

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA FABRICACIÓN DE CIRCUITOS  
IMPRESOS POR UN CNC.**

**MAURO ECHAVARRÍA GALEANO  
RICARDO ANTONIO GÓMEZ MONTOYA  
JAIME ANDRÉS QUINTERO LÓPEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA EN MECATRÓNICA  
MEDELLÍN**

**2012**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA FABRICACIÓN DE CIRCUITOS  
IMPRESOS POR UN CNC.**

**MAURO ECHAVARRÍA GALEANO  
RICARDO ANTONIO GÓMEZ MONTOYA  
JAIME ANDRÉS QUINTERO LÓPEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Tecnólogo en Mecatrónica**

**Asesor:**

**Mauricio Velásquez Montoya**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA EN MECATRÓNICA  
MEDELLÍN**

**2012**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto a cada uno de nuestros seres queridos por acompañarnos en cada una de nuestras metas y aspiraciones.

A nuestros padres, que siempre han sido un ejemplo en nuestro actuar ante la vida.

A nuestros hermanos por su apoyo y cariño.

A nosotros mismos, por nuestra paciencia, perseverancia y la fortaleza que nos brindamos por sacar adelante este proyecto.

A todas aquellas personas que colaboraron desinteresadamente para hacer posible el desarrollo de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos sinceramente a la institución Universitaria Pascual Bravo por impartirnos su conocimiento por medio de su personal docente, a nuestro asesor por su paciencia y orientación en el desarrollo del proyecto, al grupo de investigación GARPE y al director del grupo el docente: Carlos Alberto Valencia H. Por brindarnos sus conocimientos, su apoyo y habernos dado la oportunidad de demostrar nuestras capacidades en el grupo de investigación aportando desde cada una de nuestras fortalezas aprendidas en nuestro ámbito laboral como académico.

A nuestras familias por su amor y apoyo que se convirtió en el combustible para obtener nuestras metas.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	18
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
4. REFERENTES TEORICOS	23
4.1 HISTORIA DEL CIRCUITO IMPRESO	23
4.2 COMPOSICIÓN FISICA CIRCUITO IMPRESO	26
4.2.1 Protoboard	27
4.2.2 Matriz de puntos	29
4.2.3 Placas de circuitos impresos PCB	29
4.2.4 Sustratos	30
4.2.4.1 Características mecánicas sustratos	31
4.2.4.2 Características químicas sustratos	31
4.2.4.3 Características térmicas sustratos	31
4.2.4.4 Características eléctricas sustratos	31
4.3 PARAMETROS DE DISEÑO CIRCUITOS IMPRESOS	32
4.4 METODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS	33
4.4.1 Maquinas industriales que intervienen en la fabricación de PCB	33
4.5 CONTROL NÚMÉRICO COMPUTARIZADO CNC	35
4.5.1 Antecedes históricos	36
4.5.2 Estructura	36

4.5.3	Características	36
4.5.4	Ventajas	38
4.6	MICROCONTROLADORES	39
4.6.1	Definición	39
4.6.2	Arquitectura	39
4.6.3	Dispositivos que componen un microcontrolador	41
4.6.4	Recursos auxiliares	41
5.	METODOLOGÍA	43
5.1	TIPO DE ESTUDIO	43
5.2	MÉTODO	43
5.3	POBLACIÓN	43
5.4	MUESTRA	44
5.5	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	44
5.5.1	Fuentes primarias	44
5.5.2	Fuentes secundarias	44
5.6	PROCEDIMIENTOS	45
6.	DESARROLLO DEL TRABAJO	46
6.1	SELECCIÓN DE PROTOTIPO	46
6.2	HARDWARE	52
6.3	TARJETA CON PIC GENERICO 16FXX	53
6.4	ESQUEMA ELECTRICO EN PROTEUS PCB	56
6.5	DIAGRAMA DE POTENCIA IMPRESOR DE CIRCUITOS	57
6.6	SOFTWARE – PROGRAMACIÓN DEL PIC 16F887	58
7.	RECURSOS	65
7.1	RECURSOS HUMANOS	65
7.2	RECURSOS TECNICOS	66
8.	CONCLUSIONES	67
9.	RECOMENDACIONES	69
	BIBLIOGRAFIA	70

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
Figura 1	Paul Eisler	24
Figura 2	Radio de Eisler	24
Figura 3	Capas de una placa de circuito impreso	27
Figura 4	Protoboard	28
Figura 5	Protoboard – vista interior	28
Figura 6	Matriz de puntos con soldadura aplicada	29
Figura 7	Placa de circuito impreso PCB	30
Figura 8	Arquitectura Von Neuman	40
Figura 9	Arquitectura Harvard	40
Figura 10	Router CNC casero para fresado de placas de PCB	46
Figura 11	CNC con armazón de Aluminio	47
Figura 12	CNC	47
Figura 13	Proyecto implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por CNC	49
Figura 14	Proyecto implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por CNC	50
Figura 15	Proyecto implementación de un sistema para fabricación de Circuitos impresos por CNC	50
Figura 16	Proyecto implementación de un sistema para fabricación de Circuitos impresos por CNC	51
Figura 17	Proyecto implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por CNC	51
Figura 18	Motor paso a paso (PaP)	53

		<b>Pág.</b>
Figura 19	Familia de PIC 16FXX	55
Figura 20	Tarjeta con PIC genérico 16FXX	55
Figura 21	Esquema Eléctrico del Impresor de Circuitos en CNC	57
Figura 22	Diagrama de Potencia Impresor de Circuitos en CNC	58



## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1	Recurso humano	66
Tabla 2	Recurso técnico	67

## GLOSARIO

**ACTUADOR:** Es un dispositivo mecánico para mover o controlar un mecanismo o sistema.

**APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO:** Es el proceso a través del cual la información nueva se relaciona con un aspecto relevante de la estructura del conocimiento del individuo.

**Circuito impreso:** Un circuito impreso es una placa de material aislante (plástico, baquelita, vidrio, etc.), provista de unas pistas o caminos de cobre que sirven para interconectar los diversos componentes que constituyen el circuito en cuestión.

**CNC:** El control numérico por computadora, de ahora en adelante CNC, es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico, normalmente una herramienta que está montada en una máquina. Esto quiere decir que mediante un software y un conjunto de órdenes, controlaremos las coordenadas de posición de un punto (la herramienta) respecto a un origen (0,0,0 de máquina), o sea, una especie de GPS pero aplicado a la mecanización, y muchísimo más preciso.

**CÓDIGO ABIERTO:** Es que "se puede examinar el **código fuente**", por lo que puede ser interpretado como un término más débil y flexible que el del *software libre*. Sin embargo, ambos movimientos reconocen el mismo conjunto de licencias y mantienen principios equivalentes.

**CONTENIDO PROGRAMÁTICO:** Elemento del plan curricular que constituye el objeto directo de aprendizaje para los alumnos y es el medio imprescindible para conseguir el desarrollo de capacidades.

**CONTENIDOS TRANSVERSALES:** Conjunto de contenidos referidos a sectores de conocimiento caracterizados por su alta relevancia social (están vinculados a la fuente sociológica del currículo) y por su relación con la educación en habilidades profesionales específicas, sociales y en valores.

**FIRMWARE:** Es un bloque de instrucciones de programa para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo no volátil (*ROM, EEPROM, flash*, etc), que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo. Al estar integrado en la electrónica del dispositivo es en parte hardware, pero también es software, ya que proporciona lógica y se dispone en algún tipo de lenguaje de programación.

**HARDWARE:** corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora: sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos; sus cables, gabinetes o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico involucrado; contrariamente al soporte lógico e intangible que es llamado *software*.

**HARDWARE ABIERTO (OPEN HARDWARE):** Existen hoy en día miles de diseños de libre distribución y el Hardware Abierto (HA) busca no solamente hacer más accesible esa información, sino el promover y dotar de marco jurídico al diseño libre con el fin de proteger y alentar a todos los desarrolladores hardware.

**INTERACTIVIDAD:** es un concepto ampliamente utilizado en las ciencias de la comunicación, en informática, en diseño multimedia y en diseño industrial. Interactivo dicho de un programa que permite una interacción a modo de diálogo entre ordenador y usuario

En su campo de aplicación suele hablarse de tres niveles de comunicación.

**No interactiva**, cuando un mensaje no se relaciona con otro previo.

**Reactiva**, cuando un mensaje se relaciona únicamente con el previo inmediato.

**Interactiva**, cuando un mensaje se relaciona con una serie de elementos previos.

**MEMORIA EEPROM:** o **E<sup>2</sup>PROM** son las siglas de *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM* programable y borrable eléctricamente). Es un tipo de memoria *ROM* que puede ser programado, borrado y reprogramado eléctricamente, a diferencia de la *EPROM* que ha de borrarse mediante un aparato que emite *rayos ultravioletas*. Son memorias no volátiles.

**MEMORIA FLASH:** Es una manera desarrollada de la memoria *EEPROM* que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación mediante impulsos eléctricos, frente a las anteriores que sólo permite escribir o borrar una única celda cada vez. Por ello, flash permite funcionar a velocidades muy superiores cuando los sistemas emplean lectura y escritura en diferentes puntos de esta memoria al mismo tiempo.

**MEMORIA ROM:** La memoria ROM, (acrónimo en inglés de *Read-Only Memory*) o memoria de sólo lectura, es un medio de almacenamiento utilizado en ordenadores y dispositivos electrónicos, que permite sólo la lectura de la

información y no su borrado, independientemente de la presencia o no de una fuente de energía que la alimente.

**MICROCONTROLADOR:** (a veces abreviado **MC**, la **UC** o **MCU**): Es una pequeña computadora en un solo circuito integrado que contiene un núcleo de procesador, la memoria y programables de entrada / salida de periféricos.

**MÓDULO:** Es un componente autocontrolado de un sistema, dicho componente posee una interfaz bien definida hacia otros componentes; algo es **modular** si está construido de manera tal que se facilite su ensamblaje, acomodamiento flexible y reparación de sus componentes.

**PCB:** Placas de circuitos impresos.

**PLAN CURRICULAR:** Compendio sistematizado de los aspectos referidos a la planificación y el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

**PROTOBOARD:** Una **placa de pruebas**, también conocida como **protoboard** o **breadboard**, es una placa de uso genérico reutilizable o semi permanente, usado para construir prototipos de circuitos electrónicos sin soldadura. Normalmente se utilizan para la realización de pruebas experimentales. Además de los protoboard plásticos, libres de soldadura, también existen en el mercado otros modelos de placas de prueba (tarjetas universales, para realizar pruebas soldadas).

**PROTOTIPO:** Tiene varios tipos de definiciones:

Un prototipo es un ejemplar o primer molde en que se fabrica una figura u otra.

Un prototipo puede ser un ejemplar perfecto y modelo de una virtud, vicio o cualidad.

Un prototipo también se puede referir a cualquier tipo de máquina en pruebas, o un objeto diseñado para una demostración de cualquier tipo.

Un prototipo o prototipado puede ser un modelo del ciclo de vida del software, tal como el desarrollo en espiral o el desarrollo en cascada.

**RECURSOS DIDÁCTICOS:** Genéricamente se puede definir como cualquier tipo de medio, soporte o vía que ayude y facilite los procesos de enseñanza-aprendizaje, y por lo tanto, el acceso a la información, la adquisición de habilidades, destrezas, y estrategias, y la formación de actitudes y valores. Entre ellos, destacamos los recursos personales, ambientales, materiales y metodológicos. El conocimiento de su existencia, de sus posibilidades, de sus limitaciones y de su complementariedad constituye el eje de la acción didáctica.

**REMOTO** puede referirse a: el mando a distancia , conocido comúnmente como un mando a distancia

Transmisión a distancia, conocida comúnmente en la radiodifusión como una persona o un concierto a distancia

Acceso remoto. Escritorio remoto.

**ROBÓTICA:** Es la ciencia y la tecnología de los robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control.

**ROBÓTICA PEDAGÓGICA:** En años recientes muchos investigadores de diversos países han creado como una nueva disciplina, la **robótica pedagógica**, con la finalidad de explotar el deseo de los educandos por interactuar con un robot para favorecer los procesos cognitivos.

