

Es necesario hacer unas pruebas para verificar el correcto funcionamiento de las pistas. Aunque a simple vista todo se mire en orden y en condiciones óptimas, no podemos asegurar que no existan imperfecciones. Para esto necesitamos un multímetro para medir la continuidad en todos los pin de conexión o viceversa que no exista conexión), esto se hace evitando errores de corto circuito o circuito abierto.⁹

⁹ Ver video 4: Perforación y Comprobación de PCB.

VI.3. Medidas de seguridad de productos químicos

Al realizar los experimentos se evidenció que se deben implementar medidas de seguridad, puesto que, cuando se realizaron las pruebas de introducción de tarjetas PCB en el ácido nítrico se presentaron muchos inconvenientes tales como: cuando terminaba el proceso se tomaba la tarjeta con la mano para sacar la tarjeta cuando el proceso había terminado, entonces esto provocaba apariciones de manchas en los dedos a causa del ácido que está impregnado en ese momento, para resolver este problema se usaron guantes para poder manipular las tarjetas PCB luego de la finalización de la etapa de atacado con el ácido nítrico.¹⁰

Otro inconveniente que resultó fue cuando la etapa de atacado desprendía gases tóxicos debido al atacado que realiza el ácido nítrico con el cobre, estos gases son dañinos tanto para la salud como para el medio ambiente. Por tal razón, se decidió usar mascarías para evitar la inhalación de estos gases.

VI.3.1. Recomendaciones de seguridad de residuos tóxicos y medio ambiente.

Los ácidos son sustancias químicas muy peligrosas que pueden afectar la salud de las personas que están expuesta a trabajar con estas sustancias, así como un contaminante para el medio ambiente si este no es manipulado y desechado adecuadamente, en base a normativas a nivel internacional se preparará una serie de recomendaciones con las que minimiza el riesgo en la manipulación de estos.

¹⁰ Ver Anexo IV.I: Fichas técnicas de seguridad

El ácido nítrico es un líquido cuyo color varía de incoloro a amarillo pálido, de olor sofocante. Se utiliza en la síntesis de otros productos químicos como colorantes, fertilizantes, fibras, plásticos y explosivos, entre otros.

Cuando se empiezan a utilizar químicos en proyectos, el daño del medio ambiente es inevitable. Por tanto una vez que se ocupan productos químicos lo único que podemos hacer es disminuir el daño que ya estamos provocando.

La solución que hemos encontrado para este problema con los residuos de ácido nítrico, es el concepto de neutralización el cual consiste teóricamente en llevar el ácido a una disolución de agua y sal.

Neutralización:

Al reaccionar un ácido y una base se produce una neutralización, en la que es posible constatar la formación de una sal y de agua según el mecanismo general. Se les suele llamar de neutralización porque al reaccionar un ácido con una base, estos neutralizan sus propiedades mutuamente.

La igualdad se cumple; por tanto, al mezclar ambas disoluciones de igual concentración y volumen, se obtendrá la neutralización. (Bravo)

Para lograr la neutralización, los residuos del ácido nítrico se mezclarán con hidróxido de sodio (sosa caustica). Esto para el fin de tener un resultado final de agua más sal, y de esta manera dañar menos el medio ambiente.

VI.3.2. Equipos de manejo personales

Protección de los ojos y la cara: Para su manejo debe utilizarse bata y lentes de seguridad. No deben usarse lentes de contacto cuando se utilice este producto químico.

Protección de la piel: Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC, ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.

Protección respiratoria: En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para óxidos de nitrógeno. Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo.

VI.3.3. Prevención

Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia, evitar fuentes de ignición, evacuar al personal hacia un área ventilada.

- Evitar fuentes de ignición
- Evacuar al personal hacia un área ventilada
- Usar guantes protectores impermeables
- Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores.
- No permitir la reutilización del producto derramado.
- Detenga la fuga si puede hacerlo sin riesgo.
- Inunde el área con agua.

- Métodos y material de contención y de limpieza:
 - Recoger el producto utilizando arena, vermiculita, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada.
 - Neutralización: hidróxido de calcio o bicarbonato de sodio, Neutralizar cuidadosamente, y con supervisión de un especialista.

- Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.
- No poner en contacto con sustancias inflamables.
- No poner en contacto con productos químicos combustibles u orgánicos.

VI.3.4. Almacenamiento

- Precauciones para una manipulación segura

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación.

- Evitar contacto con ojos, piel y ropa.
- Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto.
- Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavaojos de emergencias.
- Utilizar equipamiento y ropa que evite la acumulación de cargas electrostáticas.
- Controlar y evitar la formación de atmósferas explosivas.

Condiciones de almacenamiento

- Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada.
- Proteger del sol.
- Evitar el contacto del producto con materiales inflamables o combustibles.
- Materiales de envasado: el suministrado por el fabricante.

VI.3.5. Datos ambientales consideraciones para desecho

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos, tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de protección del medio ambiente y en particular de residuos peligrosos deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada.

Precauciones relativas al medio ambiente

- Contener el líquido con un dique o barrera.
- Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1. Conclusiones

- Como aplicación que permitió el desarrollo de nuestra metodología se concluye que Proteus Ares es el software indicado debido a sus características (animación, visualización 3D, amplia gama de librería). Para esta investigación se utilizó la versión 8.6 de proteus.
- Se realizaron experimentos, de las diferentes maneras de transferir las pistas a las tarjetas PCBs, obteniéndose como mejor resultado en el método de planchado.
- Se realizaron pruebas con tres distintos ácidos (ácido nítrico, ácido muriático, ácido cloruro férrico) para la elaboración de tarjetas PCBs, resultando el ácido nítrico como el óptimo.
- En la realización de los diferentes experimentos con los ácidos se vio la necesidad de recomendar las normas de seguridad, utilizando los equipos adecuados para dichos experimentos.
- A partir de los diferentes pasos y experimentos para la realización de la tarjeta PCB, se desarrolló una metodología para la elaboración de circuitos impresos y además se elaboraron cuatro videos acerca de la implementación de las tarjetas PCBs, siguiendo la metodología previamente abordada.

