

**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
"Francisco José de Caldas"  
Facultad Tecnológica**



**Formato para Propuesta de Proyecto de Grado de  
Tecnología Electrónica**

**Modalidad**

PASANTÍA  MONOGRAFÍA  INVESTIGACIÓN

**FRESADORA CONTROLADA POR CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO  
(CNC)**

**PROPONENTES**

Cristian David Ovalle Yusti Código: 20142573014

**DIRECTOR**

Aldemar Fonseca Velásquez

**REFERENCIA AL CONSEJO**

Este proyecto plantea el análisis, diseño e implementación de una fresadora básica para madera controlada por comandos CNC (control numérico computarizado) esta evaluado y elaborado bajo la modalidad de proyecto monografía, desarrollado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el grupo INTEGRÁ de la Facultad Tecnológica.

**DATOS DE ENLACE**

E-mail:cdoy13@hotmail.com

Teléfonos: 3143143195

**Espacio Exclusivo Consejo Curricular**

APROBADO  MODIFICAR  RECHAZADO

## FRESADORA CONTROLADA POR CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)

Observaciones.

---

---

---

---

---

---

---

---

Director del Proyecto  
Aldemar Fonseca Velásquez

---

Evaluador del Proyecto  
Frank Nixon Giraldo

---

Vo.Bo. Metodología  
Lely Luengas

Fecha de presentación: Septiembre de 2017

## INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

<b>Título: Fresadora Controlada por Control Numérico Computarizado (CNC)</b>		
<b>Estudiantes Proponentes:</b>  1  <b>Línea de Investigación:</b> Electrónica, automatización y control.		
<b>Descriptores / Palabras claves: Control, Fresadora, Moldeado</b>		
<b>Modalidad</b>		
Pasantía:	Monografía: X	Investigación:
<b>Lugar de Ejecución del Proyecto: Universidad Distrital Francisco José de Caldas</b>		
<b>Nombre de la Entidad:</b>		
Entidad Pública	X	Entidad Privada
Empresa agrícola		Empresa Industrial
		Empresa servicios
Grupo investigación: INTEGRA		
Ciudad: Bogotá		Departamento: Cundinamarca
Dirección: Cll 73 # 92-85 sur		
Teléfono: 6971835		Fax:
Correo Electrónico: <a href="mailto:dectecnologica@udistrital.edu.co">dectecnologica@udistrital.edu.co</a>		
Sede de la Entidad: Facultad Tecnológica		Nit:
Duración del Proyecto (meses): 4 meses		
Valor total del proyecto:\$ 2.200.000		
<b>Modalidad - Investigación</b>		
Grupo de investigación: INTEGRA		
Director del Grupo: Aldemar Fonseca Velásquez		
Proyecto de investigación adscrito:		
<b>Modalidad - Pasantía:</b>		
Entidad:		
Representante Legal		
Profesional de la entidad que acompaña pasantía.		
Valor del proyecto: \$		
Financiación en especie: \$		Financiación en dinero: \$
Observaciones:		

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Este documento propone un diseño de una fresadora básica para moldeado de madera, que facilite el trabajo de impresiones sobre madera o esculpir sobre la misma, un trabajo de forma manual conllevaría a un gran tiempo estimado y unos grandes costos de elaboración, para ello se implementa este proyecto el cual permitirá la facilidad de estos trabajos.

Este proyecto está bajo la modalidad de monografía, el proyecto busca brindar soluciones mediante conocimientos adquiridos para dar solución a un problema social el cual beneficia a parte de la población, su ejecución se dará en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas con el fin que este proyecto mejore el trabajo de aquellos amantes de la escultura, trabajadores y ebanistas, reduciendo sus costos y tiempo de fabricación.

El costo presupuestado para el proyecto rodea los \$2.200.000 (dos millones doscientos mil pesos C.O peso colombiano), con un tiempo de duración aproximado a 4 meses.

