

Informe de Avances - Etapa 1: **Prácticas Profesionalizantes**

Grupo 1.



- **Docentes:**

- Osvaldo P. Ivani
- Sebastián Amago Prato
- Martín A. Ricciardelli
- Juan Martín Hermida

- **Alumnos:**

- Dante G. Mele Ientile (Project Manager)
- León A. Martín
- Hernán A. Silva
- Nicolás L. Fertoni
- Laureano M. Rivera Pascua

- **Curso:** 4 Año Ciclo Superior - Electromecánica

- **Fecha de entrega:** 30/03/2020

ÍNDICE

Introducción:

Datos de la empresa:.....	Pg. 2
Datos del contacto:.....	Pg. 2

Definición del Proyecto:

Exigencias de la empresa y especificaciones principales a tener en cuenta:	Pg. 3
Aproximaciones mecánicas, estructurales y diseño conceptual:	Pg. 4
Subconjunto Inferior:	Pg. 4
Subconjunto Puente:	Pg. 4
Subconjunto Cabezal:	Pg. 5
Subconjunto Carcasa:	Pg. 5
Movimiento en el eje X:	Pg. 6
Movimiento en el eje Y:	Pg. 6
Movimiento en el eje Z:	Pg. 6
<i>Otros diseños conceptuales:</i>	Pg. 7
Aproximaciones a la electrónica:	Pg. 7
Cuestiones pendientes:	Pg. 8
Acople del eje de un motor paso a paso a un tornillo:	Pg. 8
Sujeción de las guías para cada subconjunto:	Pg. 8
Cantidad de filetes y paso de los tornillos para cada eje:	Pg. 8
Conexión del motor para la herramienta:	Pg. 8
Sujeción de la herramienta:	Pg. 9
Potencia y tamaño de los motores paso a paso:	Pg. 9
Materiales:	Pg. 9
Programas de diseño, G-code, etc.:	Pg. 9
Bibliografía utilizada y a utilizar:	Pg. 9

Introducción:

Nos hemos comunicado con la empresa Ingeniería Caamaño Sociedad Anónima (I.C.S.A.), la cual se dedica a los servicios de ingeniería orientados a los sistemas de transportes verticales, y nos pidieron que realicemos un dispositivo de control numérico capaz de crear diseños en placas de circuito impreso (comúnmente denominadas “Placas PCB” o, simplemente, “PCB”, por sus siglas en inglés “Printed Circuit Board”) mediante arranque de material o mecanizado. De este modo, presentamos un Router C.N.C. de tres ejes capaz de realizar dichas placas de circuito impreso.

1. Datos de la empresa:

- 1.1. **Razón Social:** Ingeniería Caamaño Sociedad Anónima
- 1.2. **Domicilio:** Chile 537 4to - Oficina: 18 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- 1.3. **CUIT:** 30-709916238-2
- 1.4. **Teléfono Fijo:** 4362-7636
- 1.5. **Correo Electrónico:** icascensores@gmail.com

2. Datos del contacto:

- 2.1. **Nombre:** Carlos Ignacio Caamaño
- 2.2. **Teléfono Celular:** 11 4175 6607
- 2.3. **Correo Electrónico:** carlos.i.caamano@outlook.com

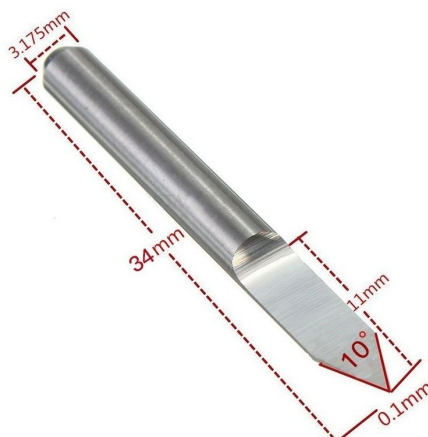
Definición del Proyecto:

1. Exigencias de la empresa y especificaciones principales a tener en cuenta:

El Router C.N.C. de 3 ejes para PCB deberá ser capaz de realizar los agujeros para los componentes electrónicos, las pistas conductoras o buses de cobre para aquellos y cortar la placa de circuito impreso. De esta manera, el tiempo de producción de las placas disminuye notablemente, así como su costo. Cabe destacar que, por lo general, la máquina deberá mecanizar placas que corresponden a los visualizadores o displays de los ascensores (aproximadamente 10 por 15 cm) pero este aspecto debe ser flexible, puesto que existe la posibilidad de tener que mecanizar placas de otros tamaños y con otros diseños.