VII.2. Recomendaciones

- Con respecto al programa, se recomienda el uso de licencias de Proteus, también mantener el software Proteus actualizado debido que cada actualización contiene nuevas funciones e incluso nuevas librerías, debido que en versiones previas pueda que no las tengan.
- Realizar experimentos en un local especial para lograr una mayor concentración y sin ningún tipo de distracción, para el cual es necesario un laboratorio asignado para los estudiantes con sus respectivas normas de seguridad y supervisado por un docente para evitar daños.
- En este documento monográfico se hicieron estudios acerca del método de insolación, resultando ser un método muy eficaz y de buena presentación. Por tanto se recomienda re-utilizar el equipo Kinsten o algún otro equipo de rayos ultravioleta para obtener pistas de mayor calidad. Debemos tener en cuenta que su costo es relativamente alto, pero es una buena oportunidad para mejorar las pistas.
- Se recomienda que cuando el usuario se encuentre realizando los experimentos ponga en práctica las medidas de seguridad y haga uso de los equipos adecuados para evitar intoxicaciones o daños físicos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Bravo, M. I. (s.f.). Química 3- 4. En M. I. Bravo.
- Byron Ortiz, D. R. (s.f.). Impresión de un circuito en una placa de baquelita.
Impresión de un circuito en una placa de baquelita.
- CARRASCO, A. M. (2012). ELABORACIÓN DE TARJETAS DE CIRCUITO IMPRESO POR MÉTODOS. Yucatán, México.
- Carrasco, A. M. (2012). *Elaboración de tarjetas de circuito impreso por metodos de serigrafía.* Mérida, Yucatán.
- EasyEda. (s.f.). *easyeda.com*. Obtenido de *easyeda.com*:
<https://easyeda.com/es>
- Ecurred, c. p. (s.f.). *ecurred.cu*. Obtenido de *ecurred.com*:
https://www.ecured.cu/%C3%81cido_n%C3%ADtrico
- Electronica. (s.f.). <https://electronicavm.wordpress.com/2012/06/10/placas-de-circuito-impreso-a-la-plancha/>. Obtenido de *electronicavm*.
- Electronica, G. d. (s.f.). *electroniacompleta.com*. Obtenido de *electroniacompleta.com*:
<http://electroniacompleta.com/lecciones/circuitos-impresos/>
- Elias. (s.f.). *eliaspcb.com*. Obtenido de *eliaspcb.com*:
<http://eliaspcb.com/contenido/infotecnica.htm>
- Fernández, J. J. (21 de Marzo de 2006).
- Grupo de trabajo wikipedia. (s.f.). *wikipedia*. Obtenido de *wikipedia*:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Filminas>
- impresoras*. (s.f.). Obtenido de *impresoras*:
<http://www.impresoras.nom.es/impresora-laser/>
- J.C.M.Castillo. (s.f.). *olmo.pntic.mec.es*. Obtenido de
<http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/crocodileclips/>
- kinsten, g. t. (s.f.). *kinsten*. Obtenido de *kinsten*: <https://kinsten.co/pcb/>
- microjpm. (s.f.). <http://www.microjpm.com/products/revelador-de-film-fotoresistivo-20g/>.
- micropik. (s.f.). *micropic.com*. Obtenido de *micropic.com*:
<http://www.micropik.com/PDF/Press-n-peel.pdf>

Prezi.com. (s.f.). Obtenido de Prezi.com: <https://prezi.com/1y77kw9g1iqz/el-cloruro-ferrico-en-la-elaboracion-de-circuitos-impresos/>

Puertas, O. G. (2015). *Fabricación de placas de circuitos impresos con proteus.* Valladolid .

Robert Salas, J. F. (s.f.). *Técnicas de diseño, de desarrollo y montajes de circuitos impresos.* Venezuela.

XIX. ANEXOS

I. Encuesta a estudiantes de ingeniería electrónica para análisis de PCB, incluyendo sus resultados.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Recinto Universitario Simón Bolívar
Facultad de Electrotecnia y Computacion**



En la presente encuesta, se pretende conocer las diferentes formas en que usted como estudiante de ingeniería electrónica ha puesto en práctica las diferentes técnicas para la elaboración de las tarjetas PCB y mostrar su proyecto en físico y así obtener los resultados que satisfactoriamente obtuvo en la creación de estas mismas.

Se requiere evaluar los métodos más usados y la forma que usted lo realiza tanto física como virtualmente.

I. Marque con una X según sea el caso

1. ¿Qué software ha utilizado para diseñar la PCB?

- | | |
|--------------|--------------------------|
| Crocodile | <input type="checkbox"/> |
| Proteus Ares | <input type="checkbox"/> |
| Easy EDA | <input type="checkbox"/> |
| PCB Wizard | <input type="checkbox"/> |
| Otro: _____ | |

2. ¿Con cuál de las tarjetas PCB ha trabajado?

- Fibra de Vidrio
- Baquelita

3. ¿Qué ácido es el que ha usado para eliminar el cobre?

- Acido cloruro Férrico
- Ácido Nítrico
- Ácido Muriático
- Otro: _____

4. ¿Qué tipo de hoja ha usado para la impresión del circuito?

- Filmina
- Fotográfico
- Otro: _____

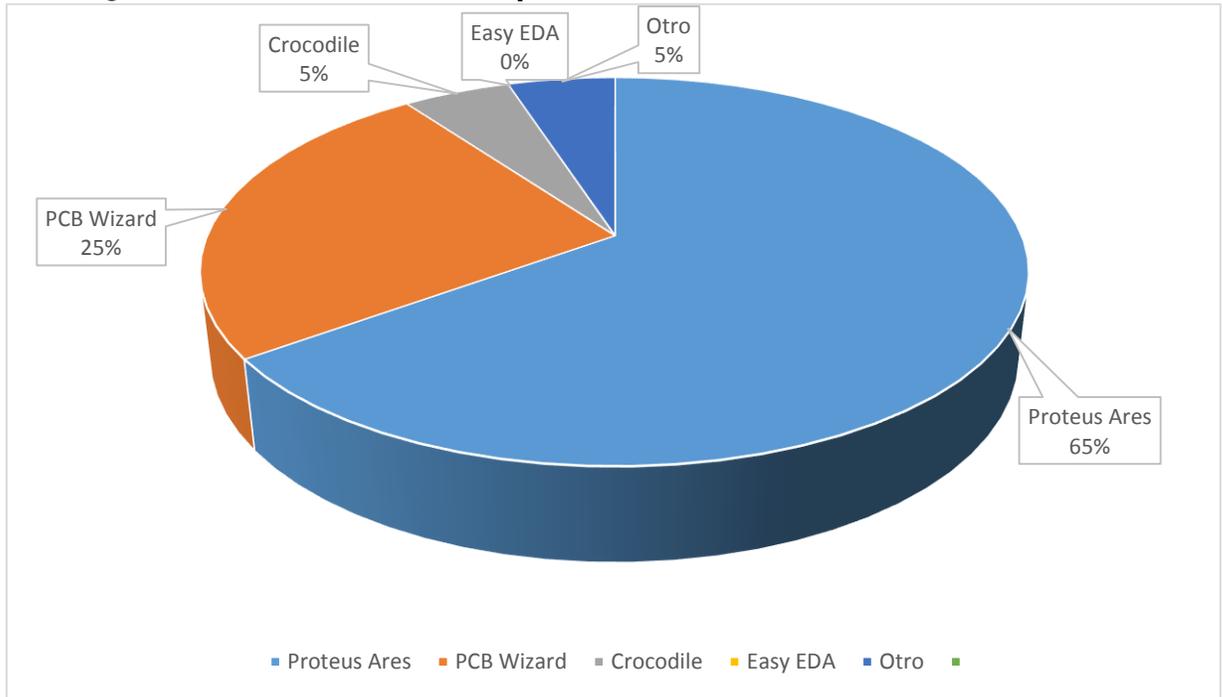
5. ¿Qué método ha usado para pasar las pistas a la tarjeta virgen?