## **2.0 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1 Planteamiento del Problema**

Aficionados o ebanistas de profesión realizan el tallado de madera de forma manual, dicha actividad no permite la optimización del tiempo de fabricación en serie debido a que se realizan de a una en una. Debido a esto se pierde mucho tiempo y dinero, además del factor salud el cual con el tiempo se ve reducido, debido a que el operario está expuesto a un ambiente con partículas de madera. La mayoría de estos problemas consiste en que ya que la figura es muy exacta entonces tiene que ser elaborada manualmente por un escultor ya que implicaría deficiencias tanto en la salud del trabajador si el moldeado es muy pequeño y tiempos grandes estimados, y si el tiempo es grande así mismo será su costo.

### **2.2 Justificación**

La elaboración de este proyecto responde a una necesidad de la sociedad. Ya que actualmente los mercados altamente competitivos hacen que sus trabajadores se vean obligados a cambiar el enfoque de su trabajo, ya lo que hace es optimizar sus procesos de producción, maximizar costos, aumentando la productividad rápidamente y de menos calidad estos procesos. En ese orden de ideas la aplicación del control numérico suple una necesidad, en la que la fabricación de estos modelos que ya sea a criterio de seguimiento de su complejidad y su elevado costo de fabricación, no garantizan un nivel continuo y productivo del servicio, y los productos que ofrecen, argumenta que las fechas de entrega de los productos son cada vez menores y los exigen el alcance de precisión, un alto control de calidad y los diseños de los modelos son cada vez más complicados.

### 3. ESTADO DEL ARTE

#### Fresadora:

Una fresadora es una máquina herramienta para realizar trabajos mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. Mediante el fresado se pueden mecanizar los más diversos materiales, como madera, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras, de dentado, etc. Además, las piezas fresadas pueden ser desbastadas o afinadas [2]. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas. Inventadas a principios del siglo XIX, las fresadoras se han convertido en máquinas básicas en el sector del mecanizado [1].



Figura 1 [2] : Fresadora universal con sus accesorios

#### Molde:

En su interior se vierte el material fluido o plástico – metal fundido, hormigón, yeso, resina, silicona etc. – que cuando se solidifica adquiere la forma del molde que lo contiene. Una vez retirado el molde, normalmente, se procede a repasar la pieza obtenida, corrigiendo las posibles imperfecciones en las zonas de acoplamiento, quitando los restos depositados en los orificios realizados para introducir la materia plástica, y en los orificios de salida del sobrante o respiraderos [3]. Para acoplar las piezas de un molde se recurre generalmente a las llaves, que son incisiones en una parte y salientes en la otra, que sirven en para su posterior ajuste. Se emplea profusamente para obtener piezas moldeadas, tanto en arte – bustos, figuras, columnas– como en construcción –balaustres, revestimientos– o en diversos procesos industriales –objetos cerámicos, elaboración de barras de chocolate, etc. En la industria, al molde donde se vierte el material fundido se le llama matriz. En construcción, al molde, con el conjunto de piezas auxiliares, se le denomina encofrado [4].



**Figura 2 [3] : Modelo elaborado en escayola con un molde bivalvo.**

### **Motores PaP:**

El motor paso a paso conocido también como motor de pasos es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas digitales [5].

Este motor presenta las ventajas de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan los robots, drones, radiocontrol, impresoras digitales, automatización, fotocomponedoras, prensa, etc. [6].



**Figura 3 [5] : Motores PaP.**

## **Control numérico por computadora aplicado a fresadoras:**

Las fresadoras con control numérico por computadora (CNC) permiten la automatización programable de la producción. Se diseñaron para adaptar las variaciones en la configuración de productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción medios de piezas sencillas y en volúmenes de producción medios y bajos de piezas complejas, permitiendo realizar mecanizados de precisión con la facilidad que representa cambiar de un modelo de pieza a otro mediante la inserción del programa correspondiente y de las nuevas herramientas que se tengan que utilizar, así como el sistema de sujeción de las piezas [8]. El equipo de control numérico se controla mediante un programa que utiliza números, letras y otros símbolos; por ejemplo, los llamados códigos G (movimientos y ciclos fijos) y M (funciones auxiliares). Estos números, letras y símbolos, los cuales llegan a incluir &, %, \$ y " (comillas), están codificados en un lenguaje apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta [7]. Cuando la tarea en cuestión varía se cambia el programa de instrucciones. En las grandes producciones en serie, el control numérico resulta útil para la robotización de la alimentación y retirada de las piezas mecanizadas.