**SOFTWARE:** Se conoce como **software** al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora digital; comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos del sistema, llamados hardware.

**SOFTWARE LIBRE:** (en inglés *free software*, esta denominación también se confunde a veces con gratis por el doble sentido del inglés *free* en castellano) es la denominación del software que respeta la libertad de los usuarios sobre su producto adquirido y, por tanto, una vez obtenido puede ser usado, copiado, estudiado, cambiado y redistribuido libremente. Según la *Free Software Foundation*, el software libre se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar el software y distribuirlo modificado.

**SOFTWARE ABIERTO (O SOFTWARE OPEN SOURCE):** Se trata de software que se distribuye junto con su código fuente y con una licencia de uso que garantiza que quien lo adquiere: Puede estudiarlo, corregirlo, mejorarlo y adaptarlo a cualquier necesidad puede utilizarlo para cualquier propósito tiene el derecho de redistribuirlo, siempre que preserve su carácter abierto. El hecho de que el código fuente esté disponible y pueda ser modificado es la razón por la cual es habitual referirse a este tipo de software como "software de código fuente abierto" (en inglés, "*open source software*"), o sencillamente "software abierto".

## RESUMEN

El desarrollo de placas de circuito impreso o Printed Circuit Board (PCB) es utilizado en las universidades, empresas y grupos de investigación para fabricación y/o modificación de equipos con funciones específicas de instrumentación, control y automatización. En la I.U Pascual Bravo el grupo de investigación GARPE se dedica a la innovación para brindar conocimiento a través de sus proyectos y poderlo compartir con la comunidad universitaria y así cumplir con sus objetivos.

En este trabajo es utilizado por los autores, para el diseño de circuitos impresos, desarrollo del esquemático, simulación y fabricación del arte de PCB. Se establecen técnicas, normas y recomendaciones que se deben tomar en cuenta durante el avance del mismo, se presentan posibles soluciones a las diversas anomalías, físicas, electromagnéticas y de radiación, presentes en el PCB. Con la ayuda de las teorías básicas estudiadas e investigada para el desarrollo del mismo proyecto.

Entre los diseños y modificaciones, por lo general, se debe realizar circuitos electrónicos que involucran: sensores, acondicionadores de señal, microcontroladores y actuadores, los cuales requieren líneas de control y de potencia, con alto grado de integración en los sistemas microcontrolados y susceptibilidad por ruido en los circuitos acondicionadores.

En el proyecto se brinda una clasificación de las técnicas para la elaboración de PCBs, Para llevar a cabo este objetivo, es necesario definir el esquemático del



circuito y el diagrama de conexiones que formarán las pistas de cobre sobre la placa. Centrando nuestro enfoque la calidad de PCBs diseñados.

Se detallan diseños y construcción del prototipo, como también los dispositivos utilizados en su elaboración

## INTRODUCCIÓN

En el transcurso de la formación académica de la tecnología en Mecatrónica se presentan circunstancias o eventos donde se observan ciertas necesidades a satisfacer, como la falta de laboratorios o infraestructura adecuada para impartir la enseñanza y que el estudiantado interiorice estos conocimientos con las herramientas necesarias para tal fin.

Por lo cual en este proyecto se procura por brindar a la institución y a la comunidad de la Institución Universitaria Pascual Bravo a través de su grupo de investigación GARPE ofrecer alternativas de proyectos que a su vez representen apoyo a la academia como al estudiante en su formación profesional, aportando soluciones económicas para contar con dichas herramientas para el aprendizaje.

Ante esta situación vivida en la Institución la tarea de identificación del problema nos arrojó un resultado el cual le apuntamos ya que se vive semestre tras semestre y es la impresión de los circuitos que solo los podemos ver viables por medio de protoboard pero que es una medida temporal como se describirá, ya que con la “Implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por un CNC”. Se elabora una solución ante esta problemática vivida en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Institución Universitaria Tecnológico Pascual Bravo, se ha caracterizado por brindar al mercado laboral profesionales competentes en sus profesiones a través de su historia, debido a esto y al cambio constante de la tecnología en la industria el grupo de investigación GARPE observó una alternativa orientada al mejoramiento de las condiciones académicas por medio de orientaciones o trabajos dirigidos que plantean soluciones y abren desarrollos para que el estudiante esté más cercano a las vivencias del campo laboral, que conocemos como practicar con herramientas.

Como tal la tecnología Mecatrónica lleva poco recorrido dentro de la institución y no cuenta con la planta física propia para sacar el potencial del estudiante. Ya sea como Aulas, laboratorios y equipos electrónicos. Falencia que se ve como una oportunidad por GARPE para que los estudiantes generen proyectos que beneficien al aprendizaje de las nuevas cortes de estudiantes.

Lo que viene desarrollando el grupo de investigación es fomentar, promulgar y hacer partícipe a la comunidad universitaria de aplicar los conocimientos adquiridos en retribución de proyectos que beneficien al desarrollo de sus carreras que se ve reflejado en el aprendizaje y los profesionales del mañana.

Al cual se le apuntó al proyecto de Montaje de Circuitos Impresos con CNC, lo cual generara una pauta a los estudiantes sobre ser autodidactas, generar conocimiento y sacar provecho de este al dar soluciones a las falencias de infraestructura – herramientas etc.

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo sería útil la implementación de un sistema de fabricación de circuitos impresos para los estudiantes de la tecnología en Mecatrónica de la Institución universitaria Pascual Bravo?

## 2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo e implementación de un sistema de fabricación de circuitos impresos llevado a cabo por el grupo de Investigación GARPE generará una serie de proyectos que se materializarán de tal manera que los estudiantes en sus diversas asignaturas de su pensum académico de Tecnología en Mecatrónica como Circuitos o Electrónica etc. donde diseñan y prueban lo plasmen físicamente y no requieran de desmontarlo ya que contarán con este proyecto para cubrir este aspecto, al brindarles el circuito impreso de su prueba acercándonos al ámbito laboral.

Esto genera, afianza conocimientos que solo con la teoría no se lograría detallar para el beneficio de la Comunidad de la Institución Universitaria del Pascual Bravo de Medellín.

Y corroborando la primicia de los montajes de los circuitos que son: El Diseño (Dibujo o esquema) – Prueba (Ensayo prueba-error) y Montaje final (Luego de comprobado el correcto funcionamiento del prototipo se pasa hacer al montaje definitivo, creando la placa del circuito impreso) dando hacia a la culminación del ciclo completo de cómo Montar un circuito impreso y no llegar a medias o hipotéticos.

Brindando de esta manera a los estudiantes, una respuesta oportuna a la falta de equipos o laboratorios a servicios de ellos, donde permitan efectuar la práctica más completa sin incurrir en sobre costos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Implementar un sistema para la fabricación de circuitos impresos por un CNC en el área del grupo de Investigación GARPE para el servicio de la comunidad de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

Diseñar teniendo en cuenta los costos (materiales –equipos – herramientas) para el montaje más adecuado del impresor de circuitos en CNC.

Elegir los materiales aptos que garantice la funcionalidad de la CNC.

Establecer cronogramas de trabajo con el grupo de investigación GARPE y la asesoría Trabajo de grado ofrecido en la Institución para la realización del proyecto

## 4. REFERENTES TEÓRICOS

Partimos del concepto de Circuito impreso, que 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. Los caminos son generalmente de cobre mientras que el sustrato se fabrica de resinas de fibra de vidrio reforzada (la más conocida es la FR4), cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita.

La producción de los circuitos y el montaje de los componentes pueden ser automatizada. Esto permite que en ambientes de producción en masa, sean más económicos y confiables que otras alternativas de montaje.

Desde hace varios años, la realización de los circuitos electrónicos se implementa sobre un soporte rígido que lleva situados los conductores sobre él de forma pegada y sujeta, el circuito impreso, a esto se le conoce como placa del circuito.

### 4.1 HISTORIA DEL CIRCUITO IMPRESO

El inventor del circuito impreso es probablemente el ingeniero austriaco Paul Eisler (1907-1995) quien, mientras trabajaba en Inglaterra, hizo uno alrededor de 1936, como parte de una radio.

Originalmente, cada componente electrónico tenía pines de cobre o latón de varios milímetros de longitud, y el circuito impreso tenía orificios taladrados para cada pin del componente. Los pines de los componentes atravesaban los orificios y eran soldadas a las pistas del circuito impreso. Este método de ensamblaje es llamado *through-hole* ("a través del orificio", por su nombre en inglés).

**Figura 1. Paul Eisler**



Fuente: [http://history-computer.com/ModernComputer/Basis/printed\\_board.html](http://history-computer.com/ModernComputer/Basis/printed_board.html)

**Figura 2. Radio de Eisler**



Fuente: [http://www.makingthemodernworld.org.uk/icons\\_of\\_invention/technology/1939-1968/IC.104/](http://www.makingthemodernworld.org.uk/icons_of_invention/technology/1939-1968/IC.104/)



Este radio es el primer dispositivo de trabajo para utilizar una tarjeta de circuito impreso (PCB), la tecnología electrónica inventada por Paul Eisler. a raíz de los experimentos iniciales en 1936. En ese momento, era habitual para interconectar todos los componentes en los productos electrónicos con alambres, un método de fabricación que no se prestaba a cualquier alto grado de automatización.

Desarrollados durante la II Guerra Mundial, para su uso en detectores de proximidad para proyectiles de artillería. Desde entonces los circuitos impresos se han utilizado en aparatos de comunicaciones, como receptores de televisión y radio, radares, audífonos, computadoras e instrumentos de misiles dirigidos y aeronaves.

Después de la guerra, en 1948, EE.UU. liberó la invención para el uso comercial. Los circuitos impresos no se volvieron populares en la electrónica de consumo hasta mediados de 1950, cuando el proceso de Auto-Ensamblaje fue desarrollado por la Armada de los Estados Unidos.

Antes que los circuitos impresos (y por un tiempo después de su invención), la conexión punto a punto era la más usada

En 1949, Moe Abramson y Stanilus F. Danko, de la United States Army Signal Corps desarrollaron el proceso de Auto-ensamblaje, en donde las patas de los componentes eran insertadas en una lámina de cobre con el patrón de interconexión, y luego eran soldadas.

Con el desarrollo de la laminación de tarjetas y técnicas de grabados, este concepto evolucionó en el proceso estándar de fabricación de circuitos impresos usado en la actualidad.

La soldadura se puede hacer automáticamente pasando la tarjeta sobre un flujo de soldadura derretida, en una máquina de soldadura por ola. Sin embargo, las patas y orificios son un desperdicio. Es costoso perforar los orificios, y el largo adicional de las patas es eliminado. En vez de utilizar partes through-hole, a menudo se utilizan dispositivo de montaje superficial

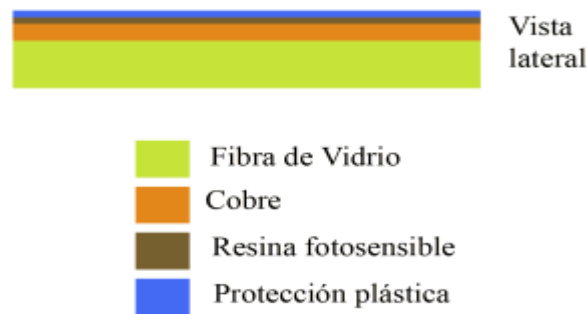
Algunas de las incursiones más destacadas de los circuitos impresos son aplicadas en espoletas de proximidad para misiles antiaéreos, los PCB se han encontrado posteriormente cerca de aplicación universal en los productos electrónicos, produciendo dispositivos altamente miniaturizados que pueden ser producidos en masa.

## **4.2 COMPOSICIÓN FÍSICA CIRCUITO IMPRESO**

La mayoría de los circuitos impresos están compuestos por entre una a dieciséis capas conductoras, separadas y soportadas por capas de material aislante (sustrato) laminadas (pegadas) entre sí.