- Insoladora (Kinsten)
- Planchado (manual)
- Serigrafiado
- Otro: _____

Muchas gracias por su colaboración.

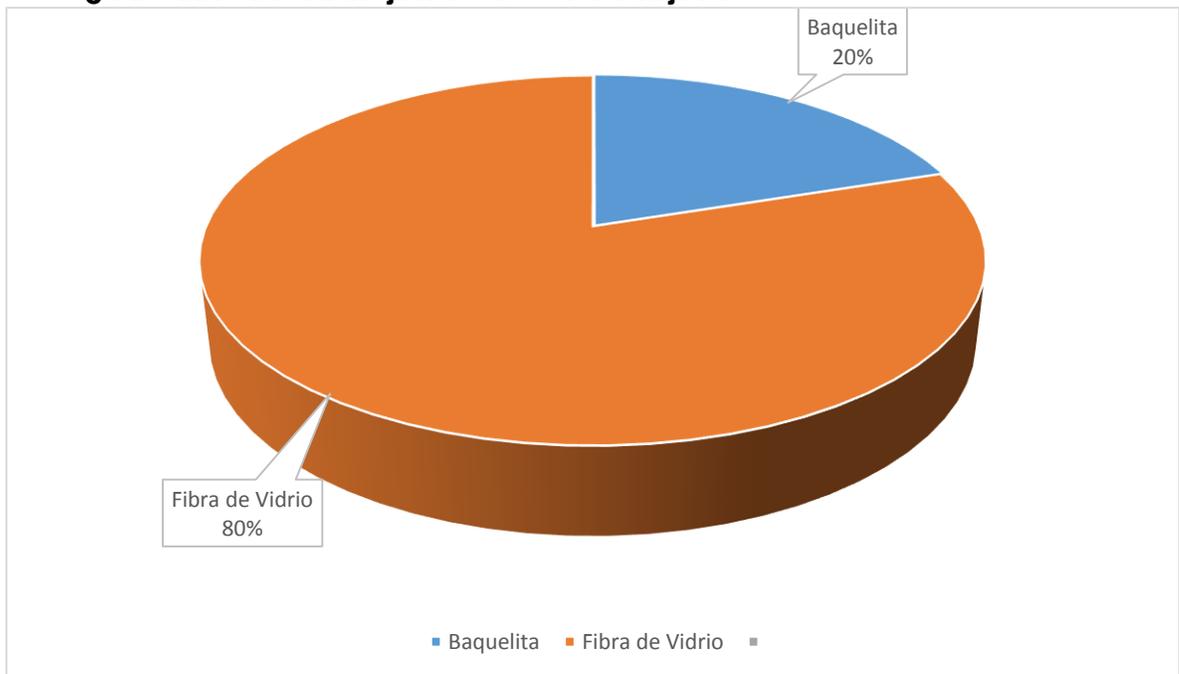
I.I Resultado de encuestas aplicadas.

1. ¿Qué software ha utilizado para diseñar la PCB?