**Figura 4 [7] : Consola de control numérico**

## **4 Marcos de referencia**

### **4.1 Marco Teórico**

#### **4.1.1 EL Control Numérico computarizado:**

Se considera de Control Numérico por Computador, también Llamado CNC (en español ordenador Control Numérico) A todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real para maquinar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especifican el movimiento de la herramienta de corte [9].

Entre las operaciones de maquinado que se pueden realizar en una máquina CNC se encuentran las de torneado y de fresado. Sobre la base de esta combinación posible generar la mayoría (si no son todas) las piezas de industria.

#### 4.1.2 Principio de funcionamiento:

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con la relación a los ejes de las coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador. En el caso de las fresas se controlan los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Z [11].

Para ello se incorporan motores eléctricos en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos, y en la mesa, en el caso de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, no puede ser limitada a tres ejes [10].

#### 4.1.3 Programación en el control numérico:

Se puede usar dos métodos, la programación manual y la programación automática [12].

##### 4.1.3.1 Programación manual:

En este caso, el programa pieza se escribe sólo por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El programa de mecanizado comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.

El comienzo del CN (control numérico) ha estado caracterizado por un desarrollo anárquico de los códigos de programación. Cada constructor utilizaba el suyo en particular.

Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa puede servir para diversas máquinas con tal de que fuesen del mismo tipo los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 [12], entre otros, los siguientes:

- **N:** Es La dirección correspondiente al número de bloque. Esta dirección es el siguiente de un número de tres o cuatro cifras. En el caso del formato N03, el número máximo de bloques que puede programarse es (1000 N999). → (N000) [13].
- **X, Y, Z:** Las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la herramienta (Y cartesianos). Dichas cotas Se puede programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente [13].
- **G:** Es La dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizar para informar el control de las características de las funciones de mecanizado, como por ejemplo, forma de la bandeja, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. Número de dos cifras que permiten programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes [13].
- **M:** Es La dirección correspondiente a Las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se debe realizar operaciones como programa de parada, rotación del husillo a derechas o izquierdas, cambio de útil, etc. La dirección **M** va seguido de un número de dos cifras que permiten programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes [13].
- **F:** Es La dirección correspondiente a la velocidad de avance. Contiene de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en Mm / min [13].
- **S** es la dirección Correspondiente a la velocidad de rotación del husillo director de escuela. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos [13].



#### 4.1.3.2 Programación automática:

En este caso, trabaja con los mismos comandos, pero los cálculos se realizan en un ordenador, que suministra en su salida el programa de la pieza en el lenguaje máquina. Por esta razón recibir el nombre de programación asistida por computadora [12].

#### 4.1.4 Sistemas de control del movimiento:

Para el CN hay tres tipos básicos de control para el movimiento de las herramientas, es posible que las máquinas utilicen más de uno:

- **CN punto a punto.** También llamado de posicionado, el control determina y posiciona la herramienta en un punto predefinido sin importar en absoluto la trayectoria seguida. Lo único que interesa es que la herramienta alcance con rapidez y precisión el punto deseado. El posicionamiento puede ser secuencial o simultáneo según lo que la herramienta se desplaza siguiendo la dirección de los ejes [14].