Las capas pueden conectarse a través de orificios, llamados vías. Los orificios pueden ser electro-recubiertos, o se pueden utilizar pequeños remaches. Los circuitos impresos de alta densidad pueden tener vías ciegas, que son visibles en sólo un lado de la tarjeta, o vías enterradas, que no son visibles en el exterior de la tarjeta.

**Figura 3 Capas de una placa de circuito impreso**



Fuente: <http://www.lpkf.es/aplicaciones/creacion-rapida-prototipos-pcb/multicapa.htm>

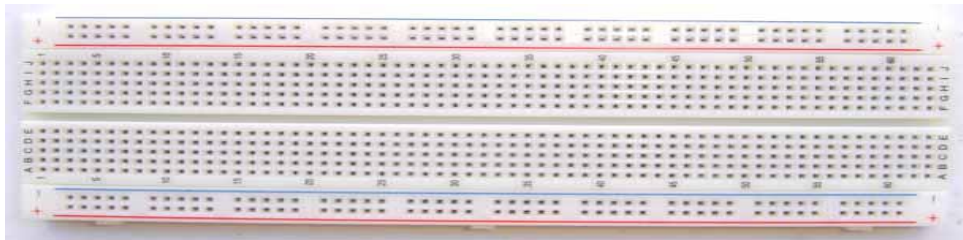
Las placas de circuito impreso (PCB) es quizá el proceso más laborioso de la implementación de un circuito electrónico e incluye desde el diseño de las pistas, a mano o mediante software hasta el proceso químico para atacar el cobre. Las hay de muchos tipos, desde las simples "protoboards" hasta las más complejas a doble cara

**4.2.1 Protoboard** se conocen en castellano como "placas de prototipos" y son esencialmente unas placas agujereadas con conexiones internas dispuestas en hileras, de modo que forman una matriz de taladros a los que podemos directamente "pinchar" componentes y formar el circuito deseado. Como el nombre indica, se trata de montar prototipos, de forma eventual, nunca permanente, por lo que probamos y volvemos a desmontar los componentes, quedando la protoboard lista para el próximo experimento.

Cada agujero de inserción está a una distancia normalizada de los demás, lo que quiere decir que un circuito integrado encajará perfectamente.

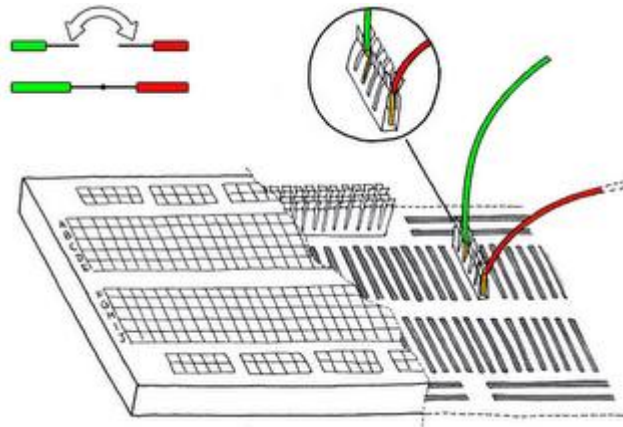
Tienen la ventaja de ser de rápida ejecución, sin necesidad de soldador, ni utilizar herramientas, pero los circuitos que montemos deberán ser más bien sencillos, pues de otro modo se complica en exceso y las conexiones pueden dar lugar a fallos, porque la fiabilidad de las mismas decrece rápidamente según aumenta el número de éstas.

**Figura 4 Protoboard**



Fuente: <http://godoyjuan.blogspot.com/p/uso-del-protoboard.html>

**Figura 5 Protoboard – vista interior**

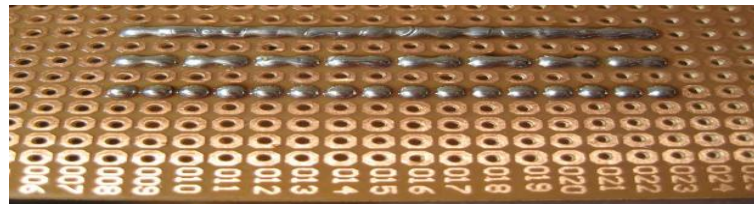


Fuente: <http://godoyjuan.blogspot.com/p/uso-del-protoboard.html>

**4.2.2 Matriz de puntos** es muy parecido al protoboard, pero a diferencia de ésta, los circuitos implementados con matriz de puntos serán de forma permanente. Aquí se necesita soldar los componentes. Es una placa de matriz de taladros normalizados, igual que protoboard, pero las conexiones no van implementadas y debemos realizarlas nosotros con hilo y soldador. Podemos realizar circuitos más fiables y desde luego ya de forma permanente, al estar los componentes soldados.

La ventaja es que no tenemos que meternos en el tedioso proceso de atacado químico e insolación, pero la cosa se puede complicar bastante con el número de conexiones y fácilmente podemos equivocarnos al soldar los componentes.

**Figura 6 Matriz de puntos con soldadura aplicada**



Fuente: <http://godoyjuan.blogspot.com/p/uso-del-protoboard.html>

**4.2.3 Placas de circuito impreso PCB** es sin duda la forma más perfeccionada y que ofrece el acabado más fiable de todos. Por el contrario, exige un proceso más laborioso. Existen placas a simple cara y a doble cara.

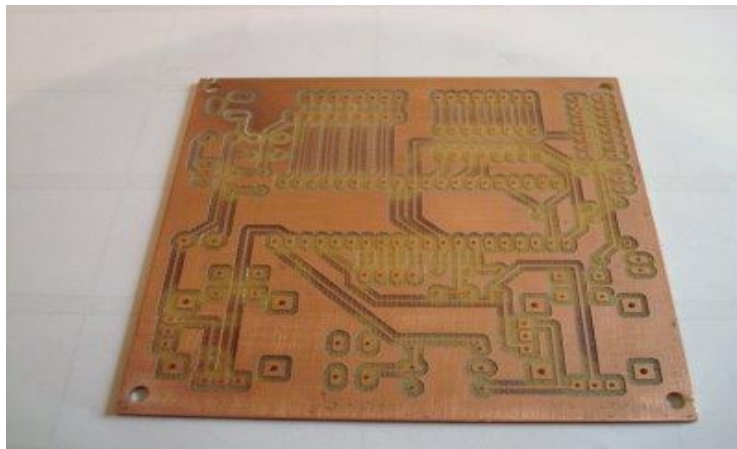
La más utilizada es el tipo fibra de vidrio, por su calidad y economía. La baquelita está en clara recesión, puesto que es más frágil que las otras y de peor calidad.

Las placas de teflón son realmente buenas, pero también muy caras. Son de resistencia mecánica alta, y lo mejor de todo, no tienen esa tendencia a absorber la humedad que tienen los otros tipos (higroscopia) y que, dada las distancias tan

cortas entre pista y pista, puede ocasionar algún problema de conductividad indeseable. Por otra parte, el teflón es un buen dieléctrico, lo que implica que es un buen aislante. No en vano se utiliza como aislante en conductores de cierta calidad.

Las de fibra de vidrio son las más utilizadas, puesto que ofrecen buena resistencia mecánica y aislamiento, y son relativamente económicas.

**Figura 7 Placas de circuito impreso PCB**



Fuente: <http://bullt1980.blogspot.com/2008/08/circuito-impreso.html>

**4.2.4 Sustratos** los sustratos de los circuitos impresos utilizados en la electrónica de consumo de bajo costo, se hacen de papel impregnados de resina fenólica, a menudo llamados por su nombre comercial Pértinax. Usan designaciones como XXXP, XXXPC y FR-2. El material es de bajo costo, fácil de mecanizar y causa menos desgaste de las herramientas que los sustratos de fibra de vidrio reforzados. Las letras "FR" en la designación del material indican "retardante de llama" (*Flame Retardant* en inglés).

**4.2.4.1 Características mecánicas sustratos:** suficientemente rígidos para mantener los componentes.

Fácil de taladrar.

Sin problemas de laminado.

**4.2.4.2 Características químicas sustratos:** metalizado de los taladros.

Retardante de las llamas. No absorbe demasiada humedad.

**4.2.4.3 Características térmicas sustratos:** disipa bien el calor.

Coeficiente de expansión térmica bajo para que no se rompa.

Capaz de soportar el calor en la soldadura.

Capaz de soportar diferentes ciclos de temperatura.

**4.2.4.4 Características eléctricas sustratos:** constante dieléctrica baja para tener pocas pérdidas.

Punto de ruptura dieléctrica alto.

### **4.3 PARÁMETROS DE DISEÑO CIRCUITOS IMPRESOS.**

Los diseñadores de circuitos impresos a menudo utilizan programas de diseño electrónico automatizado (EDA por sus siglas en inglés), para distribuir e interconectar los componentes. Estos programas almacenan información relacionada con el diseño, facilita la edición, y puede también automatizar tareas repetitivas.

La primera etapa es convertir el esquemático en una lista de nodos (o net list en inglés). La lista de nodos es una lista de los pines (o patilla) y nodos del circuito, a los que se conectan los pines de los componentes. Usualmente el programa de captura de esquemáticos, utilizado por el diseñador del circuito, es responsable de la generación de la lista de nodos, y esta lista es posteriormente importada en el programa de ruteo.

El siguiente paso es determinar la posición de cada componente. La forma sencilla de hacer esto es especificar una rejilla de filas y columnas, donde los dispositivos deberían ir. Luego, el programa asigna el pin 1 de cada dispositivo en la lista de componentes, a una posición en la rejilla. Típicamente, el operador puede asistir a la rutina de posicionamiento automático al especificar ciertas zonas de la tarjeta, donde determinados grupos de componentes deben ir. Por ejemplo, las partes asociadas con el sub-circuito de la fuente de alimentación se le podría asignar una zona cercana a la entrada al conector de alimentación. En otros casos, los componentes pueden ser posicionados manualmente, ya sea para optimizar el desempeño del circuito, o para poner componentes tales como perillas, interruptores y conectores, según lo requiere el diseño mecánico del sistema.



#### **4.4 MÉTODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS.**

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.

El fotograbado utiliza una fotomecánica y grabado químico para eliminar la capa de cobre del sustrato. La fotomecánica usualmente se prepara con un foto-plotter, 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.

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 y Z. Los datos para controlar la máquina son generados por el programa de diseño, y son almacenados en un archivo en formato especial, por ejemplo en HPGL o Gerber.

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.

**4.4.4 Maquinas industriales que intervienen en la fabricación de PCB**  
perforadoras de control numérico con cambio automático de mechas.

Perforadora de control numérico 6 de 4 cabezales.

Laminadora.

Iluminadora de 2 x 1000W de una bandeja doble faz.

Iluminadora 60/75 de 2 x 5000W de doble bandeja doble faz.

Reveladora de fotopolímeros de 4 cámaras.

Desplacadora de fotopolímeros de 4 cámaras.

Grabadora amoniacal de 2 cámaras + doble enjuague.

Grabadora amoniacal.

Impresoras serigráficas semiautomáticas.

Impresora.

Pulidoras simple.

Pulidora.

Fotoploter de película continua de triple rayo láser.

Reveladora continua de películas fotográficas.

Router de control numérico de 1 cabezal de capacidad de 600 x 600 mm.

Perforadora / apinadora de doble cabezal.

Compresores de pistón seco de 10 HP.

Compresor de tornillo de 30 HP.

Guillotina.

Hornos de secado.

Afiladora de mechas de vidia de 6 piedras.

Máquina de V-scoring.

Reveladora con 2 cámaras de enjuague.

Máquina Bonding de cuatro cabezales.

#### **4.5 CONTROL NÚMÉRICO COMPUTARIZADO CNC**

Es un dispositivo o control computarizado que se puede emplear para cualquier tipo de máquina de herramienta (torno o fresadora), donde las acciones son controladas mediante el procesamiento de información numérica o simbólica, definida por intermedio de un programa. Está determinado como la operación secuencial y dimensional de una máquina por medio de información numérica codificada y registrada en cintas perforadas, cintas magnéticas o unidades de disco.