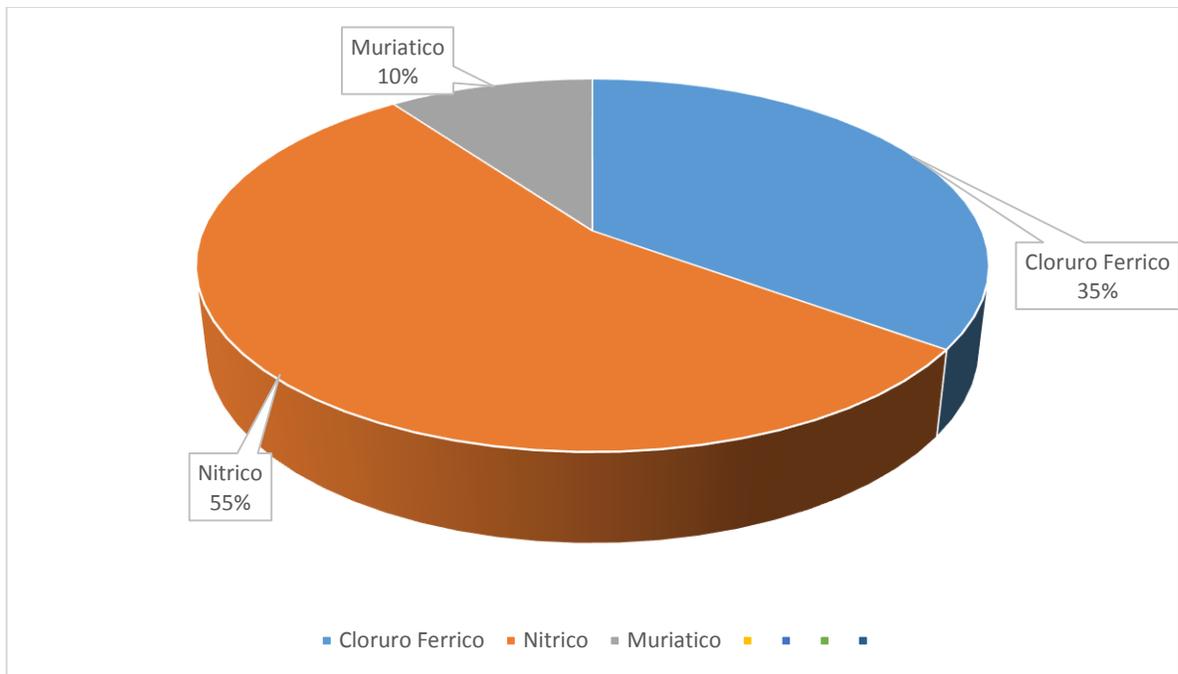


Otro software: Eagle

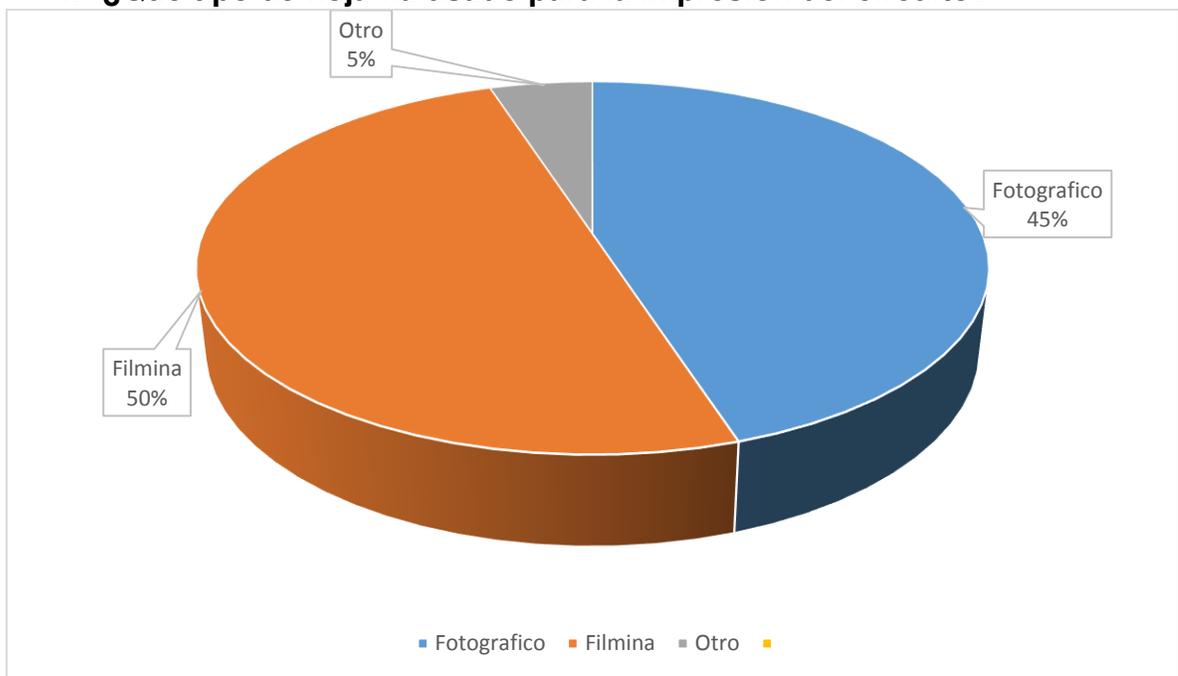
2. ¿Con cuál de las tarjetas PCB ha trabajado?



3. ¿Qué ácido es el que ha usado para eliminar el cobre?

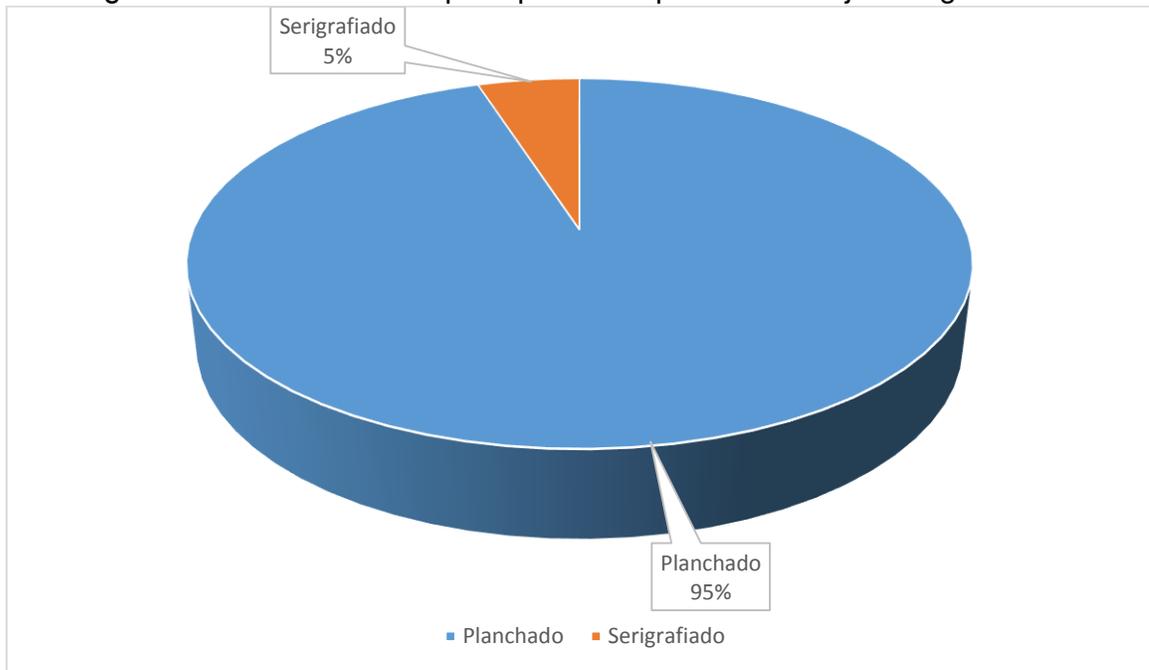


4. ¿Qué tipo de hoja ha usado para la impresión del circuito?



Otro: Papel Satinado

5. ¿Qué método ha usado para pasar las pistas a la tarjeta virgen?



A partir de la encuesta aplicada a estudiantes de ingeniería Electrónica que han elaborado tarjetas PCB, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El 65% de los estudiantes han utilizado el software Proteus Ares para el diseño de las pistas, esto dado que Proteus posee una librería actualizada y les facilita en el momento de añadir nuevas tecnologías y un 25% PCB Wizard.
- El 80% de los encuestados han trabajado con tarjetas de fibra de vidrio y un 20% baquelita.
- Un 50% han usado filmina para impresión de las pistas y un 45% papel fotográfico.
- Un 95% han usado el método de planchado para transferir las pistas a la tarjeta virgen
- Un 55% han usado ácido Nítrico para eliminar el cobre de la tarjeta y un 35% Cloruro Férrico.

II. Tabla comparativa de software para diseños de circuitos impresos

Software	Versión	Sistema operativo	Licencia	Portable	Tiempo Real	Vista	Librería	Animación
Proteus (Ares)	8.6	Windows	Pago	Si	No	3D	Posee una librería extensa y muy buena adaptación al uso de nuevas tecnologías.	Si
EasyEDA	Online	Windows-Mac-Linux	Free	No	Si	3D	Tiene una muy buena librería. Permite importar de otro software como Orcad, Eagle.	Si
Crocodile	Demo	Windows-Mac	Free	Si	No	3D	Tiene recursos limitados. Su uso es para principiantes.	Si
PCB Wizard	Demo	Windows	Free	Si	No	2D	Tiene recursos limitados. Su uso es para principiantes.	Si

Tabla 1. Comparación de software.

