

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MINI-ROUTER CNC PARA CORTAR  
LAMINAS DE ALUMINIO

DIANA MARCELA AFANADOR BARAJAS  
CRISTIAN JHAIR PEREZ ESPINOSA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA

2013

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MINI-ROUTER CNC PARA CORTAR  
LAMINAS DE ALUMINIO

DIANA MARCELA AFANADOR BARAJAS  
CRISTIAN JHAIR PEREZ ESPINOSA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO MECANICO

DIRECTOR:  
CARLOS BORRAS PINILLA  
PhD. Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA

2013

## DEDICATORIA

Se lo dedico a Dios

Por todos los días de mi vida en especial los días en que realice este proyecto, pues él me dio la fortaleza necesaria para poder lograrlo pero sobre todo los medios y las personas que puso en mi camino y porque cada día que estuvo al lado mío.

A mi familia

Por el apoyo constante que siempre han tenido conmigo y porque siempre tuvieron fe en mi desde siempre, en especial a mis padres por todo el apoyo económico y moral que me dieron.

Diana

## DEDICATORIA

A Dios

Por darme tantas oportunidades y fuerza para realizar con bien mis metas.

A mis padres

Que siempre vieron en mí a una gran persona y que a pesar de todas las dificultades me apoyaron incondicionalmente durante todos mis proyectos, especialmente en este.

A mis familiares, profesores y amigos

Especialmente a David Cepeda, Elkin Paba por ser amigos incondicionales durante la construcción de la máquina y toda la carrera.

Cristian

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias y amigos

A Carlos Borrás Pinilla, ingeniero mecánico, director de proyecto por el apoyo y asesoría durante la realización de todo este proyecto.

A todos los profesores, compañeros y cuerpo administrativo de la escuela de ingeniería mecánica por el conocimiento dado durante la carrera.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	18
1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	20
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	20
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA .....	20
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE GRADO.....	21
1.3.1 Objetivo General .....	21
1.3.2 Objetivos específicos .....	21
2 GENERALIDADES DE LOS ROUTERS CNC .....	24
2.1 ¿QUÉ ES UN ROUTER CNC? .....	26
2.2 TIPOS DE ROUTER CNC. ....	26
2.3 FORMAS DE TRABAJO .....	27
2.3.1 Mesa móvil .....	28
2.3.2 Puente móvil .....	28
3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	30
3.1 SISTEMA DE SOPORTE LINEAL .....	30
3.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA .....	34
3.3 SISTEMA DE POTENCIA.....	36
3.4 SISTEMA DE CONTROL.....	38
3.4.1 Hardware.....	38
3.4.2 Software .....	40
4 DESARROLLO CONCEPTUAL DEL MINI-ROUTER .....	43
4.1 SISTEMAS SELECCIONADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MINI-ROUTER. ....	44

5	MATERIAL A MECANIZAR .....	56
5.1	FUERZAS RESULTANTES POR EL CORTE DE LÁMINAS.....	57
5.1.1	Calculo de las fuerzas presentes en el taladrado.....	59
5.1.2	Calculo de las fuerzas presentes en el fresado.....	63
5.2	DETERMINACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD UTILIZADO PARA TODO EL DISEÑO.....	67
5.3	ANALISIS DEL TORNILLOS DE POTENCIA .....	68
5.4	ANALISIS DE LA TUERCA.....	73
6	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS .....	79
6.1	RODAMIENTOS PARA EL EJE X .....	80
6.2	RODAMIENTOS PARA EL EJE Y .....	81
6.3	RODAMIENTOS PARA EL EJE Z .....	83
7	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN.....	85
7.1	ESTRUCTURA QUE CONFORMA EL MINI-ROUTER CNC.....	85
8	ANALISIS DE ESFUERZOS EN EL MINI ROUTER CNC .....	91
8.1	ANALISIS DE LA ESTRUCTURA POR SU PESO .....	91
8.2	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ÚNICAMENTE CON SU PESO. ....	93
8.3	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON LAS FUERZAS DE MECANIZADO .....	96
9	RESULTADOS .....	102
9.1	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.....	112
	CONCLUSIONES .....	119
	RECOMENDACIONES.....	121
	BIBLIOGRAFIA.....	122
	ANEXOS.....	123

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Primer router NC.....	25
Ilustración 2. Router CNC .....	26
Ilustración 3. Router de mesa móvil.....	28
Ilustración 4. Router con puente móvil.....	29
Ilustración 5. Guía de bolas recirculante .....	31
Ilustración 6. Cojinetes de deslizamiento .....	31
Ilustración 7. Rodamiento guía lineal a bolas recirculantes.....	32
Ilustración 8. Rodillo de guía y riel con perfil en forma de V.....	33
Ilustración 9. Rodamientos axiales de bolas .....	34
Ilustración 10. Sistema de transmisión por cadenas .....	34
Ilustración 11. Tornillo de bolas recirculantes. ....	35
Ilustración 12. Bandas dentadas.....	36
Ilustración 13.Servomotores .....	37
Ilustración 14. Motor paso a paso .....	38
Ilustración 15.Tarjeta de control.....	39
Ilustración 16.Fuente de energía. ....	39
Ilustración 17.Software KCam.....	40
Ilustración 18. Software Mach 3.....	41
Ilustración 19.Software EMC2.....	42
Ilustración 20.Sistema de control .....	44
Ilustración 21.Rodamiento guía lineal a bolas recirculantes.....	45
Ilustración 22.Interior de un rodamiento guía lineal a bolas recirculantes .....	45
Ilustración 23. Sistema de guías lineales .....	47
Ilustración 24. Motores pasó a paso. ....	48
Ilustración 25.Acople al motor.....	49
Ilustración 26.Tornillo acmé .....	49
Ilustración 27. Rodamientos axiales. ....	50
Ilustración 28. Esquema del sistema de lazo abierto .....	51
Ilustración 29. Tarjeta de control.....	52

Ilustración 30. Integrado L297.....	53
Ilustración 31. Puente H L298.....	54
Ilustración 32.Fuente de energía .....	55
Ilustración 33. maquina toda con las fuerzas de mecanizado. ....	59
Ilustración 34. Esquema de las fuerzas aplicadas para taladrar .....	59
Ilustración 35. Vistas de las fuerzas que influyen en la herramienta .....	60
Ilustración 36.Fuerzas aplicadas a la fresa. ....	63
Ilustración 37. Especificación de la rosca acmé.....	74
Ilustración 38. Características de las fuerzas ejercidas en el tornillo y su respectiva tuerca.....	75
Ilustración 39.Modelo de carga para rosca cuadrada. ....	75
Ilustración 40. Datasheet motor .....	78
Ilustración 41. Fuerza aplicada al rodamiento.....	79
Ilustración 42.Rodamiento de bolas recirculante LMB .....	80
Ilustración 43. Rodamiento de bolas recirculante NTN .....	81
Ilustración 44.Sistema de guía lineal THK .....	83
Ilustración 45. Base deslizante .....	86
Ilustración 46. Guías lineales de la base.....	87
Ilustración 47. Guías lineales de la estructura superior.....	87
Ilustración 48. Guías de la estructura soporte del mototool. ....	88
Ilustración 49.Estructura de la maquina .....	89
Ilustración 50.Ensamble tornillo de potencia.....	90
Ilustración 51.Resultado de la masa de la estructura superior .....	92
Ilustración 52. Resultado de la masa del módulo del eje Z de 10 cm.....	92
Ilustración 53.Resultado de la masa del mini-router .....	93
Ilustración 54.CAE Esfuerzos de la estructura base. ....	94
Ilustración 55. CAE Deformación de la estructura base. ....	94
Ilustración 56.CAE Esfuerzos de la estructura superior. ....	95
Ilustración 57.CAE deformación de la estructura superior. ....	95
Ilustración 58.CAE Esfuerzos de la estructura base. ....	96
Ilustración 59.CAE Deformación de la estructura base.....	97

Ilustración 60.CAE Esfuerzos de la estructura superior .....	97
Ilustración 61.CAE Deformación de la estructura superior.....	98
Ilustración 62.CAE Esfuerzos Tornillo de Potencia .....	99
Ilustración 63. CAE Deformación. Tornillo de Potencia.....	99
Ilustración 64.CAE esfuerzos Modulo del eje Z .....	100
Ilustración 65.CAE Deformación. Modulo del eje Z.....	101
Ilustración 66.Corte de las piezas que conforman la máquina. ....	102
Ilustración 67.Corte de partes que conforman la base .....	103
Ilustración 68.Guías y rodamientos.....	103
Ilustración 69.Armado de la estructura base .....	104
Ilustración 70.Corte de las piezas del soporte lateral. ....	104
Ilustración 71.Ensamble de las partes laterales .....	105
Ilustración 72.Partes de la estructura superior .....	105
Ilustración 73.Guías y rodamientos de la estructura superior .....	105
Ilustración 74.Montaje de la estructura superior.....	106
Ilustración 75.Piezas de la estructura para el soporte del mototool .....	106
Ilustración 76.Montaje principal del soporte del mototool.....	107
Ilustración 77.Piezas que conforman la transmisión de potencia de los tres ejes. ....	107
Ilustración 78.Montaje de los tornillos y sus complementos.....	108
Ilustración 79.Componentes del sistema de control.....	109
Ilustración 80.Instalación del cableado y control electrónico.....	109
Ilustración 81.Maquina terminada .....	110
Ilustración 80. Desarrollo del contorno Solidworks.....	113
Ilustración 81. Mastercam.....	114
Ilustración 82. Mach3.....	115
Ilustración 83. Router realizando contorno.....	115
Ilustración 84. Contorno persona en aluminio .....	116
Ilustración 85. Cuadrado cortado aluminio .....	117
Ilustración 86. Circulo cortado en aluminio .....	118

## TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del Aluminio. ....	56
Tabla 2. Selección de las dimensiones de la herramienta. ....	58
Tabla 3. Propiedades de la herramienta a utilizar. ....	58
Tabla 4. Parámetros de uso con el material a trabajar. ....	61
Tabla 5. Avances y velocidades de corte de fresas comunes de acero rápido.....	64
Tabla 6. Valores de ks fuerza del material. ....	65
Tabla 7. Características de factor de seguridad A, B, C, D Y E .....	67
Tabla 8. Propiedades mecánicas (Acero AISI 1045) .....	69
Tabla 9. Longitudes efectivas según terminales .....	70
Tabla 10. Principales dimensiones de las roscas Acme americana estándar.....	72
Tabla 11. Selección de rodamiento LMB. ....	81
Tabla 12. Selección de rodamiento NTN. ....	82
Tabla 13. Requerimientos del eje con su respectivo rodamiento.....	83
Tabla 14. Selección de rodamiento THK .....	84
Tabla 15. Costo de materiales y fabricacion .....	111
Tabla 16. Resumen de costos y precio total descripción valor total.....	112

## TABLA DE ANEXOS

ANEXO A. SISTEMAS DE CORTE .....	124
ANEXO B. HERRAMIENTAS DE CORTE .....	146
ANEXO C. RODAMIENTOS .....	149
ANEXO D. DATASHEET TARJETA DE CONTROL .....	152
ANEXO E. DATASHEET FUENTE .....	159
ANEXO F. PLANOS MINI-ROUTER CNC .....	160
ANEXO G. MANUAL MINI-ROUTER CNC .....	210

**TITULO:**

Diseño y construcción de un MINI-ROUTER CNC para cortar láminas de aluminio

**AUTORES:**

Diana Marcela Afanador Barajas

Cristian Jhair Pérez Espinosa \*\*

**PALABRAS CLAVE:**

Diseño y construcción, MINI-ROUTER, mecanizado, Controlado por computador.

**DESCRIPCIÓN:**

La finalidad de este trabajo de grado es construir un mini-router controlado por computador que sea de uso exclusivo del grupo DICBOT, con la cualidad que sea de fácil transporte y de bajo costo.

El proceso de diseño inicia con un análisis de las posibles alternativas de construcción, una vez escogida la mejor se procede a diseñar los componentes de la máquina. El proyecto se elaboró teniendo en cuenta como requerimiento que el mini-router pueda cortar láminas de aluminio de hasta  $\frac{1}{4}$  [in], como material límite de mecanizado y el análisis de esfuerzos de estas sobre el mini-router. La utilización de software de simulación y modelado en ingeniería (CAD, CAM) forman parte importante en el desarrollo del trabajo, programas como Solidworks y Ansys, son frecuentemente muy aplicados ya que evitan tediosos y largos procedimientos de cálculo con el apoyo de los conocimientos adquiridos durante toda la carrera de ingeniería mecánica en línea del diseño de máquinas.

Además del análisis de diseño, se tuvo en cuenta los requerimientos para la selección de control desde sus partes electrónicas hasta la configuración adecuada. Al seleccionar el tipo de control se tuvo en cuenta los costos ofrecidos en el mercado, para así seleccionar el más adecuado a nuestro presupuesto.

Dando como resultado final una máquina que satisface una necesidad particular, adicionalmente el mini-router se caracteriza por que la mayoría de sus componentes son de proveedores presentes en el sector y por utilizar materia prima disponible en el mercado de la manufactura, debido a que presenta versatilidad y estabilidad respecto a los requerimientos del diseño propuesto en este proyecto, haciendo de todas las piezas que lo componen, piezas de fácil intercambio.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director P.hD. Carlos Borrás. Universidad Industrial de Santander.

**TITLE:**

Design and construction of a MINI-ROUTER CNC to cut aluminum sheets

**AUTHORS:**

Diana Marcela Barajas Afanador

Cristian Pérez Espinosa Jhair \*\*

**KEYWORDS:**

Design and construction, MINI-ROUTER, machining, computer controlled.

**DESCRIPTION:**

The purpose of this paper is to construct a grade mini-router computer controlled that is used exclusively DICBOT group, with the quality that is inexpensive and easy transportation.

The design process begins with an analysis of possible alternative construction, once chosen the best one proceeds to design the components of the machine. The project was developed considering a requirement that the mini-router can cut aluminum sheets up to  $\frac{1}{4}$  [in], as material and machining limit the stress analysis of these on the mini-router. The use of simulation and modeling software engineering (CAD, CAM) are an important part in the development of work programs like Solidworks and Ansys, are often highly charged as they avoid tedious and lengthy calculation procedures with the support of foreground throughout the race online mechanical engineering machine design.

Besides the design analysis, we took into account the requirements for the selection of control from electronic parts to the proper configuration. Selecting the type of control was taken into account the costs offered on the market in order to select the most suitable to our budget.

Ultimately resulting in a machine that meets a particular need, the mini-router further characterized in that the majority of its components are present in the sector suppliers and raw material available for use in the manufacturing market, because it has versatility and stability with respect to the requirements of the proposed design in this project, with all its component parts, parts for easy exchange.

---

\* Thesis Work

\*\* Physical-Mechanical Sciences Faculty. School of Mechanical Engineering. Director P.hD. Carlos Borrás. Universidad Industrial de Santander.

## INTRODUCCIÓN

Las máquinas herramientas realizan el trabajo específico de modificación de la forma de los cuerpos o piezas sobre las cuales actúan, mediante el corte o arranque del material de las mismas. Estas han sido creadas para suplir los esfuerzos humanos en la elaboración de piezas mediante la remoción de material, han llegado a una evolución tal, que no solo se utilizan para crear ventaja mecánica en la superación de los esfuerzos de corte del material, sino que también desde hace ya varios años se han convertido en potentes máquinas de mecanizado automático; mediante la adición de posicionamiento de la herramienta de corte de forma automática, gracias a software de diseño, de programación por posicionamiento cardenal y de estructuras deslizantes motrices que mediante sistemas de potencia; como lo son los motores de mediana potencia incorporados en ellos, proporcionan la posición deseada y diseñada por los software ya mencionados.

Para lo cual se plantea el diseño y construcción de MINI-ROUTER CNC, iniciando con una referencia teórica de los conceptos que se deben emplear y finalizando con la elaboración de planos de construcción en la parte de anexos. El diseño de este MINI-ROUTER proporciona en tres ejes coordenados el proceso de corte de lámina de aluminio.

# **1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

## **1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La preparación y la búsqueda del conocimiento han sido temas claves durante la formación del estudiante de ingeniería mecánica, este conocimiento se alcanza en parte a través del desarrollo de nuevas tecnologías, para esto es necesario e indispensable poseer recursos que nos permitan trabajar adecuadamente en lo que se necesita.

De acuerdo a las necesidades de la escuela de Ingeniería Mecánica, que va en pro del desarrollo, investigación y proceso de la tecnología se están creando, junto con el grupo de investigación DicBot, robots o sistemas mecánicos inteligentes.

Para la construcción de los robots es necesaria e indispensable la manufactura de sus partes, sobre todo la manufactura de las piezas metálicas que conforman la estructura de estos. Para la manufactura se requiere una maquina con alta precisión en piezas pequeñas, que sea liviana, económica, flexible, portátil con tolerancias aproximadas de  $\pm 0,5$  mm (garantizada a través del control y el tornillo de potencia en los ejes xz) e independencia tecnológica con respecto a los equipos que se encuentran en la escuela de Ingeniería Mecánica. La escuela de ingeniería mecánica de la universidad no cuenta con un equipo que cumpla con estas especificaciones. Por esto se vio la necesidad de diseñar y construir un MINI-ROUTER CNC para la manufactura de piezas precisas con muy buena tolerancia.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA**

Con el desarrollo de un MINI-ROUTER CNC en la escuela de INGENIERÍA MECÁNICA de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER se tiene como finalidad incentivar y promover la investigación en el campo de la robótica,

permitiendo avances en conocimientos y despertar la creatividad de los estudiantes de la escuela.

La justificación de la solución propuesta radica en la realización del diseño y construcción de una maquina portátil y practica que cumpla con las especificaciones técnicas para el mecanizado en dos dimensiones, fabricada a partir de equipos y elementos comprados en el mercado local, con la cual se apoye el desarrollo de nuevos diseños y construcciones de robots que el grupo de investigación este realizando.

La disponibilidad de este MINI-ROUTER CNC permitirá garantizar la precisión del mecanizado de forma económica y rentable de las piezas que hacen parte de la estructura de los robots.

### **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE GRADO**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Apoyar la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander con el propósito de formar Ingenieros Mecánicos con alta calidad técnica y científica creando así profesionales competentes, mediante el DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI-ROUTER CNC PARA CORTAR LAMINAS DE ALUMINIO, implementado en la fabricación de piezas de robots, creados para el grupo de investigación DicBot de la escuela de ingeniería mecánica, dando vigencia a la misión de la Universidad Industrial de Santander.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diseñar y construir un MINI-ROUTER CNC para cortar láminas de aluminio que consta de:

- Un sistema guía con rodamientos
- Un sistema de transmisión de potencia (tornillo de potencia)
- Una adaptación para fuente motriz
- Un sistema de 3 ejes de movimiento XYZ (cartesiano)
- Un sistema de acoplamiento entre ellos.
  - Soportes y acoples
  - Mesa de mecanizado

La máquina está diseñada para el corte de láminas de aluminio hasta de un 1/4", la estructura tiene la posibilidad de soportar las cargas de corte necesarias para el mecanizado del aluminio.

- Las especificaciones propuestas son:

- Dimensiones de la Máquina:

Longitud	455mm
Ancho	468 mm
Alto	270 mm

- Dimensiones del área de trabajo

Longitud	300mm
Ancho	340 mm
Alto	100 mm

- Analizar las cargas ejercidas en la máquina, junto con sus respectivas respuestas para esta, mediante herramientas informáticas, como lo son las herramientas numéricas computacionales CAE, ANSYS y SOLIDWORKS.
- Seleccionar una tarjeta de control que controle las funciones básicas de los movimientos del MINI-ROUTER.

- Realizar pruebas básicas de mecanizado, donde se compruebe la validez del diseño mecánico de la estructura propuesta.
- Elaborar y registrar pruebas de corte que confirmen la funcionalidad adecuada y precisa del MINI-ROUTER CNC.
- Realizar un manual de operación y de mantenimiento que incluyan los procedimientos de desmonte y montaje de los componentes de la máquina.

## 2 GENERALIDADES DE LOS ROUTERS CNC

El control numérico se desarrolló a finales de 1940 y principios de 1950 por John T. Parsons en colaboración con el MIT, que fue desarrollado para ayudar en la posguerra para la fabricación de piezas de aeronaves que exigían un esfuerzo y un nivel más complejo que los operadores humanos no podían alcanzar.

Al principio, las máquinas solo eran cableadas y luego se dieron instrucciones a través de cintas perforadas<sup>1</sup> en el año 1952. Cinco años después, máquinas de control numérico estaban siendo instaladas en entornos de producción metalúrgica en todo los Estados Unidos y por mediados de 1960, la tecnología de control numérico desempeña un papel dominante en la industria.

La mayoría de los programas de la máquina se registraron en un papel perforado o cinta de aluminio hasta alrededor de 1980. En los años 1970 y 80, el crecimiento de la tecnología de microprocesador hizo posible a los ordenadores conectarse directamente a máquinas de control numérico utilizando cables, de ahí el término CNC.

Fundamentalmente, el control numérico es una técnica para el control de maquinaria de un tipo específico de máquina. Máquinas CNC fueron construidas originalmente para el mecanizado de metales y posteriormente fueron adaptados para otras industrias, tales como madera, tela, espuma y plásticos. Todas estas máquinas tienen algunas características en común:

- un programa.
- un controlador
- una máquina herramienta.

Isao Shoda fue el primero en haber hecho un ROUTER NC en el mundo y lo exhibió en la feria internacional de Osaka en 1968, Modelo: NC-111a a principios

---

<sup>1</sup> Cintas perforadas: es un método obsoleto de almacenamiento de datos, que consiste en una larga tira de papel en la que se realizan agujeros

<sup>2</sup> Massachusetts Institute of Technology

de la década de 1970. El advenimiento de la CNC apareció por primera vez en la industria aeroespacial (controlado por una computadora central).

Ilustración 1. Primer router NC



Fuente: <http://www.shoda.com/e/hist.html>

Otros eventos que impactaron la tecnología CNC fueron:

- A mediados de 1970: el primer microprocesador (Intel 8080)
- Final de la década de 1970: El primer CNC de 5 ejes para trabajo en madera.

Los primeros CNC fueron utilizados por la industria aeroespacial para cortar patrones complejos de hojas de aluminio.

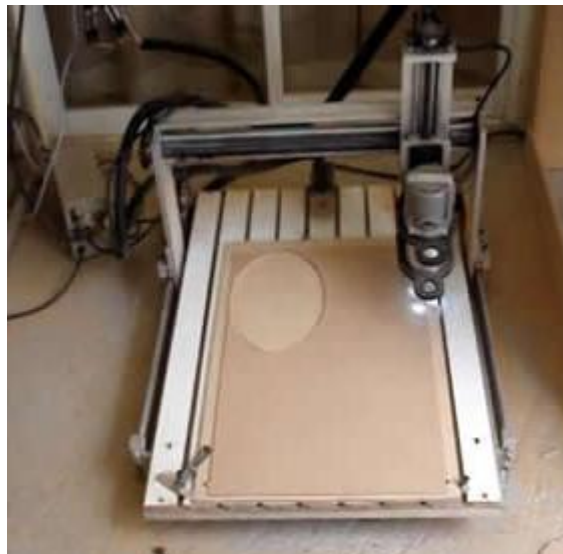
A principios de 1980, la tecnología CNC fue utilizada en muchos tipos de maquinaria de la industria de la madera

Hoy en día las máquinas CNC son una parte omnipresente de la fabricación. Nuevas funcionalidades y un rendimiento mejorado se está desarrollando cada día, que le dará un papel cada vez mayor en el éxito de la industria.

## 2.1 ¿QUÉ ES UN ROUTER CNC?

Los ROUTER CNC son máquinas que van desde pequeñas a grandes dimensiones dependiendo del trabajo que se desea realizar, los cuales son el grabado y corte de diversos materiales, tales como madera, aceros compuestos, aluminio, plásticos y espumas, esto se realiza dependiendo de la construcción del router y del tipo de control que se establezca.

Ilustración 2. Router CNC



Fuente: [corteconrouteryplasmacnc.com](http://corteconrouteryplasmacnc.com)

## 2.2 TIPOS DE ROUTER CNC.

Hay 3 tipos de Router CNC

- Estudio
- Hobbies / Artesanías
- Producción industrial

Para la elección de cada uno de los sistemas se debe evaluar la conformación de cada sistema, el precio de cada una de ellas, tomando en cuenta los elementos que lo componen, las limitaciones propias de cada sistema y sus necesidades en particular.

El tipo de Router de estudio está destinado a puestas en marcha esporádicas, con una precisión aceptable para pequeñas pruebas de posicionamiento y muy bajo torque de trabajo. Un equipo destinado a uso de artesanal, tampoco está preparado para trabajo intensivo, su calidad de materiales y su precisión de posicionamiento son relativamente bajas.

Los equipos destinados a la producción industrial, pueden ser de alta o media precisión en posicionamiento, según el trabajo que deban desempeñar, la calidad de los materiales debe ser media alta, para garantizar jornadas de trabajo intensivo y durabilidad en el tiempo.

### **2.3 FORMAS DE TRABAJO**

La mesa de trabajo del Router CNC es donde ocurre el corte de los diferentes materiales. La superficie de la mesa, también llamada la cama de corte, puede hacer que el trabajo de un Router CNC sea agradable o una pesadilla.

Al trabajar con todo tipo de materiales y formas, es probablemente que se decida hacia un estilo que ofrece numerosas posibilidades de sujeción. Por otra parte, es posible producir el mismo tipo de producto en una base con estilo diferente.

El extremo superior de las de tablas de Router CNC se puede encontrar una combinación de diferentes tipos de mesas de corte. Sin embargo, la mejor opción

es estar bien informado sobre qué tipo de mesa para será el mejor para el trabajo que se desee realizar.

Hay dos sistemas que se utilizan habitualmente.

- Mesa móvil
- Puente móvil

### **2.3.1 Mesa móvil**

Comúnmente utilizada en la fabricación de pequeños prototipos rápidos, joyería, grabado de placas, electrónica y otros menesteres donde las dimensiones son reducidas. Lo que se mueve es el soporte de la pieza a trabajar o mesa de trabajo. Hay mesas que se mueven en el sentido X otras lo hacen en los sentidos X e Y. La desventaja que tienen estos equipos es que al desplazarse debe cubrir una determinada área de trabajo, el desplazamiento de la mesa debe exceder un 100% e área útil.

Ilustración 3. Router de mesa móvil



Fuente: <http://cncetching.com/metal-engraving/cnc-router-ideas.html>

### **2.3.2 Puente móvil**

Los de mayor aplicación cuando uno de los ejes poseen un desplazamiento mayor a 30 cm en algunos de sus ejes. Son utilizados comúnmente en el desarrollo de moldes, matrices, prototipado.

A diferencia de los equipos de mesa móvil, estos poseen un puente que se desplaza sobre la mesa, trasladando el eje X (y este a su vez el eje Z) a través de

ella, en el sentido X e Y. Ocupan menos espacio que un sistema de mesa móvil pero son más caro al construir.

Ilustración 4. Router con puente móvil



Fuente: <http://cncetching.com/metal-engraving/cnc-router-ideas.html>

### 3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Los sistemas más importantes que conforman el MINI-ROUTER CNC:

- El sistema de soporte, de guía lineal.
- El sistema de potencia.
- El sistema de transmisión de potencia.
- El sistema de control.

En el planteamiento del proyecto se evaluaron diferentes alternativas que el mercado ofrece para cada uno de los sistemas mencionados anteriormente.