**4.5.4 Antecedentes históricos:** fue en 1952 cuando a solicitud de la fuerza aérea norteamericana el Technology Massachusset Institute desarrolla la primera máquina de Control Numérico con el fin de fabricar aquellas piezas de los aviones de guerra, de especial dificultad y alta precisión.

Debido a su alto costo y su onerosa manutención, dichas máquinas no tuvieron mucha aceptación por parte de las industrias de la época, todo esto hasta el año 1975 en el cual entran en funcionamiento los microprocesadores o micro-chips, los cuales disminuyeron el volumen del computador, convirtiéndolas en máquinas más versátiles, accesibles y atractivas para las industrias.

**4.5.5 Estructura:** los componentes son Mando – Motores de avance – Husillos – Sistemas de mediciones.

Y los elementos básicos del control numérico son: el programa, que contiene toda la información de las acciones a ejecutar.

El decodificador, que interpreta estas instrucciones, las convierte en señales correspondientes para los órganos de accionamiento de la máquina y comprueba los resultados.

La máquina, que ejecuta las operaciones previstas.

**4.5.6 Características:** generales.

Control punto a punto, paraxial o contorneado.

Dotadas de microprocesadores y función principal.

Ejes controlados simultáneamente.

Interpolación lineal, circular, 3D, cilíndrica, helicoidal, cónica, cúbica

Campo de desplazamiento e interpolación.

Precisión de entrada y salida.

Sistemas de unidades: métrico, ingles.

Sistema de medida: absoluto e incremental.

Desplazamiento rápido.

Autómatas, programables incorporados.

Funciones auxiliares: preparatorias y tecnológicas programables. Limitación de la velocidad del cabezal.

Parada orientada del cabezal.

Batería y plazo del mantenimiento de datos de memoria.

De programación.

Entrada manual de datos por teclado.

Edición y corrección de programas, bloques y caracteres.

Gráfico para facilitar entrada de programas.

Textos en pantalla en distintos idiomas.

Modos de operación automático: bloque, repeticiones, enseñanza, en vacío manual.

Correcciones.

Corrección de la herramienta según geometría y desgaste.

Corrección del radio de corte de la herramienta.

Compensación del juego mecánico en cada eje.

Compensación de errores de paso de los huesillos.

Visualización:

Tamaños de pantalla del monitor

Textos: idiomas.

Comentarios: cantidad de caracteres.

Visualización de secuencias de programas.

**4.5.7 Ventajas:** con relación a las máquinas convencionales el C.N.C presenta las siguientes ventajas: menor tiempo para elaborar una pieza (productividad).

Mayor repetitibilidad.

No se requiere habilidad manual.

Se puede utilizar varias herramientas de manera automática.

Se pueden controlar varios ejes en forma simultánea

Fabricación de piezas muy difíciles de procesar.

## **4.6 Microcontroladores**

**4.6.1 Definición:** el microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria para gobernar una tarea que no se puede modificar. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.

**4.6.2 Arquitectura:** los microcontroladores PIC basados en la arquitectura RISC (Set de Instrucciones Reducido), contemplan la mayoría de las características de esta arquitectura. Entre ellas se pueden destacar, set de instrucciones homogéneo, reducido número de instrucciones y alta velocidad.

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, en la actualidad se impone la Arquitectura Harvard.

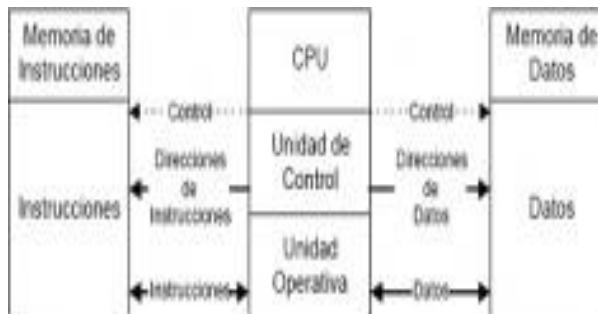
**Figura 8 Arquitectura Von Neuman**



Fuente: [http://www.ecured.cu/index.php/Microcontroladores\\_PIC](http://www.ecured.cu/index.php/Microcontroladores_PIC).

La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal, donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

**Figura 9 Arquitectura Harvard**



Fuente: [http://www.ecured.cu/index.php/Microcontroladores\\_PIC](http://www.ecured.cu/index.php/Microcontroladores_PIC).

La arquitectura Harvard empleada en los microcontroladores actuales, dispone de dos memorias independientes: una que contiene sólo instrucciones y otra sólo datos.

Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas



memorias, todo esto propicia que se mejore el ancho de banda con respecto a la arquitectura tradicional.

**4.6.3 Dispositivos que componen un microcontrolador:** CPU: unidad central de procesamiento (cerebro).

MEMORIA RAM: memoria de acceso aleatorio, memoria de datos volátiles, ante fallos de alimentación el contenido se pierde.

MEMORIA ROM: memoria de solo lectura, se encuentran en esta memoria instrucciones, registros y programas, se puede programar o borrar eléctricamente sin necesidad de circuitos especiales.

PUERTAS DE ENTRADA Y SALIDA: conexiones con el mundo exterior, pueden ser sensores, led, motores, tiristores, opto acopladores, relés, entre otros.

**4.6.4 Recursos auxiliares:** Temporizadores programables (Timer's): Si se requiere medir períodos de tiempo entre eventos, generar temporizaciones o salidas con frecuencia específica, etc.

Convertidores análogo a digital (A/D): En caso de que se requiera medir señales analógicas, por ejemplo temperatura, voltaje, luminosidad, etc. 49

Memoria EEPROM: Para desarrollar una aplicación donde los datos no se alteren a pesar de quitar la alimentación, que es un tipo de memoria -Comunicaciones seriales: Cuando se necesita establecer comunicación con otro microcontrolador o con un computador.

Técnica llamada de "Interrupciones": Cuando una señal externa activa una línea de interrupción, el microcontrolador deja de lado la tarea que está ejecutando, atiende dicha interrupción, y luego continúa con lo que estaba haciendo

Salidas PWM (modulación por ancho de pulso: para quienes requiere el control de motores DC o cargas resistivas, existen micros que pueden ofrecer varias de ellas dicha interrupción, y luego continúa con lo que estaba haciendo.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.2 TIPO DE ESTUDIO**

La orientación de este proyecto es básicamente de tipo adaptación, ya que se basa en el trabajo de conexión del conocimiento aplicado a la elaboración de circuitos al sacar provecho de las herramientas y experiencias de los involucrados.

### **5.3 MÉTODO**

En el proyecto se utiliza el método científico (Investigación GARPE), aprovechando las fortalezas y orientaciones de los asesores del grupo de investigación que luego serán replica para la comunidad universitaria sacando provecho de lo desarrollado en el proyecto.

### **5.4 POBLACIÓN**

La población objetivo del proyecto son principalmente para los estudiantes de tecnología mecatrónica de la Institución universitaria Pascual Bravo de la ciudad de Medellín para atender la necesidad de sus estudiantes en las diversas asignaturas como son: robótica, circuitos digitales, servomecanismos o electiva 2

o cualquiera otra materia la cual requiera de circuitos o montajes de estos en sus proyectos.

## **5.5 MUESTRA**

No se requiere de realizar muestreo ya que no se pretende consultar a los estudiantes si están de acuerdo con el proyecto o no, lo que se pretende es brindarles herramientas para que puedan interactuar con el medio ya sea industrial o pedagógico. Se conoce y es muy bien visto que la tecnología mecatrónica de la Institución Universitaria Pascual Bravo no cuenta con las herramientas o laboratorios totalmente dotados para impartir la academia a sus estudiantes y futuros profesionales.

## **5.6 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

**5.5.1 Fuentes primarias** para este proyecto se contaría en su ejecución con trabajo de campo y con la asesoría constante del grupo de investigación por medio de sus representantes que son maestros del Tecnológico Pascual Bravo I.U.

Docente Carlos Valencia coordinador del grupo de investigación GARPE y profesor de las asignaturas de PLC – Servomecanismos – Micro controladores.

**5.5.2 Fuentes secundarias** es la información recolectada en libros, internet, catálogos referentes a los elementos que componen a una CNC como también de los elementos que constituyen un circuito impreso.

## 5.7 PROCEDIMIENTOS

El proyecto estará orientado bajo el siguiente esquema de trabajo.

Recopilación de la información: se desarrolla con la intención de recopilar la mayor cantidad de información concerniente a las necesidades y potencialidades del proyecto dentro de la comunidad universitaria pascualina.

Depuración de la información

Diseño: contara con diagramar, orientar, proyectar a lo que se pretende construir o producir que en este caso es un equipo para la fabricación de circuitos impresos por medio de una CNC

Adquisición: Es la consecución de información técnica, equipos e herramientas para la construcción del equipo que se visualizó en el diseño.

Realización o ejecución del proyecto.

Verificación de funcionamiento del equipo o prototipo con respecto a todos sus componentes integrados.

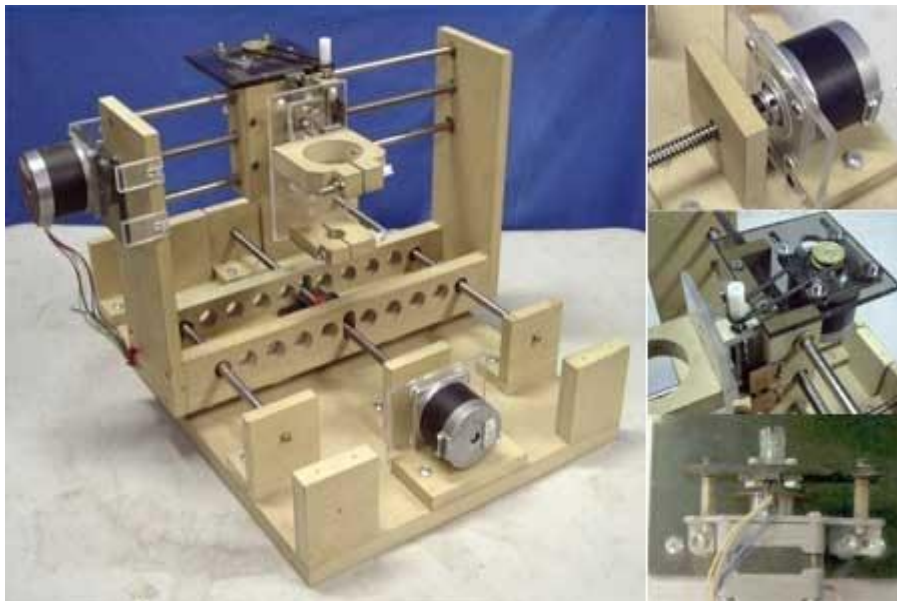
## 6 DESARROLLO DE TRABAJO

### 6.2 SELECCIÓN DE PROTOTIPO.

El control numérico se inventó para adaptar las variaciones en la configuración de los productos. El torno es uno de los ejemplos más importantes de automatización en la fabricación de componentes metálicos. El control numérico (CN) es una forma de automatización programable en la cual el equipo de procesamiento se controla a través de números, letras y otros símbolos. Cuando la tarea en cuestión cambia, se cambia el programa de instrucciones.

En la recopilación de la información se encontró con diversos modelos que dieron una idea del diseño final que se pretendería para su construcción.