Según la tabla comparativa el software utilizado para hacer la tarjeta PCB, es el Proteus Ares como la mejor opción, porque posee una librería más amplia comparado con los otros software y muy buena adaptación al uso de nueva tecnología, una vista tridimensional (3D), portable con facilidad en el uso de este en diferentes lugares y además un sistema operativo amigable como es el Windows.

II.1 TUTORIAL PROTEUS 8.6 PROFESSIONAL EDITION

Recursos

Antes de iniciar a trabajar en el programa, se recomienda realizar una lectura de forma general del programa y de las numerosas herramientas disponibles para usted.

➤ Instalación de Proteus 8.6

En este apartado del tutorial te explicaremos como se debe instalar este programa.

Si no cuentas con el instalador del Proteus puedes descargarlo del sitio oficial como una versión de prueba o evaluación.

<https://www.labcenter.com/downloads/>

Después de haber descargado el programa, debes ejecutar el archivo que se descargó previamente.

Este programa es compatible con todas las plataformas de Windows. Esto felicitará la instalación del programa.

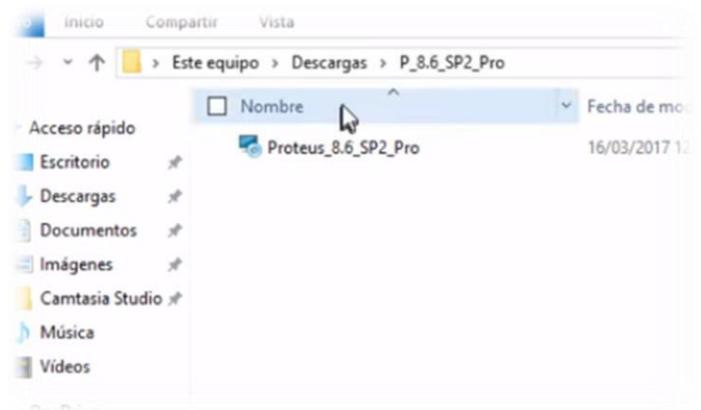


Figura 39. Instalacion de proteus ares

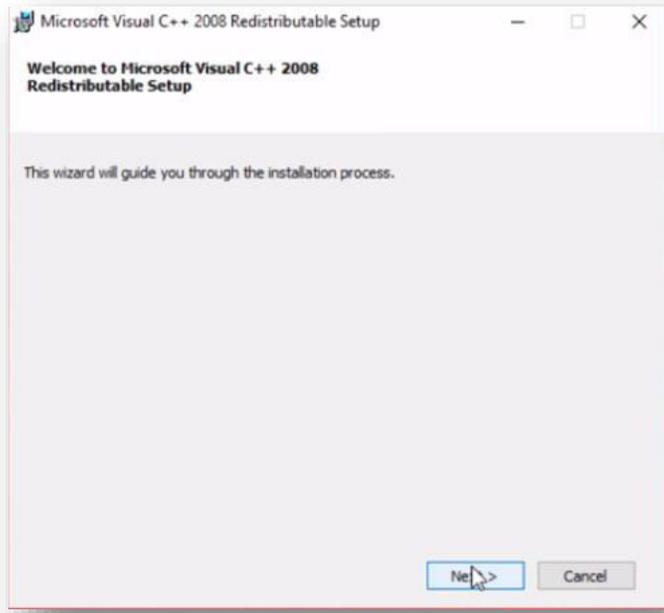


Figura 40. Ventana de instalar

Esta ventana te da la opción de instalar los archivos de instalación Microsoft Visual C++ 2008, el cual, es una herramienta que ayudará a la animación de Proteus.

Esta ventana muestra la dirección donde se encontrará el programa Proteus 8.6.

¡Listo!!! Solamente debes esperar a que termine el proceso de instalación, la ventana de instalación se cerrará automáticamente.

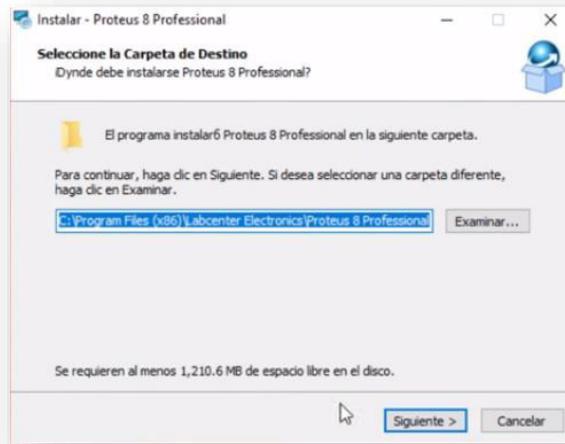


Figura 41. Ventana de instalación completa

➤ **Acerca del Proteus**

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

Las ventajas saltan a la vista. Con Proteus las fases de prueba no suponen la necesidad de volver a construir nuevos prototipos, con el ahorro de costos y tiempo que ello supone.

En el mundo de la formación, Proteus se muestra como una herramienta magnífica porque permite al alumno realizar modificaciones tanto en el circuito como en el programa, experimentando y comprobando de forma inmediata los resultados y permitiéndole de esta forma aprender de forma práctica y sin riesgos de estropear materiales de elevado coste.

➤ **Inicio del Proteus**

Puede empezar a utilizar el Proteus directamente ejecutando acceso directo del programa situado en su escritorio o iniciarlo desde el inicio de Windows.

Para ejecutar el Proteus debe llevar a cabo los siguientes procedimientos:

Si tiene acceso directo da doble click izquierdo, si no es así:

Elija inicio >> busque por letra el nombre del programa Proteus >> Proteus

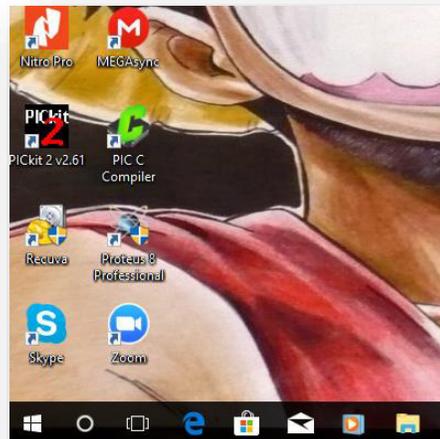


Figura42. Búsqueda de proteus ares

➤ Espacio de trabajo

El espacio de trabajo del Proteus consta de una columna izquierda donde se pueden buscar los componentes electrónicos a utilizar, a su vez, incluyen varios paneles. Puede ajustar el espacio de trabajo del Proteus moviendo y cambiando el tamaño de los paneles.