Las alternativas de solución para el MINI-ROUTER CNC fueron:

#### 3.1 SISTEMA DE SOPORTE LINEAL

- Guía de bolas recirculantes

La guía lineal a bolas es el tipo más ampliamente utilizado, más eficiente, carga nominal grande, alta rigidez, gran momento de fuerza contra la vibración en tres direcciones y es el método que proporciona la mayor exactitud debido a su funcionamiento ya que es un rodamiento a baja fricción, pero igualmente este diseño es bastante costoso y difícilmente asequible en algunos sectores comerciales.

Este tipo de riel comúnmente es como se muestras en la ilustración 5.

Ilustración 5. Guía de bolas recirculante



Fuente: [www.patagoniacnc.com](http://www.patagoniacnc.com)

- Cojinetes de deslizamiento

Estos sistemas funcionan de modo diferente que los sistemas por bolas clásicos, pues se utilizan como medio de movimiento elementos deslizantes, por lo que estos tipos de rieles aprovechan los materiales utilizados para los cojinetes. Hay que tener en cuenta que al tener involucrada fricción durante el movimiento siempre existirá una desventaja frente al sistema de bolas.

En algunas aplicaciones los rodamientos con rozamiento son la mejor opción en comparación con cojinetes sin rozamiento. Algunas empresas preparan las ranuras de lubricación bajo pedido.

Ilustración 6. Cojinetes de deslizamiento



Fuente: <http://www.schneeberger.com>

- Rodamiento guía lineal a bolas recirculantes

Es un rodamiento diseñado para proporcionar el movimiento libre en una dirección. Hay diferentes tipos de cojinetes de movimiento lineal.

Proporcionan el movimiento lineal sobre la base de rodamiento a bolas. Es por su jaula de acero, robusto y adecuado para aplicaciones con mucha suciedad, como por ejemplo en la industria de la madera.

Para aplicaciones con temperaturas elevadas se disponen ejecuciones sin retenes. La ejecución cerrada se suministra en acero anticorrosivo, siendo especialmente adecuada para aplicaciones bajo vacío y en la industria alimenticia.

Ilustración 7. Rodamiento guía lineal a bolas recirculantes



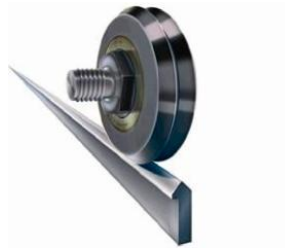
Fuente: Guías Barras Lineales Ruleman

- Rodillo de guía y riel con perfil en forma de V

Este sistema es ideal para una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen desde salas limpias hasta aserraderos. Es silencioso, perfecto para aplicaciones de longitudes largas y muy resistentes a la suciedad. El sistema ofrece cuatro opciones de ruedas: ruedas de guiado originales, conjuntos de ruedas de guiado con tornillo, ruedas integrales patentadas y las ruedas selladas contra fluidos. Las ruedas giran sobre

una guía de simple canto o sobre una guía de doble canto. Las ruedas originales se montan con casquillos o bujes. La funcionalidad y la vida útil del sistema se pueden aumentar mediante la incorporación de cubiertas de ruedas, lubricadores y conjuntos de placas de guiado.

Ilustración 8. Rodillo de guía y riel con perfil en forma de V



Fuente: <http://www.directindustry.es>

- Rodamientos axiales de bolas

Los rodamientos axiales de bolas de efecto simple de SKF constan de una arandela del eje, una arandela del soporte y un conjunto axial de bolas y jaula. Los rodamientos axiales de bolas de doble efecto de SKF constan de una arandela del eje, dos arandelas del soporte y dos conjuntos axiales de bolas y jaula. Los rodamientos son separables, por lo que su montaje resulta sencillo. Los tamaños menores están disponibles con superficie de asiento plana o esférica en la arandela del soporte. Los rodamientos con arandela del soporte esférica se pueden usar junto con una arandela de apoyo esférica para compensar los errores de alineación entre la superficie de apoyo del soporte y el eje.

Ilustración 9. Rodamientos axiales de bolas



Fuente: <http://www.logismarket.es>

### 3.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

- Cadenas

Su funcionamiento es de manera similar que los engranajes, manejan velocidades relativamente medias y son útiles para transmisión de movimiento a largas distancia.

Dentro de sus defectos se encuentra que el sistema es muy ruidoso, puede acarrear descarrilamiento en altas velocidades y es supremamente inexacto pues depende de su exactitud el número de dientes por rueda, lo que generalmente es muy poco.

Ilustración 10. Sistema de transmisión por cadenas



Fuente: [www.seekpart.com](http://www.seekpart.com)

- Tornillo de potencia

Es un sistema que cambia el movimiento angular por lineal y transmitir potencia.

Este sistema desarrolla un excelente rendimiento y disminuye las pérdidas mecánicas significativamente, es el elemento de transmisión de potencia más utilizado en el mercado.

Tienen gran ventaja mecánica tanto a tensión como a compresión y en diseño de perfil lo que lo hace un gran candidato al proporcionar múltiples opciones.

El tornillo de potencia nos ofrecen ventajas como:

- Obtener ventaja mecánica mayor con el objeto
- Ejercer fuerzas de gran magnitud
- Obtener un posicionamiento preciso de un movimiento axial

Ilustración 11. Tornillo de bolas recirculantes.

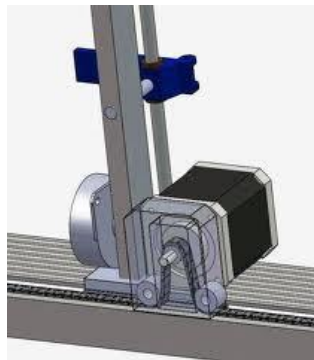


Fuente: <http://dia-tronik.blogspot.com>

- Bandas dentadas

El motor moverá una polea dentada, que será la encargada de transmitir el movimiento a la correa. El motor podrá estar montado sobre el carro que se moverá, dado que agregamos peso al carro, y los dos extremos de la correa fijados al bastidor de la máquina. Esta transmisión funcionara como una cremallera.

Ilustración 12. Bandas dentadas



<http://www.miliamperios.com>

### 3.3 SISTEMA DE POTENCIA

Dentro de las opciones de sistemas de potencia, necesaria para el movimiento de los módulos se encuentran:

- Los servomotores

Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Él servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servomotores para posicionar superficies de

control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. Ellos también se usan en radio control, títeres, y por supuesto, en robots.

Ilustración 13.Servomotores



Fuente: [www.info-ab.uclm.e](http://www.info-ab.uclm.e)

- Motores paso a paso

Son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

En todos aquellos mecanismos que requieran posicionarse con precisión en puntos fijos. La diferencia con los motores comunes es que pueden detenerse en ángulos determinados con una precisión de minutos, cosa que los motores comunes no pueden hacer por su inercia mecánica. Fotocopiadoras, Plateadoras, máquinas de control numérico, Impresoras, lectoras de CD, robótica entre otras son las aplicaciones más comunes.

La cantidad de giros o desplazamiento angular de estos motores habitualmente es programada en forma secuencial para aplicar a los mecanismos. Para ello se necesitan drivers\* comandados por órdenes de característica de lógica digital.

Ilustración 14. Motor paso a paso



Fuente: <http://www.electricasbogota.com>

### **3.4 SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control lo está compuesto por dos partes esenciales que se integran para que la maquina funcione correctamente;

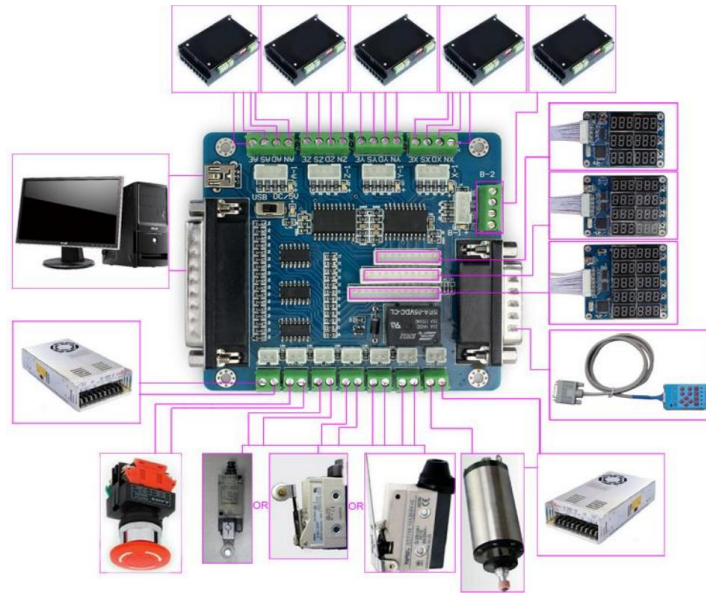
#### **3.4.1 Hardware**

- Tarjeta de control

Las tarjetas de control existen de diversos costos, dependiendo de la configuración que se desee tener, las cuales se encuentran las que poseen diversas salidas que controlan los motores todo dependiendo de los ejes de salida que se necesiten. Además existen tarjetas que permiten recibir señales de entrada donde nos da un control manual y digital que sería solamente a través del computador.

Las tarjetas de control básicas nos permiten un control de cuatro ejes, los límites y señales de entrada para el botón de parada de emergencia.

Ilustración 15. Tarjeta de control



Fuente: <http://www.sainsmart.com>

- Suministro de energía

Para el suministro de energía existen varios tipos de fuente, depende de la necesidad de la corriente que pida la tarjeta y cada uno de los motores que se van a controlar.

Ilustración 16. Fuente de energía.



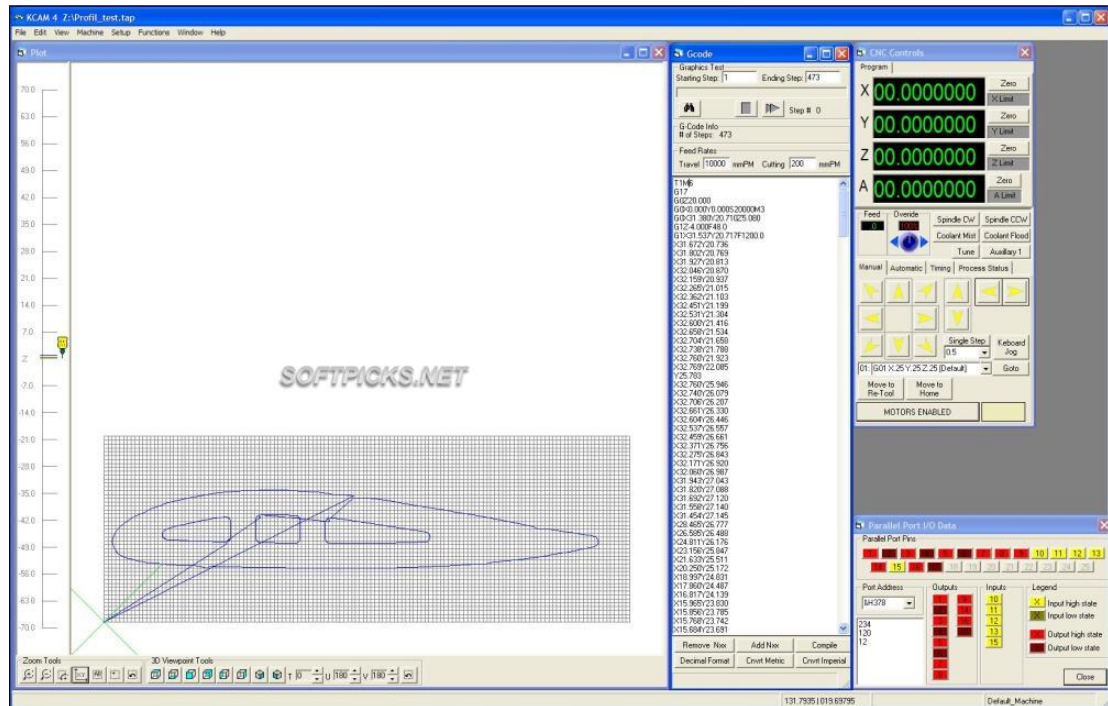
Fuente: EBC

### 3.4.2 Software

- KCam

KCam Router /MILL es un software que está diseñado para ejecutarse en equipos CNC de bajo costo. Programa las rutas de acceso usando el editor de código G y M o la importación de DXF, NC y PLT. Crear marcas y placas usando su software de CAD y la importación de su trabajo en KCam. Es un software poco común en el mercado.

Ilustración 17. Software KCam



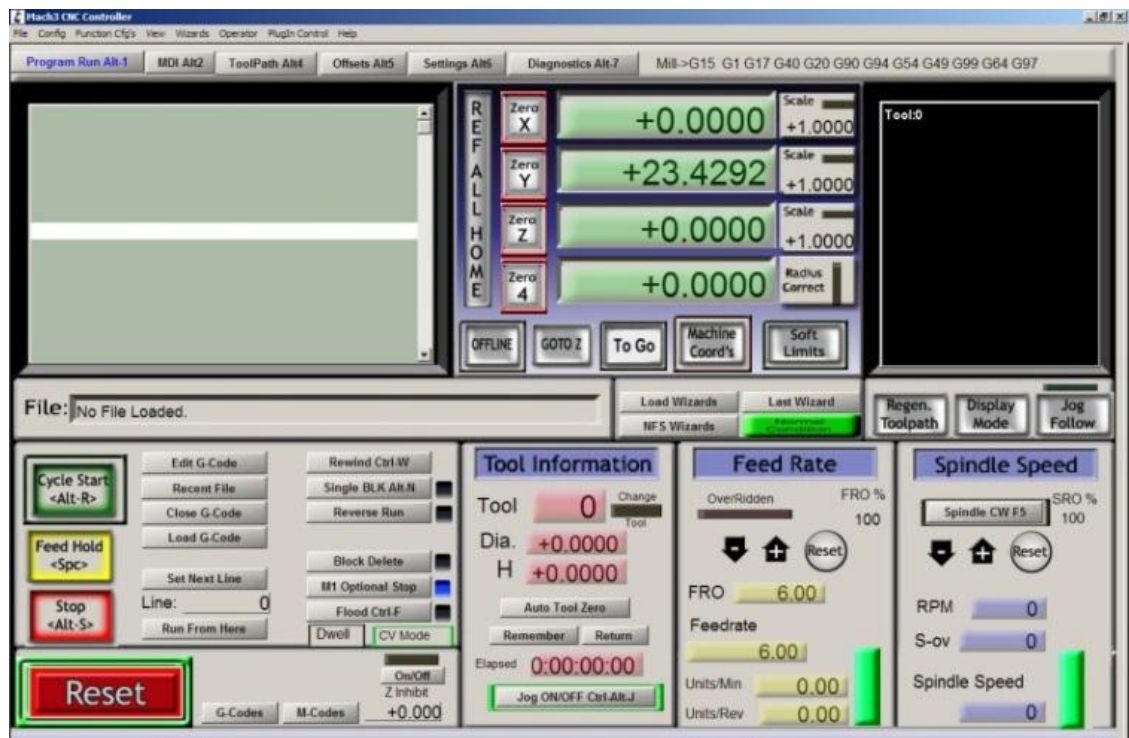
Fuente: KCam.com

- Software Mach 3

Mach 3 es un sistema de control computarizado que permite la comunicación con los motores usando una computadora.

Este sistema es accesible y muy fácil de aprender, permitiéndole a muchas empresas automatizar sus máquinas convencionales a CNC o crear sus propias máquinas de control numérico a un bajo costo.

Ilustración 18. Software Mach 3

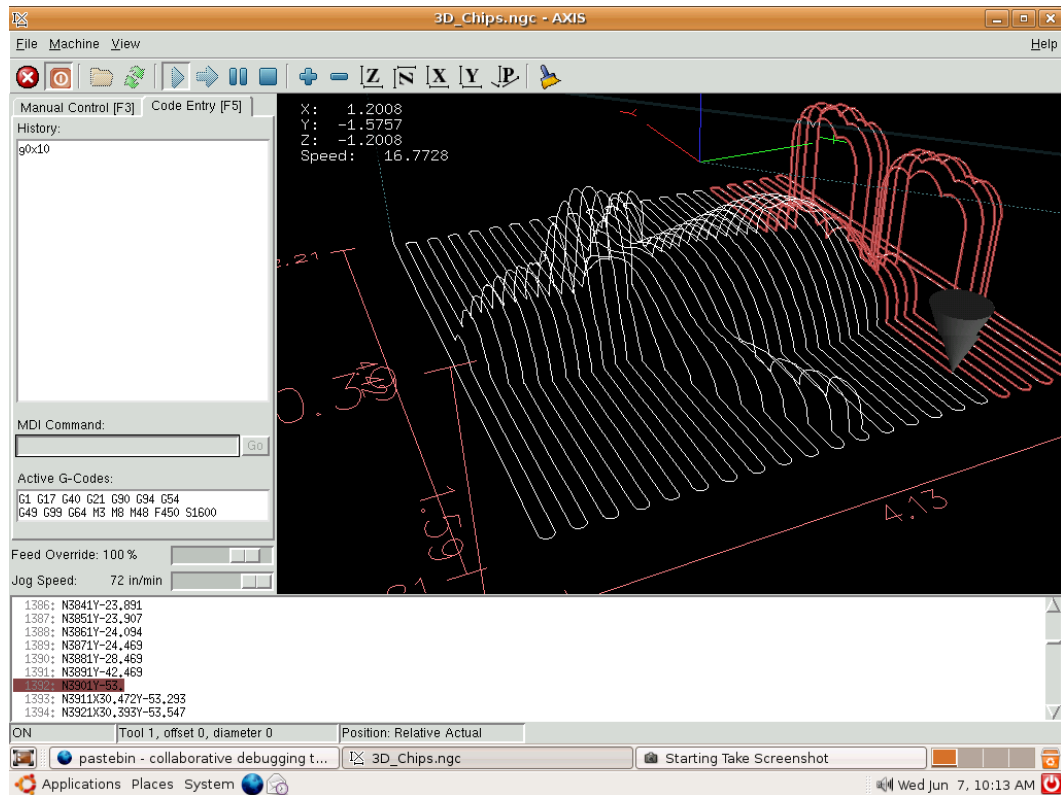


Fuente: [www.mach3.com](http://www.mach3.com)

- EMC2

El Enhanced Machine Controller (EMC) es un potente software de control de máquinas de control numérico basado en Linux que permite disponer de un sistema de control de movimientos para los ejes de la máquina, un intérprete inmejorable del lenguaje estándar RS274 (de códigos G).

Ilustración 19. Software EMC2



Fuente: [www.linuxcnc.com](http://www.linuxcnc.com)

#### 4 DESARROLLO CONCEPTUAL DEL MINI-ROUTER

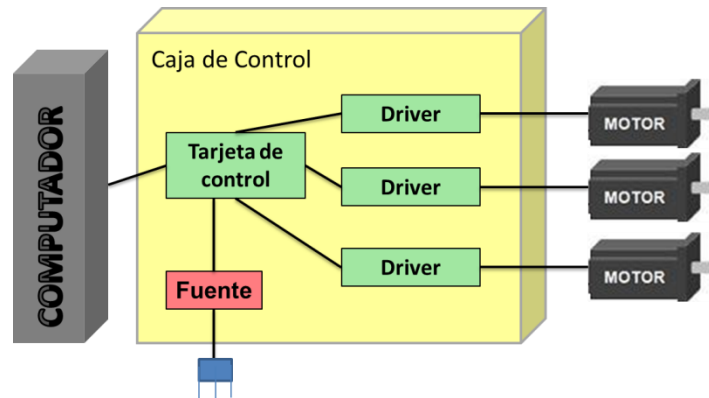
El Mini-Router CNC en su diseño consiste en una mesa para trabajar en las coordenadas X-Y-Z, más una unidad de control, un computador y software de programación.

El plano principal conformado por el eje x-z esta compuestos por el tornillo de potencia junto al motor paso a paso, un par de guías lineales a bolas recirculantes, la estructura de apoyo y con todas las piezas de unión necesarias para el ensamble; sobre el cual se deslizara otro conjunto de elementos como el mencionado anteriormente. Por último pero no menos importante el sistema conformado en el plano x-y que a diferencia de los sistemas ya mencionados, posee el perfil estructural de soporte, un par de guía de bolas recirculantes, conectores necesarios y el soporte para el mototool.

El conjunto necesitara un sistema para su control para cada uno de los ejes, y este sistema esencialmente se controla con software de computador presentes en el mercado y que hoy por hoy son muy utilizados.

El sistema de control es el cerebro del MINI ROUTER CNC. El control completa el enlace importante entre un sistema de ordenador y los componentes mecánicos de una máquina CNC. La tarea principal del controlador es acondicionado para recibir señales desde un ordenador e interpretar esas señales en movimiento mecánico a través de la salida del motor. Hay varios componentes que componen un controlador y cada componente trabaja en conjunto para producir el movimiento del motor deseado.

Ilustración 20.Sistema de control



Fuente: Autores

#### 4.1 SISTEMAS SELECCIONADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MINI-ROUTER.

Tras el estudio de las características de cada una de las alternativas que compondrán el MINI-ROUTER CNC establecidas anteriormente, se seleccionaron los siguientes elementos.

- **Estructura**

Para la estructura principal de la maquina se escogió aluminio de un espesor de  $\frac{1}{4}$  [in] que le permiten la estabilidad y el bajo peso que deseamos para su fácil transporte.

- **Guías**

Respecto al sistema de guías de posicionamiento, se seleccionaron para dos ejes un par en cada uno, que se encuentran fácilmente en el mercado local, como el que se puede apreciar en la ilustración 21; este es bastante utilizado en el mercado del mecanizado automático.

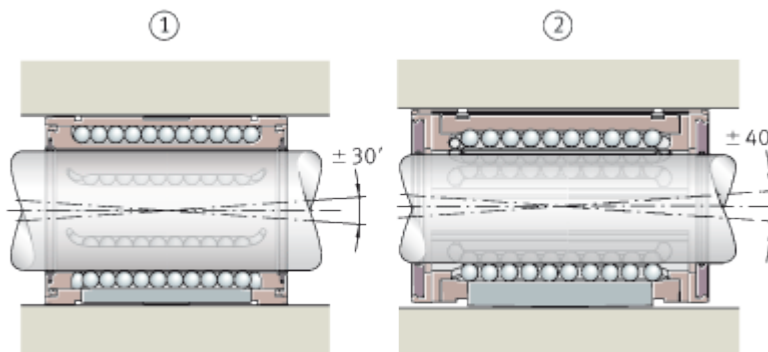
Ilustración 21. Rodamiento guía lineal a bolas recirculantes



Fuente: <http://arisproducts.com> y <http://www.directindustry.es>

Los sistemas de guiado por eje son guías longitudinales con rodadura de bolas o por deslizamiento, para diferentes aplicaciones. Estos rodamientos lineales a bolas son de serie maciza. Se utilizan, como complemento, ejes macizos.

Ilustración 22. Interior de un rodamiento guía lineal a bolas recirculantes



Fuente: <http://medias.ina.de>

**Entre sus ventajas encontramos:**

Compensación de errores de alineación

Fijación simple

Ejecución de los soportes

Muy económicos

Obturación

Lubricación

Temperatura de funcionamiento

Campo de aplicaciones

Sufijos

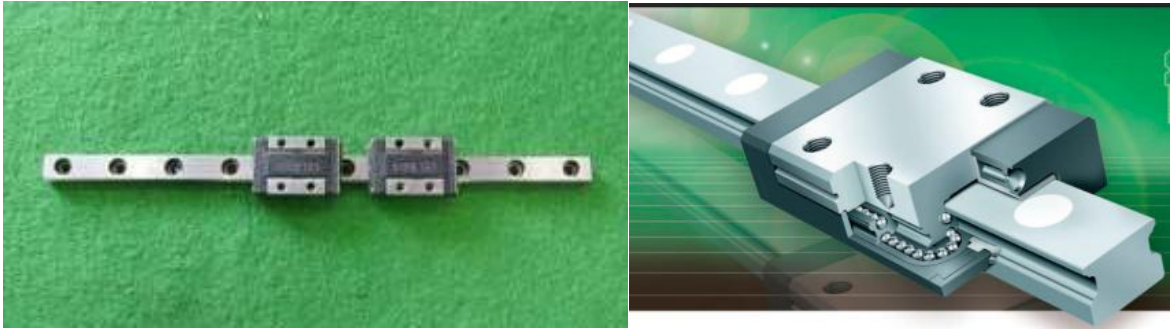
Serie compacta

Para el tercer eje se seleccionó el sistema de guías lineales debido a que tienen una capacidad de carga media, la capacidad de soportar momentos es media a alta.

Su construcción modular permite el cambio de carril-guía y de carro, dentro de la misma clase de intercambiabilidad y de precisión. Ello simplifica el montaje de los sistemas de guiado, facilita la adquisición de piezas de recambio y permite un almacenaje más económico.

Los cuerpos portantes de los carros y los carriles-guía, son inoxidable. Las caras frontales de los carros están provistas de obturaciones, para proteger el sistema de rodadura contra la suciedad. Los carros están lubricados y pueden reengrasarse.

Ilustración 23. Sistema de guías lineales



Fuente: <http://beta.globalspec.com> y [http:// www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

Característica de las guías lineales serie:

- Movimiento más suave.
- Gran capacidad de carga.
- Intercambiabilidad.

- **Motores**

La fuente de potencia seleccionada para la construcción del MINI-ROUTER serán los motores pasos a paso bipolares Sanyo denki (ver figura), pues en el mercado se encuentran muy fácilmente; ofrecen una gran versatilidad respecto a precisión (hasta 1.2 grados por paso), velocidad (hasta 3000 rpm) y torque (hasta 12.1 Nm); son comúnmente utilizados en el campo del mecanizado automático e igualmente existen programas para el control de estos a muy fácil acceso.

Ilustración 24. Motores pasó a paso.



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/sanyo-denki-america-inc>

Los motores paso a paso presentan grandes ventajas con respecto a la utilización de servomotores debido a que se pueden manejar digitalmente sin realimentación, su velocidad se puede controlar fácilmente, tiene una larga vida, son pequeños, robustos y poseen un elevado torque a bajas revoluciones, lo que permite un bajo consumo tanto en vacío como en plena carga, su mantenimiento es mínimo, debido a que no tienen escobillas.

- **Acople al motor**

Cuando aplicamos movimiento al carro, este intenta oponerse al movimiento, debido al peso del mismo o a la fuerza que ejerce la herramienta sobre el material que estemos trabajando, y causa un efecto de retroceso de movimiento u oposición. Este tipo de acople hace que ese movimiento sea mínimamente incremental, así evitando tal efecto. Cumplen la función de unir los dos ejes amortiguando vibraciones y movimientos bruscos de los motores, manteniendo a cero el juego muerto. Además elimina el problema de perder pasos y los saltos bruscos en los movimientos, dando más calidad a los trabajos de nuestra máquina.

Ilustración 25.Acople al motor



Fuente: autores

- **Tornillo**

El sistema seleccionado para transformar el movimiento giratorio de los motores paso a paso al movimiento lineal hacia los rodamientos lineales, es el tornillo de potencia por ser un elemento de transmisión de potencia de poca fricción y es también uno de los más utilizados en sistemas de mecanizado automático.

Ilustración 26.Tornillo acmé



Fuente: autores

- **Rodamientos axiales.**

Este rodamiento seleccionado es de doble hilera de contacto angular, con el fin de soportar tanto carga radial como axial en ambos sentidos.