Por otro lado, la resolución mínima de las pistas deberá ser de 1 mm. Si bien se evaluó la posibilidad de realizar un sensado en tiempo real capaz de corroborar la posición en el espacio de la herramienta y, de esa manera, realizar un trabajo sumamente preciso, la empresa considera que con una correcta exactitud dimensional en las piezas que compondrán al Router C.N.C. y con una puesta a cero mediante finales de carrera con su posterior calibración previa al mecanizado, la máquina cumplirá con las expectativas.

Por su parte, la herramienta que utilizaremos será una Broca Punta de Lanza o también denominadas Fresas Router C.N.C. para PCB. Esta herramienta se usa comúnmente para mecanizar placas de circuito impreso y poseen la gran ventaja de poder realizar tanto, el agujereado, como el mecanizado de las pistas y el corte de la placa, evitando pérdidas de tiempo y automatizando aún más el proceso de fabricación. El diámetro de la herramienta puede variar entre los 3 y los 4 centímetros y su largo usualmente es de 34 mm. Una de sus características principales es su punta muy fina (de 0,1 mm aproximadamente) y es la principal razón por la cual se puede realizar multitud de mecanizados con la misma herramienta. A su vez la punta posee un ángulo, para mecanizar PCB este puede variar entre los 10° y los 30°. A continuación se puede apreciar una broca punta de lanza.



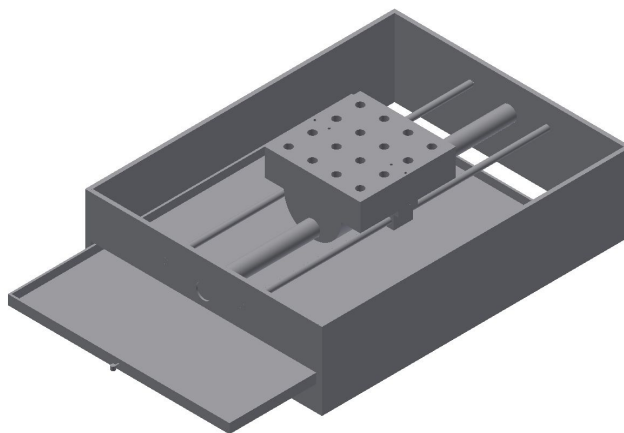
Broca punta de lanza con un ángulo de 10°

2. Aproximaciones mecánicas, estructurales y diseño conceptual:

Desde el punto de vista constructivo, el Router C.N.C poseerá, en principio, cuatro Subconjuntos Principales. La mayoría de los subconjuntos tendrán su nombre en función de su característica principal y del movimiento en el espacio que generan o protagonizan:

- Subconjunto Inferior:

Compuesto por la mesa del Router C.N.C., su respectivo tornillo, sus guías y la bandeja para los distintos polvos que se generarán durante el mecanizado. Básicamente, todos los componentes que conforman la parte inferior la máquina y sobre los cuales irá apoyada la misma.



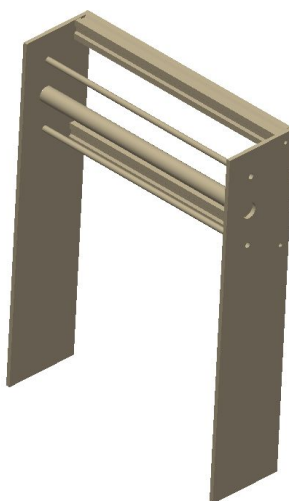
Diseño conceptual del Subconjunto Inferior en Autodesk Inventor Professional 2019.

Cabe destacar que en este Subconjunto se encuentra la mesa sobre la cual se apoyará un bloque de madera y sobre dicho bloque se mecanizará la placa de circuito impreso. Dicha mesa tendrá agujeros roscados en los cuales se colocarán tornillos para sujetar los elementos antes mencionados.