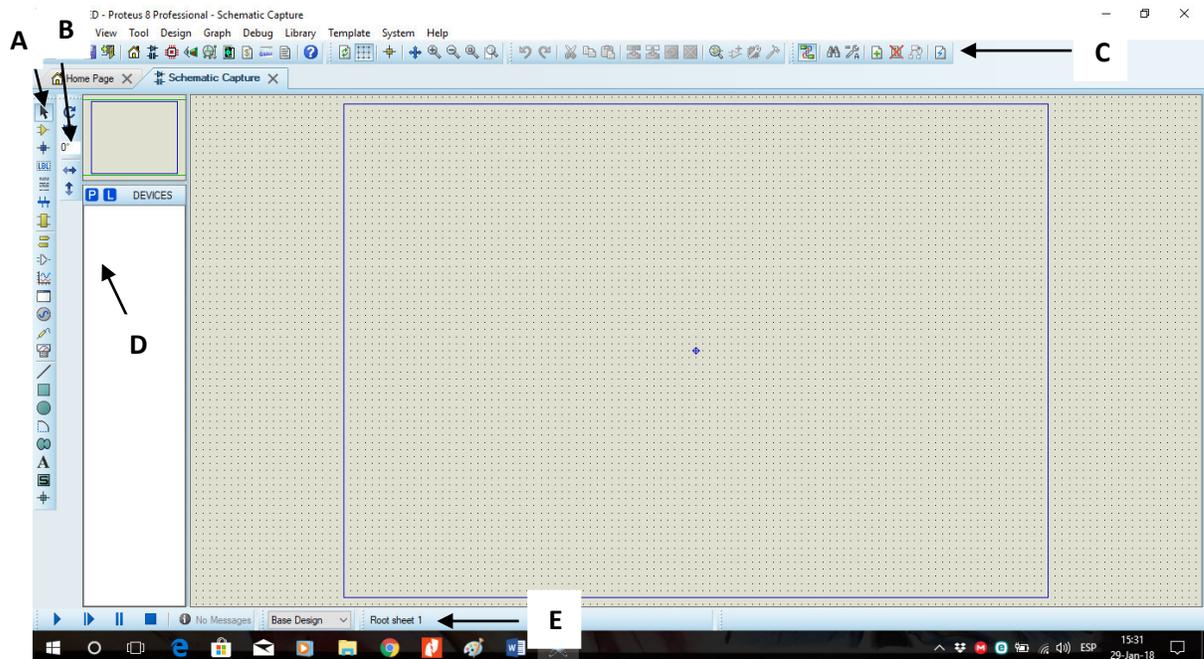


Figura43. Espacio de trabajo

A continuación, se indican los componentes principales del espacio de trabajo de Proteus.

A: Menú Principal: Ofrece botones para tareas esenciales, estos a su vez contienen todas las funciones que ofrece el programa.

B: Caja de herramientas: Permite que el usuario realice tareas básicas como; eliminar, mover y manipular los elementos de un circuito.

C: Barra Standard: Muestra las principales tareas de Organización de proyectos y circuitos como son; Abrir un proyecto, guardar, imprimir, etc.

D: Galería: Esta ventana contiene todos los componentes electrónicos que el usuario necesita para diseñar cualquier circuito.

E: Barra de Estado: Muestra el tiempo de simulación del circuito, el tamaño dimensional y el zoom del circuito. También muestra el estado del circuito; ya sea modo de edición o en proceso de simulación.

➤ Uso de la ventana de búsquedas de componentes

En esta ventana se alojan todos los componentes eléctricos y electrónicos que pueden ser usados para simular un circuito. La galería está organizada en carpetas y subcarpetas en las cuales se ubican cientos de componentes eléctricos y electrónicos.

La galería cuenta con una ventana A donde se puede buscar el componente a utilizar ingresando el nombre correspondiente al componente electrónico.

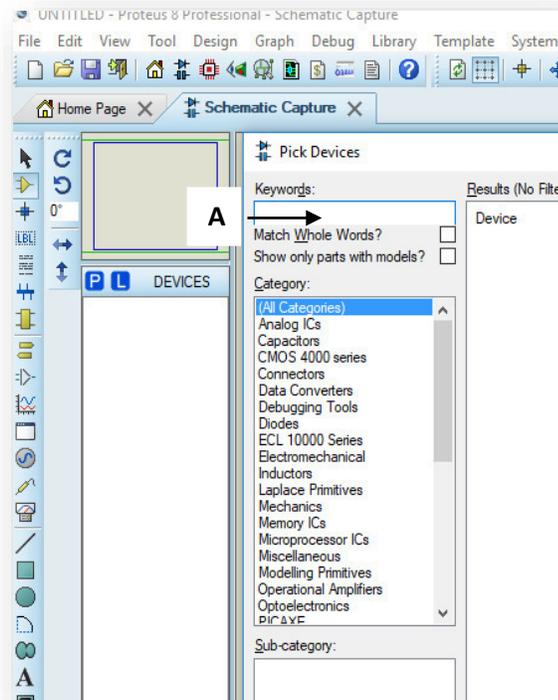


Figura44. Ventana de componentes

III. Guía de experimento del método del planchado y resultados obtenidos.

Papel	Tiempo aproximado (+/-)	Temperatura (Plancha Black & Decker)	Comentarios
Fotográfico	5 min	Max	La tinta aún no está totalmente adherida
Fotográfico	7 min	Max	Tinta totalmente adherida
Fotográfico	10 min	Max	Precaución al retirar la hoja de la tarjeta. El papel se va incrustando a la placa.

Tabla 2: Experimento de planchado (Fotográfico)

Como está representado en la tabla anterior se realizaron tres pruebas. Obteniendo como resultado recomendable el tiempo aproximado de 7 minutos, en ese tiempo, la tinta del papel fotográfico ya se ha adherido completamente al cobre de la tarjeta y resulta más fácil de retirar el papel sin remover la tinta de la tarjeta. En el primer experimento de 5 minutos a tinta aún no está totalmente adherida y en el experimento final de 10 minutos quedan demasiados trozos de papel dificultando el retiro para una buena pista.

El planchado en los tres experimentos es de forma continua ejerciendo presión durante todo el tiempo determinado.