Ilustración 27. Rodamientos axiales.



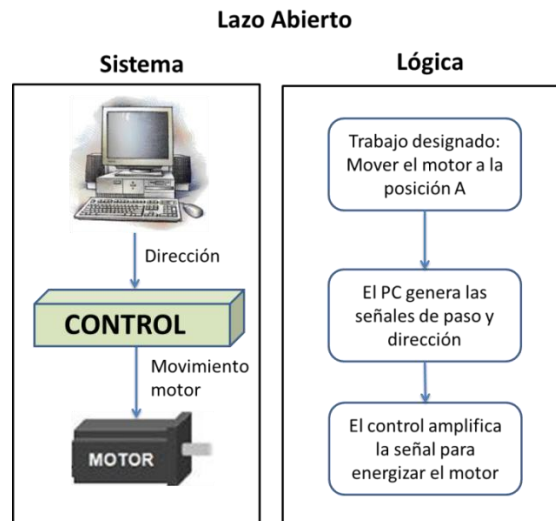
Fuente: <http://www.nskeurope.es>

- **Tipo de control**

El sistema de lazo abierto y cerrado describe los dos tipos principales de sistemas de control que pueden ser aplicados al MINI ROUTER CNC.

En el sistema de lazo abierto, después de que se designe el trabajo que se desea realizar y luego de generar el código G, el software de control numérico crea las señales necesarias de paso y dirección para realizar la tarea deseada. Las señales del computador son enviadas al controlador que luego activa el motor. Después el motor se mueve a la posición deseada, no hay realimentación al controlador de sistema para verificar la acción.

Ilustración 28. Esquema del sistema de lazo abierto



Fuente: Autores

Los motores paso a paso son capaces de operar en un sistema de lazo abierto, mientras que los servomotores no. Debido a que los motores de pasos no requieren hardware retroalimentación, el precio de este sistema es mucho más barato y más sencillo que un sistema de lazo cerrado. Esto hace que sea más asequible para construir el MINI ROUTER CNC.

La desventaja de este sistema es debido a que no hay realimentación al controlador. Si el motor no funciona como se indica, no hay manera para que el sistema lo note, el controlador continuará realizando la tarea siguiente, como si no hubiera ningún problema hasta que un interruptor de límite se dispare o reinicie el proceso el operador de la máquina.

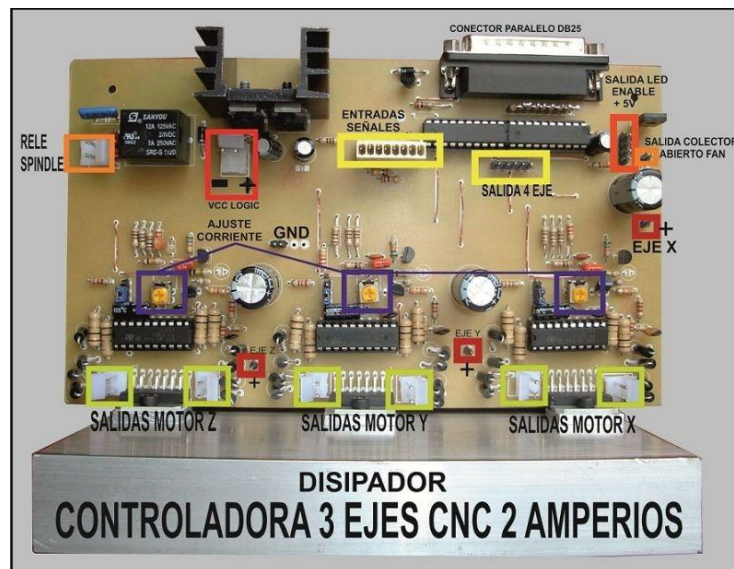
Muchos de los problemas se deben por la sobrecarga de la máquina lo cual hace perder pasos en el motor con el sistema de lazo abierto. Esto puede arruinar la pieza o ser perjudicial para la máquina o el usuario. Sin embargo, si el sistema se

construye correctamente y no sobrecargado, no hay razón para que un sistema de lazo abierto no deba funcionar correctamente.

- **Tarjeta de control**

La tarjeta de control, mostrada en la figura es indispensable para el movimiento de los motores paso a paso que se utilizan en el MINI-ROUTER CNC, pues gracias a ella se logra el posicionamiento de los motores a través de señales digitales, además protege de sobre voltajes o sobre corrientes el computador.

Ilustración 29. Tarjeta de control.



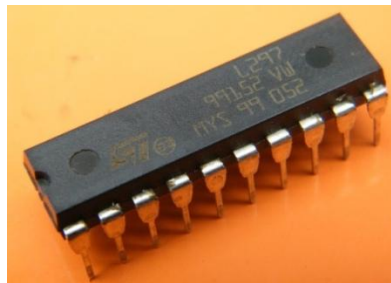
Fuente: datasheet tarjeta de control

Para el preciso control de motores paso a paso se consigue con controladores de motor paso a paso. Los controladores reciben una señal de control desde el ordenador y energizan las bobinas de motor paso a paso que hacen que el motor se mueva.

- **L297**

Es un controlador de motores paso a paso que se encuentra en la tarjeta de control, el cual carece de la parte de potencia, es decir de los puentes H de salida.

Ilustración 30. Integrado L297

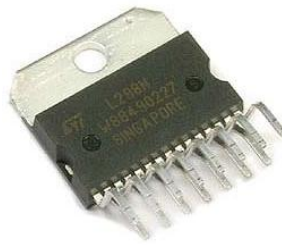


Fuente: <http://www.uni-kl.de/elektronik-lager/419182>

- **L298**

Se encuentra dentro de la tarjeta de control. Se diseña un Puente H en base al circuito L298 con la capacidad de controlar un motor de corriente directa, el cual cuenta con un bloque de alimentación, un bloque de señales de control, y un bloque para la conexión del motor.

### Ilustración 31. Puente H L298



Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/l298-p-550.html>

- **Fuente**

Al conectar una unidad flash pequeño hasta su puerto USB, el suministro de energía se lo entrega el ordenador al dispositivo a través del puerto. Cuando se conecta un dispositivo más grande se tiene que utilizar una fuente de alimentación externa ya que el equipo no es capaz de suministrar suficiente energía. Esta condición significa que es necesario conectar el dispositivo al ordenador, pero también se tiene que conectar una segunda línea a una fuente de alimentación auxiliar, como la toma de 110 V en la pared.

Las mismas condiciones se cumplen para los dispositivos del MINI ROUTER CNC. Ellos requieren una línea de comunicación de baja tensión, a través del cual la computadora le dice a la máquina qué hacer, y una fuente de alimentación que proporciona la energía para mover, cortar y realizar operaciones similares.

Un convertidor de potencia, se conoce como la "unidad de suministro de energía (PSU)," se utiliza para cambiar la forma de la energía suministrada desde la corriente alterna (AC) de la red eléctrica, a la corriente directa (DC) que es más fácil utilizada por motores de accionamiento de la máquina.

El suministro de energía se encarga de tensiones grandes y corrientes que podrían ser perjudiciales para el sistema de circuitos. Por lo tanto, la fuente de alimentación y controladores del motor están a menudo separados de la computadora con un sistema de protección de circuitos que aísla aumentos repentinos de energía eléctrica.

Ilustración 32. Fuente de energía



Fuente: autores

## 5 MATERIAL A MECANIZAR

Para los cálculos de diseño del MINI-ROUTER CNC se tiene como material base el aluminio.

Con este material se realizaron cálculos tanto de resistencia como de estabilidad, se tendrán en cuenta las siguientes propiedades del aluminio.

- **Aluminio**

El aluminio se caracteriza por ser un metal ligero, blando y maleable; de gran utilidad estructural al ser aleado con otros metales. La utilización industrial del aluminio ha hecho de este metal uno de los más importantes, tanto en cantidad como en variedad de usos, siendo hoy un material polivalente que se aplica en ámbitos económicos muy diversos y que resulta estratégico en situaciones de conflicto. Hoy en día, tan sólo superado por el hierro/acero. El aluminio se usa en forma pura, aleado con otros metales o en compuestos no metálicos. En estado puro se aprovechan sus propiedades ópticas para fabricar espejos domésticos e industriales, como pueden ser los de los telescopios reflectores. Lo que lo hace un material ideal para la creación de partes de robots.

Las propiedades se muestran en el cuadro.

Tabla 1. Propiedades del Aluminio.

Material	Módulo de elasticidad $E$		Módulo de rigidez $G$		Razón de Poisson $\nu$	Densidad de peso $\gamma$	Densidad de masa $\rho$	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	
Aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8

Fuente: *International Nickel Co., Inc., N.Y.; Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park.*

## 5.1 FUERZAS RESULTANTES POR EL CORTE DE LÁMINAS

Los tipos de mecanizado que pueden representar muy bien las fuerzas de corte de la lámina de aluminio son el fresado y el taladrado. Estas fuerzas involucradas se muestran a continuación:

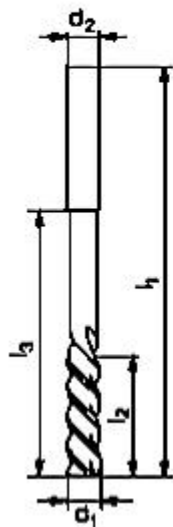
Fresado: Las fuerzas presentes tanto en el fresado como en el taladrado son dos fundamentalmente como se muestra en la figura.

- $P_x$ : esta fuerza es la fuerza que debe ejercer el tornillo de potencia para el avance de penetración tanto en el fresado como en taladrado.
- $P_y$ : fuerza de avance perpendicular a la fuerza  $P_x$ .
- $M_x$ : este momento es el ocasionado por el movimiento puro de rotación que deben hacer las herramientas de fresa y de taladro para realizar la remoción de material; este momento es puramente soportado por el sistema estructural de las láminas de aluminio y las guías.

### **Calculo de las fuerzas presentes en la herramienta para los principales métodos de remoción de material**

Al momento de analizar las fuerzas que actúan sobre la herramienta a la hora de cortar es importante seleccionar la herramienta para conocer sus dimensiones y el tipo de material de esta. Basándonos en el proceso de manufactura que simulan las fuerzas para este análisis como lo es el fresado y taladrado que simula el proceso del escareado, se seleccionó la siguiente herramienta;

Tabla 2. Selección de las dimensiones de la herramienta.



$d_{1\ H7}$ mm	$l_1$ mm	$l_2$ mm	$l_3$ mm	$d_{2\ h9}$ mm	Z
1,0	34	5,5	15	1,0	2
1,5	40	8,0	18	1,5	2
1,8	46	10,0	22	1,8	2
2,0	49	11,0	24	2,0	3
2,2	53	12,0	26	2,2	3
2,5	57	14,0	28	2,5	3
2,8	61	15,0	32	2,8	3
3,0	61	15,0	35	3,0	3
3,2	65	16,0	35	3,2	3
3,5	70	18,0	40	3,5	3
4,0	75	19,0	43	4,0	3
4,5	80	21,0	47	4,5	3
5,0	86	23,0	52	5,0	3
5,5	93	26,0	57	5,6	3
6,0	93	26,0	57	5,6	3
6,5	101	28,0	63	6,3	3

Fuente: catálogo de wnt mastertool

Elección del diámetro (d) y el número de dientes (z) de la herramienta según la longitud y ancho de la pasada.

Tabla 3. Propiedades de la herramienta a utilizar.

Diámetro (mm)	Numero de dientes	Long de la hta (mm)	Angulo de la hélice	Avance (mm)	Según (Plus line)
d	Z	L <sub>1</sub>	$\alpha$	a	Mastertool máquinas para el corte de aluminio
5,5	3	93	45	0,0825	

Fuente: www. Mastertool.com

Las fuerzas presentes tanto en el fresado como en el taladrado son dos fundamentalmente como se muestra en la Ilustración 33, maquina toda con las fuerzas de mecanizado.

**P<sub>x</sub>**: esta fuerza es la fuerza que debe ejercer el tornillo de potencia para el avance de penetración tanto en el fresado como en taladrado.

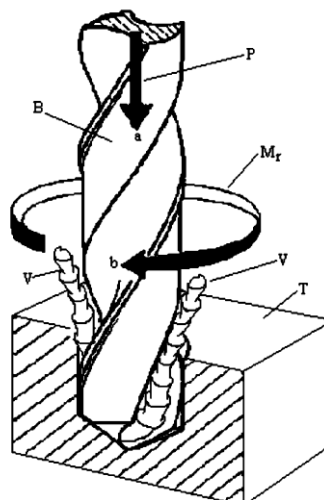
**P<sub>y</sub>**: fuerza de avance perpendicular a la fuerza P<sub>x</sub>.

**M<sub>x</sub>**: esta momento es el ocasionado por el movimiento puro de rotación que deben hacer las herramientas de fresa y de taladro para realizar la remoción de material; este momento es puramente soportado por la estructura de aluminio.

### 5.1.1 Calculo de las fuerzas presentes en el taladrado

Las fuerzas que en un proceso de corte por taladrado normal se presentan son las que se muestran en la figura 33.

Ilustración 34. Esquema de las fuerzas aplicadas para taladrar

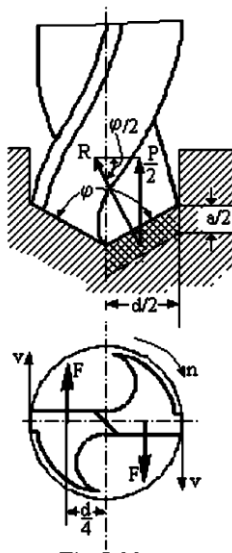


Fuente: juliocorrea.files.wordpress.com

Según se muestra en la figura, la herramienta  $B$  para arrancar las virutas  $V$  del material  $T$  necesita dos movimientos simultáneos, uno el movimiento de avance o penetración  $a$  y el otro el movimiento de rotación  $b$ , que es el que corresponde al movimiento principal de corte, siendo  $P$  la fuerza de penetración y  $Mr$  el momento de rotación. Por lo general la herramienta presenta dos bordes cortantes.

Ilustración 35. Vistas de las fuerzas que influyen en la herramienta

Si se puede ver en la ilustración a el avance por vuelta de la herramienta, un diámetro  $d$ , cada uno de los bordes cortantes retira una sección de viruta, dada por la expresión:



$$q = \frac{a \cdot d}{4}$$

Reemplazando los valores en la ecuación

$$q = \frac{0,0825 \cdot 5,5}{4} = 0,113$$

$$R = q \cdot k_2 = 0,113 \cdot 121 = 13,7$$

Siendo  $R$  la fuerza axial de penetración

Fuente: juliocorrea.files.wordpress.com

$$P = 2R \cdot \text{sen} \frac{\varphi}{2}$$

Se obtiene:

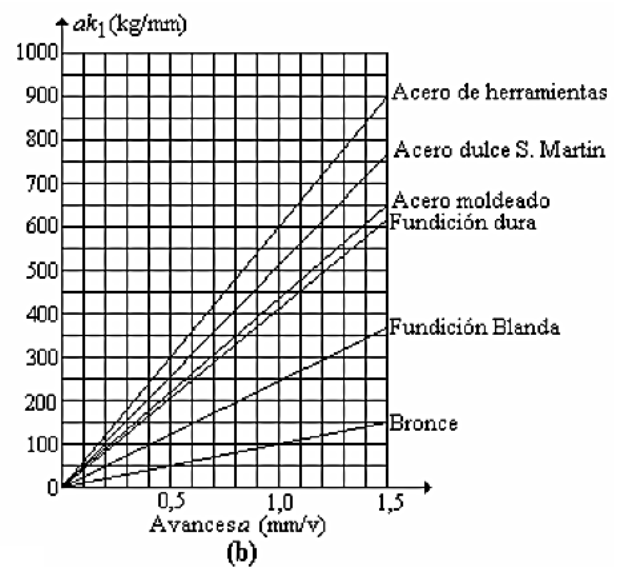
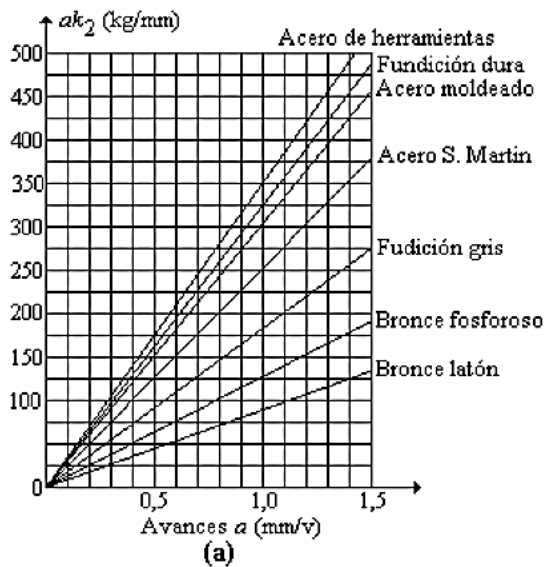
$$P = 2 \cdot 13,7 \cdot \text{sen} \frac{90}{2} = 19,37 \text{ kgf}$$

La fuerza  $F$  para efectuar el corte del material es:

$$F = a \cdot k_1 \cdot \frac{d^2}{4}$$

**Tabla 4. Parámetros de uso con el material a trabajar.**

Material trabajado	$K_z$ kg/mm <sup>2</sup>	$v$ m/min	$a$ mm/vuelta
Fundición.....	12 a 22	35 a 25	$d/50$
Fundición de cilindros.....	22 a 28	22 a 15	$15d/1000$
Acero dulce.....	35 a 65	38 a 25	$d/100$
Acero duro.....	65 a 90	25 a 14	$d/100$
Acero muy duro.....	90 a 120	18 a 14	$d/100$
Bronce, latón y cobre.....	23 a 50	60 a 25	$d/100$
Aluminio, electrón, duraluminio....	14 a 26	250 a 80	$15d/1000$



Fuente: máquinas y herramientas

Conociendo el  $K_1$  para acero de herramientas y reemplazando los valores en la ecuación.

$$F = 0,0825 * 70 * \frac{5,5^2}{4} = 43,67 \text{ kgf}$$

- **Momento de rotación**

El momento de rotación  $M_r$  que debe ejercer el mecanismo principal para vencer la resistencia horizontal al corte, presentado por el material, siendo  $k_1$  la componente horizontal de la resistencia específica de corte de éste último, estará dada por la siguiente expresión:

$$M_r = a * k_1 * \frac{d^2}{8}$$

$$M_r = 0,0825 * 70 * \frac{5,5^2}{8} = 21,8 \text{ kg. mm}$$

- **Velocidad tangencial de corte**

La velocidad  $v$  de corte es tangencial al movimiento de rotación de la broca. Varía desde cero en el centro o punta de la herramienta, hasta un máximo en la periferia del filo. Esta velocidad depende del tipo de material de la mecha y del material a trabajar, estando tabulada para distintos casos según valores obtenidos de la experiencia, en tablas como la que se da como ejemplo a continuación:

### **Valores medios de la velocidad de corte para trabajo con acero rápido**

$$v = \frac{60. \omega. d}{1000.2} = \frac{\pi. d. n}{1000}$$

$$n = \frac{1000. v}{\pi. d}$$

$$n = \frac{1000 * 160}{\pi * 5,5} = 9260 \text{ rpm}$$

## Potencia desarrollada en el corte

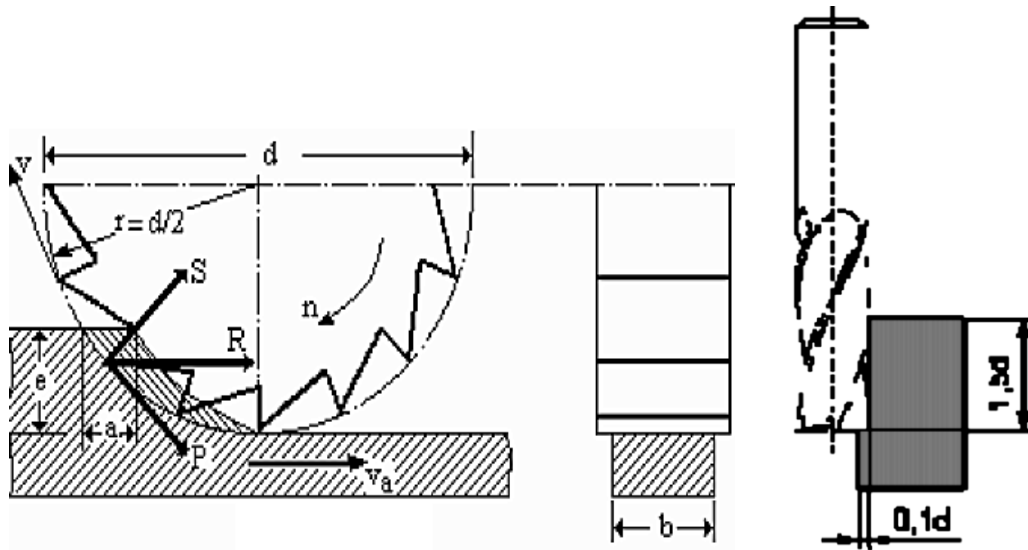
$$N = M_r * \omega = M_r * \frac{2 * \pi * n}{60}$$

$$N = 68,0625 * \frac{2 * \pi * 9260}{60} = 65997,5$$

### 5.1.2 Cálculo de las fuerzas presentes en el fresado

Las principales fuerzas presentes en el fresado se muestran en la figura

Ilustración 36. Fuerzas aplicadas a la fresa.



Fuente: juliocorrea.files.wordpress.com

Existen distintas tablas que dan los valores de  $k_s$ ,  $v$  y  $v_a$ , según el material a trabajar y del tipo de material con el cual está construida la fresa, las cuales nos facilitan el cálculo de algunos valores necesarios para calcular la fuerza de corte.

Tabla 5. Avances y velocidades de corte de fresas comunes de acero rápido

MATERIAL	VELOCIDAD DE CORTE		VELOCIDAD DE AVANCE $V_a$ (mm/min)
	(m/min)		
	Desgrosado $v$	Acabado $v$	
Cobre y aluminio.....	60 – 80	80 – 100	80 – 120
Bronce común.....	25 – 28	35 – 40	80
Bronce común.....	20 – 25	30 – 35	45
Bronce endurecido.....	16 – 20	25 – 30	60
	15 – 18	22 – 25	40
	12 – 16	18 – 22	30

Fuente: juliocorrea.files.wordpress.com

Si la resistencia específica de corte del material trabajado es  $k_s$ , la fuerza  $F$  necesaria para efectuar el corte del material es:

$$F_c = e . b . k_s$$

Y la potencia de corte

$$P_c = k_s . e . b . z . a . n$$

- **Velocidad de rotación de la fresa**

$$n = \frac{1000 . v_c}{\pi . d}$$

$$n = \frac{1000 * 60}{\pi * 5,5} = 3472,47 \left[ \frac{\text{vueltas}}{\text{min}} \right]$$

Una vez calculada la velocidad de rotación de la fresa calculo el avance

$$a = \frac{v_a \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)}{z \cdot n \left( \frac{\text{vueltas}}{\text{min}} \right)} = \frac{120}{3 * 3472,47} = 0,0115 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{vuelta}} \right]$$

Tabla 6. Valores de ks fuerza del material.

Material a trabajar	$k_s$ kg/mm <sup>2</sup>	Material a trabajar	$k_s$ kg/mm <sup>2</sup>
Acero 90-115 kg/mm <sup>2</sup> .....	500	Fundición dura.....	160
Acero 70-90 kg/mm <sup>2</sup> .....	400	Fundición semidura.....	125
Acero 50-70 kg/mm <sup>2</sup> .....	315	Bronce duro.....	125
Acero 50 kg/mm <sup>2</sup> .....	250	Fundición dulce – Bronce.....	100
Acero extra dulce .....	200	Latón – Cobre.....	80
		Aluminio duro.....	60

Fuente: maquinas -herramientas

Reemplazando los valores  $e=0,1d$ ;  $b=1,5d$ ;  $k_s = 63 \text{kgf/mm}^2$  y calculo la fuerza de corte.

$$F_c = 0,1 * 5,5 \text{mm} * 1,5 * 5,5 \text{mm} * 63 \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$F_c = 285,863 \text{kgf}$$

Y para la potencia de corte

$$P_c = \frac{0,1 * 5,5\text{mm} * 5,5\text{mm} * 120 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right] * 63 \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]}{0,8} = 28586,3$$

La fuerza de avance perpendicular se puede calcular mediante la fuerza específica de corte

$$F_2 = k_s * Am$$

- Ks: fuerza específica de corte.
- Am: área de corte.

Dado que el material de corte máximo del router es el aluminio, la fuerza de corte es 60 en unidades de [Kg/mm<sup>2</sup>].

Para un área de corte 3,4 [mm<sup>2</sup>].

$$F_2 = 60 * 3,4 = 204 \text{ Kgf} = 2400 \text{ N}$$

- **Momento torsor**

$$M_r = \frac{k_z \cdot e \cdot b \cdot d \cdot v_a}{2 \cdot v}$$

$$M_r = \frac{18 * 0,55 * 6,32 * 5,5 * 90}{2 * 80}$$

$$M_r = 193,570$$

Resumiendo los resultados

$F_{c_t} = 43,67 \text{ [kgf]}$  Fuerza necesaria para el corte simulado como taladrado.

$F_{c_f} = 285,863 \text{ [kgf]}$  Fuerza necesaria para el corte simulado como fresado.

$F_2 = 204 [kgf]$  Fuerza necesaria para el avance como fresado.

## 5.2 DETERMINACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD UTILIZADO PARA TODO EL DISEÑO

En una de las normas contenidas en el texto de diseño de máquinas Hamrock se debe escoger un factor de seguridad para el diseño de una maquina al ver en qué condiciones de diseño son en las que se está trabajando la maquina a diseñar y la confiabilidad de las teorías utilizadas para los cálculos. Ver tabla 7.

Tabla 7. Características de factor de seguridad A, B, C, D Y E

Característica <sup>a</sup>		B =				
		mb	b	r	p	
A = mb	C =	mb	1.1	1.3	1.5	1.7
		b	1.2	1.45	1.7	1.95
		r	1.3	1.6	1.9	2.2
		p	1.4	1.75	2.1	2.45
A = b	C =	mb	1.3	1.55	1.8	2.05
		b	1.45	1.75	2.05	2.35
		r	1.6	1.95	2.3	2.65
		p	1.75	2.15	2.55	2.95
A = r	C =	mb	1.5	1.8	2.1	2.4
		b	1.7	2.05	2.4	2.75
		r	1.9	2.3	2.7	3.1
		p	2.1	2.55	3.0	3.45
A = p	C =	mb	1.7	2.15	2.4	2.75
		b	1.95	2.35	2.75	3.15
		r	2.2	2.65	3.1	3.55
		p	2.45	2.95	3.45	3.95

Característica <sup>a</sup>		D =		
		ns	s	ms
E =	ns	1.0	1.2	1.4
	s	1.0	1.3	1.5
	ms	1.2	1.4	1.6

<sup>a</sup> mb = muy bien, b = bien, r = regular y p = pobre.

A = calidad de los materiales, mano de obra, mantenimiento e inspección.

B = control sobre la carga aplicada a la parte.

C = exactitud del análisis de esfuerzos, de la información experimental o de la experiencia con partes similares.

<sup>a</sup> ms = muy serio, s = serio y ns = no serio.

D = peligro para el personal.

E = impacto económico.