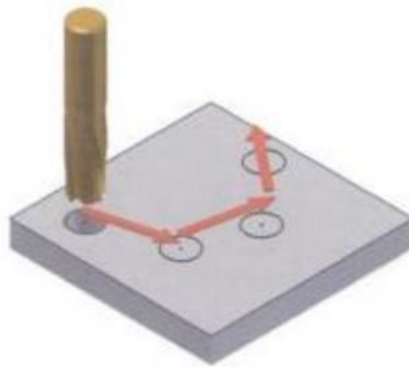


Figura 5 [14]. : Control Numérico y Programación

- **CN Paraxial:** Permite el mecanizado en direcciones paralelas a los ejes de la máquina. Los movimientos se obtienen controlando el accionamiento en un eje mientras permanece bloqueado el accionamiento del resto de los ejes. Este tipo de control no le permite realizar mecanizados en las direcciones distintas a la de los ejes. Naciones unidas control numérico paraxial puede ejecutar también movimientos punto a punto [14].

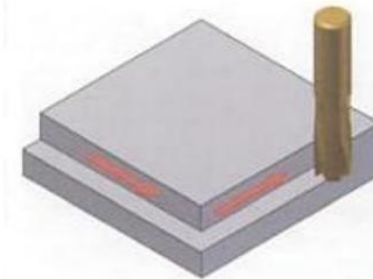


Figura 6 [14] : Control Numérico y Programación

• **CN de contorno:** Permite que la herramienta siga cualquier bandeja regulando simultáneamente el movimiento de los ejes distintos. Se controla continuamente el recorrido de la herramienta para generar la pieza con la geometría deseada. Por ello conoce también con el nombre de control numérico continuo es el más complejo de los tres sistemas y también el mecanizado paraxial y el punto a punto [14].

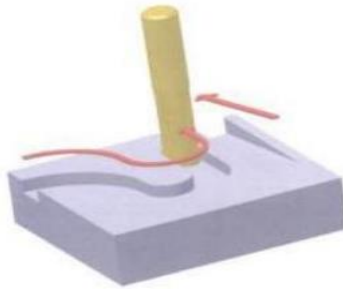


Figura 7 [14].: Control Numérico y Programación

#### 4.1.5 interpolación

En estos controles CNC debe disponer de una sincronización perfecta en el movimiento de todos los ejes para expulsar la trayectoria deseada. Para ello los controladores incorporan los procedimientos de interpolación. En los CNC convencionales los más utilizados son:

- Interpolación lineal.
- Interpolación circular.

En la interpolación lineal el controlador mueve la herramienta en dirección recta entre dos puntos mediante trenes de puntos uniformemente repartidos, de forma que la relación de la frecuencia de los mismos en cada eje es el colgante de la recta [15].

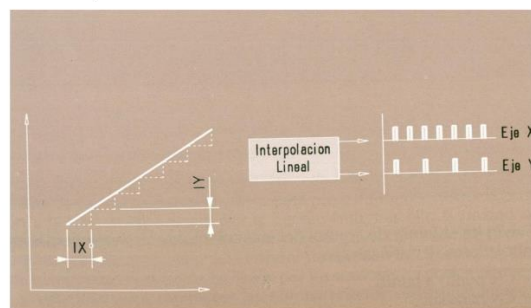
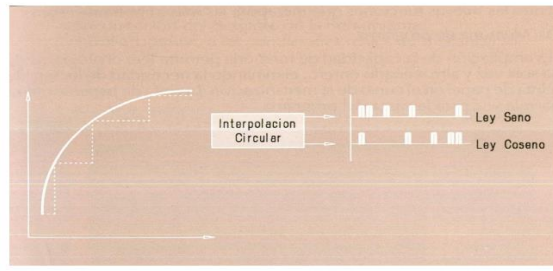


Figura 8 [15]: Interpolación lineal.

En la interpolación circular, el control mueve la herramienta sobre un arco de círculo mediante impulsos que la frecuencia sigue en cada eje la ley del seno y del coseno respectivamente. Para definir la interpolación circular debe situarse, en primer lugar, el plano que contiene el arco y dar puntos de inicio y final del mismo, Así como la radio (ver figura 8) [15].