**Figura 10. Router CNC casero para fresado de placas PCB**



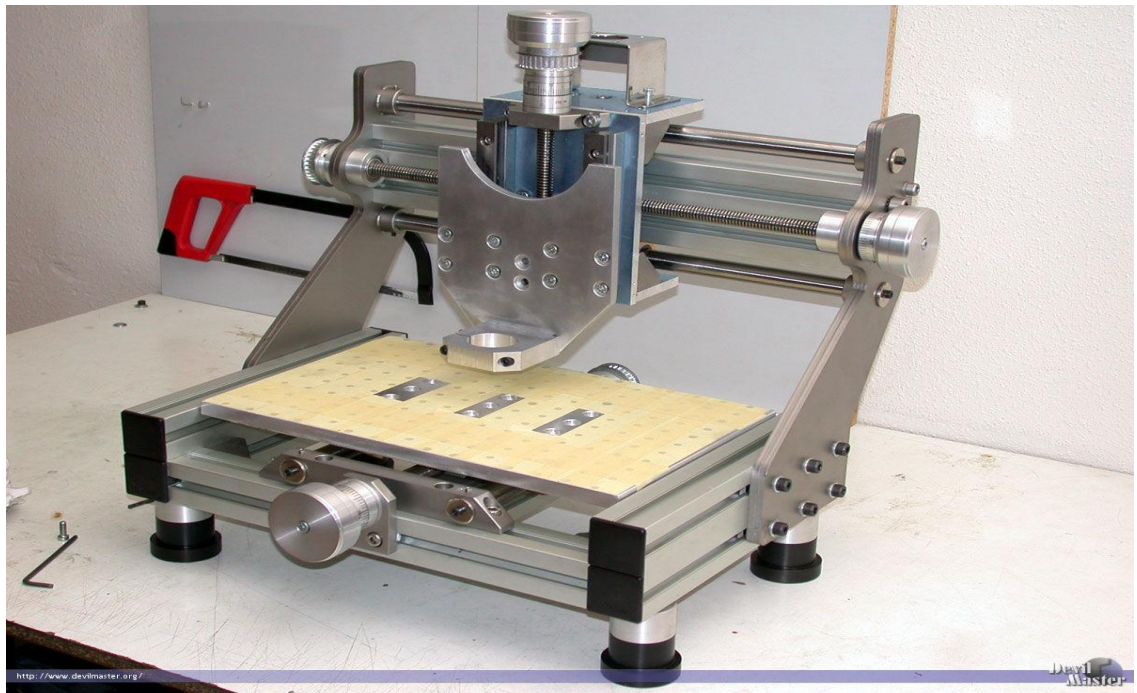
Fuente: <http://blog.bricogeek.com/noticias/diy/router-cnc-casero-para-fresado-de-placas-pcb/>

**Figura 11 CNC con armazón de Aluminio.**



Fuente: <http://blog.bricogeek.com/noticias/diy/video-cnc-casera-fresando-y-perforando-una-pcb/>

**Figura 12 CNC**



Fuente: <http://electronico-etn.blogspot.com/2010/04/cnc-control-numeric.html>

Como se visualizo en las imágenes anteriores hacen referencia a CNC que se denominan caseros por su concepción de poco volumen y relativos bajos costos con los denominados industriales y de trabajo pesado. Ante esta visualización con lo que se pretendía que un proyecto pedagógico para la comunidad universitaria y orientado por el grupo de investigación GARPE.

Se plantearon algunas condiciones de diseño como son esquema simple y fácil de interpretar, lo cual el diseño no debe ser complejo en su concepción, sin procesos muy elaborados ya que pueden generar en costos de fabricación y montaje.

Visualización: se entiende como el concepto de poder observar al detalle el funcionamiento del equipo sin obstaculización visual. Ya que es con fines pedagógicos, los estudiantes puedan observar detenidamente sus principales funciones de movimiento y conexiones eléctricas de sus motores.

Materiales de fácil obtención o consecución en el mercado electrónico y de repuestos, chasis y estructura.

Acabados atractivos ya que por ser funcionales no se sacrifique la estética del equipo, ser agradable su aspecto, llamativo al ojo de la gente del común como de los estudiantes de la rama, demostrando que también se esmera en desarrollar equipos prácticos.

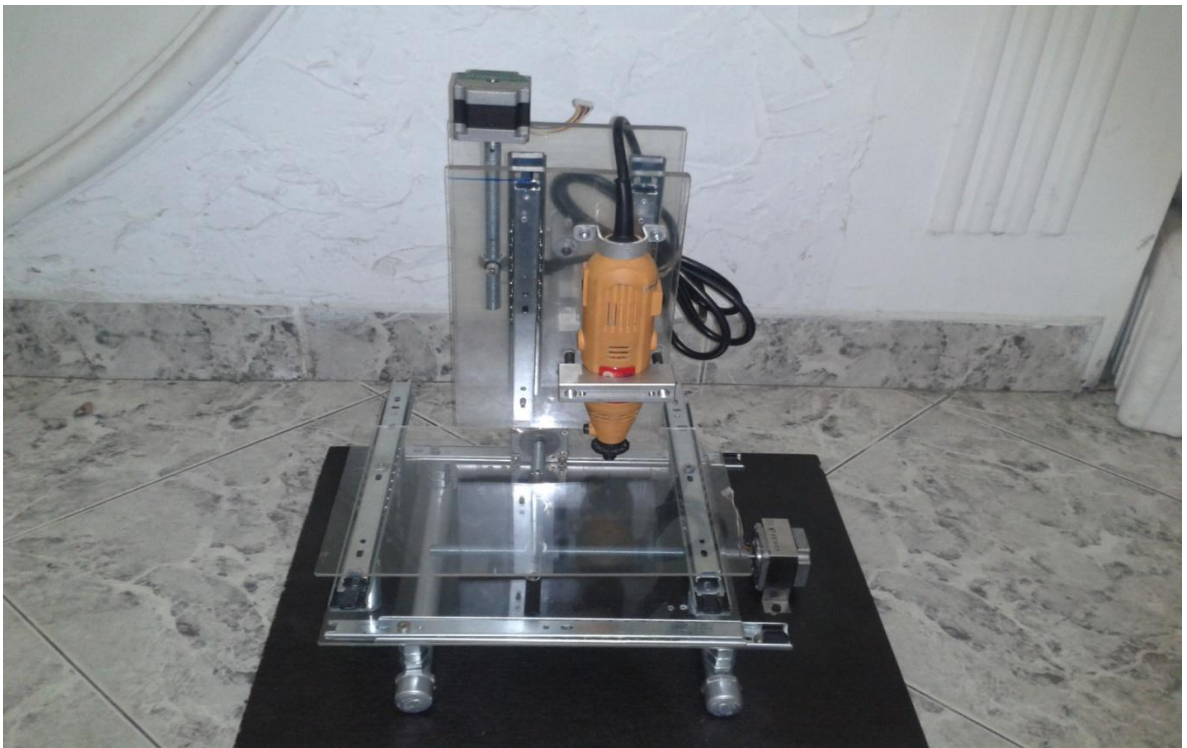
Fusión de conceptos, es poner en coherencia todo el esquema donde uno sea complemento del otro.

Dando como resultado el siguiente aspecto del proyecto, el cual predomina el acrílico ya que permite visualizar sus piezas internas y generadores de movimiento.



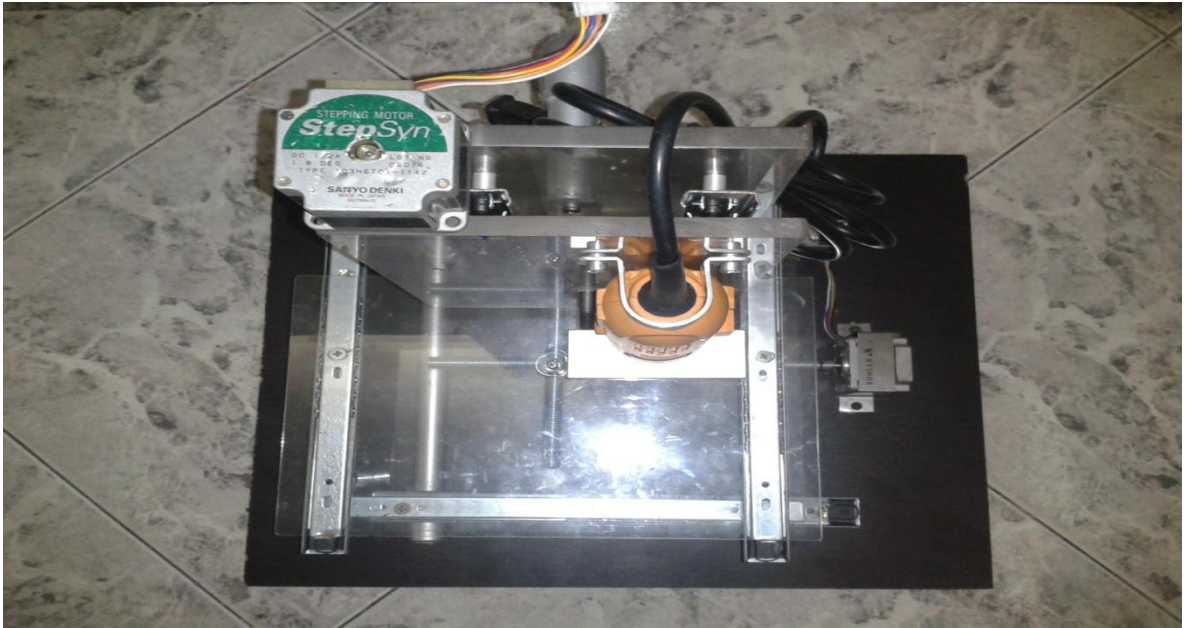
Diseño donde se simplifica el movimiento en las tres coordenadas X – Y – Z.  
Volumen reducido del equipo ya que es para el desarrollo de componentes eléctricos de dimensiones de 20 cm X 20 cm.