También, en la parte inferior del Subconjunto Inferior estarán ubicadas unas patas regulables con el fin de nivelar el presente conjunto y, consecuentemente, la máquina.

- Subconjunto Puente:

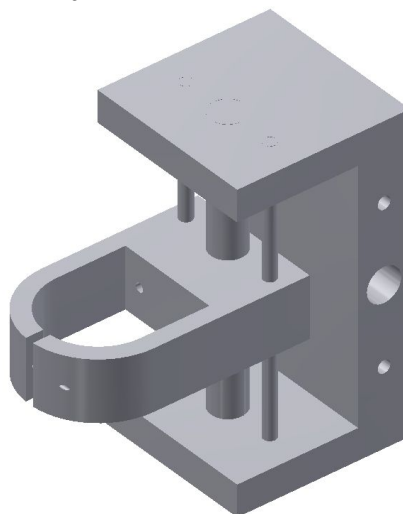
Compuesto por las columnas, las guías y el tornillo que soportarán al Subconjunto Cabezal. Resulta importante destacar que este subconjunto será estático, pues únicamente permitirá el movimiento del Subconjunto Cabezal.



Diseño conceptual del Subconjunto Puente en Autodesk Inventor Professional 2019.

- Subconjunto Cabezal:

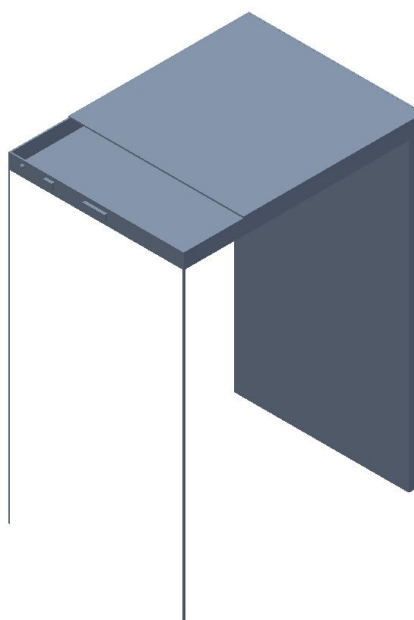
Compuesto por la estructura del cabezal y las guías y el tornillo que permitirán el movimiento del Soporte del Motor. El Soporte del Motor será aquella pieza o conjunto de piezas que, justamente, soportará al motor, a su madril y a la herramienta que realizará el mecanizado. A continuación se puede apreciar un diseño conceptual del presente subconjunto.



*Diseño conceptual del **Subconjunto Cabezal** en Autodesk Inventor Professional 2019.*

- Subconjunto Carcasa:

Compuesto por aquellas piezas que “envolverán” a la máquina, es decir, las puertas de acrílico (laterales, frontal y superior), los soportes del propio subconjunto, las chapas por las que pasarán los cables y las chapas de la botonera en la que se encontrarán botones para controlar la máquina y el visor para observar las coordenadas en tiempo real de la herramienta. Evidentemente, este será el único subconjunto que no posee ni facilita movimiento en los ejes exceptuando el de las propias puertas. A continuación se puede apreciar un diseño conceptual del presente subconjunto, se debe tener en cuenta que en la imagen no se encuentran las puertas de acrílico.



*Diseño conceptual del **Subconjunto Carcasa** en Autodesk Inventor Professional 2019.*

Como su nombre lo indica, el Router C.N.C. de tres ejes debe tener tres movimientos principales para llevar a cabo el mecanizado, uno en cada eje (X; Y y Z):

- Movimiento en el eje X:

Este movimiento será protagonizado por el **Subconjunto Cabezal** gracias a las guías y al tornillo que se encuentran en el **Subconjunto Puente**. Este movimiento será axial, es decir, de izquierda a derecha o viceversa y la distancia de desplazamiento, por el momento, será de 30 o 35 cm (surge de sumar la medida de la mesa más la medida del cabezal).