Papel	Tiempo aproximado (+/-)	Temperatura (Plancha Black & Decker)	Comentarios
Filmina	5	Max	Tinta adherida en la PCB.
Filmina	7	Max	Precaución al retirar la hoja de la tarjeta para no dañar pistas.
Filmina	10	Max	Precaución al retirar la hoja de la tarjeta para no dañar pistas.

Tabla 3: Experimento de planchado (Filmina)

Se realizaron 3 experimentos para encontrar un buen resultado. En esta hoja la tinta se adhiere con más facilidad. El tiempo de 5 minutos se ha evaluado como el más óptimo de los 3. En este tiempo la tinta se ha adherido a la tarjeta y es más fácil retirar la hoja sin dañar nuestro circuito. En los tiempos de 7 y 10 minutos respectivamente se observó que se dificulta un poco más retirar la hoja de filmina sin dañar las pistas. El planchado en los tres experimentos es de forma continua ejerciendo presión durante todo el tiempo determinado.

Resumen

En base a los resultados de las tablas anteriores se ha concluido que el papel fotográfico es una mejor opción porque la tinta se pega más en la tarjeta, además quedan trozos de papel encima de la tinta, dando mejores resultados para que no sea removida con facilidad. Cabe resaltar que después de cada planchado, la placa PCB es ubicada en un recipiente con agua para facilitar el retiro del papel.

IV. Guía para realizar experimentos de ácidos para eliminar el cobre en la tarjeta virgen y resultados obtenidos.

Ácido Nítrico

Acido ml (mililitro)	Agua ml (mililitro)	Tiempo aproximado (+/-)	Temperatura	Comentarios
100 ml	0	10 segundos	24 grados	Es un quemado completo. Deja sin cobre la PCB.
100 ml	180 ml	1 minuto	24 grados	Las pistas quedan dañadas.
100 ml	218 ml	3 minutos	24 grados	Quema el excedente de cobre. Pistas en buen estado.
100 ml	250 ml	5 minutos	24 grados	Buen resultado, pero es un poco más tardado. Recomendado para trabajar con filmina.

Tabla 4. Experimento de agua y ácido Nítrico.

La prueba con los mejores resultados duró 3 minutos, aplicando 218ml de agua y 100 ml de ácido para su respectiva combinación, con esta prueba final se obtuvo gran eficiencia al realizar el atacado del ácido sobre la tarjeta PCB, de igual forma se observó que el desprendimiento del cobre que posee la tarjeta PCB es total, dejando las pistas en la placa. No es necesario agitar el envase con ácido. Si aceleramos el proceso puede quedar dañado dicho circuito. Estos factores ayudan a desarrollar un trabajo de calidad, añadiendo que la emisión de gases es menos toxica para el ser humano y para el medio ambiente.

En los primeros dos experimentos se observó que la PCB queda en su totalidad sin cobre. Posteriormente el último experimento con un tiempo de 5 minutos aproximado se analizó que es bueno para trabajarlo con filmina.

Ácido Muriático:

Ácido muriático (ml)	Peróxido de hidrogeno. (ml)	Tiempo aproximado (+/-)	Temperatura	Comentarios
100	0	No hay reacción.	24 grados	La placa PCB no es quemada por el acido
100	100	10 segundos	24 grados	Es un quemado completo. Deja sin cobre la PCB.
100	70	10 minutos	24 grados	Quema el cobre excedente. Pistas en buen estado.
100	50	16 minutos	24 grados	Es un proceso demasiado lento.

Tabla 5. Experimento de agua y ácido Muriático.

En base a la tabla se hicieron 4 experimentos con el ácido muriático. Este producto químico requiere de peróxido de hidrogeno (agua oxigenada). Como se observa en la tabla sin el peróxido de hidrogeno no hay reacción y el quemado es imposible. Se obtuvo una prueba final de 100ml de ácido muriático, y 70ml de peróxido de hidrógeno, con estas proporciones se logró un tiempo aproximado de 10 minutos para quemar la PCB. En este tiempo quedan las pistas intactas sin que el ácido las dañe. No es necesario un atacado rápido, porque daña las pistas, (quema parte del cobre cubierto por tinta) quedando una placa deforme y descartable. El último experimento es un proceso demasiado tardado e incluso pueden quedar cobre sin eliminar. Cabe mencionar que en las pruebas cuando se hizo la combinación ocurre un levantamiento de espuma y es demasiado toxico para el ser humano y el medio ambiente.

Ácido Férrico:

Ácido férrico (ml)	Agua (ml)	Tiempo aproximado (+/-)	Temperatura	Comentarios
100	0	5 minutos	24 grados	Buen resultado, pero el ácido es utilizado de forma pura y por lo tanto no hay ahorro.
100	50	7 minutos	24 grados	Ahorro de ácido de un 33.3% y un tiempo recomendado.
100	100	10 minutos	24 grados	Buen resultado, pero un tiempo poco tardado. Ahorro de ácido de un 50%

Tabla 6. Experimento de agua y ácido Férrico.

Con el ácido férrico se obtiene el resultado óptimo utilizando de forma pura, dilatando un tiempo aproximado de 7 minutos, agitando el recipiente donde se encuentra la tarjeta PCB con el ácido en todo el proceso. Teniendo en cuenta el ahorro del ácido, hemos concluido que es favorable ocupar el ácido añadiendo 50 ml de agua por cada 100 ml de ácido, con un tiempo de 7 minutos.

Resumen:

Basándonos en las tablas anteriores se seleccionó la prueba óptima para realizar el desprendimiento de cobre en las tarjetas PCB, donde se tomó como referencia el tiempo que tarda en eliminar el excedente de cobre, al igual que las proporciones exactas llegando a la siguiente conclusión:

- El ácido nítrico es el más adecuado para dicha tarea, debido al poco desprendimiento de gases tóxicos dañinos para el medio ambiente. Además que el tiempo tardado es de 3 minutos aproximados (no es necesario agitar el recipiente) con una cantidad 100 ml de ácido y 218 de agua. Asimismo, la calidad es excelente y el precio es accesible, teniendo un costo de 90 córdobas el litro de ácido. De igual forma es un ácido reutilizable, permitiéndonos almacenarlo para quemar más tarjetas en un futuro. Con esta concentración se pueden quemar hasta 5 tarjetas, después su concentración baja y el tiempo puede variar.

IV.1 FICHAS TECNICA DE SEGURIDAD



SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: ÁCIDO NITRICO

1.2 Usos pertinentes identificados y usos desaconsejados

Recomendaciones de Uso: Según hoja técnica del producto.