**Figura 9 [15]: Interpolación circular.**

Otros controladores incorporan también la interpolación parabólica y cúbica. Existen programas CAD / CAM que hacen la interpolación lineal, circular, parabólica y cúbica internamente como en el caso de Artcam de tal manera que hacen un control paraxial con interpolación y entregan pequeñas rectas que van generando la figura deseada [15].

## **4.2 Marco Legal**

### **4.2.1 NORMAS ISO PARA MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO.**

- **ISO 230-2: 1997** Código de ensayo para máquina-herramienta. Parte 2: determinación de la precisión y la repetitividad de posicionamiento de los ejes numérico de control.
- **ISO 230-4: 1996** Código de ensayo para máquina-herramienta. Parte 4: Circular de las pruebas de control numérico para máquina- herramienta.
- **ISO 841: 1997** De control de las máquinas. Nomenclatura de ejes y movimientos
- **ISO 2806: 1994** Sistemas de automatización industrial numérico, máquinas de control y vocabulario.
- **ISO 2972: 1979** De control numérico de máquinas, símbolos.
- **ISO 3592: 2000** Sistemas de automatización industrial, máquinas de control numérico, procesador de la estructura NC del archivo de salida y el lenguaje de formato.
- **ISO 4342: 1985** De control numérico de máquinas, procesador de entrada NC, parte del programa básico de referencia de idiomas.
- **ISO 4343: 2000** Sistemas de automatización industrial, el control numérico de máquinas, transformador de salida posterior, procesador de comandos NC.
- **ISO / TR 6132: 1981** De control numérico de máquinas, el mando operativo y formato de datos.
- **ISO 6983-1: 1982** De control numérico de Máquinas, formato de programa y la definición de dirección de las palabras. Parte 1: Formato de datos de posicionamiento, línea de movimiento y el control de los sistemas de control.

• **Ley 4 87 del Acuerdo de Cartagena (Marco Normativo Legal):** De las patentes y de los derechos de autor de propiedad intelectual. La Investigación, el desarrollo y La creación de ideas y conceptos que sean objeto de propiedad intelectual serán especificados en dos ramas de propiedad intelectual tecnológica; de Los circuitos integrados y de esquemas de trazado (en relación con el diseño de los mapas o esquemas de trabajo, de la metodología investigativa del proyecto, de los diseños tridimensionales Y diseños Industriales) esta investigación tiene un intelectual contenido, cognoscitivo y científico que es EXCLUSIVAMENTE para uso académico y desarrollo de esta investigación, de ser utilizado para otra aleta podemos deducir que debe contar con la autorización de los autores.

## 5. Objetivos

### 5.1 Objetivo general.

Construir una fresadora básica para madera controlada por comandos CNC con movimiento en 3 ejes.

### 5.2 Específicos Objetivos.

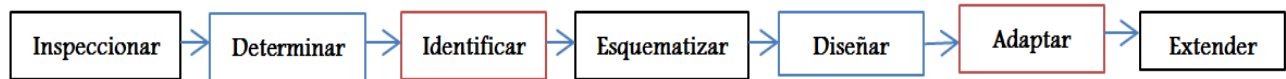
1. Diseñar e implementar una mesa para el plano XY de  $15\text{cm}^2$  a  $25\text{cm}^2$ .
2. Implementar y ordenar 3 motores PaP para obtener en la mesa una resolución en velocidad mínima de avance de  $5\text{mm/s}$ .
3. Configurar una profundidad fija de perforación en madera en el eje Z de  $1\text{mm}$  a  $10\text{mm}$ .
4. Modificar la velocidad angular de la fresadora manualmente entre  $5000\text{rpm}$  a  $32000\text{rpm}$ .
5. Implementar un software que permita el reconocimiento de comandos CNC, la comunicación PC-máquina y el control del mecanizado.

## 6 Alternativa de Solución

Para dar solución al problema mencionado, se propone implementar un sistema de control moderno, observando las condiciones de factibilidad y optimización de recursos tanto físicos como económicos.