- Movimiento en el eje Y:

Este movimiento será protagonizado por una de las piezas del **Subconjunto Inferior**, siendo más específico, por la **mesa**, que será de 20 por 20 cm teniendo en cuenta las recomendaciones de la empresa y adoptando medidas estándar. Se podrá realizar gracias a las guías y al tornillo que el propio Subconjunto posee. El movimiento será transversal, es decir, de atrás hacia adelante o viceversa y la distancia de desplazamiento, por el momento, será de 60 cm (surge de la triplicación de la medida de la mesa).

- Movimiento en el eje Z:

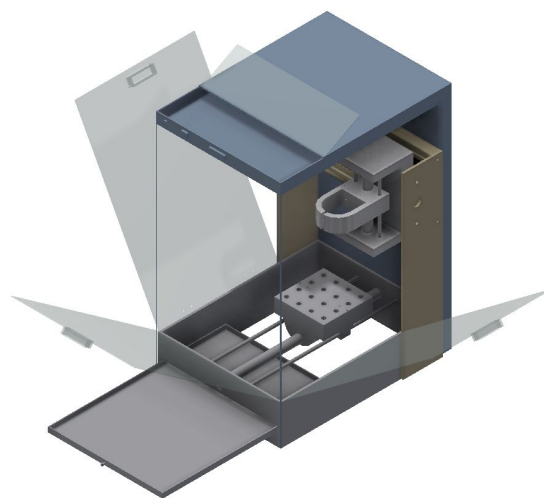
Este movimiento será protagonizado por una de las piezas del **Subconjunto Cabezal**, siendo más específico, por el antes mencionado **Soporte del Motor**. Se podrá realizar gracias a las guías y al tornillo que le propio Subconjunto posee. El movimiento será vertical, es decir, de arriba hacia abajo o viceversa y la distancia de desplazamiento, por el momento, será de 8 o 10 cm (surge de sumar el largo de la herramienta más 5 cm arbitrarios).

Una vez expuestos los movimientos en los 3 ejes en los que trabajará la máquina y los subconjuntos que los protagonizan o permiten, los nombres de los subconjuntos serán:

- Subconjunto Inferior (Eje Y),
- Subconjunto Puente (Eje X),
- Subconjunto Cabezal (Eje Z),
- Subconjunto Carcasa.

Para controlar el movimiento en cada eje es necesario “conectar” ese eje a un motor paso a paso. Los motores paso a paso son comúnmente utilizados en los Routers C.N.C. Teniendo en cuenta esto, es evidente que se necesitarán tres motores paso a paso (uno para cada eje) controlando, de esta manera, el movimiento de la mesa (eje Y), el movimiento del cabezal (eje X) y el movimiento del soporte del motor (eje Z)

Para una mayor interpretación de lo expuesto, a continuación se puede apreciar los cuatro subconjuntos ensamblados:



Diseño conceptual del Router C.N.C. de 3 ejes para PCB en Autodesk Inventor Professional 2019.