1.3 Datos del proveedor de la Ficha de Datos de Seguridad

GTM México	Boulevard Benito Juárez #75 Col. San Mateo Cuauhtepac, Tultitlán, Estado de México CP 54948.
Transmerquim de Guatemala S. A.	Km 26.4 carretera al Pacífico, Amatitlán, Guatemala
GTM El Salvador S. A.	Km 7 ½, Antigua Carretera Panamericana, Soyapango San Salvador
Grupo Transmerquim S. A. de C.V. (Honduras)	Bo. La Guardia, 33 calle, 2da Ave. Frente al IHCAFE, SO. San Pedro Sula, Honduras.
Transmerquim de Nicaragua S. A.	Cuesta del plomo, 800mts, Managua
GTM Costa Rica	Del servicentro Cristo Rey en Ochomogo de Cartago, 800 mts hacia el este. Costa Rica
GTM Panamá	Los Andes No.1, San Miguelito. Panamá, Panamá.
GTM Colombia S. A.	Carrera 46 No 91-7 Bogotá, Colombia.
Transmerquim del Perú S. A.	Av. Rep. de Panama 3535 Oficina 502 San Isidro. Perú
GTM Ecuador	Av. De los Shyris N32-218 y Eloy Alfaro, Ed. Parque Central, Of. 1207
GTM Argentina	Encarnación Ezcurra 365 – Piso 4 – Oficina C Puerto Madero, C.A.B.A – C1107CLA – Argentina
GTM do Brasil	Praia de Botafogo nº 228 / sala 610, Ala B, Botafogo. CEP 22250-040 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

1.4 Teléfono de emergencias

México :	+52 55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
Guatemala:	+502 6628 5858
El Salvador:	+503 2251 7700
Honduras:	+504 2564 5454
Nicaragua:	+505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
Costa Rica:	+506 2537 0010 – Emergencias 911. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
Panamá:	+507 512 6182 – Emergencias 911
Colombia:	+018000 916012 – Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
Perú:	+511 614 65 00
Ecuador:	+593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
Argentina:	+54 11 4611 2007 – 0800 222 2933
Brasil:	+55 21 3591 1868

SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado

Líquido comburente (Categoría 3)
Sustancias y mezclas corrosivas para los metales (Categoría 1)
Toxicidad aguda, inhalación (Categoría 3)
Corrosión cutánea (Categoría 1A) – Lesiones oculares graves (Categoría 1)

2.2 Elementos de la etiqueta

Pictograma:



Palabra de advertencia: PELIGRO

Indicaciones de peligro:

H272 - Puede agravar un incendio; comburente.

H290 - Puede ser corrosivo para los metales.

H314 - Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares graves.

H331 - Tóxico si se inhala.

Consejos de prudencia:

P234 - Conservar únicamente en el embalaje original.

P260 - No respirar humos, gases, nieblas, vapores o aerosoles.

P271 - Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado.

P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara.

P301 + P330 + P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

P303 + P361 + P353 - EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua o ducharse.

P304 + P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.

P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

P370 + P378 - En caso de incendio: Utilizar niebla de agua, espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono (CO₂) para la extinción.

P501 - Eliminar el contenido/ recipiente conforme a la reglamentación nacional/ internacional.

2.3 Otros peligros

Ninguno.

SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

3.1 Sustancia

Ácido nítrico (CAS 7697-37-2): 65 - 70% - Ox. Liq. 3; Met. Corr. 1; Acute Tox. 3; Skin Corr. 1A

3.2 Mezcla

No aplica.

SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua, durante al menos 20 minutos. No neutralizar ni agregar sustancias distintas del agua. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 20 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y

ÁCIDO NITRICO

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

octubre de 2016
VERSIÓN: 6

los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quíteselas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico. Puede ocasionar serios daños a la córnea, conjuntivas u otras partes del ojo.

Ingestión:

NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: Irritación de las vías respiratorias, dolor y sequedad de garganta, tos.

Contacto con la piel: Piel amarilla, puede manchar la piel. Puede producir quemaduras.

Contacto con los ojos: Corrosión del tejido ocular, daño ocular permanente.

Ingestión: Náuseas, vómitos, dolor abdominal, quemadura de la mucosa gastrointestinal, posible perforación del esófago, shock.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones. CENTRO NACIONAL DE INTOXICACIONES, Hospital Posadas: 0800 333 0160 / 011 4658 7777

SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

5.1 Medios de extinción

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO₂. Inundar con agua.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El recipiente sometido al calor puede explotar inesperadamente y proyectar fragmentos peligrosos. Puede reaccionar explosivamente con hidrocarburos (combustibles), y encender otros materiales combustibles (madera, papel, aceite, ropa, etc.).

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Inunde el área de incendio con agua a distancia. Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo. Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido. Para incendio masivo, utilizar los soportes fijos para mangueras o los chiflones reguladores; si esto es imposible, retirarse del área y dejar que arda.

5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

En derrames importantes use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.

5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Usar equipo de respiración autónoma y de protección dérmica y ocular. Usar guantes protectores impermeables. Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores. No permitir la reutilización del producto derramado. Detenga la fuga si puede hacerlo sin riesgo. Todos los equipos usados para manipular el producto debe estar conectado a tierra. No toque ni camine sobre el material derramado. Inunde el área con agua. No permitir la reutilización del producto derramado.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contener el líquido con un dique o barrera. Prevenir la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas no controladas.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto utilizando arena, vermiculita, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada.

Neutralización: hidróxido de calcio o bicarbonato de sodio. Neutralizar cuidadosamente, y con supervisión de un especialista. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavaojos de emergencias. Utilizar equipamiento y ropa que evite la acumulación de cargas electrostáticas. Controlar y evitar la formación de atmósferas explosivas.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento: Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Evitar el contacto del producto con materiales inflamables o combustibles.

Materiales de envasado: el suministrado por el fabricante.

Productos incompatibles: Agentes reductores fuertes, bases, materia orgánica, inflamables.

SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

8.1 Parámetros de control

CMP (Res. MTESS 295/03):	2 ppm
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	4 ppm
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/D
TLV-TWA (ACGIH):	2 ppm
TLV-STEL (ACGIH):	4 ppm
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	2 ppm
IDLH (NIOSH):	25 ppm
REL-TWA:	2 ppm

V. Costo para elaborar la tarjeta PCB con las siguientes dimensiones: 100mm X 150mm.

Cant.	DESCRIPCION	COSTO C\$	
1	Placa de fibra de vidrio	60	
1	Papel fotografico Clip tamaño carta	25	
100 ml	Acido Nitrico 1lt	9	
1	Lija 1000	20	
1	Impresión	2	
1	Broca	30	
		146	
		IVA	21.9
		Total	167.9