Fuente: Diseño de máquinas - Norton

Realizando el cálculo para material utilizado debe ser el factor de seguridad

$$n_s = n_{sx} * n_{sy}$$

$n_{sx}$ : factor de seguridad que involucra características A, B y C

$n_{SY}$ : factor de seguridad que involucra características D y E

A=b, no hay posible amenaza de vida.

B=r a p, puesto que son posibles sobre cargas.

C=b, está altamente regulado pero no se tiene experiencia con partes similares.

D=ns, no existe peligro para el personal en caso de falla.

E=ns, no causaría gran impacto económico.

De la tabla anterior se tiene  $n_{SX}=2,05$ ;  $n_{SY}=1,0$

$$n_S=2,05*1,0$$

Factor de seguridad para los cálculos;

$$n_S=2,05$$

### 5.3 ANALISIS DEL TORNILLOS DE POTENCIA

El tornillo experimenta en sus dos extremos estado de tensión y compresión simultáneamente con la misma carga ( $F_Y$ ), por ello es necesario evaluar el diámetro mínimo a carga axial de tensión y de compresión.

Existen tres fuerzas que siempre están presentes en el mini-router a la hora de mecanizar estas fuerzas son:

**$F_Y$** : es única fuerza que está directamente involucrada al tornillo de potencia para su diseño.

**$F_z$ ,  $M$** : esta fuerza y momento que serán soportados directamente por la estructura base y de las guías.

Fuerza directamente en el tornillo para los cálculos. Para analizar el tornillo elegimos acero 1045.

**Tabla 8. Propiedades mecánicas (Acero AISI 1045)**

PROPIEDADES MECANICAS (Acero AISI 1045)		
SY (Mpa)	310	Resistencia a la fluencia
SU (Mpa)	365	Resistencia a la rotura
E (Gpa)	206,8	Módulo de elasticidad
Dur (HB)	270	Dureza

Fuente: autores

Sabiendo que la fuerza axial máxima que tornillo tendrá que soportar es:

$$F_Y = 2858,63 \text{ N}$$

Y actúa en el área de raíz

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

El diámetro necesario del tornillo será entonces la despejada de la ecuación básica de carga axial

$$\sigma = \frac{F_Y}{A}$$

$$\sigma = \frac{F_Y}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$413,4 * 10^6 = \frac{3176,25}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$

$$d = 3,12 \text{ mm}$$

Aplicamos factor de seguridad

$$d = 3,1 * 2,05 = 6,4 \text{ mm}$$

Análisis por columna larga L=418 mm (tornillo más largo)

$$SRJ = \pi * \sqrt{\frac{E}{SY}}$$

$$SRJ = \pi * \sqrt{\frac{206800}{310}}$$

$$SRJ = 81,14$$

Tabla 9. Longitudes efectivas según terminales

Condiciones terminales	Valor teórico	Recomendado por AISC*	Valor conservador
Redonda-redonda	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$
Articulada-articulada	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$	$l_{eff} = l$
Fija-libre	$l_{eff} = 2l$	$l_{eff} = 2.1l$	$l_{eff} = 2.4l$
Fija-articulada	$l_{eff} = 0.707l$	$l_{eff} = 0.80l$	$l_{eff} = l$
Fija-fija	$l_{eff} = 0.5l$	$l_{eff} = 0.65l$	$l_{eff} = l$

Fuente: Diseño de máquinas - Norton

$$L_{eff} = 0,80 * L$$

$$SR = \frac{L_{eff}}{K}$$

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi * d^4}{64}}{\frac{\pi * d^2}{4}}} = \frac{d^2}{16}$$

$$SR = \frac{0,8 * L}{\frac{d}{4}}$$

$$SR = \frac{0,8 * 418}{\frac{6,38}{4}}$$

$$SR = 209$$

Se considera que es una columna larga y se calcula la carga crítica por pandeo mediante el método de Johnson.

Analizando los resultados anteriores obtengo que  $SR > SRJ$  lo cual nos da columna larga, ahora se busca el D y la fuerza crítica a la que fallaría y su respectivo factor de seguridad.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_{equiv}^2}$$

$$2858,63 = \frac{\pi^2 * 206,8 * 10^9 * \frac{\pi * D^4}{64}}{(0,8 * 0,418)^2}$$

Despeja el diámetro

$$D = 0,0077m = 8,2 \text{ mm} = 0,32in$$

Normaliza el diámetro

Tabla 10. Principales dimensiones de las roscas Acmé americana estándar.

Diámetro mayor $d$ (in)	Diámetro medio $d_m$ (in)	Diámetro menor $d_r$ (in)	Paso $p$ (in)	Hilos por pulgada	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )
0.250	0.219	0.188	0.063	16	0.032
0.313	0.277	0.241	0.071	14	0.053
0.375	0.333	0.292	0.083	12	0.077
0.438	0.396	0.354	0.083	12	0.110
0.500	0.450	0.400	0.100	10	0.142
0.625	0.563	0.500	0.125	8	0.222
0.750	0.667	0.583	0.167	6	0.307
0.875	0.792	0.708	0.167	6	0.442
1.000	0.900	0.800	0.200	5	0.568
1.125	1.025	0.925	0.200	5	0.747
1.250	1.150	1.050	0.200	5	0.950
1.375	1.250	1.125	0.250	4	1.108
1.500	1.375	1.250	0.250	4	1.353
1.750	1.625	1.500	0.250	4	1.918
2.000	1.875	1.750	0.250	4	2.580
2.250	2.083	1.917	0.333	3	3.142
2.500	2.333	2.167	0.333	3	3.976
2.750	2.583	2.417	0.333	3	4.909

Fuente: Diseño de máquinas - Norton

Calculo la fuerza crítica

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{SR^2}$$

$$SR = \frac{2,1 * 418}{\frac{16}{4}} = 219,45$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 206,8 * 10^9 * \frac{\pi * d^2}{4}}{219,45^2}$$

$$P_{cr} = 9242,8 \text{ N}$$

La fuerza critica obtenida es mayor que la fuerza aplicada a la maquina transmitida al tornillo por lo que nos da la seguridad que el tornillo no fallara.

## 5.4 ANALISIS DE LA TUERCA

En las roscas acopladas se presenta una situación similar a la que ocurre en los dientes de un engranaje y es por esto que no solo en un tornillo de potencia se debe evaluar la carga axial, como si el tornillo fuese una varilla de diámetro igual al diámetro raíz del tornillo; pues también se presenta esfuerzo cortante a lo largo del filete de diente en revolución del tornillo.

Dentro del método de evaluación de carga en el filete se considera que la carga soportada es igualmente distribuida a lo largo de la rosca de la tuerca que va girando a lo largo del tornillo, debido a que los materiales tanto de la tuerca, como del tornillo son dúctiles.

La tuerca nylon resistencia a la tracción 65- 88 [N/mm<sup>2</sup>]

Lo primero que se hace es buscar el área de cortante, para la rosca del tornillo con diámetro menor  $d_m$ .

$$A_c = \pi * d_m * w * p$$

$d_m = 16$  mm diámetro de raíz

$w = 0,9$  para sobre diseño factor del porcentaje ocupado por el metal

$p = 3,175$  mm paso

Reemplazo los valores anteriores en la ecuación

$$A_c = \pi * 15,875 * 0,9 * 3,175$$

$$A_c = 142,511 \text{ mm}^2$$

El esfuerzo al filete que se siente para la mayor fuerza axial de corte.

$$\tau = \frac{F_Y}{A_c}$$

$$\tau = \frac{3176,25}{0,0001425}$$

$$\tau = 22,28 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{S_Y}{n_s}$$

$$\tau = \frac{310 \text{ Mpa}}{2,05}$$

$$\tau = 151,22 \text{ Mpa}$$

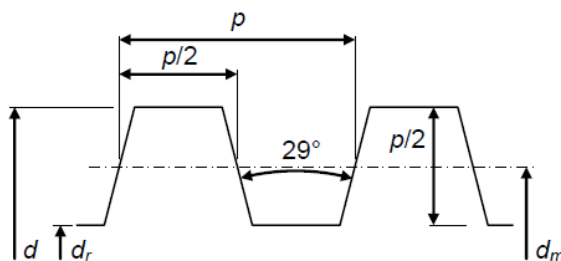
$$n_s = \frac{151,22 \text{ Mpa}}{22,28 \text{ Mpa}} = 6,8$$

Lo que es lo suficientemente grande tanto para sobrepasar el  $n_s$  de diseño de 2,05 como para cualquier exceso de carga que se puede presentar.

### Selección del torque

Calculo del torque necesario para la carga máxima de mecanizado teniendo en cuenta que la rosca seleccionada es Acme.

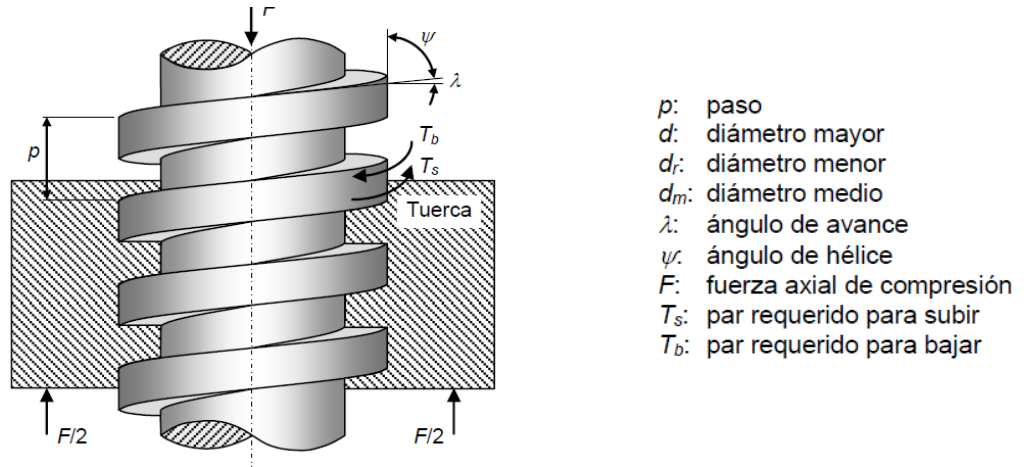
Ilustración 37. Especificación de la rosca acmé



Rosca trapezoidal o Acme

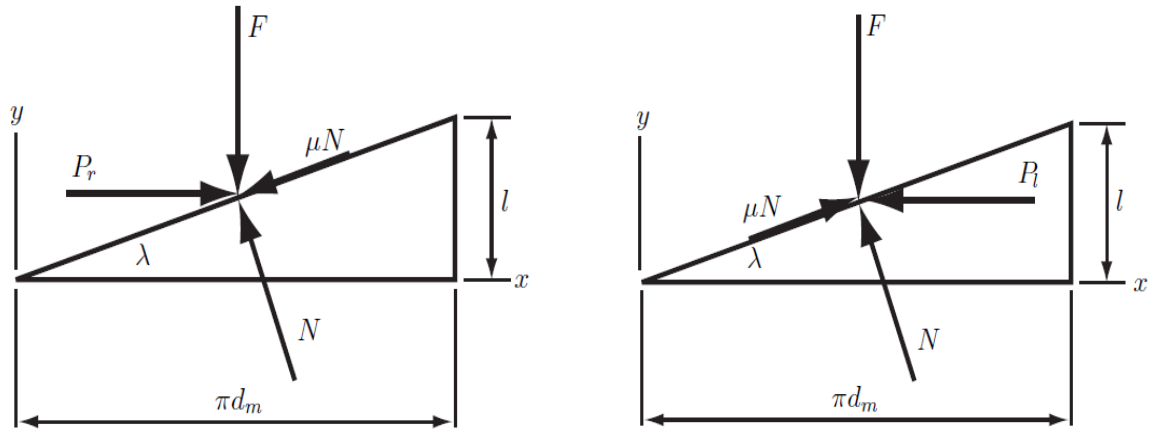
Fuente: Diseño de máquinas Libardo Vanegas

Ilustración 38. Características de las fuerzas ejercidas en el tornillo y su respectiva tuerca



Fuente: Diseño de máquinas Libardo Vanegas

Ilustración 39. Modelo de carga para rosca cuadrada.



Fuente: [blog.utp.edu.co/Vanegas/files/2011/08/](http://blog.utp.edu.co/Vanegas/files/2011/08/)

Calculando la fuerza máxima de carga que podrá soportar el tornillo ya seleccionado.

Equilibrio para encontrar la carga de subida

$$\sum F_X = P_s - N \sin \lambda - \mu N \cos \lambda = 0$$

$$\sum F_Y = F + \mu N \sin \lambda - N \cos \lambda = 0$$

Similarmente para encontrar la carga de bajada

$$\sum F_X = -P_b - N \sin \lambda - \mu N \cos \lambda = 0$$

$$\sum F_Y = F - \mu N \sin \lambda - N \cos \lambda = 0$$

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{S}{\pi D_p}$$

S=avance=paso

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{0,125}{\pi * 0,625}$$

$$\lambda = 3,0425^\circ$$

P=F<sub>x</sub>

$$T_S = P * \frac{D_p}{2} \left( \frac{\mu \cos \lambda + \cos \alpha \sin \lambda}{\cos \alpha \cos \lambda - \mu \sin \lambda} \right)$$

$$T_S = 2041,8N * \frac{0,0143m}{2} * \left( \frac{0,12 \cos 3,04 + \cos 14,5 \sin 3,04}{\cos 14,5 \cos 3,04 - 0,12 \sin 3,04} \right)$$

$$T_S = 2041,8 N * \frac{0,0143m}{2} * \left( \frac{\pi * 0,12 * 0,0143 + 0,00317}{\pi * 0,0143 - 0,12 * 0,00317} \right)$$

$$T_S = 2,53 N.m$$

**Torque necesario por parte de los motores paso a paso para mover la carga axial a la cual están sometidos.**

$$HP = \frac{16,66 * 1620,5}{63000}$$

**Según los catálogos sanyo denky de motores bipolares la selección se realiza a continuación.**

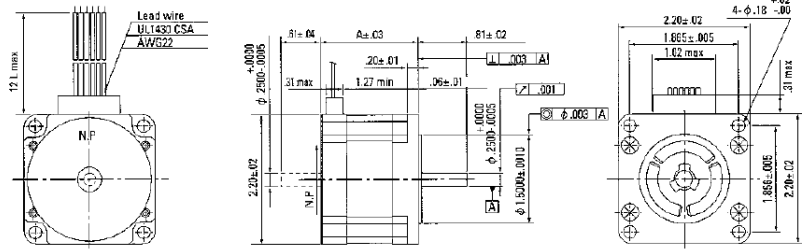
Fuente: datasheet motores sanyo denky

**StepSyn<sup>®</sup>**  
**NEMA 23**  
 (56mm sq.)



■ **Dimensions** [unit: inch, 1 inch=25.4mm]

● **Lead Wire Type**



Model	A (inch)
103H7121-□□□□	1.85
103H7123-□□□□	2.12
103H7124-□□□□	2.51
103H7126-□□□□	2.98

■ **Specifications**

**NEMA 23 (56mm sq.) MOUNTING FACE, 1.8 DEGREE PER STEP**

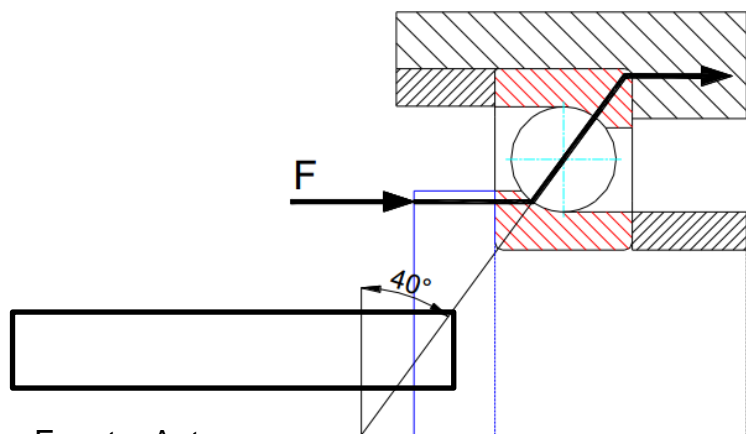
Single Shaft	Double Shaft	Holding Torque oz·inch (N·m)	Motor Length inch (mm)	Rotor Inertia oz·in <sup>2</sup> (kg·m <sup>2</sup> ×10 <sup>-7</sup> )	Volts Phase V	Amps Phase A	Ohms Phase Ω	mH Phase mH	No. of Leads	Weight lb (kg)
103H8221-0441	103H8221-0411	304 (2.15)	2.44 (62)	7.93 (1450)	5.00	2	2.50	7.20	6	3.31 (1.5)
103H8221-0941	103H8221-0911				2.50	4	0.62	1.80		
103H8221-5041	103H8221-5011	388 (2.74)			4.60	2	2.30	14.00	4	
103H8221-5141	103H8221-5111				2.40	4	0.60	3.50		
103H8221-5241	103H8221-5211				1.80	6	0.30	1.65		
103H8222-0441	103H8222-0411	610 (4.31)	3.63 (92.2)	15.86 (2900)	8.00	2	4.00	15.00	6	5.50 (2.5)
103H8222-0941	103H8222-0911				3.90	4	0.97	3.60		
103H8222-5041	103H8222-5011	720 (5.09)			5.40	2	2.70	23.00	4	
103H8222-5141	103H8222-5111				2.80	4	0.70	5.70		
103H8222-5241	103H8222-5211				2.10	6	0.35	2.70		
103H8223-0441	103H8223-0411	887 (6.27)	4.95 (125.8)	24.06 (4400)	11.20	2	5.60	24.00	6	7.72 (3.5)
103H8223-0941	103H8223-0911				5.40	4	1.35	5.60		
103H8223-5041	103H8223-5011	1053 (7.44)			7.20	2	3.60	32.50	4	
103H8223-5141	103H8223-5111				3.60	4	0.90	8.10		
103H8223-5241	103H8223-5211				2.70	6	0.45	3.40		

Ilustración 40. Datasheet motor

## 6 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Los rodamientos están sometidos durante todo el mecanizado a dos fuerzas principales, la axial y la radial.

Ilustración 41. Fuerza aplicada al rodamiento.



Fuente: Autores

Dadas las fuerzas máximas de mecanizado:

Fuerza mayor en dirección perpendicular al eje del tornillo de potencia (radial)

$$F_x = 204 \text{ [kgf]}$$

Fuerza mayor en dirección axial del tornillo de potencia (avance)

$$F_y = 285,863 \text{ [kgf]}$$

Fuerza mayor de corte perpendicular al tornillo de potencia

$$F_z = 43,67 \text{ [kgf]}$$

Se tiene que la fuerza axial en el rodamiento es:

$$P_y = 2858,63 \text{ N}$$

Y la resultante radial es:

$$P_{XZ} = \frac{\sqrt{P_x^2 + P_z^2}}{2} = \frac{\sqrt{2040^2 + 436,7^2}}{2} = 1992,71 \text{ N}$$

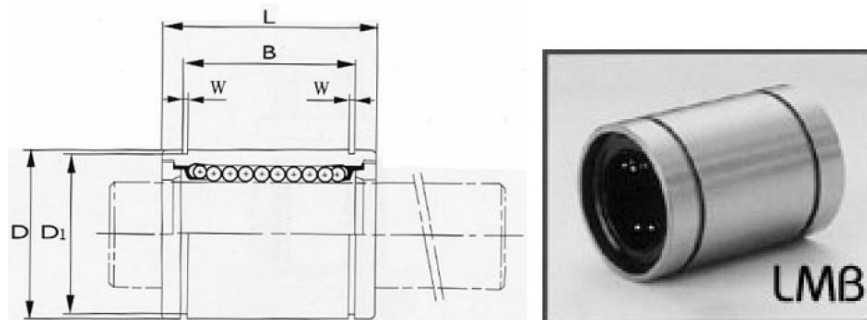
Los catalogos de los rodamientos permiten seleccionar el tamaño adecuado de este teniendo en cuenta la fuerza a la cual sera sometido.

## 6.1 RODAMIENTOS PARA EL EJE X

Debido a que la carga resultante es soportada por cuatro rodamientos la dividimos en 4 para distribuirla equitativamente, lo que nos da una fuerza resultante;

$$P_{XZ} = \frac{1992,71}{4} = 498,1 \text{ N}$$

Ilustración 42. Rodamiento de bolas recirculante LMB



Fuente: LMB

Tabla 11. Selección de rodamiento LMB.

PART	d	D	L	B	W	Circuits	C (N)	Co (N)	Weight(g)
LMB 4 UU	0.25	0.5	0.75	0.511	0.039	4	206	265	8
LMB 6 UU	0.375	0.625	0.875	0.6358	0.039	4	225	314	14
LMB 8 UU	0.50	0.875	1.25	0.9625	0.0459	4	510	784	37
LMB 10 UU	0.625	1.125	1.50	1.1039	0.0559	4	774	1180	76
LMB 12 UU	0.75	1.25	1.625	1.1657	0.0559	5	862	1370	95
LMB 16 UU	1.00	1.56	2.25	1.7547	0.0679	6	980	1570	200
LMB 20 UU	1.25	2.00	2.625	2.0047	0.0679	6	1570	2740	440

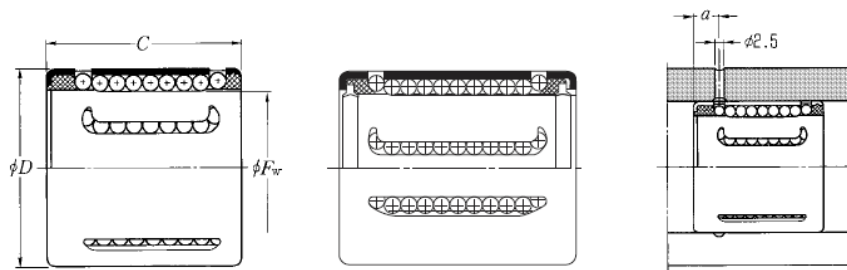
Fuente: LMB

## 6.2 RODAMIENTOS PARA EL EJE Y

Para los rodamientos de la estructura base elegimos la fuerza resultante anteriormente calculada a la que le sumamos el peso de la estructura superior y posteriormente la dividimos en cuatro para obtener la fuerza que estará actuando en cada rodamiento.

$$P_{XZ} = 1992,71 + 60 = \frac{2052,71}{4} = 513,18 \text{ N}$$

Ilustración 43. Rodamiento de bolas recirculante NTN



Fuente: THK

Tabla 12. Selección de rodamiento NTN.

Boundary dimensions mm				Bearing numbers	Basic load ratings				Number of ball rows	Mass kg (approx.)
$F_w$	$D$	$C$	$a^{(1)}$		dynamic N $C_r$	static $C_{or}$	dynamic kgf $C_r$	static $C_{or}$		
6	12	22	4	KH0622 <sup>(2)</sup>	380	225	39	23	4	0.007
8	15	24	5	KH0824 <sup>(2)</sup>	420	255	43	26	4	0.012
10	17	26	5	KH1026 <sup>(2)</sup>	480	325	49	33	4	0.015
12	19	28	6	KH1228	605	495	62	51	5	0.018
	19	28	6	KH1228LL/3AS	605	495	62	51	5	0.018
14	21	28	6	KH1428	600	505	61	51	5	0.021
16	24	30	7	KH1630	775	600	79	61	5	0.027
	24	30	7	KH1630LL/3AS	775	600	79	61	5	0.027
20	28	30	7	KH2030	1 050	880	107	90	6	0.033
	28	30	7	KH2030LL/3AS	1 050	880	107	90	6	0.033
25	35	40	8	KH2540	1 930	1 560	196	159	6	0.066
	35	40	8	KH2540LL/3AS	1 930	1 560	196	159	6	0.066
30	40	50	8	KH3050	2 700	2 450	275	250	7	0.095
	40	50	8	KH3050LL/3AS	2 700	2 450	275	250	7	0.095
40	52	60	9	KH4060	4 250	4 000	435	410	8	0.18
50	62	70	9	KH5070	5 300	5 700	540	580	9	0.24

Fuente: NTN

- **Características del rodamiento radial de bolas seleccionado**

Según muestra la Tabla 13 se realizó la selección del rodamiento con el detalle de sus características.

Tabla 13. Requerimientos del eje con su respectivo rodamiento.

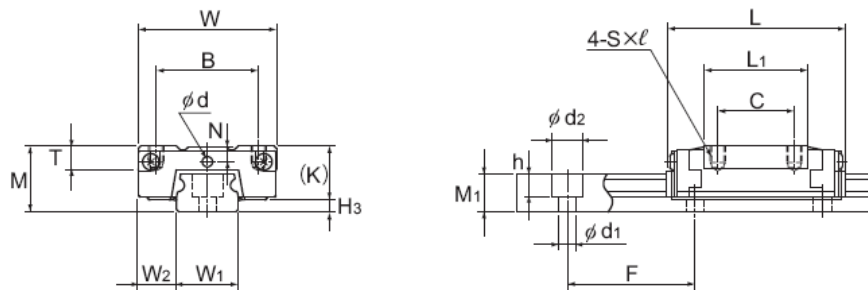
Characteristics	Shaft	Housing
Roundness (max)	IT2	IT4
Cylindricity (max)	IT2	IT4
Surface roughness (max)	0.2a	1.6a
Surface hardness	HRC58~64	—
Hardened layer depth (min)	0.4mm	—

Fuente: NTN

### 6.3 RODAMIENTOS PARA EL EJE Z

Para el eje Z se eligió un rodamiento de menor tamaño ya que nos ofrece mayor precisión durante el mecanizado.

#### Ilustración 44. Sistema de guía lineal THK



Fuente: THK

Tabla 14. Selección de rodamiento THK

Model No.	Outer dimensions			LM block dimensions										H <sub>3</sub>
	Height	Width	Length	B	C	S×ℓ	L <sub>i</sub>	T	K	N	E	Greasing hole	Grease nipple	
	M	W	L									d		
RSR 7ZM	8	17	23.4	12	8	M2×2.5	13.2	3.4	6.5	1.6	—	1.5	—	1.5
RSR 9ZM	10	20	30.8	15	10	M3×2.7	19.4	4.6	7.8	2.4	—	1.6	—	2.2
RSR 12ZM	13	27	35	20	15	M3×3.2	20.4	4.5	10.6	3.1	—	2	—	2.4
RSR 15ZM	16	32	43	25	20	M3×3.5	26.5	5.5	12.6	2.9	3.6	—	PB107	3.4

Fuente: THK

## **7 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN.**

Con base a algunos modelos ya existentes de máquinas de control numérico en el mercado y el material limite a mecaniza se presenta a continuación la geometría y la funcionalidad del mini-router.

En la primera parte se presenta el despliegue del diseño geométrico CAD a través de la herramienta SOLIDWORKS de los elementos principales que conforman el mini-router:

1. Sistemas de desplazamiento lineal de cada uno de los ejes.
2. La estructura de la mesa soporte del mini-router y sus laterales.
3. Mesa deslizante y soporte del mototool.

Posteriormente se puede observar el análisis de la pieza clave en programa CAM.

Por último se presenta la descripción detallada del sistema de control con el cual se manipula el comportamiento del motor de cada eje.

### **7.1 ESTRUCTURA QUE CONFORMA EL MINI-ROUTER CNC**

Para la estructura se utiliza aluminio ya que es un material liviano que permitirá darle al MINI-ROUTER CNC la ventaja de ser portátil. El diseño de la maquina fue realizado con la ayuda de un estudio de esfuerzos de la estructura a través de herramientas CAE y al realizar la selección de los componentes principales del diseño respecto a los cálculos básicos de fuerzas de mecanizado que se mostrará posteriormente.