2.1. Otros diseños conceptuales:

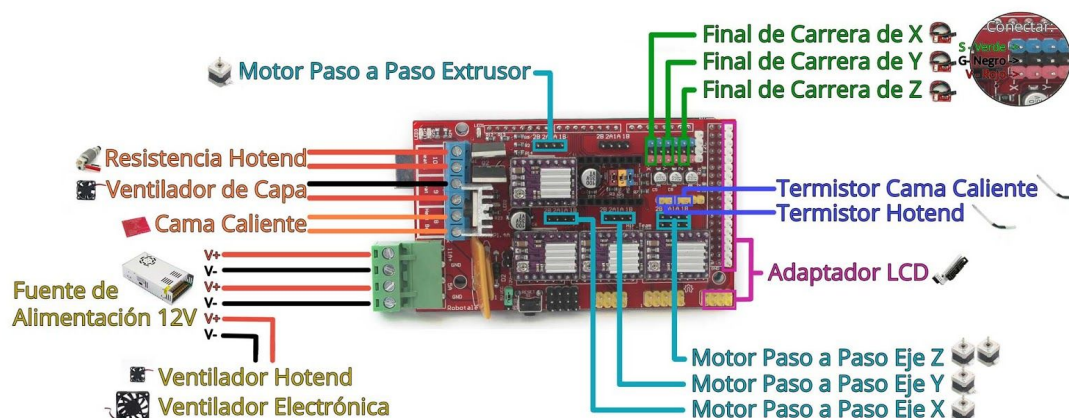


3. Aproximaciones a la electrónica:

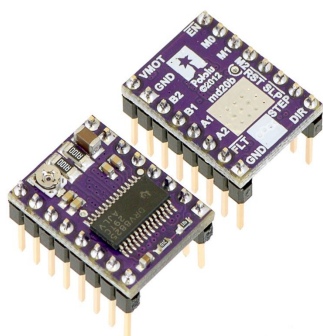
La electrónica está destinada a comandar los movimientos en cada eje, es decir, controlar el movimiento de los 3 motores paso a paso antes mencionados. Para controlar dichos movimientos es necesario un lenguaje de programación específico denominado G-code, este es el lenguaje más utilizado en control numérico. Mediante dicho lenguaje controlamos todos los movimientos necesarios para realizar el mecanizado de la placa de circuito impreso, así como la velocidad de los mismos.

El código G-code debe ser “transformado” en pulsos eléctricos para poder controlar los motores paso a paso. Esta “transformación” o interpretación debe ser realizada mediante un Soporte Lógico Inalterable o Firmware. Si bien existen diversos firmwares que podríamos utilizar, nosotros utilizaremos uno llamado Marlin puesto que está específicamente diseñado para que trabaje en conjunto con el shield Ramps 1.4 que será mencionado a continuación.

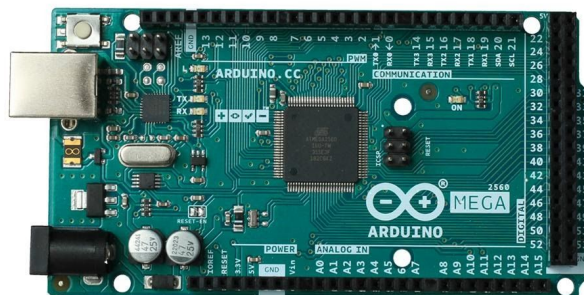
A su vez, es necesario un dispositivo electrónico capaz de procesar dicho firmware mediante un microcontrolador. Teniendo en cuenta esto, hemos decidido utilizar Arduino para poder interpretar el firmware antes mencionado. El Arduino que utilizaremos será un Arduino Mega 2560 el cual posee un microcontrolador ATmega2560 de la empresa Atmel. Junto con el Arduino Mega utilizaremos módulos o complementos que nos ayudarán a controlar la máquina. Entre estos complementos se encuentran el shield Ramps 1.4 de la empresa RepRap y los módulos o drivers Drv8825 de la empresa Pololu. A continuación se pueden apreciar los tres dispositivos mencionados.



Shield Ramps 1.4.



Drivers Drv8825



Arduino Mega con su microcontrolador ATmega2560

Como se puede ver en la imagen, el Shield Ramps 1.4 originalmente se utiliza para el control de Impresoras 3D pero como la empresa nos recomendó utilizarlo tendremos que adaptarlo a las necesidades de nuestro Router C.N.C. A su vez, este módulo posee ciertas ventajas, por ejemplo, tiene unos pines específicamente colocados para conectar un display, para conectar finales de carrera y disponibilidad para colocar cinco drivers para los motores paso a paso. Estos drivers tienen la función de manejar las tensiones y las corrientes que ingresarán a los motores paso a paso y, de esta manera, lograr la mayor precisión posible en los movimientos de los ejes.

En principio, desde el punto de vista electrónico/programable, el “operario” deberá realizar su diseño PCB en una imagen, luego vectorizar dicha imagen, “convertirla” en coordenadas (lenguaje de programación G-code), posteriormente mediante un cable USB A a USB B (típico cable de Arduino) enviar a Arduino dicho el código para que lo interprete y controle, mediante el Ramps 1.4 y los Drv8825, los motores paso a paso.