El sistema de control implementado debe tener las mismas prestaciones que el original, o incluso llegar a superar las mismas, de manera que el torno quede con el 100% de su funcionalidad original.

### 6.1 Diagrama de bloques de la solución



- **Inspeccionar:** *Inspección del estado de la máquina.*
- **Determinar:** *Determinar qué elementos son funcionales y cuáles deben ser reemplazados.*
- **Identificar:** *Identificar entradas y salidas del sistema y realizar planos.*
- **Esquematizar:** *Hacer el plano y retirar el cableado original.*
- **Diseñar:** *Diseñar el plano electrónico para el nuevo control.*
- **Adaptar:** *Hacer las adaptaciones mecánicas y electrónicas, ubicar los elementos del control electrónico.*
- **Extender:** *Extender el cableado y conectar.*

**Figura 10 : Diagrama de bloques de fresadora cnc**

## 7 Metodología Propuesta

**7.1 Diseño del Torno (CNC):** El primer paso es realizar la inspección visual de la estructura de la máquina. El diseño de la estructura se realizara en programas para modelado en tres dimensiones basado en NURBS de tipo CAD para establecer los materiales necesarios y más aptos, como la fresadora es una máquina de precisión va a tener sus medidas muy precisas expresada en mm para su buen funcionamiento la idea principal de la estructura es usar madera MDF de 8mm y 5mm, por su dureza y flexibilidad con amarres para poder mantenerlas fijas, y sus ajustes y articulaciones compuestos de tornillos, agarres, soportes, deslizamientos etc.

**7.2 Determinar elementos funcionales:** Para detectar sus componentes ideales y evitar daños mecánicos pertinentes, ver que parte mecánica es funcional, y cuál debe ser modificada o reemplazada. Lo mismo con la parte electrónica, identificar qué elementos del sistema electrónico se pueden mantener y cuáles deben ser reemplazados. Para efectuar una buena precisión y una buena fuerza de torque se implementara Motores PyP Nema 17 de una baja corriente nominal aprox. a los 0,5A y un voltaje de referencia aprox. 300mV. La tarjeta madre va a estar compuesta de un Arduino Uno proporcionada por 3 drivers A4988 para motores PyP (uno para cada motor) que nos proporcionara una corriente y un voltaje adecuado ya que usaremos 3 motores que implica un consumo significativo.

$$V_{ref} = I_{max} * (8 * R_s) * F_s$$

***Vref:*** Voltaje de referencia.

***I<sub>max</sub>:*** Corriente máxima.

***R<sub>s</sub>:*** Resistencia de sensibilidad indicada por el driver.

***F<sub>s</sub>:*** Full step (Numero de pasos).

**7.3 Identificar entradas y salidas del sistema:** Para ello identificar con el diseño hecho en el programa Rihno ya con los componentes electrónicos organizados y también para el análisis de del funcionamiento y la velocidad de los motores usar el Universal Gcode Center uno por uno hasta tener una buena calibración.

**7.4 Diseñar el plano electrónico:** Para diseñar un plano a moldear podremos usar cualquier imagen de internet en formato .jpg, el paso siguiente seria utilizar el programa Inkscape para vectorizar la imagen y pasarla a código G.

**7.5 Adaptaciones Mecánicas y ubicación del sistema de control Electrónico:** Se deben realizar todas las modificaciones mecánicas que tengan lugar, para luego proceder a ubicar todos los elementos del control electrónico.

**7.6 Cablear y conectar:** Extender el cableado y realizar todas las conexiones según el plano diseñado. El cableado va a ser elaborado por medio de jumpers y cable UTP para los elementos más lejanos de la tarjeta madre como por ejemplo los motores.