**Figura 13. Proyecto Implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por un CNC**



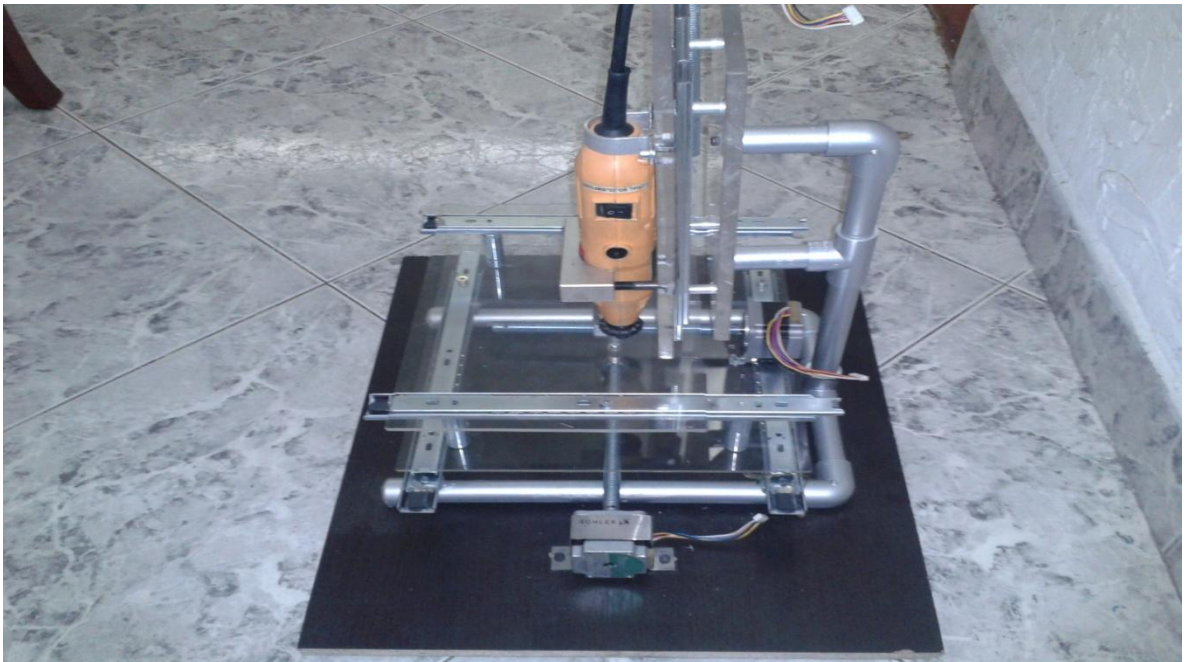
Fuente: Grupo de Investigación GARPE

**Figura 14. Proyecto Implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por un CNC**



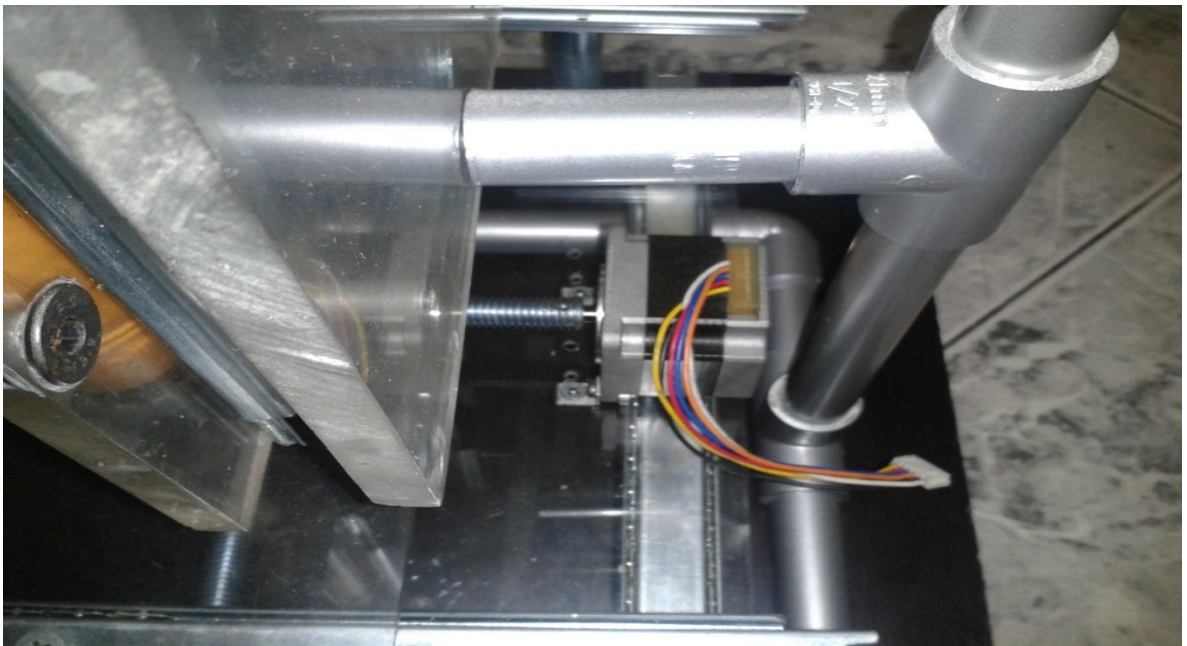
Fuente: Grupo de Investigación GARPE

**Figura 15 Proyecto Implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por un CNC**



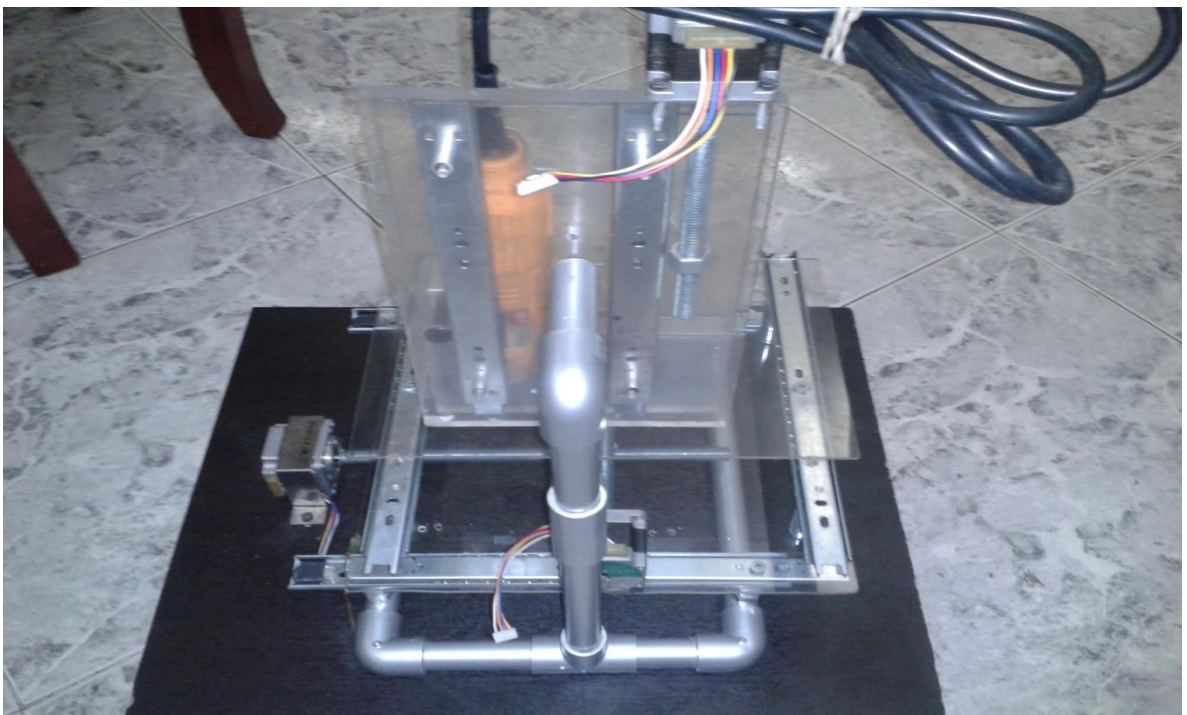
Fuente: Grupo de Investigación GARPE

**Figura 16. Proyecto Implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por un CNC**



Fuente: Grupo de Investigación GARPE

**Figura 17 Proyecto Implementación de un sistema para fabricación de circuitos impresos por un CNC**



Fuente: Grupo de Investigación GARPE

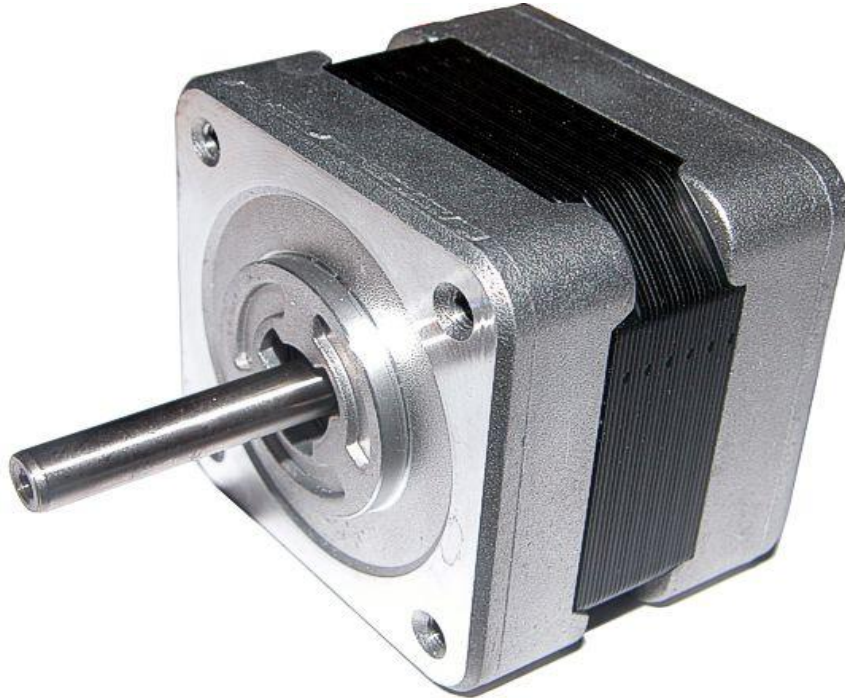
Como se detallo en las figuras se trato de cumplir con el esquema y las directrices planteadas en el diseño del equipo, en su aspecto físico y de chasis (Montaje de piezas).

### **6.3 HARDWARE**

El hardware de un ordenador lo componen todas las partes físicas y tangibles que componen todo el sistema que hace posible el funcionamiento del proceso de datos. Entre las partes más importantes que componen el hardware de un ordenador se encuentra el procesador o microprocesador, antiguamente conocido como CPU ( Unidad Central de Procesamiento), que es el cerebro o corazón del sistema, por el cual pasan todos los datos, la placa base, o placa madre, que contiene todos los circuitos que interconectan los componentes del hardware.

El montaje de la CNC cuenta con 3 motores PAP (Paso a paso) para controlar la movilidad en los tornillos sin fin y generar los desplazamientos de los ejes en sus coordenadas X – Y – Z para poder cumplir con su funcionalidad de impresión de circuitos.

**Figura 18. Motor Paso a Paso (PaP)**



Fuente: <http://www.superrobotica.com/S330300.htm>

Motor paso a paso unipolar de 2 fases, resulta ideal para aplicaciones generales y de robótica, así; como en posicionadores, sistemas rotativos, desplazadores, maquinas automáticas, etc. Además por su tamaño y características también es muy adecuado para la tracción de robots cuyos movimientos tengan que ser altamente precisos.

#### **6.4 TARJETA CON PIC GENERICO 16FXX**

Es una tecnología muy ampliamente utilizada en la Institución Universitaria Pascual Bravo y en sus diferentes series que representan su funcionalidad.

Considerando el momento actual, comparando los parámetros fundamentales con los modelos comerciales de otros fabricantes y las aplicaciones más habituales a las que se destinan los microcontroladores, la elección de una versión adecuada de PIC es la mejor solución, atendiendo a sus principales ventajas:

Bajo costo.

Bajo consumo de potencia.

Alta inmunidad al ruido.

Distintos modelos adecuados para cada necesidad.

Herramientas de desarrollo gratuitas.

Fácil de empezar a usar.

Abundante información técnica gratuita oficial y de terceros (ambas por Internet).

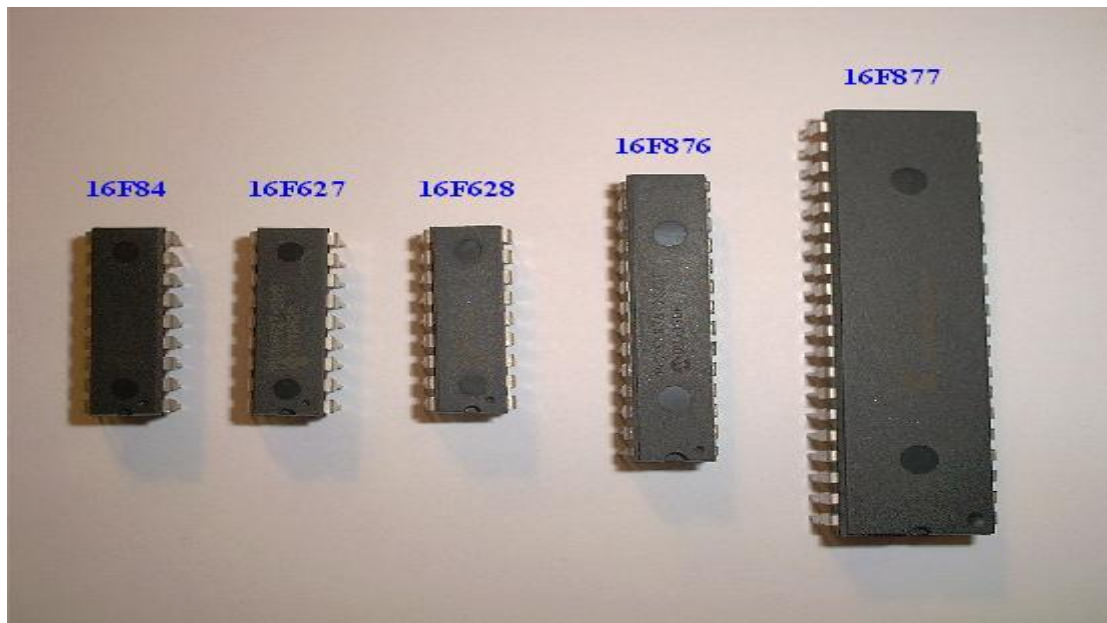
Circuito de vigilancia tipo perro guardián (watch dog timer o WDT).

Modelos con conversores A/D.