4. Cuestiones pendientes:

En este apartado del informe la idea es plasmar cuestiones que sabemos que a futuro tendremos que resolver y las posibles soluciones que se nos ocurrieron a lo largo de esta etapa. Obviamente, la resolución de estas cuestiones superan las expectativas hasta la fecha:

- Acople del eje de un motor paso a paso a un tornillo:
Hemos visto que existen acoples específicamente diseñados para nuestras necesidades, los hay rígidos y flexibles. Algunas bibliografías los recomiendan flexibles puesto que pueden “absorber” vibraciones. Otra opción es utilizar un motor paso a paso que posea una chaveta y que el tornillo tenga el chavetero.
- Sujeción de las guías para cada subconjunto:
Para resolver este problema, hemos visto que en la mayoría de los casos se utilizan rodamientos rígidos de bolas, quizás sea más conveniente utilizar cilíndricos para evitar vibraciones. En la mesa, por ejemplo, hemos visto que comúnmente se utilizan 4 rodamientos lineales con sus correspondientes soportes adosados a la misma.
- Cantidad de filetes y paso de los tornillos para cada eje:
Si bien creemos que sería mejor colocar tornillos de hasta 4 filetes, según lo hablado con los docentes, deberíamos descartar esta posibilidad puesto que le agregaría mucha complejidad al mecanizado de los mismos. Ante esto, lo mejor podría ser colocar tornillos de solo un filete pero de rosca fina o extrafina.
- Conexión del motor para la herramienta:
Puesto que la opción de usar un Minitorno Dremel fue descartada por la empresa, utilizar un motor de corriente continua es un hecho. Las revoluciones del motor, según lo hablado con la empresa, deberán ser mayores a 1500 rpm (12 o 24 V y 100 o 200 W). Teniendo en cuenta esto, existen dos opciones para conectar dicho motor:

- **Opción A:** Adaptar el Ramps 1.4 y hacer que una de las salidas (la de la Resistencia Hotend probablemente) controle por PWD el giro del motor. A simple vista, el problema es que el Ramps solo le puede entregar 12V al motor, por lo tanto, existe la posibilidad que el mismo no cumpla con las exigencias.
- **Opción B:** Directamente conectar el motor a una salida de la fuente de alimentación de la máquina, en serie con el mismo, conectar un potenciómetro lineal y una llave o interruptor de un punto. De este modo, el circuito es mucho más simple y no existen restricciones en cuanto a la potencia del motor pero el giro del mismo es independiente de la programación.

Resulta importante mencionar que la empresa, por el momento, acepta ambas opciones. En primer lugar la opción A y luego la B.

- **Sujeción de la herramienta:**

Consideramos lo mejor utilizar un pequeño mandril que, por su puesto, gire solidario al eje del motor y que se ajuste la herramienta mediante una pequeña tuerca.

- **Potencia y tamaño de los motores paso a paso:**

Existe una amplia variedad de motores paso a paso, si bien los utilizados en estas máquinas son muy similares (NEMA 14, NEMA 17 o NEMA 24). No hemos definido completamente cuál utilizar.

- **Materiales:**

Al hablar sobre este tema con la empresa, se nos recomendó utilizar Acero o perfiles L o caño cuadrado de Aluminio. Consideramos que es importante definirlo ya que afectará directamente a las dimensiones de la máquina.

- **Programas de diseño, G-code, etc.:**

Para poder realizar el diseño de PCB, así como la vectorización y todas las cuestiones que componen a la programación previa al mecanizado, son necesarios distintos programas. Si bien hemos investigado y tenemos un pequeña lista de los mismos, es necesario poder determinar cuales son los mejores (si cumplen o no con las expectativas) y más accesibles (software libre).

5. **Bibliografía utilizada y a utilizar (biblioteca virtual¹):**

- [Biblioteca Virtual](#)
- Diseño y construcción de fresadora CNC para la Producción de placas PCB; Labarca Santibáñez, Diego Alfredo.
- Diseño y fabricación de una fresadora CNC de 3 ejes para el mecanizado de PCB con plataformas de desarrollo abiertas; Miguel Riquelme García.

¹ La "**Biblioteca Virtual**", es una **Carpeta Compartida de Google Drive** en la cual se encuentran todos los libros o documentos que utilizamos o utilizaremos a lo largo del año como referencia para nuestro proyecto, tanto los participantes del mismo como los docentes de la materia tiene acceso a ella.