### 8 Cronograma de Actividades.

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Seleccionar la tecnología																
Calcular torques en los ejes de los carros transversal y longitudinal																
Realizar el montaje de la tarjeta.																
Realizar el montaje de los motores paso a paso ;																
Realizar pruebas y poner a punto																
Evaluar desempeño del torno.																
Elaboración memoria final																

## **9. Impacto Esperado.**

### **9.1 Impacto Social**

Las máquinas con CNC son rápidas, más exactas y más versátiles para maquinar piezas muy complejas donde era necesaria la intervención manual, El cual conlleva a la sociedad un producto con la misma calidad pero con menor costo y menor tiempo de construcción.

### **9.2 Impacto Económico**

El CNC ha tenido gran popularidad debido a su habilidad para fabricar productos de calidad consistentes y más económicos que los fabricados por los métodos convencionales.

Es una concepción popular errónea que el CNC es justificable únicamente para producción de grandes cantidades. Justamente lo opuesto es la verdad. Una comparación actual del CNC con los métodos convencionales indica que el punto de equilibrio se consigue más rápidamente que con los métodos convencionales y como el tiempo signifique dinero.

### **9.3 Impacto Tecnológico**

El control numérico computarizado a existido durante un gran tiempo y le ha funcionado muy bien a la comunidad pero ya que la tecnología avanza tan rápido lo han ido desprestigiando ya que tendrá una aplicación útil e innovadora su importancia volverá a la fama.

## **10. Resultados Esperados**

Se espera que la fresadora CNC cumpla a más de un 80%-100% con los bajos costos que esta implique para el que necesite hacer uso de la misma además de que se busca brindar una solución alterna, funcional y practica en busca de la comodidad de usuarios los cuales en la mayoría de los casos no pueden acceder a las prótesis de punta a nivel tecnológico sino que como último recurso deben usar las más económicas que en su mayoría de los casos no permiten un gran apoyo ni brindan practicidad o comodidad al usuario.

## **11. Estrategia de Comunicación**

La estrategia de comunicación del proyecto será mediante sustentación publica y en el artículo de revisión de la revista visión electrónica.

**PRESUPUESTO GLOBAL DE LA PROPUESTA POR FUENTES DE FINANCIACIÓN**

*(En miles de \$)*

RUBROS	FUENTES						TOTAL
	Univ. Distrital 1		Recursos propios 2		Empresa 3		
	Especie	Dinero	Especie	Dinero	Especie	Dinero	
PERSONAL	\$737		\$1106				\$1843
EQUIPO	\$123		\$100				\$223
MATERIALES				\$200			\$200
BIBLIOGRAFÍA							
SOFTWARE							
SERVICIOS TÉCNICOS							
CONSTRUCCIONES							
<b>TOTAL</b>							<b>\$2266</b>

**DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL**

*(En miles de \$)*

INVESTIGADOR/AUXILIAR	FORMACIÓN	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DEDICACIÓN	RECURSOS			TOTAL
				1	2	3	
Aldemar Fonseca	Profesional especializado	Director	32	\$737			\$737
Cristian Ovalle	Estudiante de Tecnología	Investigador	96		\$1106		\$1106
<b>TOTAL</b>				<b>\$737</b>	<b>\$1106</b>		<b>\$1843</b>
Tecnólogo 3 SMLV 160 horas Técnico o estudiante de tecnología 2,5 Profesional 4,5 SMLV Profesional especializado 5 SMLV [16]							



**DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS QUE SE PLANEAN  
ADQUIRIR**

(En miles de \$)

EQUIPO	JUSTIFICACIÓN	RECURSOS			TOTAL
		1	2	3	
Componentes			\$175		\$175
Formatos G			\$5		\$5
Tablas de moldeo			\$20		\$20
<b>TOTAL</b>			\$200		\$200

**DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE USO PROPIO**

(En miles de \$)

EQUIPO	1	2	3
Computador	\$50	\$50	
Herramientas de Carpintería		\$50	
Banco de prueba	\$73		
<b>TOTAL</b>	\$123	\$100	

**MATERIALES Y  
SUMINISTROS**

(En miles de \$)