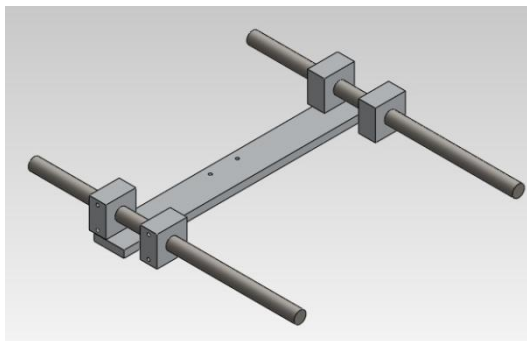
Los componentes de la maquina son:

- Base deslizante

La base deslizante es la pieza que comunica el movimiento que ocasiona el tornillo de potencia con los rodamientos lineales. Ver Ilustración 43 para más detalle.

Está compuesta por láminas de aluminio de  $\frac{1}{4}$  in de espesor, conectada a los rodamientos por medio de tornillos de sujeción.

Ilustración 45. Base deslizante



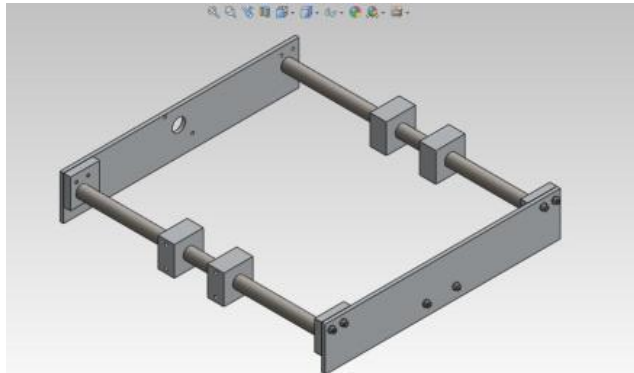
Fuente: autores

- Guías lineales

Como ya se ha mencionado durante todo el texto unos de los componentes que conforman la estructura son los elementos que ocasionan el movimiento lineal.

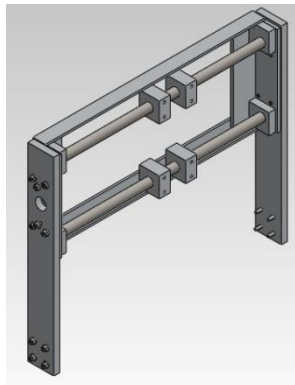
Las guías lineales seleccionadas para el eje x y para el eje z fue el rodamiento lineal a bolas recirculantes Ilustración 40 y 41, dimensionalmente como se muestra en el catálogo.

Ilustración 46. Guías lineales de la base



Fuente: autores

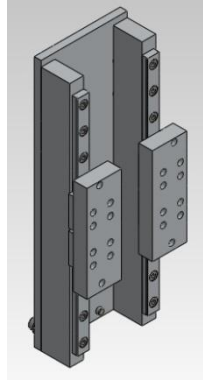
Ilustración 47. Guías lineales de la estructura superior.



Fuente: autores

Para el eje y fueron las guías lineales de bolas recirculantes, Ver Ilustración 42 del catálogo.

Ilustración 48. Guías de la estructura soporte del mototool.



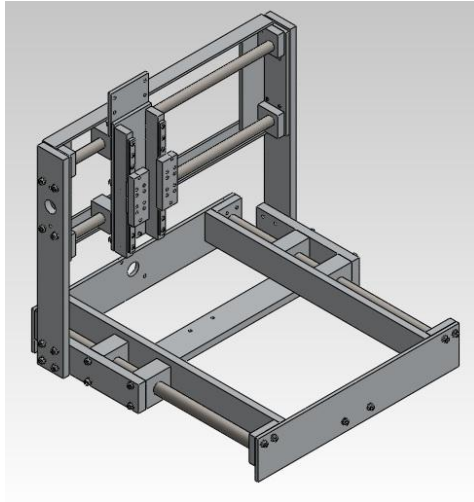
Fuente: autores

- Estructura soporte

La estructura soporte está básicamente formada por láminas de aluminio de espesor de  $\frac{1}{4}$  in y  $\frac{1}{2}$  in, ángulos L de conexión y accesorios extras como los soportes a la mesa de trabajo, soporte de los motores y tornillería de acople.

La estructura soporte abarcar un volumen total de 406 mm x 455 mm x 463,5 mm.

Ilustración 49. Estructura de la maquina



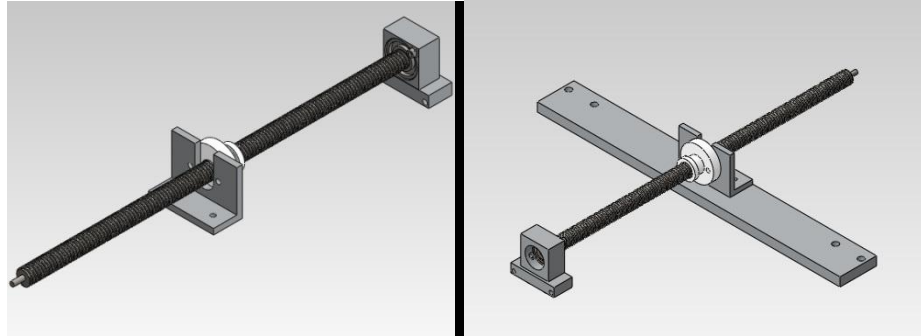
Fuente: autores

- Partes sistema de potencia

Son las partes necesarias para crear a partir de un movimiento giratorio un movimiento lineal por parte de los módulos; dentro de los cuales se encuentra:

- Ensamble tornillo de potencia: Para el ensamble de los tornillos de potencia compuestos por el mismo tornillo de potencia en acero, la tuerca respectiva en acetato, los rodamientos axiales finalmente la pieza de acople entre la base deslizante y la tuerca, Ver figuras 48.

Ilustración 50. Ensamble tornillo de potencia.



Fuente: autores

- Soporte para el motor paso a paso: Es una lámina doblada según se muestra en la figura necesaria para el soporte del motor paso a paso en el módulo motriz.

## 8 ANALISIS DE ESFUERZOS EN EL MINI ROUTER CNC

Mediante las herramientas informáticas como SOLIDWORKS Y ANSYS, se realizó un análisis CAE de las partes fundamentales del MINI ROUTER CNC, las cuales nos proporcionaron los datos como: los esfuerzos, la deformación y la rigidez de la máquina. Las pruebas que se le realizaron a la estructura de la máquina son: análisis de la estructura solo con la acción de la fuerza del peso, luego se realiza el análisis de las piezas con la aplicación de las fuerzas de mecanizando, las cuales se encuentran calculados en capítulos anteriores.

$$F_z = 2587 [N]$$

$$F_y = 751,25 [N]$$

$$F_x = 3176,25 [N]$$

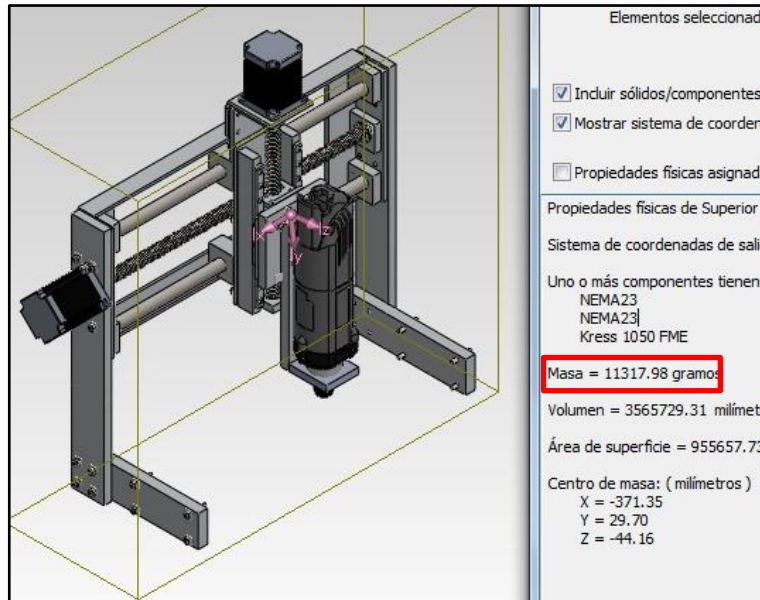
Las partes más importantes de la máquina que fueron analizadas se muestran en las siguientes ilustraciones;

- Estructura de la base
- Estructura superior
- Tornillo de Potencia
- Módulo de 10 cm

### 8.1 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA POR SU PESO

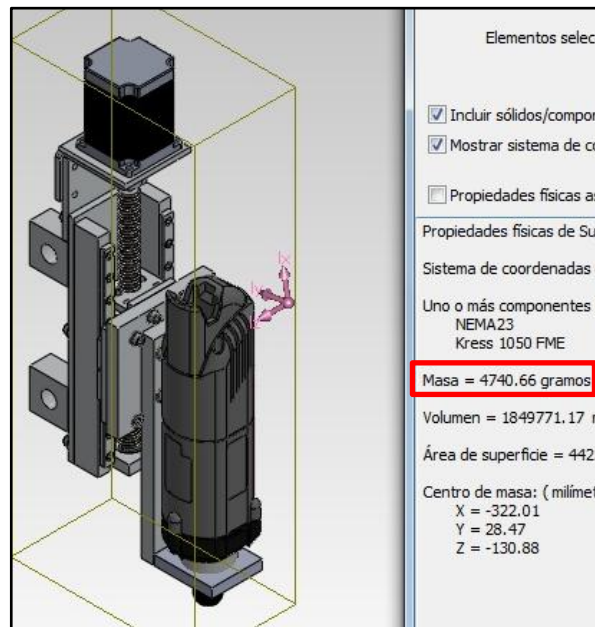
La herramienta CAD Solidworks nos proporciono el peso aproximado de las piezas una ves establecido el material de esta, a eso se le suma el peso de los motores y del mototool. Solidworks nos arroja un valor aproximado de la masa de las estructuras que se muestran en las Ilustraciones 51, 52 y 53.

Ilustración 51. Resultado de la masa de la estructura superior



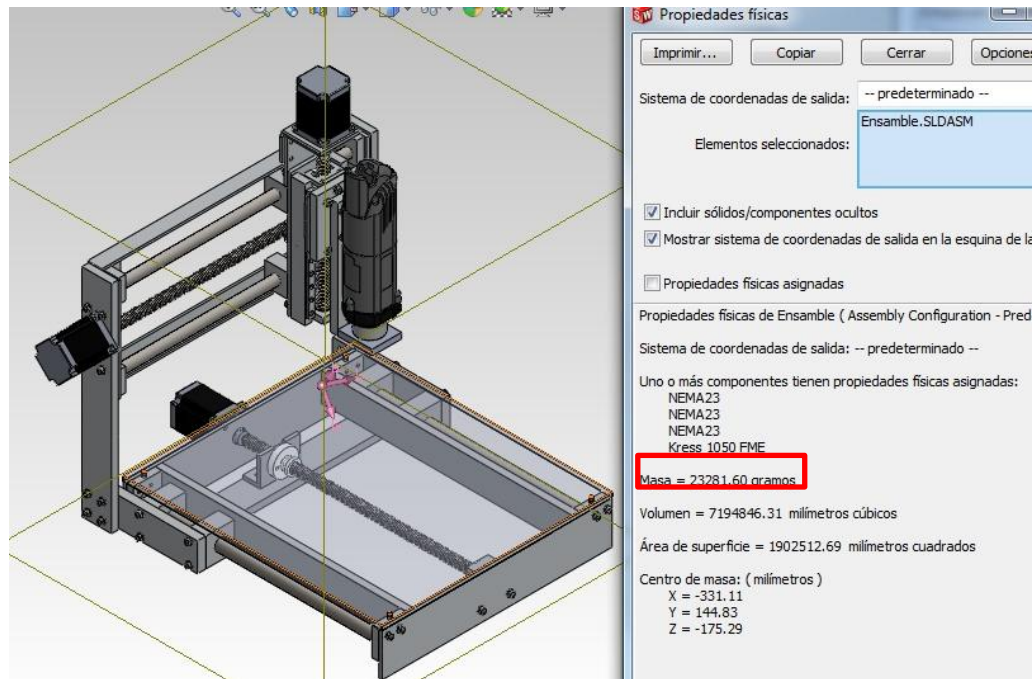
Fuente: autores

Ilustración 52. Resultado de la masa del módulo del eje Z de 10 cm



Fuente: autores

Ilustración 53. Resultado de la masa del mini-router



Fuente: autores

Conociendo la masa de cada una, establecemos el peso que sería

Ilustración 51,  $12 \text{ [kg]} * 10 \text{ [m/s}^2\text{]} = 120 \text{ [N]}$

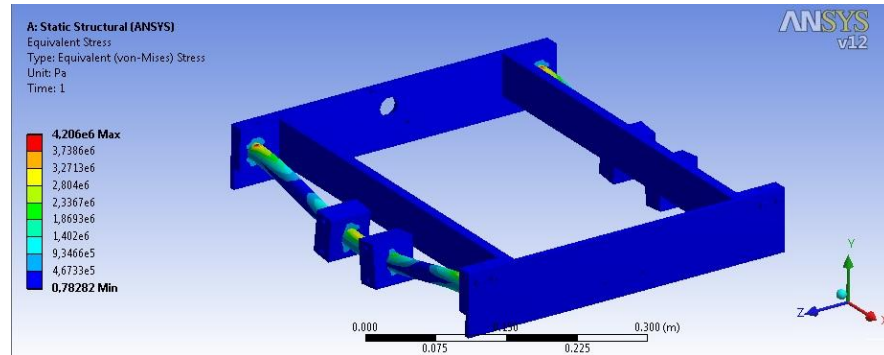
Ilustración 52,  $5 \text{ [kg]} * 10 \text{ [m/s}^2\text{]} = 50 \text{ [N]}$

## 8.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ÚNICAMENTE CON SU PESO.

- Estructura de la base

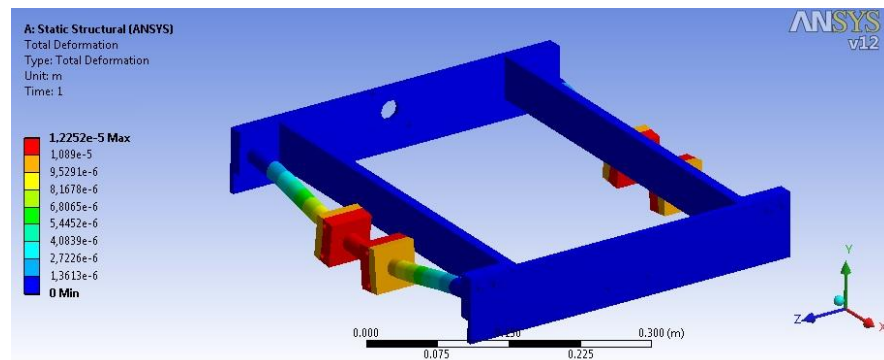
A continuación se muestra el análisis de la estructura base que soporta la parte superior de la máquina por medio de las guías laterales. El resultado del análisis es: un esfuerzo máximo de  $4.206e^6 \text{ [Pa]}$  respecto al esfuerzo máximo del acero 1045 el cual es  $5.65e^8 \text{ [Pa]}$ , lo que nos muestra que no corremos riesgo de fractura.

Ilustración 54. CAE Esfuerzos de la estructura base.



Fuente: autores

Ilustración 55. CAE Deformación de la estructura base.

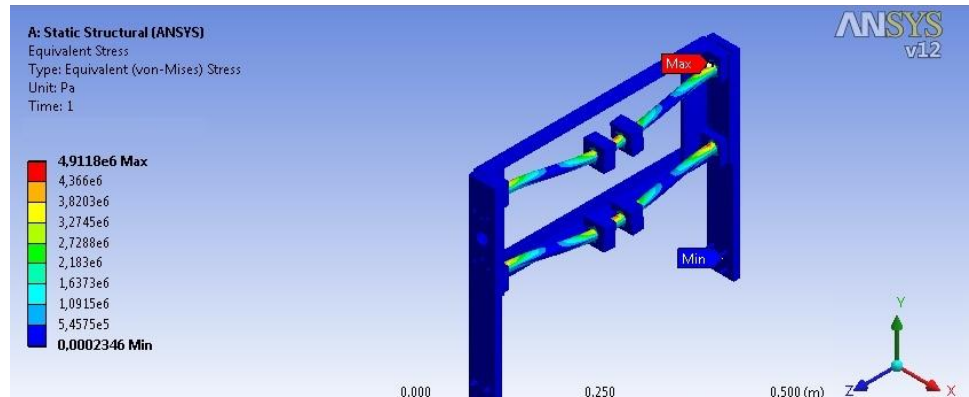


Fuente: autores

Con una deformación máxima de  $1.2252e^{-5}$  [m]

- Estructura superior

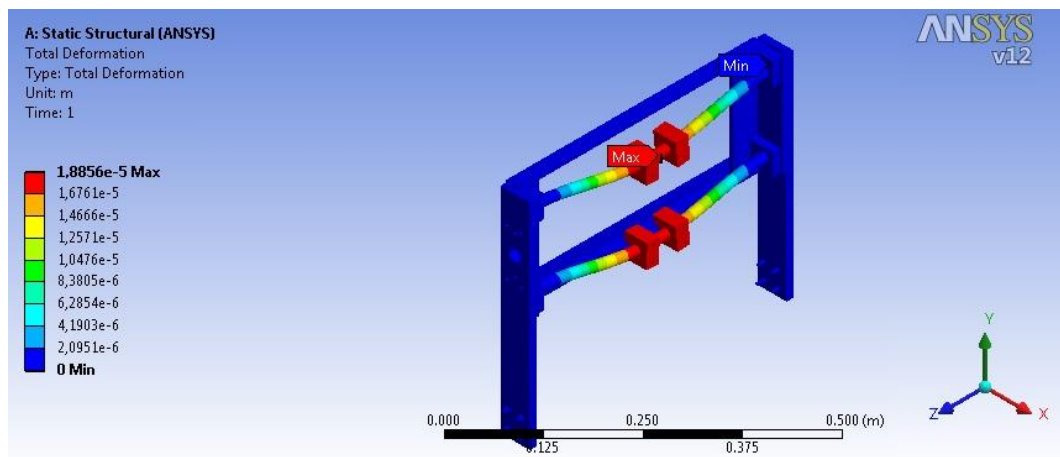
Ilustración 56.CAE Esfuerzos de la estructura superior.



Fuente: autores

Las guías superiores que soportan el eje z modulo de 10 cm de la maquina, se realizo el estudio teniendo en cuenta solo su peso. Los datos dados por el analisis son: un esfuerzo máximo de  $4.9118e^6$ , respecto al esfuerzo máximo del acero 1045 por el que esta hecho  $5.65e^8$  y una deformación máxima de  $1.8856e^{-5}$  [m].

Ilustración 57.CAE deformación de la estructura superior.



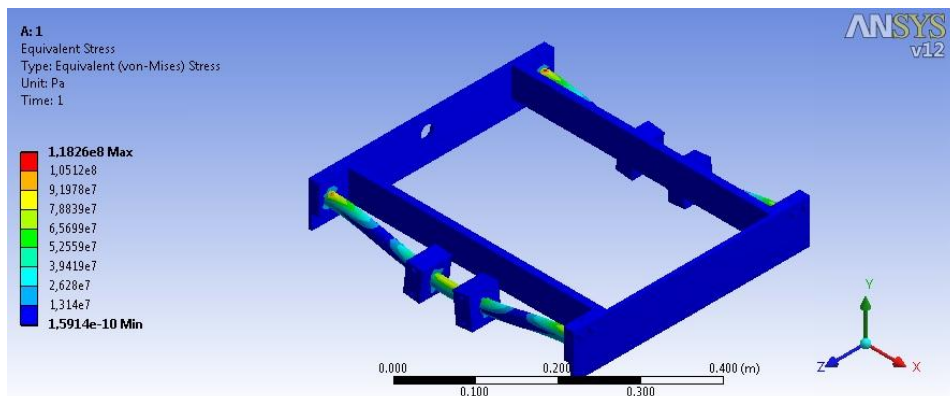
Fuente: autores

### 8.3 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA CON LAS FUERZAS DE MECANIZADO

En esta sección se muestran los resultados de los esfuerzos que se aplican a cada una de las estructuras aplicándole las fuerzas resultantes por el mecanizado calculadas en un capítulo anterior y sumándole el peso de la estructura.

- Estructura de la base

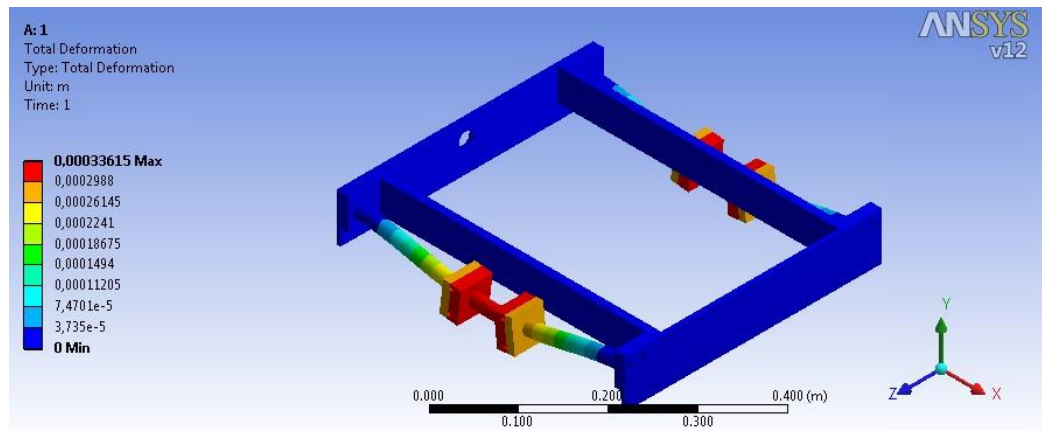
Ilustración 58. CAE Esfuerzos de la estructura base.



Fuente: autores

Los datos arrojados por el análisis son: un esfuerzo máximo de  $1.826e^8$  [Pa], respecto al esfuerzo máximo del acero 1045 por el que esta hecho  $5.65e^8$  [Pa] y una deformación máxima de  $0,00033615$  [m].

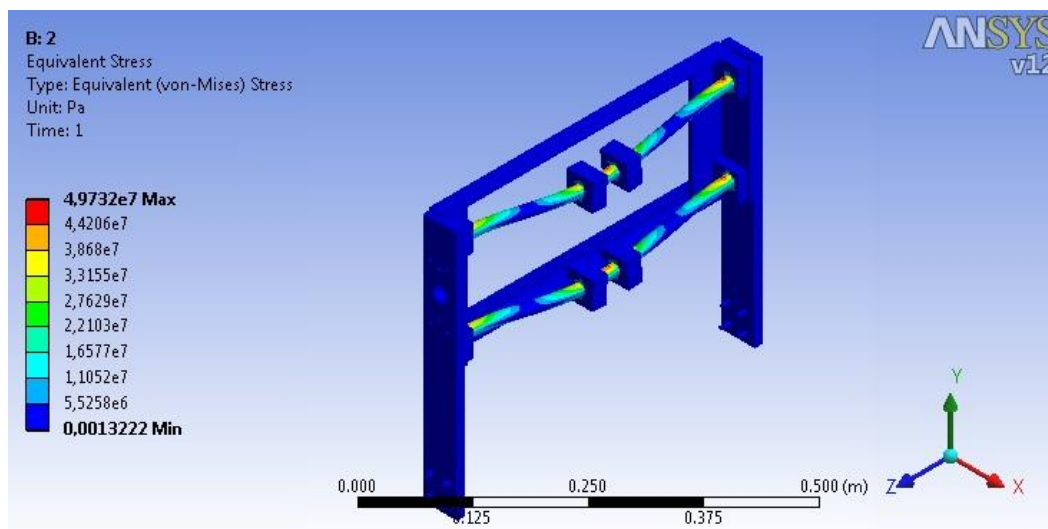
Ilustración 59.CAE Deformación de la estructura base.



Fuente: autores

- Estructura superior

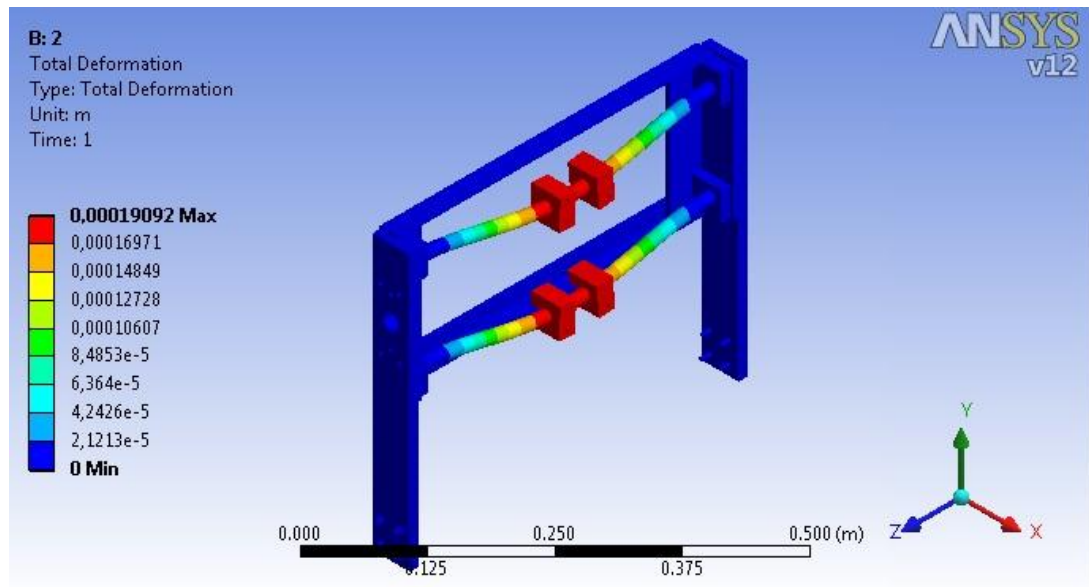
Ilustración 60.CAE Esfuerzos de la estructura superior



Fuente: autores

Los datos arrojados por el analisis son: un esfuerzo maximo de  $4.9732e^7$  [Pa], respecto al esfuerzo maximo del acero 1045 por el que esta hecho  $5.65e^8$  [Pa] y una deformación máxima de 0,00019092 [m].

Ilustración 61.CAE Deformación de la estructura superior.