Modelos con salida PWM (modulación de anchura de pulsos).

Modelos con varios temporizadores internos.

Figura 19. Familia de PIC 16FXX



Fuente: <http://masqueuncircuitopic.blogspot.com/>

Figura 20 Tarjeta con PIC genérico 16FXX



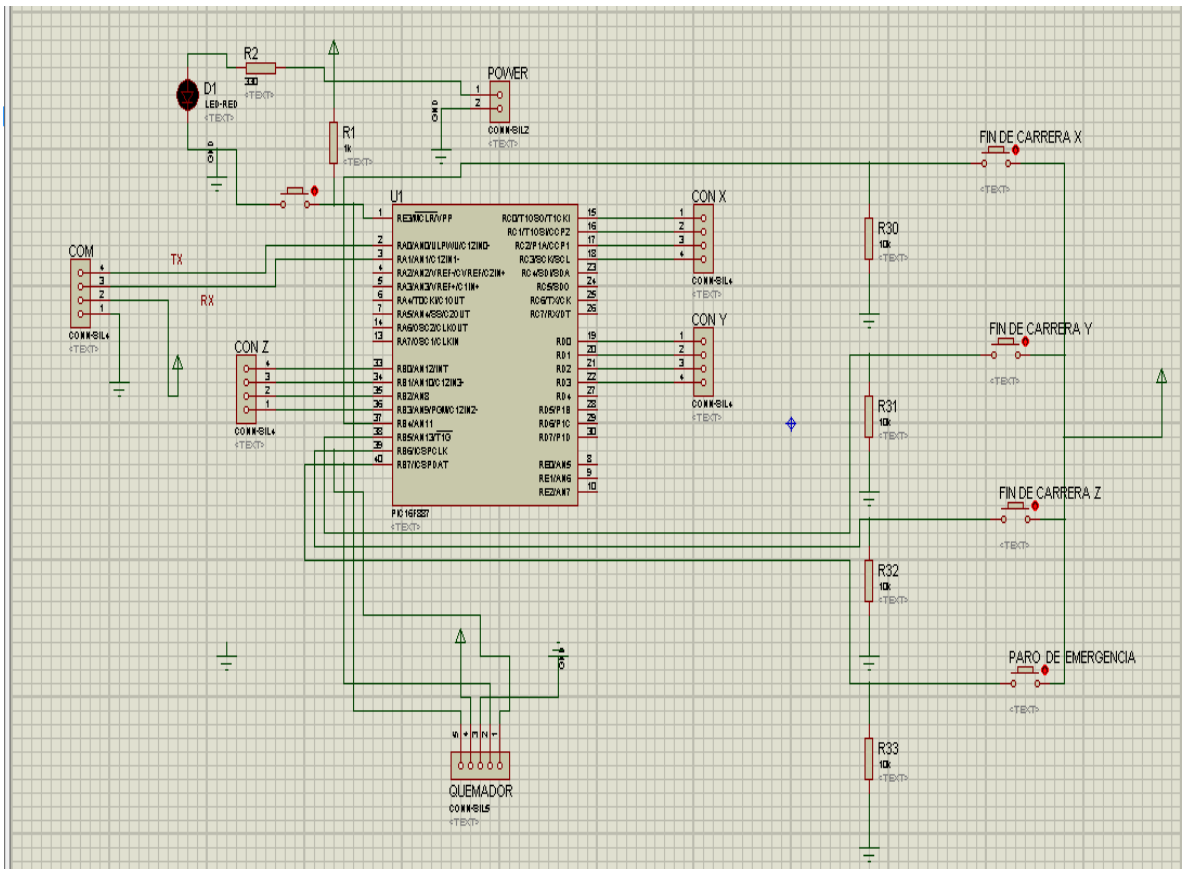
Fuente: [http://www.micropik.com/pag\\_varios\\_entrenadores.htm](http://www.micropik.com/pag_varios_entrenadores.htm)

## 6.4 ESQUEMA ELECTRICO EN PROTEUS IMPRESOR DE CIRCUITOS

Se desarrolla el esquema eléctrico en el software Proteus para de esta manera visualizarlo antes de plasmarlo en lo físico y también sirve para hacer pruebas con la programación del PIC y corroborar que está cumpliendo con las directrices señaladas ya que realizar montajes de prueba y error en lo físico generaría pérdida de tiempo y de recursos.

La utilización de este software nos da múltiples ideas de ensayos simulados para satisfacer las condiciones de operación del equipo.

Figura 21. Esquema Eléctrico del Impresor de Circuitos en CNC



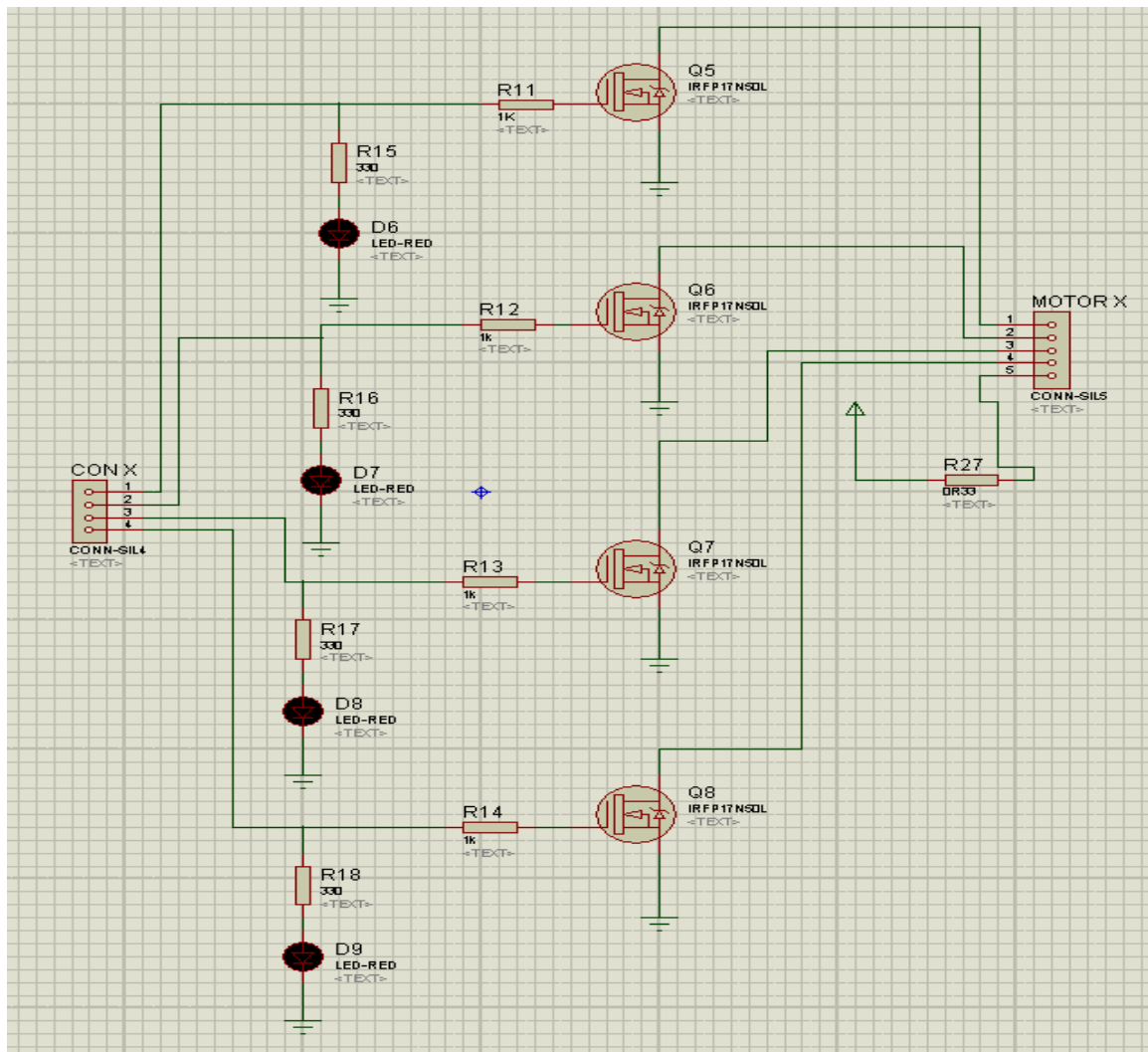
Fuente: Grupo de Investigación GARPE



## 6.5 DIAGRAMA DE POTENCIA IMPRESOR DE CIRCUITOS

Este diagrama nos brinda la posibilidad de observar cómo se alimenta de energía los actuadores que en este caso son los motores Paso a Paso. Observar caídas de voltaje o corrientes en los diferentes tramos del circuito de potencia por medio de la simulación y utilizando las herramientas de medición que cuenta este tipo de software como apoyo a la ejecución del prototipo.

Figura 22. Diagrama de Potencia Impresor de Circuitos en CNC



Fuente: Grupo de Investigación GARPE

## 6.6 SOFTWARE – PROGRAMACIÓN DEL PIC 16F887

El programa que se compila en el Proteus para simular las aplicaciones del CNC en sus 3 ejes de movimiento X - Y – Z se ve reflejado en la activación de sus actuadores por lo se requiere un programa como el siguiente basado en pulsadores.

Programa del PIC 16F887 que controla el Impresor de Circuitos.

```
#include<16f887.h>
#use delay(clock=4000000)
#byte trisa=0x85
#byte trisb=0x86
#byte porta=0x05
#byte portb=0x06
#byte portc=0x07
#byte trisc=0x87
#byte portd=0x08
#byte trisd=0x88

#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_A0,rcv=PIN_A1,bits=8)
void main()
{ long int volt;

int contx,conty,contz;           // Declaración de variables
char dato;

contx=conty=contz=1;
trisb=0b11110000;              // Configuración de puertos
trisc=0;
```

```

trisd=0;
trisa=0b00000010;
porta=portb=portc=portd=0;
setup_oscillator(OSC_INTRC | OSC_4MHZ | OSC_STATE_STABLE);
salto:
dato=getch();
printf("%c %d " ,dato,contx);

switch(dato)
{

case 'A'; // Desplazamiento +X
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

switch(contx)
{
case 0x01:

portc=0b00000001; // Habilitaciones de pines accionamiento en -X
contx=contx+1;
break;
case 0x02:
portc=0b00000010;
contx=contx+1;
break;

case 0x03:
portc=0b00000100;
contx=contx+1;
break;

case 0x04:
portc=0b00001000;

```

```

contx=1;
break;

}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
break;
case 'B':                                     //      Desplazamiento – X.

//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
switch(contx)
{

case 1:

portc=0b00000001;
contx=4;
break;

case 2:
contx=contx-1;
portc=0b00000010;                          //      Habilitaciones de pines accionamiento en -X
break;

case 3:
contx=contx-1;
portc=0b00000100;
break;

case 4:
contx=contx-1;
portc=0b00001000;

```

```

break;
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
break;

case 'C':                //    Desplazamiento +Y.
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

switch(conty)
{
case 0x01:

portd=0b00000001;
conty=conty+1;
break;

case 0x02:
portd=0b00000010;      //    Habilitaciones de pines accionamiento en +Y
conty=conty+1;
break;

case 0x03:
portd=0b00000100;
conty=conty+1;
break;

case 0x04:
portd=0b00001000;
conty=1;
break;

}

```

```

break;
case 'D':                                     //      Desplazamiento – Y.

//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
switch(conty)
{
case 1:
portd=0b00000001;
conty=4;
break;

case 2:
conty=conty-1;
portd=0b00000010;           //      Habilitaciones de pines accionamiento en –Y.
break;

case 3:
conty=conty-1;
portd=0b00000100;
break;

case 4:
conty=conty-1;
portd=0b00001000;

break;
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
break;

```

```

case 'E':                                     //      Desplazamiento +Z
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

switch(contz)
{
case 0x01:

portb=0b00000001;
contz=contz+1;
break;

case 0x02:
portb=0b00000010;           //      Habilitaciones de pines accionamiento en +Z.
contz=contz+1;
break;

case 0x03:
portb=0b00000100;
contz=contz+1;
break;

case 0x04:
portb=0b00001000;
contz=1;
break;

}

break;

case 'F':                                     //      Desplazamiento - Z

```

```

//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
switch(contz)
{
case 1:
portb=0b00000001;
contz=4;
break;

case 2:
contz=contz-1;
portb=0b00000010;           //   Habilitaciones de pines accionamiento en -Z
break;

case 3:
contz=contz-1;
portb=0b00000100;
break;

case 4:
contz=contz-1;
portb=0b00001000;

break;
}
//xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
break;

}
goto salto;
}

```



## 7 RECURSOS.

### 7.1 RECURSOS HUMANOS

Conformado por los integrantes que optan por el grado de Tecnólogo Mecatrónico de la I.U Pascual Bravo y por los asesores de la parte técnica como la de forma y contenido del trabajo de grado.