Materiales*	Valor
Electrónicos	\$120
Mecánicos	\$20
Decoración	\$35
<b>TOTAL</b>	\$175

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. Dong Soo, L. Won Hee, K. Jung Su y L. Min Cheol, «A Study of improvement of Strength by using Photopolymer Resin in the 3DP Process,» 2006.
- [2] K. Elkins, H. Nordby, C. Jank y R. Gray, «Soft Elastomers for Fused Deposition Modeling».
- [3] F. Eugenio López, F. Ramirez, J. de la Garza y A. Castillo, «Evaluación de características dimensionales y de color de piezas producidas en prototipos rápidos,» 2007.
- [4] J. Kentzer, B. Koch, M. Thiim, R. W. Jones y E. Villumsen, «An Open Source Hardwarebased Mechatronics Project: The Replicating Rapid 3-D O,» Internation Conference on Mechatronics, vol. 4, 2011.
- [5] F. Ribeiro, «3D Printig with metals/ PaP,» COMPUTING & CONTROL ENGINEERING , 1998.
- [6] G. Jean-Pierre, Z. Saïd y G. Ramirez-Torres, «A novel 5-axis robot for printing high resolution pictures from media on 3D wide surfaces».
- [7] S. B. Kesner y R. Howe, «Desing Principles for Rapid Prototyping Forces Sensors Using 3-D Printing,» IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, vol. 16, nº 5, pp. 866-870, 2011.
- [8] N. Lass, A. Tropmann, A. Ernst, A. Zengerle y P. Koltay, «RAPID PROTOTYPING OF 3D MICROSTRUCTURES BY DIRECT PRINTING OF LIQUID METAL AT TEMPERATURES UP TO 500 USING THE STARJET TECHNOLOGY,» Transducers, pp. 1452 - 1455, 2011.
- [9] De Máquinas y Herramientas. (2017). Introducción a la tecnología CNC. [online] Available at: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc> [Accessed 28 Aug. 2017].
- [10] Pascual, J. (2017). CNC: Principios y funcionamiento.. [online] Jmptechnological.com. Available at: [http://www.jmptechnological.com/manual\\_cnc/cnc.php](http://www.jmptechnological.com/manual_cnc/cnc.php) [Accessed 28 Aug. 2017].
- [11] Wiki.ead.pucv.cl. (2017). Introducción al control numérico computarizado (CNC) - Casiopea. [online] Available at: [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Introducci%C3%B3n\\_al\\_control\\_num%C3%A9rico\\_computarizado\\_\(CNC\)](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Introducci%C3%B3n_al_control_num%C3%A9rico_computarizado_(CNC)) [Accessed 28 Aug. 2017].
- [12] Tecnoedu.com. (2017). TecnoEdu - Programación de máquinas de CNC con códigos G&M. [online] Available at: <https://tecnoedu.com/Denford/GM.php> [Accessed 28 Aug. 2017].
- [13] Es.wikipedia.org. (2017). Control numérico. [online] Available at: [https://es.wikipedia.org/wiki/Control\\_num%C3%A9rico](https://es.wikipedia.org/wiki/Control_num%C3%A9rico) [Accessed 28 Aug. 2017].

[14] Fanuc.eu. (2017). Control de movimiento con CNC. [online] Available at: <http://www.fanuc.eu/es/es/aplicaciones/control-de-movimiento> [Accessed 28 Aug. 2017].

[15] Wikifab.dimf.etsii.upm.es. (2017). Tarea 1: Interpolación lineal y circular - Wikifab. [online] Available at: [http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Tarea\\_1:\\_Interpolaci%C3%B3n\\_lineal\\_y\\_circular](http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/Tarea_1:_Interpolaci%C3%B3n_lineal_y_circular) [Accessed 28 Aug. 2017].

[16] Mtss.gub.uy. (2017). Salarios - Ministerio de Trabajo. [online] Available at: <https://www.mtss.gub.uy/web/mtss/salarios> [Accessed 28 Aug. 2017].