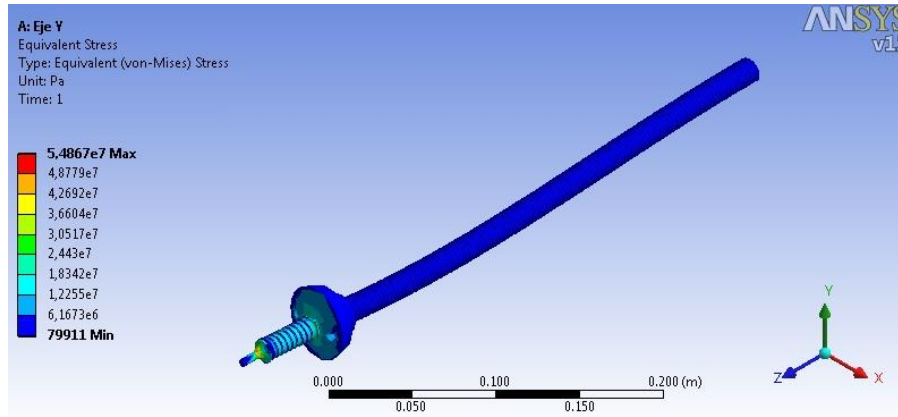


Fuente: autores

Con una deformación máxima 0,00019092 de [m]

- Tornillo de potencia

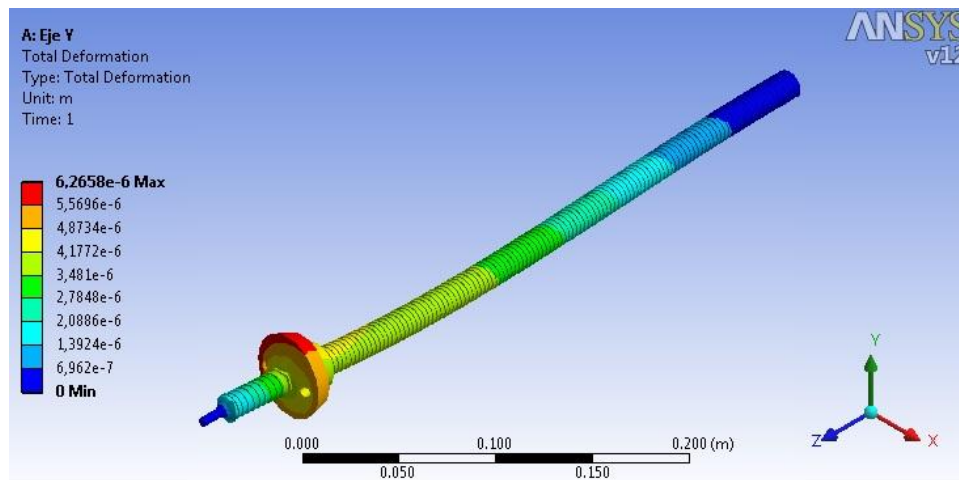
Ilustración 62. CAE Esfuerzos Tornillo de Potencia



Fuente: autores

Para el tornillo obtuvimos un esfuerzo máximo de  $5.4867e^7$  [Pa] respecto al esfuerzo máximo del acero 1045 por el que esta hecho  $5.65e^8$  [Pa] y una deformación máxima de  $6.2658 e^7$  [m].

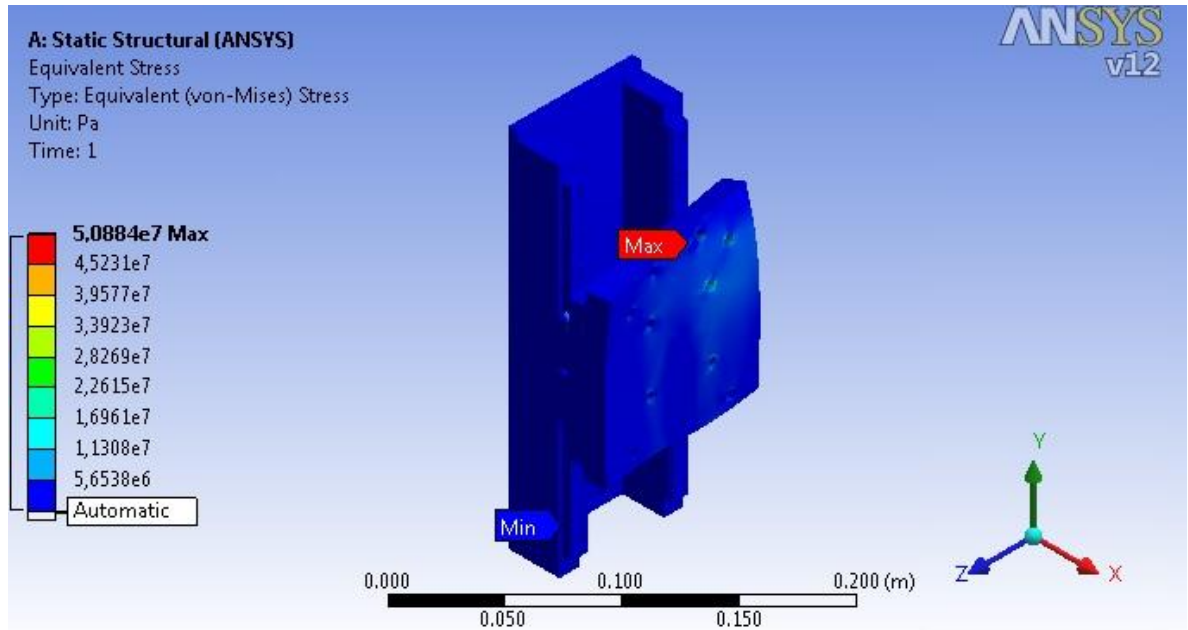
Ilustración 63. CAE Deformación. Tornillo de Potencia



Fuente: autores

- Módulo del eje Z

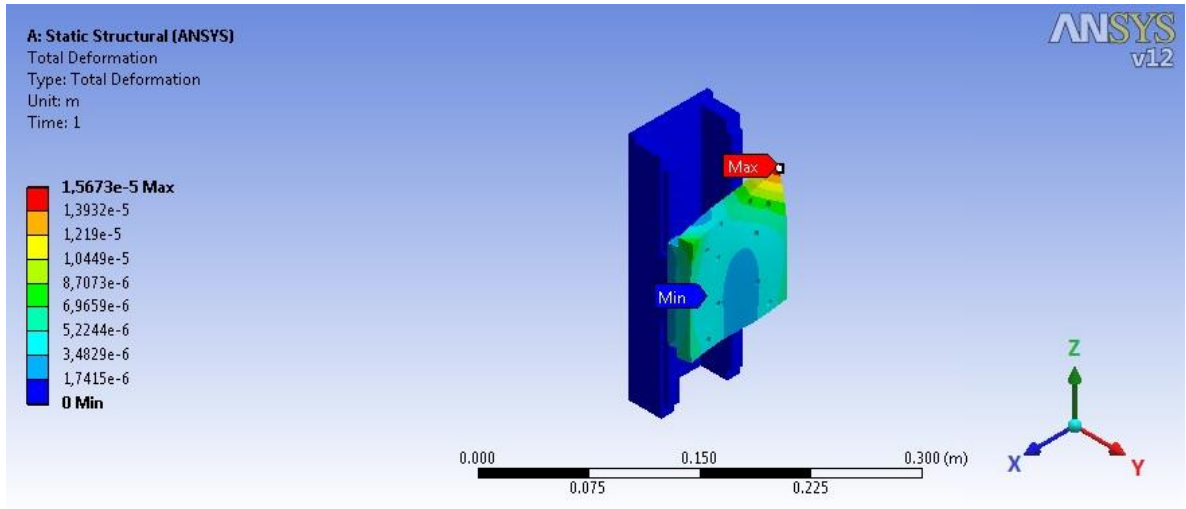
Ilustración 64.CAE esfuerzos Modulo del eje Z



Fuente: autores

Se obtuvo un esfuerzo máximo de  $5.08847e^7$  [Pa], respecto al esfuerzo máximo del aluminio 6063 con esfuerzo permisible de  $2.9e^8$  [Pa] y una deformación máxima de 0,00019092 [m].

Ilustración 65.CAE Deformación. Modulo del eje Z



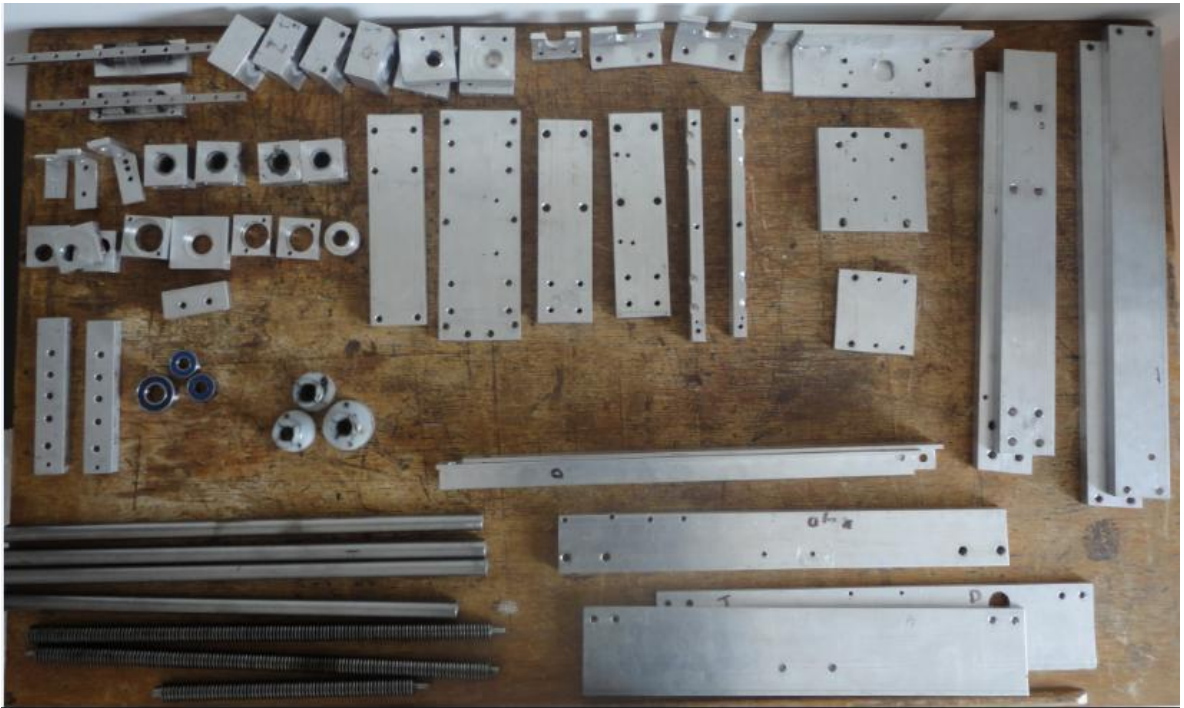
Fuente: autores

## 9 RESULTADOS

### SECUENCIA DE FABRICACIÓN DEL MINI-ROUTER

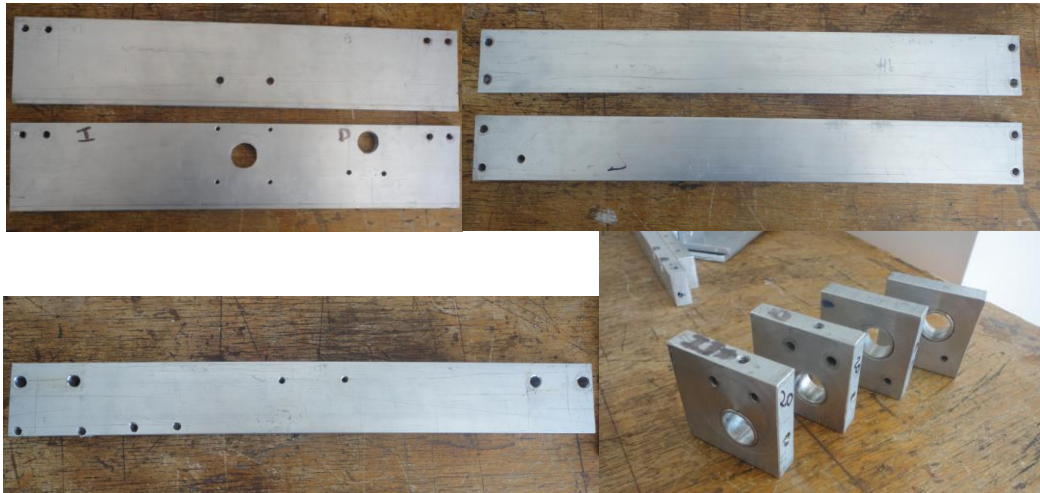
A continuación se muestra el proceso de fabricación del MINI-ROUTER desde la selección de las piezas hasta la construcción de la maquina incluyendo el equipo de control.

Ilustración 66. Corte de las piezas que conforman la máquina.



Fuente: autores

Ilustración 67. Corte de partes que conforman la base



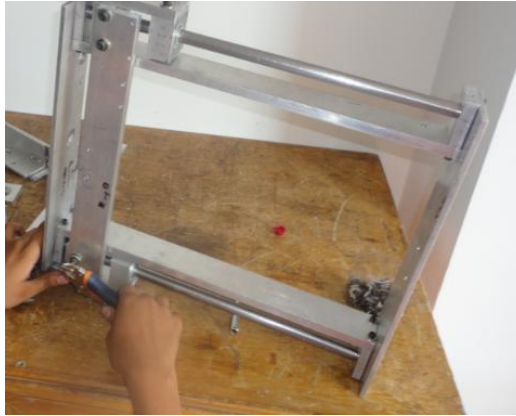
Fuente: autores

Ilustración 68. Guías y rodamientos



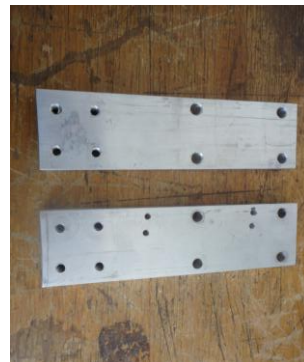
Fuente: autores

Ilustración 69. Armado de la estructura base



Fuente: autores

Ilustración 70. Corte de las piezas del soporte lateral.



Fuente: autores

Ilustración 71. Ensamble de las partes laterales



Fuente: autores

Ilustración 72. Partes de la estructura superior

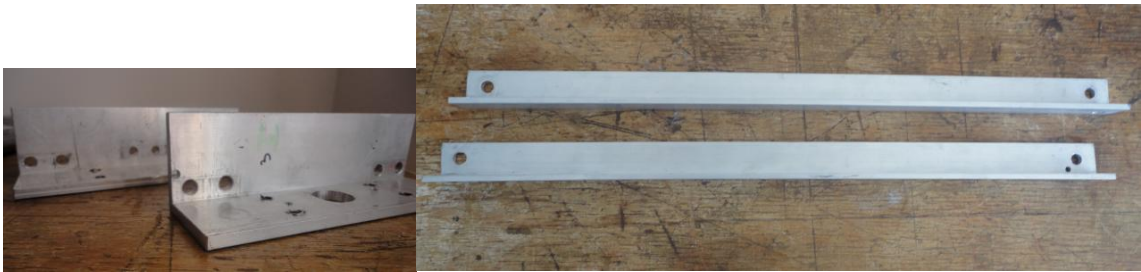
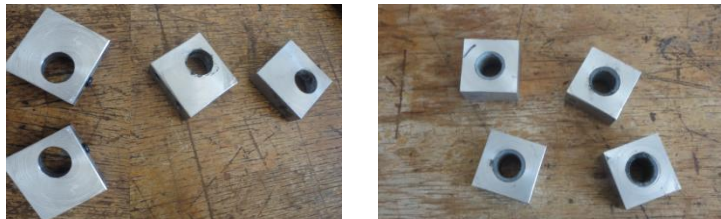


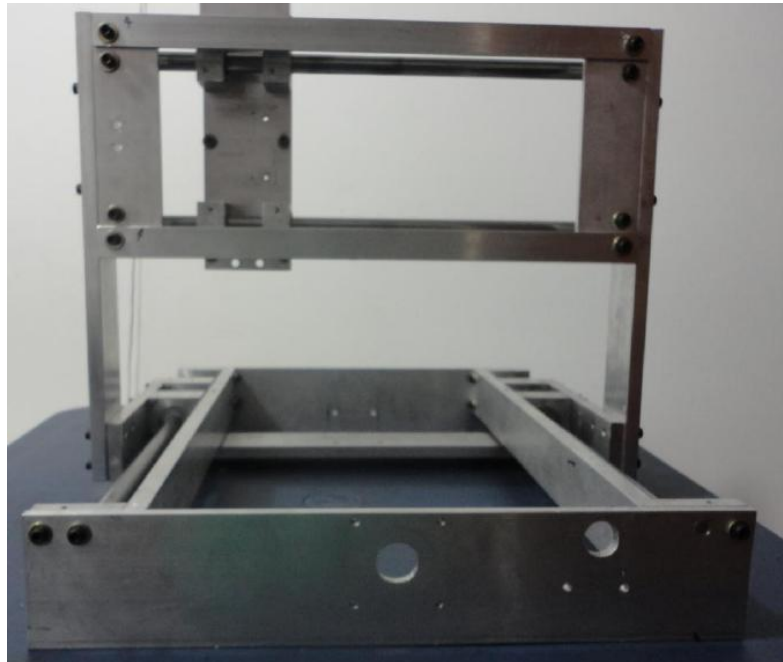
Ilustración 73. Guías y rodamientos de la estructura superior





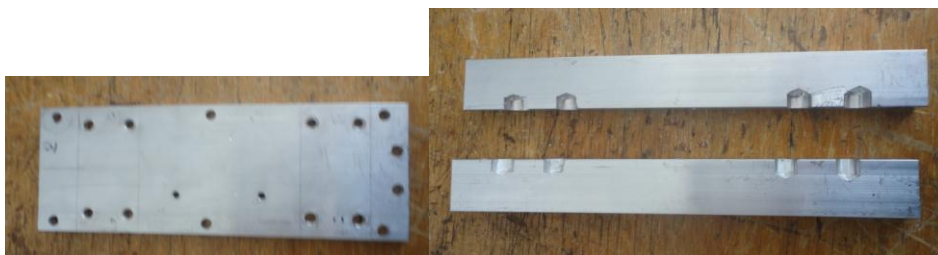
Fuente: autores

Ilustración 74. Montaje de la estructura superior



Fuente: autores

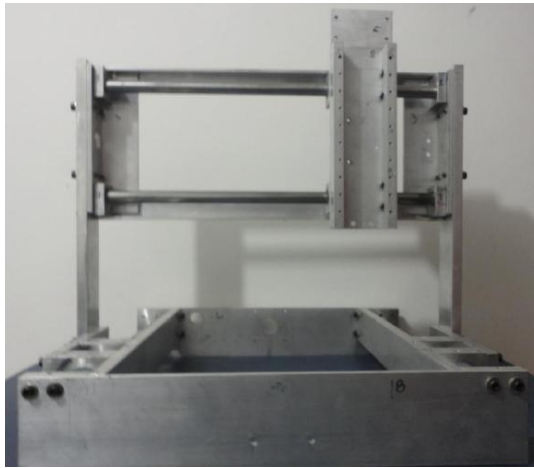
Ilustración 75. Piezas de la estructura para el soporte del mototool





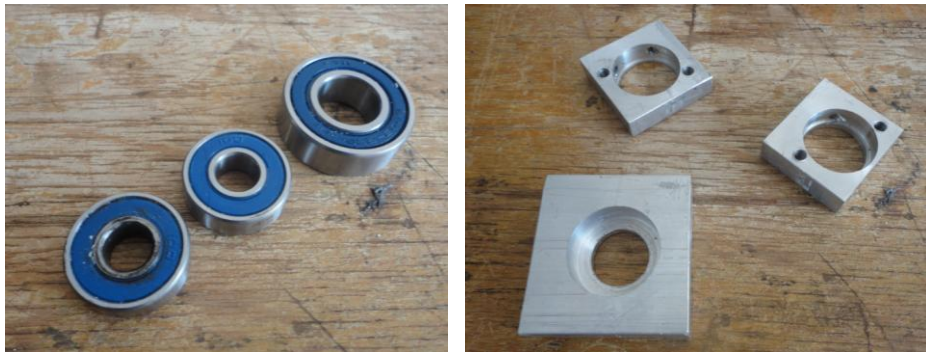
Fuente: autores

Ilustración 76. Montaje principal del soporte del mototool



Fuente: autores

Ilustración 77. Piezas que conforman la transmisión de potencia de los tres ejes.





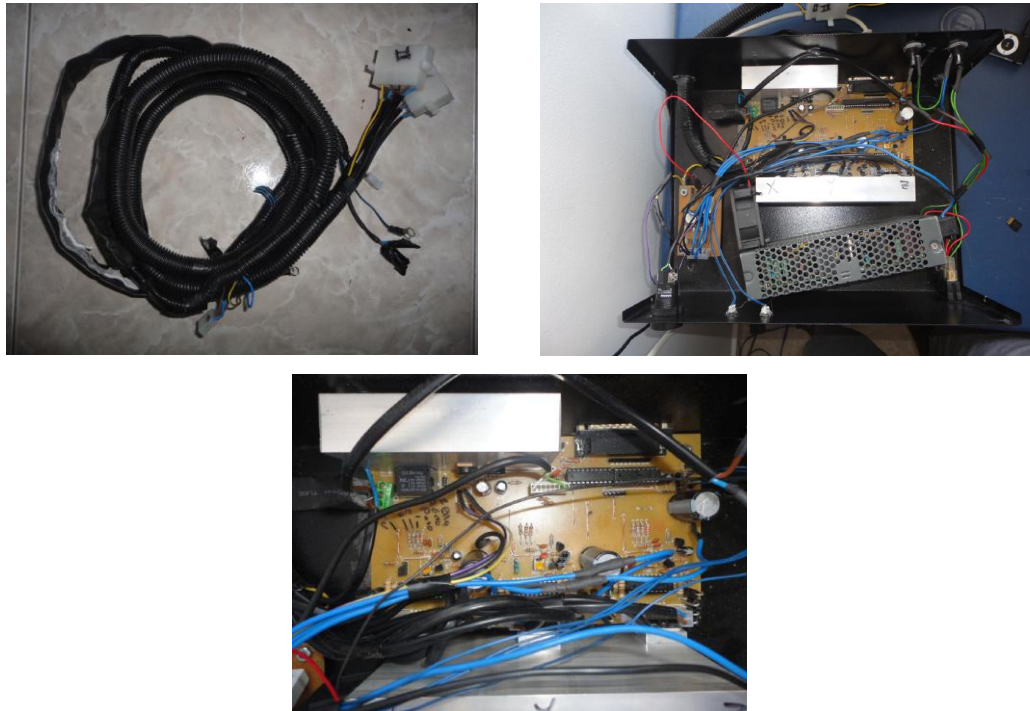
Fuente: autores

Ilustración 78. Montaje de los tornillos y sus complementos



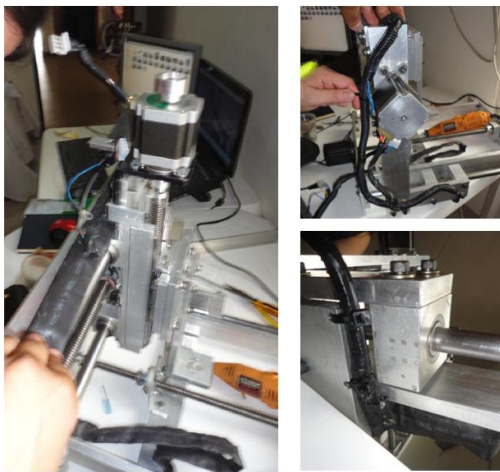
Fuente: autores

Ilustración 79. Componentes del sistema de control.



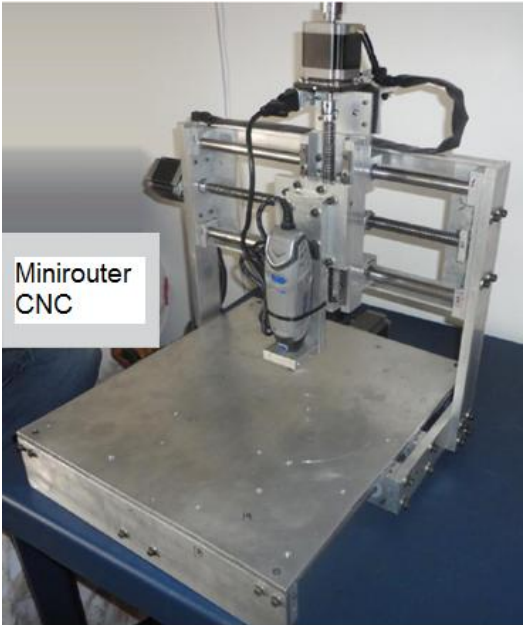
Fuente: autores

Ilustración 80. Instalación del cableado y control electrónico



Fuente: autores

Ilustración 81. Maquina terminada



Fuente: autores

## FICHA DE COSTOS

Tabla 15. Costo de materiales y fabricacion .

Material	Cantidad [cm]	Precio unitario o por [cm]	Precio total	notas
aluminio 2' x 1/2'	250	320	80000	
aluminio 3' x 1/4	80	250	20000	
mesa aluminio	45	2,667	120000	
soportes eje alum	30	2,667	80000	soportes maquinados
4 bujes y soporte tyvar	4	20,000	80000	eje y
camisas rodamiento	4	16,250	65000	
rodamientos ntn kh1630	4	25,000	100000	
rodamientos ntn kh1630	4	26,000	104000	eje x
tornillo acme	105	138	14500	
tuercas	3	15,000	45000	tuercas
rodamientos tornillo	3	4,000	12000	
tornilleria general	100	300	30000	
platina eje z 4' x1/2	1	10,000	10000	
mototool	1	140,000	140000	
perfil 2'x1/4	60	200	12000	
herramienta de corte	3	20,000	60,000	
acoples motores	3	15,000	45000	
acero plata 16mm	1	40,000	40000	
guias lineales eje z	2	90,000	180000	
motores pasos	3	90,000	270000	
aluminio 1'x1/2	40	375	15000	
perfil 1' 3/16	1	6,000	6000	
<b>total mecanica</b>			<b>1528500</b>	
<b>PARTE ELECTRICA</b>				
Tarjeta de control			200000	
Motores paso a paso	3	66,667	200000	
Conectores de cable para los motores	3	1,000	3000	
cableado			45000	
otras partes			70000	
<b>total partes</b>			<b>518,000</b>	
<b>COSTO DE FABRICACION</b>				
Maquinado de los perfiles y partes de aluminio.			200000	
herramientas			30000	
instalacion de los rodamientos	8	5000	40000	
<b>Total</b>			<b>270000</b>	

Tabla 16. Resumen de costos y precio total descripción valor total

DESCRIPCION		VALOR
costo materiales	tabla anterior	1528500
costo parte electrica	tabla anterior	518000
costo de fabricacion	tabla anterior	270000
transportes		120000
		<b>2436500</b>
diseño, ensamblaje	0.45	1096425
administracion	0.07	170555
imprevistos	0.03	73095
utilidades	0.04	97460
iva	0.16	389840
		<b>2495500</b>

Fuente : autores

## 9.1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

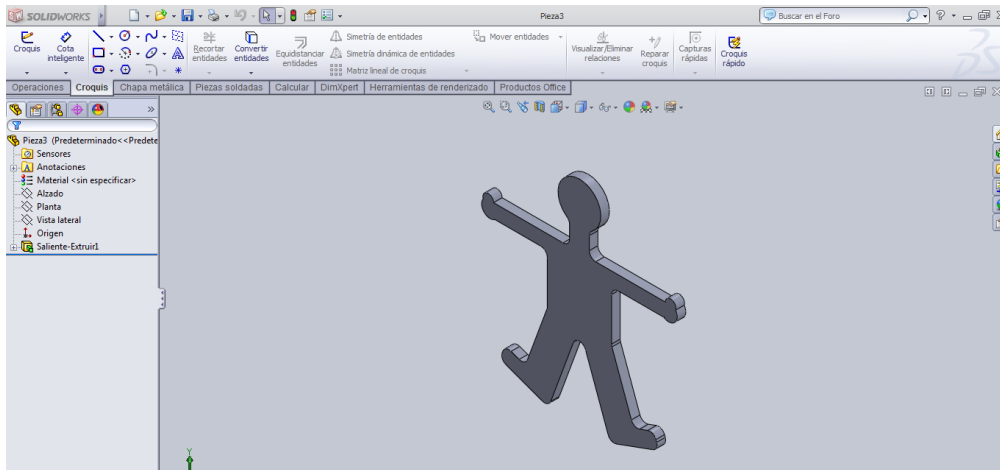
Las pruebas se realizaron con velocidades de corte entre 100 a 200 m/min, permitiendo un buen corte y sin forzar tanto la herramienta y el motool que se utilizó durante las pruebas.