**Tabla 1 Recurso humano**

Nombre	Profesión	Cargo
Mauro Echavarría Galeano	Tecnólogo Mecatrónico	Investigador
Ricardo Antonio Gómez M.	Tecnólogo Mecatrónico	Investigador
Jaime Andrés Quintero	Tecnólogo Mecatrónico	Investigador
Mauricio Velásquez	Profesor Proyecto Grado	Asesor
Carlos Alberto Valencia	Profesor. Representante GARPE	Asesor Técnico

Fuente: Grupo de Investigación GARPE

## 7.2 RECURSOS TECNICOS

Tabla 2 Recurso Técnico

Equipos	Cantidad	Valor	Ubicación
Equipos de medición		Ninguno	Oficina GARPE
Herramientas mecánicas convencionales		Ninguno	Oficina GARPE
Computador - Voltmetro – PIC etc.		Ninguno	Oficina GARPE
Tubería flexible	2mt	\$ 5000	Oficina GARPE
Motores Paso a Paso	3	\$ 120000	Oficina GARPE
Motor Tool	1	\$170000	Oficina GARPE
Elementos de sujeción	3	\$ 10000	Oficina GARPE
Rieles	6	\$ 35000	Oficina GARPE
Tornillos sin fin	3	\$ 3000	Oficina GARPE
Acrílicos	3 (50cmx50cm)	\$ 30000	Oficina GARPE
Accesorios tuberías Codos- uniones	4 unidades	\$ 8000	Oficina GARPE

Fuente : Grupo de investigación GARPE

Los demás artículos utilizados en el montaje de la CNC se consiguieron de remanentes o excedentes de fábrica, educativos o de proyectos con anterioridad donde sobraron artículos o se desmantelaron para darle ejecución a este.

## 8 CONCLUSIONES

El aprendizaje de la robótica, implica el uso y apoyo de distintos recursos tecnológicos y didácticos, así como de estrategias pedagógicas que permitan un aprendizaje significativo, interactivo y autodidacta.

En el desarrollo de la línea de Investigación de I.U. Pascual Bravo se puede hacer referencia a la importancia que tiene ella como proceso de aprendizaje; ya que la misma posee una gama de características fundamentales y que se estrechan de manera muy compacta para poder captar la información o para lograr los objetivos propuestos y con ello mostrarnos las diferentes alternativas que se pueden explorar con un mismo proyecto.

Ser persistente y descubrir nuevos caminos para el desarrollo de equipos que puedan mejorar la calidad de la información impartida por los docentes de la institución brindándoles equipos de apoyos didácticos.

La pedagogía impartida sin práctica o herramientas que permitan visualizar al estudiantado lo teórico en un ambiente de simulación industrial, queda a medias ya que necesitamos es empaparnos del tema, de los equipos, de las funcionalidades y de los errores de ellas; para ser más competitivos profesionalmente

La creatividad e innovación ofrecida por la I.U Pascual Bravo por medio de su grupo de Investigación GARPE brindo mecanismos de visualizar diferentes caminos e imponerse nuevos retos para afrontar satisfactoriamente este proyecto.

Se reevaluaron algunos conceptos teóricos que no se tenían claros y que son importantes, logrando un buen resultado al ser implementados en el diseño y construcción del prototipo.

Ser claros en lo que se pretende en la concepción del diseño del prototipo de la CNC para la impresión de circuitos fue clave para saber los límites, necesidades a satisfacer, funcionalidad del equipo y desarrollo pedagógico que se verá enfrentado este cuando se ponga en funcionamiento y aprendizaje de la comunidad universitaria para su fortalecimiento de conceptos teóricos – prácticos.

Durante el desarrollo y culminación del proyecto se requiere enfatizar en todo los componentes académicos de diferentes ramas como son la mecánica, electrónica y programación que se requirieron, dando fortalecimiento el porqué? De la necesidad de formar Tecnólogos mecatrónicos, que están para proporcionar soluciones a problemas a nivel de equipos pedagógicos y de gran versatilidad.

Se espera ahora que con la culminación del desarrollo de este prototipo la Institución Universitaria Pascual Bravo logró un avance tecnológico importante, además de continuar apoyando a su grupo de investigación GARPE para que continúe asistiendo a eventos nacionales e internacionales demostrando una vez más la calidad en sus programas. Ejemplo de ello es su participación en el evento Salón de Inventores que se desarrolla cada año en nuestra ciudad Medellín.

## RECOMENDACIONES

Conocer la maquina, antes de realizar cualquier movimientos o adecuación del mismo.

Revisar y verificar la alimentación eléctrica del equipo desde el tablero de distribución “breaker”.

Verificar los ruidos extraños en los motores con los tornillos sin fin o actuadores de avances

La manipulación y uso del mantenimiento en el CNC está permitido a los aprendices bajo la supervisión de los responsables, esto para disminuir o evitar cualquier tipo de riesgo o accidente.

Desgastes en las guías de la bancada, verificar el juego en el husillo principal.

Asegúrese de que no haya aflojado o desconectado ninguna conexión mientras realizo el mantenimiento o chequeo del equipo.

Revise todas las funciones iniciales, con ello podrá ser capaz de prevenir una posible falla a futuro, verificar el desplazamiento en cada unos de sus eje so coordenadas antes de programar una tarea o labor para esta manera determinar cuál será el mejor proceder ya sea para alinear, ajustar o en su defecto repara.

## BIBLIOGRAFIA

ACUÑA, Ana Lourdes. Robótica y Aprendizaje por diseño. Fundación Omar Dengo-Costa Rica. Recuperado 16 de septiembre de 2010 de <http://www.educoas.org/portal/bdigital/lae-ducacion/home.html>

ÁREA, M. (2005). Internet y la calidad de la educación superior en la perspectiva de la convergencia europea. *Revista Española de Pedagogía*, 63 (230), 85-100.

ÁREA, M. (2003). Internet en la docencia universitaria: Web docentes y aulas virtuales. Guía didáctica. Recuperado 15 octubre 2012 a <http://webpages.ull.es/users/manarea/guiadidacticawebs.pdf>

AREA, M. SANABRIA, A.L. y GONZÁLEZ, M. (2008). Aulas virtuales y ECTS: una experiencia analizada desde la perspectiva del alumnado. Del Moral, M.E. y Rodríguez, R. (eds.), *Experiencias docentes y TIC* (pp. 59-76). Oviedo: Universidad de Oviedo.

AUSUBEL, N.H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo* (2a ed.). México, Ed. TRILLAS.

BARANDIARAN, Xavier. Y Otro (2003). Conceptual and methodological blending in cognitive science. The role of simulated and robotic models in scientific explanation. In Volume of abstracts of the 12th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science, Oviedo (Spain), August 7-13, 2003. 171.

BOSCO, A. (2005). Las TIC en los procesos de convergencia europea y la innovación en la Universidad: oportunidades y limitaciones. *Aula Abierta*, 86, 3-28.

BRAITENBERG, Valentino. (1984) *Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology* MIT Press, Cambridge, MA, 1984.

BROOKS, Rodney. (1991) *Intelligence without representation*, *Artificial Intelligence* 47, MIT Artificial Intelligence Laboratory. 139-159.

CAMACHO, M., MARÍN, B. y RÀFOLS, J. (2006). *Una comunidad virtual, para la formación docente*, *Cuadernos de Pedagogía*, 363, 108-113.

DI PAOLO, Ezequiel. (2003). *Organismically-inspired robotics: homeostatic adaptation and teleology beyond the closed sensorimotor loop*. in: K. Murase & T. Asakura (Eds) *Dynamical Systems Approach to Embodiment and Sociality*, *Advanced Knowledge International*. 103

ENGAUGE. (2003) *21st CENTURY SKILLS: LITERACY IN THE DIGITAL AGE* en Recuperado en 16 de Septiembre de <http://www.ncrel.org/engauge/skills/skills.htm>.

ESQUENBRE, F. (2004). *Creación de simulaciones Interactivas en JAVA*. Madrid, Ed. PrenticeHall.

GARCÍA, J. (2006), *Aplicación de Nuevas Tecnologías en el aprendizaje introductorio de la Contabilidad*. Rodríguez, R. y Hernández, J. (eds.), *Docencia Universitaria: Proyectos de Innovación Docente* (pp. 207-220). Oviedo: Universidad de Oviedo. 12 Girona, noviembre del 2009

GARRISON, D.R. y KANUKA, H.(2004). *Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education*. *Internet and Higher Education*, 7, 95-105.

GRAHAM, C.R. (2006). Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions. Bonk, C.J. y Graham, C.R. (eds.), Handbook of blended learning: Global Perspectives, local designs (pp. 3-21). San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing.

GUZMÁN, J.L., BERENGUEL, M., RODRÍGUEZ, F. y DORMIDO, S. (2005). Web-based remote control laboratory using a greenhouse scale model. Computer Applications in Engineering Education, 13(2):111–124. 104

HANNA, D. (2002). Nuevas perspectivas sobre el aprendizaje en la enseñanza universitaria. Hanna, D. (ed.), La enseñanza universitaria en la era digital (pp. 59-81). Barcelona: Octaedro.

HERNANDEZ Jaramillo, Víctor y otros. (2008). Automatización De Juguetes Desde El Aula: Una Mirada Desde Las Metodologías Activa Y Tradicional. Revista Cintex número 13. 60 -64

MARCELO, C. y Lavié, J.M. (2000). Formación y nuevas tecnologías. Posibilidades y Condiciones de la teleformación como espacio de aprendizaje. Bordón, 52 (3), 385-406.

MOLINA, S., Iglesias, M.T., y Diego, C. (2006). Desarrollo de la competencia “Gestión de la Información” en estudiantes de Pedagogía utilizando una plataforma virtual. Aula Abierta, 87, 147-170.

MORALES, P. (1995). La evaluación académica: conceptos y planteamientos básicos. Cuadernos monográficos del ICE, 2, Bilbao: Universidad de Deusto.

Pagina Web: recuperado el 10 de octubre 2012 <http://picmania.garcia->



Pagina Web: recuperado 10 de octubre 2012  
<http://es.scribd.com/doc/16185199/Mecanizado-CNC-Torno-y-Fresadora>

PAPERT, Seymour. (1981). MINDSTORNS: CHILDREN, COMPUTERS AND POWERFULL IDEAS. [Desafío de la Mente]. Buenos Aires, Galápagos. 195-197

RODRÍGUEZ, F., BERENGUEL, M., GUZMÁN, J.L. y DORMIDO, S. (2006). A virtual course on automation of agricultural systems. International Journal of Engineering Education, 22(6):1197–1209.

SÁNCHEZ, J., DORMIDO, S., y ESQUEMBRE, F. (2004). The learning of control concepts using interactive tools. Computer Applications in Engineering Education, 13(1):84–98.

TILDEN, Mark.(1994) LIVING MACHINES, Physics Division  
Los Alamos National Laboratory, Los Alamos.

TILDEN, Mark. The Evolution of Functional Robo-Ecologies, ARS Electronica 93 Proceedings, LINZ Press. 1993, 195-200.

Video de Robótica BEAM <http://www.youtube.com/watch?v=Nf1AoZfINIO>  
recuperado 10 de septiembre de 2012