### PRUEBA N°1

La primera prueba a realizar fue el contorno de una persona, los pasos que se realizaron para dicho proceso fueron:

- Solidworks: es el programa de diseño que utiliza la Universidad Industrial de Santander, el cual nos permitió desarrollar el contorno como se muestra en la figura 80, a través de su entorno CAD.

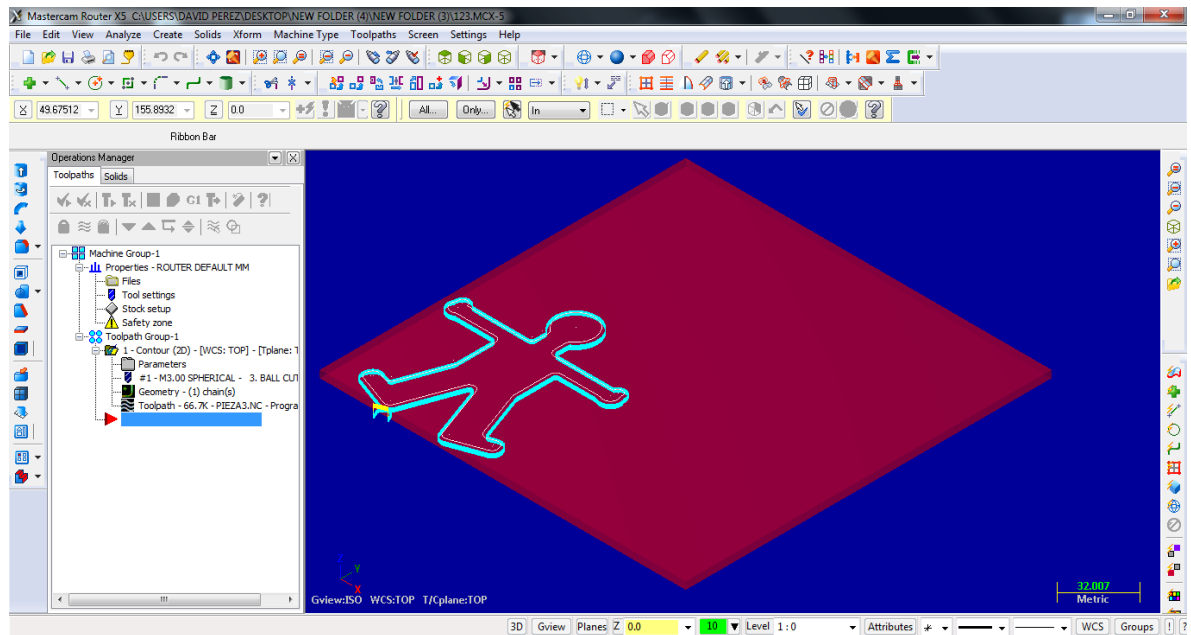
## Ilustración 82. Desarrollo del contorno Solidworks



Fuente: Autores

- Mastercam: Es el programa CAM más vendido del mundo para la programación de máquinas de control numérico CNC. Abarca el dibujo, diseño y modelado 3D y la programación de fresadoras, centros de maquinado, Tornos, Oxicorte, Routers, etc., además ofrece muchos módulos para aplicaciones especiales. Mastercam es para el taller como para la producción. La Universidad Industrial de Santander cuenta con su licencia lo que nos facilita generar el código g de la pieza como se muestra en la figura 81.

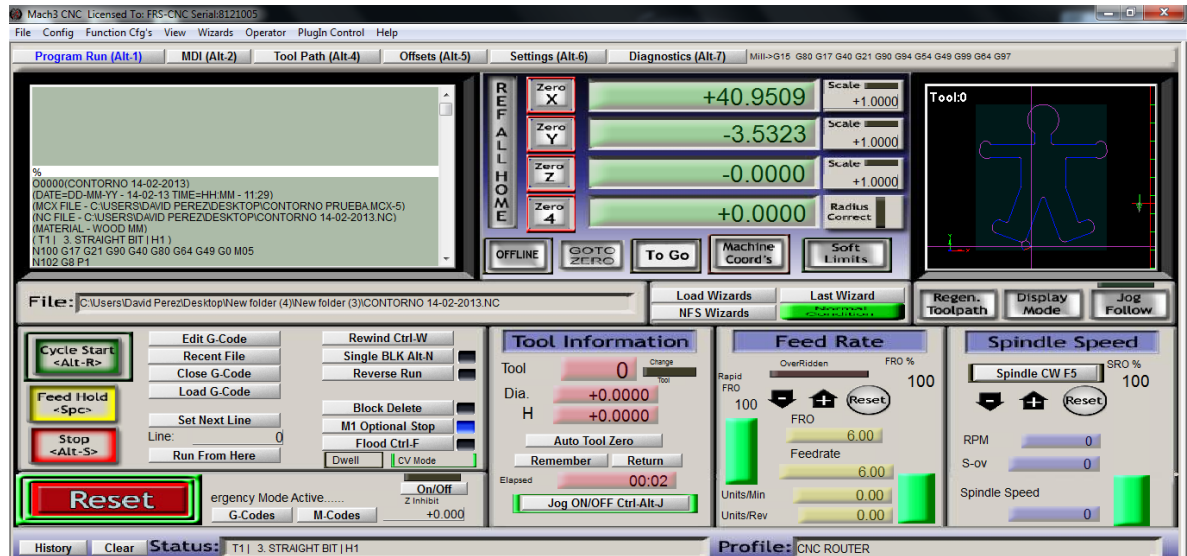
Ilustración 83. Mastercam



Fuente: Autores

- Mach3: Mach 3 es un sistema de control computarizado como se ve en figura 82 y 83 que permite la comunicación con los motores usando una computadora. En este programa cargamos el código g para realizar los respectivos movimientos para la realización de la pieza que deseamos. Lo que se utilizó una versión de prueba para dichas pruebas.

Ilustración 84. Mach3



Fuente: Autores

Ilustración 85. Router realizando contorno.



Fuente: Autores

Ilustración 86. Contorno persona en aluminio



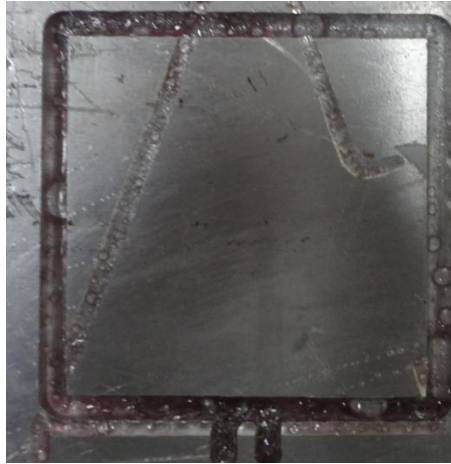
Fuente: Autores

Obtenemos la pieza que se muestra en la figura 84 con el contorno que deseamos después de enviar los respectivos movimientos a la máquina.

## **PRUEBA N°2**

Siguiendo los mismos pasos de la prueba anterior se deseó realizar un contorno de un cuadrado. Figura 85

Ilustración 87. Cuadrado cortado aluminio



Fuente: Autores

Dimensión	Valor Vertical	Valor Horizontal
<b>Teórica</b>	<b>50 mm</b>	<b>50 mm</b>
<b>Real</b>	<b>49.5 mm</b>	<b>49.5 mm</b>
<b>Desviación</b>	<b>0.5 mm</b>	<b>0.5 mm</b>
<b>Promedio Total</b>	<b>0.5 mm</b>	

La exactitud en porcentaje es:

$$\%E = 100 - \frac{\textit{Dimension teorica} * 100}{\textit{Dimension real}}$$

$$\%E = 100 - \frac{(49.5 + 49.5) * 100}{(50 + 50)}$$

$$\%E = 1 \%$$

### PRUEBA N°3

En esta prueba se decidió realizar un círculo, mostrando cada una de las figuras que se pueden realizar. Figura 86

Ilustración 88. Círculo cortado en aluminio



Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

El MINI-ROUTER está diseñado para cortar láminas de aluminio de hasta  $\frac{1}{4}$  [in] con un tamaño de 30[cm] x 35[cm] a una velocidad de avance de hasta 80 [mm/min]. Se recomienda tener en cuenta el manual de uso como se establece en este libro para asegurar la integridad de la máquina y su durabilidad.

Se realizó la construcción del MINI-ROUTER CNC con cada uno de los componentes mecánicos que le permiten realizar los movimientos establecidos por el operario.

Se ha logrado con este trabajo un grado de aprendizaje práctico con procesos de manufactura y de fabricación. Adicionalmente se logró afianzar y poner en práctica los conocimientos en el área de diseño y manufactura adquiridos durante todo el transcurso de la carrera, mediante el diseño y la construcción de cada una de las piezas, ensambles y demás accesorios que conforman el Mini-router.

El uso de herramientas informáticas de diseño como SOLIDWORKS y de análisis estructural como ANSYS, fueron fundamentales para el diseño y la constante revisión del proceso de fabricación. Sobre todo por la reducción de tiempo en la etapa de ingeniería, al reducir errores de ensamblaje de las piezas, reducir tiempos de cálculos y representación; ya que estos software posibilitan la visualización de los modelos diseñados a un grado de aproximación tal que alcanza inmediatez de los planos para la etapa de construcción.

Se seleccionó una tarjeta de control de 3 ejes de 6 amperios (BREAKOUT BOARD) para motores paso a paso, que permite recibir señales enviadas del computador y enviar señales necesarias para los movimientos establecidos por el operario, dando así integridad entre lo que se crea y construye.

Se alcanzó a realizar operaciones de corte de aluminio de [2mm] a velocidades de 200mm/min, realizando pasadas de 0.3 [mm], con un motool de 135 [W]

Las pruebas que se realizaron durante este proyecto, abarcaron contornos y superficies donde se demostraron las posibles trayectorias que se pueden lograr y los alcances que tiene el MINI-ROUTER CNC. Durante estas pruebas se hicieron mediciones y se obtuvo una tolerancia de mecanizado de la máquina en los ejes X y Y de 0.5 [mm], en el eje Z se logró un exactitud de 0.05 mm, buscando como resultado final un centro de mecanizado para piezas pequeñas de aluminio para el grupo de investigación DICBOT.

Los resultados de la tolerancia se logran por el control establecido por los drivers dando a los motores medio paso, lo cual hace que la resolución de trabajo de los motores de  $1.8^\circ$  llegue a  $0.9^\circ$  brindando una resolución angular adecuada para el corte.

Se realizó el proceso de fabricación en aluminio 6063 de cada una de las piezas del MINI-ROUTER CNC que brinda estabilidad, soporte y un peso aproximado de 250N de la estructura, lo que permite un fácil transporte.

Para realizar cada una de las pruebas en el MINI-ROUTER, se usaron los software de Solidworks para el diseño CAD, Mastercam para generar el código G que se debe enviar a la máquina y por último el MACH3 en su versión de prueba, permitiendo establecer el enlace con la máquina y así poder enviar el código para cortar la pieza.

## RECOMENDACIONES

El mini-router cnc funciona con una versión demo de mach3, para su funcionamiento total sería necesaria la compra del software, se encuentra en el mercado con un costo de 175 dólares.

La calidad de trabajo de la maquina se puede mejorar cambiando los tornillos de potencia por unos de bolas recirculantes, para brindarle una menor fricción y aumentar la velocidad de posicionamiento de la máquina.

Si se desea trabajar con materiales más fuertes que el aluminio se deberá cambiar los motores paso a paso por unos de mayor potencia y el spindle (nombre comercial) o motool.

Para mejor funcionalidad y alargar la vida útil del mini-router, se recomienda realizar algún sistema de protección de mugre, virutas y polvo.

## BIBLIOGRAFIA

**CORREA JULIO ALBERTO**, Máquinas Herramientas. Wordpress, 2007

**GROOVER, Mikell P** .Fundamentos de la manufactura moderna. Materiales, procesos y sistemas. Naucalpan de Juárez: Editorial Pearson, 1a Edicion.1997. 228

**HEINRICH GERLING**. Alrededor de las maquinas-herramientas. Reverte S. A: segunda edición. 1964.

**HOOD PATRICK**, James Floyd Kelly, Build your own cnc machine. United States: Editorial Apress , 2009

**INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS**. Normas Colombianas para la Presentación de Trabajos de Investigación. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC 2008. NTC 1486.

**MOTT, Robert L**. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Educación, 2006.

**NORTON, Robert L**. Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos. México: Mc Graw-Hill, 2005.

**OVERBY ALAN**, CNC machining handbook, building, programming and implementation. United States: Mc Grahill, 2011, 260

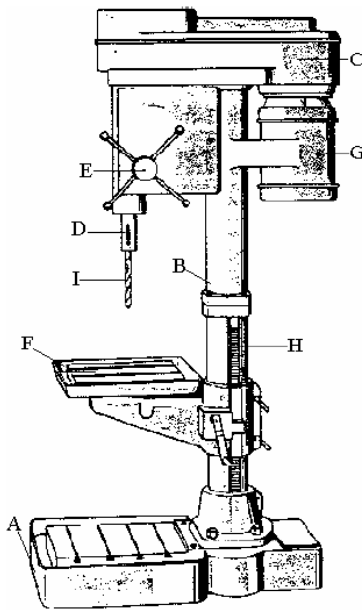
**USING MACH 3 MILL** .A user's guide to installation, configuration and operation.

## **ANEXOS**

## ANEXO A. SISTEMAS DE CORTE

### TALADRADO

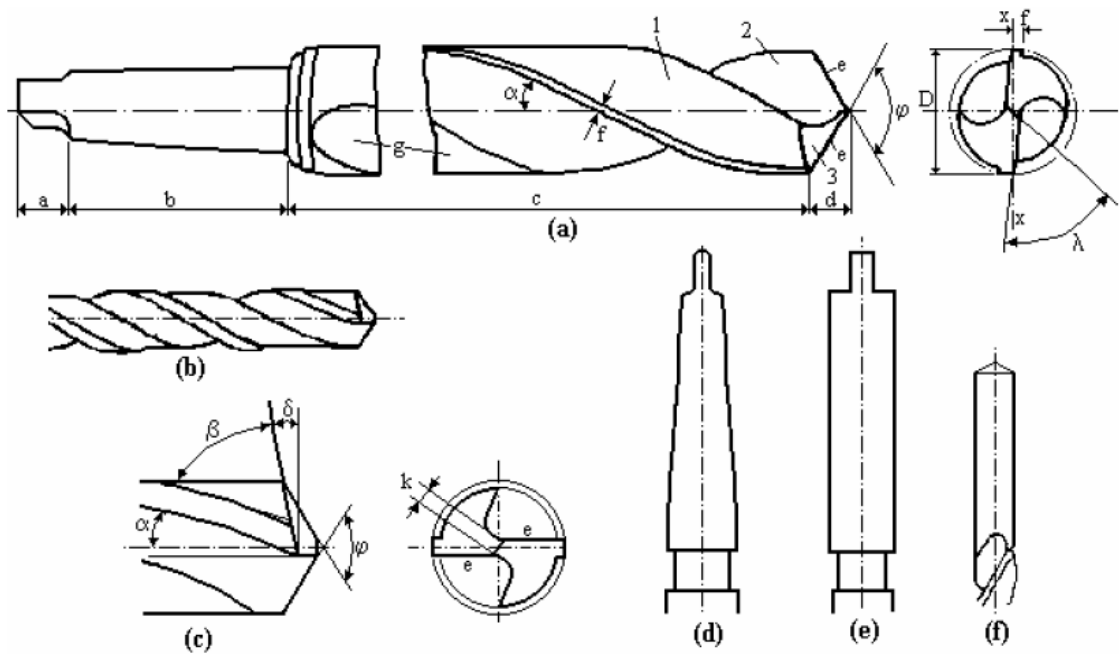
El taladrado consiste en la ejecución de un agujero o cavidad cilíndrica en el material a trabajar. La operación la realiza una máquina herramienta denominada taladradora, la que emplea una herramienta llamada broca o mecha. Existen distintos tipos de taladradora como las portátiles, son las que se adecuan a trabajos por lo general en lugares fijos, cuando no son piezas transportables, las sensitivas o de palanca, que utilizan la fuerza del operario sobre una palanca y que sienten la resistencia opuesta por el material de la pieza al realizar el trabajo, de accionamiento mecánico o hidráulico, de mando o control numérico de maquinado computarizado.



En la figura puede observarse una taladradora sensitiva llamada de columna o pedestal, siendo sus partes principales: la base o pedestal A, el cual sirve de apoyo o sustentación de la máquina,

bastidor o columna B, que soporta el mecanismo de transmisión del movimiento y sujeción de la herramienta y dentro del cual se encuentra la cremallera H, con la que se logra el desplazamiento vertical de la mesa soporte de pieza F, en la que se coloca la pieza a taladrar, lo cual se realiza mediante el movimiento de rotación y avance de la mecha o broca I, la que está sujeta por el husillo o porta

mecha D, quien recibe el movimiento de giro y la potencia para el corte del material del motor G a través del mecanismo de transmisión C, y el movimiento de avance vertical por el mecanismo de palanca y cremallera E.

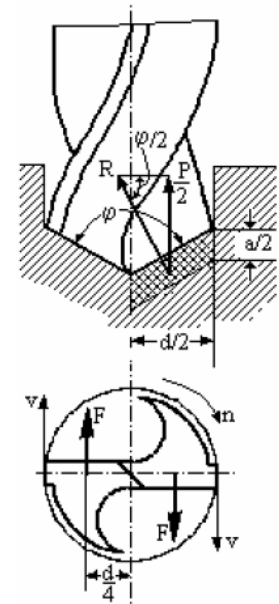
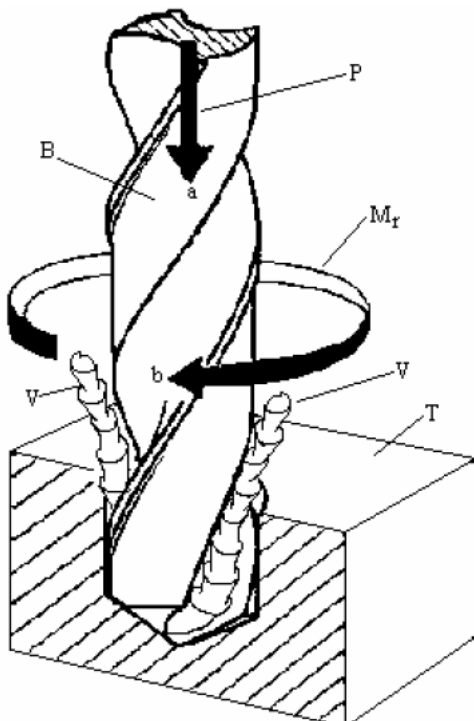


La mecha o broca es una herramienta que consta de dos filos cortantes, a la cual se le imprime, como ya se mencionara, un movimiento de rotación que constituye el movimiento principal de corte y un movimiento rectilíneo de avance en la dirección longitudinal del agujereado. Hay distintos tipos de brocas, algunas de las cuales se muestran en la figura siendo (a) mecha lengua de aspid, (b) mecha de forma, (c) mecha de aplanar y (d) mecha helicoidal. La última de las brocas mencionadas es justamente una de las herramientas más comúnmente utilizadas en el trabajo de agujereado. El material, en el proceso del corte, a medida que se va desprendiendo, adquiere la forma de una espiral cilíndrica, escurriéndose hacia el exterior a través de dos canales helicoidales cortados en la propia herramienta. En la figura se muestran los principales detalles constructivos de una broca o mecha helicoidal, siendo en la figura la letra a, a tenón, b cola, vástago o mango, c cuerpo, d punta, e borde cortante, f guía helicoidal cilíndrica, g acanaladura para salida de la viruta, 1 superficie de despojo lateral, 2 cara anterior de despojo, 3 cara posterior de despojo, D diámetro de la broca,  $\alpha$  ángulo de la hélice de salida de viruta,  $\phi$  ángulo de punta,  $\lambda$  ángulo de inclinación del núcleo, donde el núcleo es la recta de intersección de los conos que forman la punta de la mecha; en la figura b la posición de la mecha muestra la disposición del borde cortante e de la

punta de la herramienta; en la figura anterior la letra c se indican: ángulo  $\alpha$  de inclinación de la hélice, ángulo  $\beta$  de filo, ángulo de incidencia, ángulo  $\varphi$  de la punta, k espesor del núcleo y borde cortante e; la figura anterior la letra d muestra un vástago de sujeción cónico, el cual evita que la broca resbale al ser presionada; en la figura anterior la letra e se ve un vástago de sujeción cilíndrico con tenón y la figura gura anterior la letra f muestra un vástago de sujeción cilíndrico común. El trabajo de taladrado, además de ser una operación final o de terminación es además un trabajo previo a otras operaciones de mecanizado, como por ejemplo de roscado, escariado, torneado interior, brochado, etc. Inclusive, taladradoras con suficiente velocidad y precisión pueden realizar roscado y escariado como operación final.

### Fuerza principal de corte

Según se muestra en la figura, la broca B para arrancar las virutas V del material T necesita dos movimientos simultáneos, uno el movimiento de avance o penetración a y el otro el movimiento de rotación b, que es el que corresponde al movimiento principal de corte, siendo P la fuerza de penetración y Mr el momento de rotación.



Por lo general, como en el caso de la figura (Fig.5.28) la herramienta presenta dos bordes cortantes. Si se analiza la vista superior de la figura (Fig.5.29), y en la

misma es a el avance por vuelta de la herramienta, la cual tiene un diámetro d, cada uno de los bordes cortantes cortará una viruta de sección, dada por la expresión:

$$q = a/2 \cdot d/2 = (a \cdot d)/4 \quad (5.59)$$

Si es  $k_2$  la componente vertical de la resistencia específica de corte del material trabajado, la fuerza resistente R que se produce será:

$$R = q \cdot k_2 \quad (5.60)$$

La fuerza axial de penetración, o fuerza de corte P/2 es la componente vertical de R, siendo su valor:

$$P/2 = R \cdot \text{sen}(\varphi/2) \quad (5.61)$$

De la (5.60) y (5.61) se obtiene:

$$P/2 = q \cdot k_2 \cdot \text{sen}(\varphi/2) = a/2 \cdot d/2 \cdot k_2 \cdot \text{sen}(\varphi/2) \quad (5.62)$$

Y operando matemáticamente en la (5.62), se obtiene:

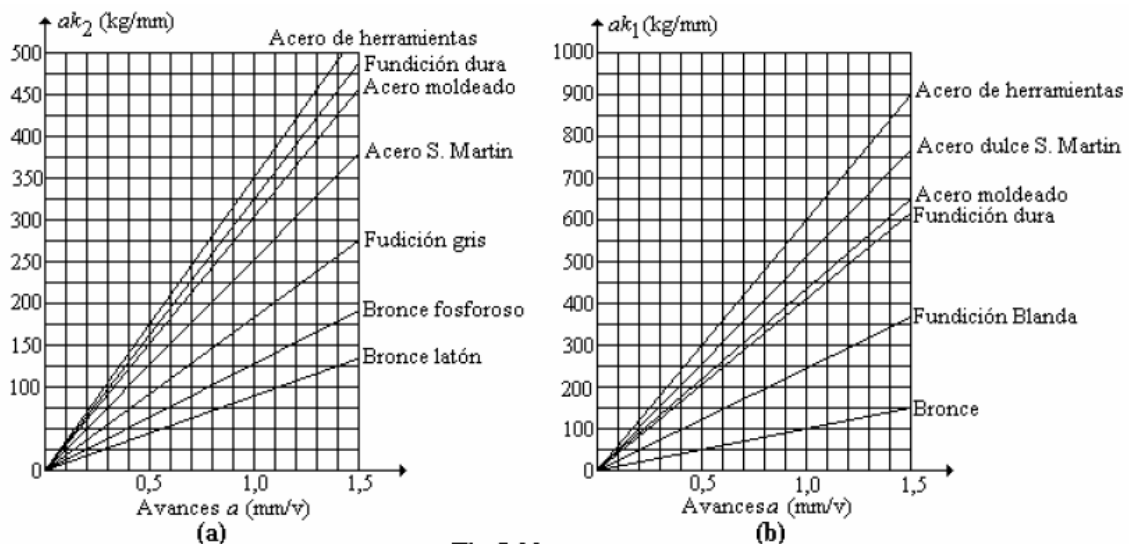
$$P = a \cdot k_2 \cdot d \cdot \frac{1}{2} \text{sen}(\varphi/2) \quad (5.63)$$

Si se adopta para el ángulo de punta  $\varphi$  el valor de  $120^\circ$ , resulta  $\varphi/2 = 60^\circ$ , y como es  $\text{sen } 60^\circ = 0,866$ , la (5.63) se puede escribir:

$$P = 0,433 \cdot a \cdot k_2 \cdot d \quad (5.64)$$

En la (5.64), para  $a$  y  $d$  en metros y  $k_2$  en  $N/m^2$ ,  $P$  estará en  $N$  (Newton). Si están  $a$  y  $d$  en milímetros y  $k_2$  en  $kg/mm^2$ ,  $P$  estará en  $kg$  fuerza.

Para la determinación del valor  $a.k_2$  se puede utilizar el gráfico de Coudrón, el que se muestra en la figura a. el cual da dicho valor en función del avance  $a$  y del tipo de material a trabajar. Luego, la fuerza  $P$  se puede obtener, conociendo el valor del diámetro  $d$  de la herramienta, aplicando la expresión dada por la (5.64).



### Momento de rotación

El movimiento principal de corte lo tiene la mecha o broca en su rotación alrededor de su eje, el cual lo obtiene del mecanismo principal correspondiente de la taladradora. Si se analiza la vista inferior de la figura. se observa que, si es  $F$  la fuerza horizontal de corte, la que se supone aplicada en el centro de cada uno de los filos a una distancia del centro de rotación igual a  $d/4$ , el momento de rotación  $M_r$  que debe ejercer el mecanismo principal para vencer la resistencia horizontal al corte presentada por el material, siendo  $k_1$  la componente horizontal de la resistencia específica de corte de éste último, estará dada por la siguiente expresión:

$$M_r = 2F \cdot d/4 = F \cdot d/2 \quad (5.65)$$

Para la sección  $q$  de viruta considerada dada por la (5.59), la fuerza  $F$  para efectuar el corte del material es:

$$F = k_1 \cdot q = k_1 \cdot a/2 \cdot d/2 = ak_1 \cdot d/4 \quad (5.66)$$

Resultando por lo tanto, el momento de rotación para el corte, según las (5.65) y (5.66), el siguiente:

$$M_r = 2ak_1 \cdot d/4 \cdot d/4 = ak_1 \cdot d^2/8 \quad (5.67)$$

Para  $k_1$  en  $N/m^2$  y  $a$  y  $d$  en metros,  $M_r$  resulta en Nm o Joule; para  $k_1$  en  $kg/mm^2$  y  $a$  y  $d$  en milímetros,  $M_r$  resulta en kgmm.

El producto  $ak_1$  se lo puede obtener de gráficos, como el de Coudrón que se muestra en la figura (Fig.5.30b), el cual da dicho valor en función del avance  $a$  y del tipo de material a trabajar. Luego, conociendo el valor de  $ak_1$ , se pueden obtener la fuerza  $F$  y el momento  $M_r$  para un valor determinado  $d$  del diámetro de la herramienta, aplicando las expresiones dadas por las (5.66) y (5.67) respectivamente.

### **Velocidad tangencial de corte**

La velocidad  $v$  de corte es tangencial al movimiento de rotación de la broca. Varía desde cero en el centro o punta de la herramienta, hasta un máximo en la periferia del filo. Esta velocidad depende del tipo de material de la mecha y del material a trabajar, estando tabulada para distintos casos según valores obtenidos de la experiencia, en tablas como la que se da como ejemplo a continuación:

Valores medios de la velocidad de corte para mechas de acero rápido

Material trabajado	Kz	kg/mm <sup>2</sup>	v	m/min	a	mm/vuelta
Fundición	12 a 22		35 a 25		d/50	
Fundición de cilindros	22 a 28		22 a 15		15d/1000	
Acero dulce	35 a 65		38 a 25		d/100	
Acero duro	65 a 90		25 a 14		d/100	
Acero muy duro	90 a 120		18 a 14		d/100	
Bronce, latón y cobre	23 a 50		60 a 25		d/100	
Aluminio, electrón, duraluminio	14 a 26		250 a 80		15d/1000	

Una vez determinada la velocidad  $v$  de corte en m/min, se determina la velocidad angular  $\omega$

(radianes/s) o  $n$  (rpm), que la taladradora debe suministrar a la herramienta de diámetro  $d$  en milímetros para efectuar el corte, resultando las expresiones:

$$v = (60 \cdot \omega \cdot d) / (1000 \cdot 2) = (2 \pi d n) / (1000 \cdot 2) = (\pi d n) / 1000 \quad (5.68)$$

De la (5.68) se obtiene, despejando  $n$ :

$$n = (1000v) / (\pi d) \quad (5.69)$$

Potencia desarrollada en el corte

La potencia  $N$  que se debe suministrar a la herramienta para efectuar el corte del material, teniendo en cuenta el momento de rotación  $M_r$  y la velocidad angular  $\omega$  o la velocidad de rotación  $n$ , es:

$$N = M r \cdot \omega = M r (2\pi n)/60 \quad (5.70)$$

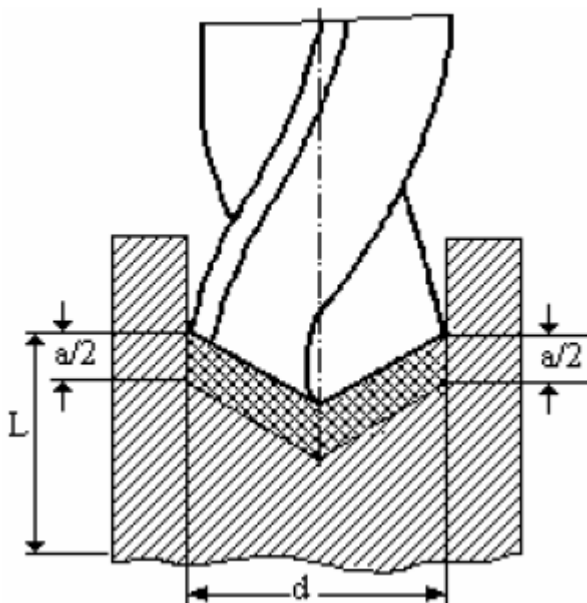
Teniendo en cuenta la (5.67), si  $Mr$  está en Nm, la (5.70) estará en vatios (W); si en cambio

$Mr$  estuviera en kgmm, la (5.70) estará en kgmm/s. Si se deseara tener la (5.70) en CV, se la deberá dividir por 75.1000, obteniéndose la expresión siguiente:

$$N = (M r \cdot 2 \cdot \pi \cdot n / (60 \cdot 75 \cdot 1000)) = M r \cdot n / 716200 \quad (5.71)$$

La potencia  $N$  dada por la (5.70) y por la (5.71) corresponde solo a la necesaria para vencer la resistencia del material al efectuar el corte del mismo, por lo que para dimensionar la potencia Nm del motor que accionará la máquina herramienta se debe además tener en cuenta el rendimiento mecánico  $\eta$  de la maquinaria que interviene en la transmisión del movimiento y de la potencia, obteniéndose por lo tanto la expresión:

$$N_m = N / \eta \quad (5.72)$$



### Cálculo del tiempo de máquina

A los efectos del cálculo es necesario conocer previamente la profundidad  $L$  del agujereado, o carrera de la mecha, la que se da generalmente en milímetros, el avance  $a$  en milímetros de la herramienta por cada vuelta que ella gira y el número de vueltas  $n$  por

minuto que da la herramienta; en función de estos parámetros se puede calcular el tiempo de máquina T empleado para realizar el agujereado en la longitud L.

De acuerdo a lo mencionado precedentemente, la herramienta habrá penetrado en un minuto la profundidad dada por la expresión:

$$\text{Penetración en un minuto} = a.n \quad (5.73)$$

Por lo tanto, en un tiempo de T minutos penetrará una profundidad total L, por lo que se puede escribir:

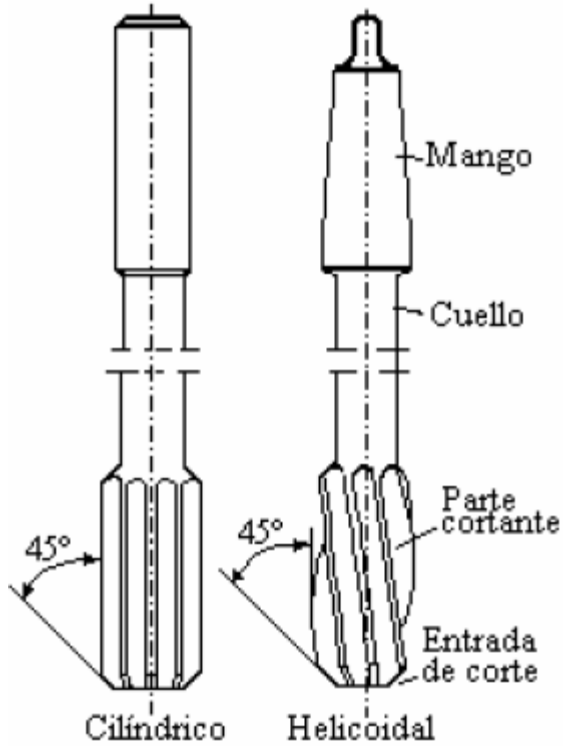
$$L = a.n.T \quad (5.74)$$

De la (5.74) se puede despejar T, por lo que resulta

$$T=L/(a.n) \quad (5.75)$$

### **ESCARIADO:**

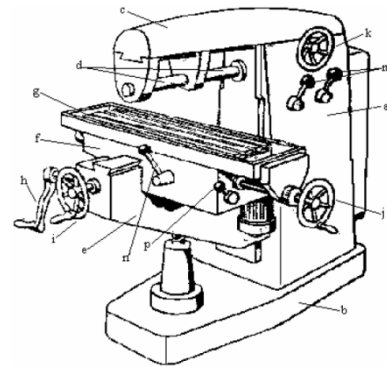
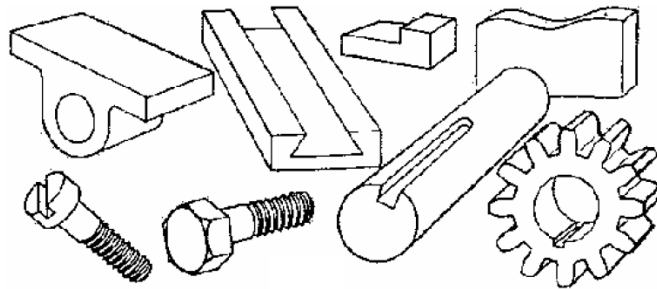
Como los agujeros realizados en el trabajo de taladrado, y especialmente cuando se utiliza una broca helicoidal con solo dos filos de corte, no resultan perfectamente cilíndricos ni uniformes, y presentan además una superficie que no del todo lisa, es necesario, cuando el mismo requiere una terminación dentro de ciertos valores y grado de precisión, completar la operación mediante el trabajo de escariado, para lo cual se pueden utilizar la propia taladradora o también tornos, además de las propias máquinas herramientas específicas para dicho trabajo, denominadas escariadoras. Ambas operaciones, de escariado y el escariado, son similares, consistiendo la diferencia en que en el escariado se quita menor cantidad de material que en el escariado, siendo un verdadero torneado interior. Generalmente el trabajo de escariado se realiza además para lograr un agujero de



mayor diámetro de gran precisión.

El escariado se realiza con una herramienta llamada escariador, la cual presenta distintas formas según sea el trabajo para el cual se lo utilice, mostrándose en la figura a modo de ejemplo, dos tipos diferentes de ellos; los escariadores son herramientas de filos múltiples de cortes y que están

construidas dentro de tolerancias exigidas según el grado de precisión requerido, en tanto que para el escariado se pueden utilizar distintos tipos de herramientas, como por ejemplo herramientas de torno, que cumplan con el objetivo buscado.

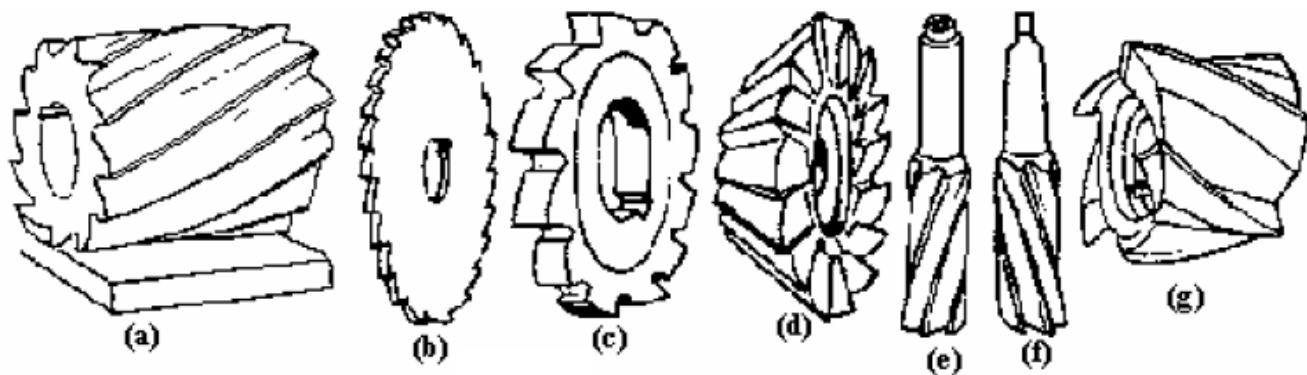


## FRESADO

El fresado es una de las operaciones más utilizadas en los talleres e industrias debido a la multiplicidad de trabajos que con él se pueden realizar, y además a la precisión que se logra en éstos. Entre otras, se pueden obtener piezas de superficies planas y curvas, ranuradas, dentadas, estriadas, roscadas, etc., algunas de la cuales se muestran en la figura.

Según la posición del husillo, las máquinas fresadoras pueden ser horizontales o verticales, existiendo las denominadas universales que permiten la inclinación del carro porta pieza hasta 45°, también existen fresadoras especiales, que son utilizadas cuando se construyen piezas en serie, las que pueden realizar, entre otras operaciones, el tallado de engranajes, hélices, tornillos, fresas, escariadores, etc.

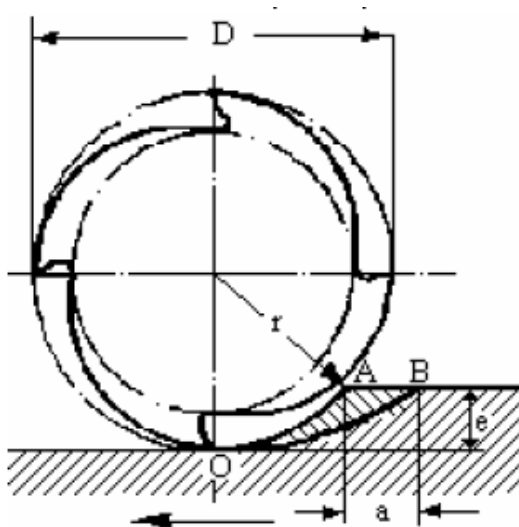
En la figura se muestra una fresadora horizontal, siendo sus partes principales, el cuerpo o bastidor a, en el cual se aloja el mecanismo de accionamiento del árbol porta fresa d, el cual es accionado por el volante k y las palancas m, la base b, donde se apoya toda la máquina y se la fija al suelo, el brazo superior c, que soporta al árbol porta fresa, la mesa de consola móvil e, la cual se eleva o desciende por medio de un tornillo sinfín accionado por la manivela h, soportando al carro transversal f el cual se desplaza en la dirección del eje del árbol porta fresa, en ambos sentidos, con el accionamiento del volante i y la palanca n, la mesa de fresar g, la cual puede desplazarse en forma perpendicular al eje del árbol porta fresa mediante el accionamiento del volante j y la palanca p, sobre la cual se encuentra la pieza a fresar.



### Generalidades

La fresa es una herramienta de ángulos de filos múltiples, dispuestos simétricamente alrededor de un eje. Es de corte intermitente ya que el corte del material se efectúa cuando actúa un diente sobre la pieza, la cual disminuye cuando mayor cantidad de dientes tiene la fresa, pero nunca puede eliminarse.

Existen distintos tipos de fresas, algunas de las cuales se muestran en la figura correspondiendo (a) a una fresa cilíndrica con filo en su periferia, utilizada para desbaste y afinado en las máquinas fresadoras horizontales, (b) es una sierra circular utilizada para efectuar ranuras estrechas y cortar piezas, (c) corresponde a una fresa de disco de dientes rectos, se usan para fresar ranuras planas, (d) es



una fresa frontal angular utilizada para el mecanizado de guías en ángulo, (e) y (f) son fresas de vástago frontales de pequeños diámetros utilizadas para frentear agujeros, cantos y pequeñas superficies, y (g) fresa frontal cilíndrica con dientes con filos cortantes en la periferia y en una de las caras frontales, utilizadas para trabajar superficies planas y rebajes en ángulo recto.

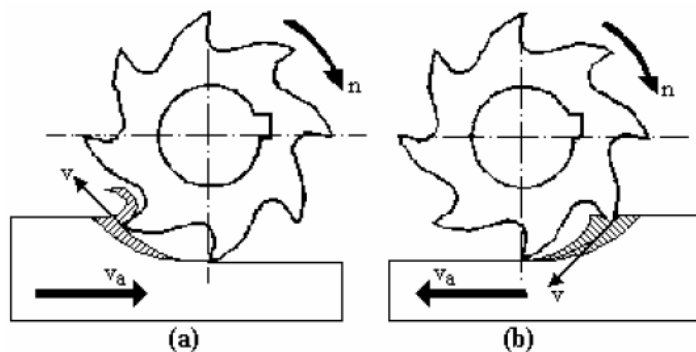
Las fresas están construidas de acero al carbono, acero rápido, acero extra rápido, carburos metálicos, materiales cerámicos, aleaciones no ferrosas y materiales especiales, siendo su comportamiento similar a las herramientas del torno. En el trabajo de fresado, el movimiento principal de corte está a cargo de la herramienta.

Consiste en la rotación con movimiento uniforme de la fresa, de tal modo que sus filos cortantes adquieren una velocidad tangencial periférica adecuada para el corte del material de la pieza que se trabaja y el de la herramienta empleada para efectuar el corte. El desplazamiento de alimentación de la mesa de fresar, y por lo tanto el de la pieza, depende del movimiento principal.

Cada uno de los dientes de la herramienta corta, por lo general, una viruta en forma de cuña, según se muestra en la figura. Por lo tanto, el espesor de la viruta pasa de un valor mínimo de cero en O a un valor máximo en AB, que dependerá del movimiento de alimentación  $a$ , del diámetro  $D$  de la fresa utilizada y de la profundidad  $e$  de corte. Esta característica del trabajo de fresado la distingue en forma absoluta de la forma de corte de las otras máquinas herramientas ya vistas, donde la sección de viruta era constante. Por esta forma de trabajo, cada uno de los dientes o ángulos de filos de la fresa, está sometido a esfuerzos variables que van desde un mínimo a un máximo, descendiendo hasta cero cuando el diente de la herramienta deja de actuar sobre el material de la pieza que se está mecanizando.

Por sus características particulares, las máquinas fresadoras se adaptan especialmente para los trabajos de precisión aunque también se emplean para realizar operaciones de desbastado.

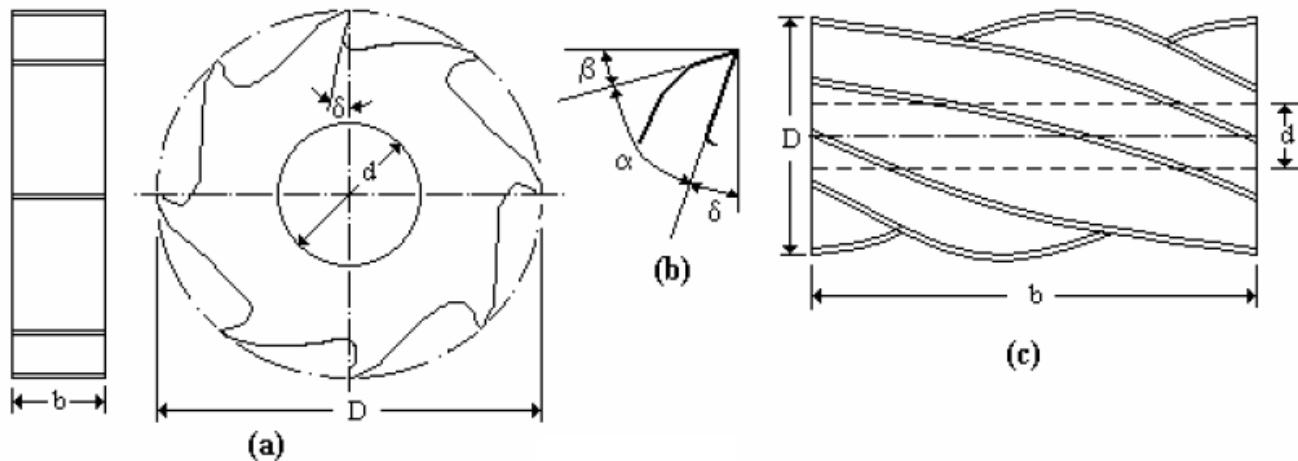
### Tipos de fresas y dimensiones principales



El avance del carro porta pieza (movimiento longitudinal) puede ser, según se muestra en la figura a de distinto sentido o según la figura (b) de igual sentido al del

movimiento principal de corte  $n$  (movimiento de rotación de la fresa), los que se denominan respectivamente: fresado corriente en contra dirección o contra avance y fresado paralelo o a favor del avance.

En el fresado llamado refrentado se utilizan fresas circulares con dientes con filos periféricos  $u$  y filos frontales  $i$ , según muestra la figura (Fig.5.38), dispuestos en la periferia y en la cara frontal respectivamente; el eje de giro  $X$  de la fresa es en este caso normal a la superficie de la pieza trabajada. En este caso, los filos periféricos de los dientes cortan el material, en tanto que los dispuestos frontalmente trabajan alisando la superficie horizontal que se forma. La viruta, en este caso, no es en forma de cuña, sino que presenta una sección transversal en forma de paralelogramo de espesor  $e$  y ancho  $b$ , siendo el avance por diente  $a$  el dado por

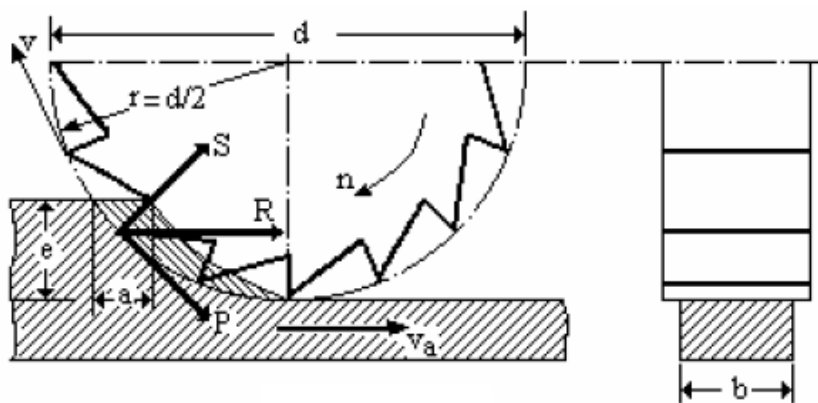


la expresión (5.77), resultando la carga sobre los dientes uniforme.

Todas las fresas presentan elementos comunes, siendo algunos de los principales, mostrados en la figura a. el diámetro exterior  $D$  de la fresa, el diámetro interior  $d$ , donde encaja el árbol porta fresa, el ancho  $b$  de la fresa; en la figura b el ángulo de filo  $\alpha$ , el ángulo de incidencia  $\beta$ , el ángulo de ataque  $\delta$ . La figura c muestra una fresa circular de filos helicoidales, la cual presenta los mismos elementos que la fresa circular de dientes rectos.

## Resistencia al corte y momento torsor

El trabajo de corte en el fresado, según lo indicado en la figura es realizado por una fuerza periférica  $P$  tangencial a la fresa, la cual debe vencer la resistencia ofrecida por el material sobre el diente. Además aparece una fuerza  $S$  radial, soportada por el árbol porta fresa. Como resultante de  $P$  y de  $S$  actúa la fuerza  $R$  sobre el árbol porta fresa, provocando un esfuerzo de flexión compuesta.



Si la fresa de la figura realiza el corte del material, siendo  $d$  el diámetro de la fresa,  $a$  el avance por diente de la fresa,  $b$  el ancho

del corte,  $e$  espesor o profundidad de corte, tomadas todas en milímetros, y además es  $v_a$  la velocidad de avance en mm/min de la mesa porta pieza, lo que se puede tomar como un movimiento relativo de la fresa,  $v$  la velocidad de corte de la fresa en m/min,  $n$  el número de vueltas por minuto de la fresa (rpm) y  $z$  el número de dientes de la fresa, se obtiene que el volumen  $Vol$  en mm<sup>3</sup>/min de metal cortado por un diente estará dado por la expresión:

$$Vol = e.b.v_a \quad (5.76)$$

La velocidad de avance  $v_a$ , en algunos casos se toma como el avance  $z.a$  en mm/vuelta, por

lo que resultará, en función del número de vueltas  $n$ :

$$z.a.(mm/vuelta).n(vueltas/min)=v_a (mm/min) \quad (5.77)$$

Si la resistencia específica de corte del material trabajado es  $k_s$ , la fuerza  $F$  necesaria para efectuar el corte del material es:

$$F = k_s.q = k_s.e.b \quad (5.78)$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta la velocidad de avance  $v_a$ , el trabajo de corte por unidad de tiempo  $Tr$ , o potencia de corte, requerido resulta:

$$Tr = F.v_a = k_s.e.b.v_a \quad (5.79)$$

Como el trabajo de corte lo realiza la fuerza  $P$ , que actúa con la velocidad tangencial  $v$ , desarrollando una potencia  $N$  dada por la expresión:

$$N = P.v \quad (5.80)$$

Por lo tanto, como la (5.80) debe ser igual a la (5.79):

$$N = Tr \quad (5.81)$$

Por lo tanto, por la (5.79) y la (5.80) la (5.81) se puede escribir:

$$P.v = k_s.e.b.v_a \quad (5.82)$$

Operando matemáticamente en la (5.82) se obtiene:

$$P=(k_s .e.b.v_a)/v \quad (5.83)$$

por otra parte, el momento torsor al cual se somete la fresa de radio  $r = d/2$  es:

$$M_r = P \cdot r = P/2 \quad (5.84)$$

O por la (5.83):

$$M_r = (k_s \cdot e \cdot b \cdot d \cdot v_a) / (2 \cdot v) \quad (5.85)$$

### Potencia absorbida

La potencia necesaria para efectuar el trabajo de corte está dada por la (5.80) y por la (5.82). Teniendo en cuenta la velocidad de rotación  $n$  en vuelta/min y el avance  $v_a$  en mm/vuelta, según la (5.77), la (5.82) se puede escribir como:

$$N = P \cdot v = k_s \cdot e \cdot b \cdot v_a = k_s \cdot e \cdot b \cdot z \cdot a \cdot n \quad (5.86)$$

Las dimensiones de las expresiones anteriores corresponderán al sistema utilizado, debiendo poner especial cuidado en utilizar los factores de conversión correctos para pasar de un sistema a otro. Como la expresión (5.86), para  $k_s$  en  $\text{kg/mm}^2$ , y según las dimensiones ya mencionados de los otros factores, estará dada en  $\text{kgmm/min}$ , para obtenerla en vatios (W), se deben introducir los factores de transformación, resultando la siguiente expresión:

$$N = 9.8(\text{N/kg}) \cdot 10^{-3}(\text{mm/m}) \cdot 1/60(\text{min/s}) \cdot k_s(\text{kg/mm}^2) \cdot e(\text{mm}) \cdot b(\text{mm}) \cdot z \cdot a(\text{mm/vuelta}) \cdot n(\text{vuelta/min}) \quad (5.87)$$

Operando matemáticamente la (5.87), se obtiene:

$$N = 1,63.10^{-4}.k_s.e.b.z.a.n \text{ (W)} \quad (5.88)$$

Y para obtenerla en CV, la expresión resultante es la siguiente:

$$N = \frac{e \text{ (mm)} \cdot b \text{ (mm)} \cdot z \cdot a \left( \frac{\text{mm}}{\text{vuelta}} \right) n \left( \frac{\text{vuelta}}{\text{min}} \right) k_s \left( \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)}{60 \left( \frac{\text{s}}{\text{min}} \right) 75 \left( \frac{\text{kgm}}{\text{s}} \frac{1}{\text{CV}} \right) 1000 \left( \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right)} \quad (5.89)$$

Operando matemáticamente la (5.89), obtenemos:

$$N = e.b.z.a.n.k_s / 4500000 \text{ (CV)} \quad (5.90)$$

Las expresiones (5.88) y (5.90) dan la potencia para cortar el material únicamente, motivo por el cual se las debe afectar del rendimiento total de la máquina  $\eta_T$  para calcular la potencia del motor que la accionará, debiéndose tener en cuenta los rendimientos propios de la transmisión por los rozamientos existentes en la misma, resultando finalmente la expresión:

$$N_m = N / \eta_T \quad (5.91)$$

### **Velocidad de rotación de la fresa**

La velocidad de rotación  $n$  de la fresa debe ser la correspondiente a la velocidad de corte  $v$  del material trabajado y al material de la fresa, para lo cual la fresadora tiene dispuesto un sistema de transmisión que varía la velocidad de acuerdo a la necesidad de cada caso.

Las velocidades de rotación y de corte ya fueron introducidas en la (5.77) y (5.80) respectivamente, correspondiendo la primera a la velocidad angular  $\omega$  en rad/s de

la fresa y la segunda a la velocidad tangencial en m/s de la misma, estando relacionadas por las siguientes expresiones:

$$v = \omega \cdot d = \omega \cdot r/2 \quad (5.92)$$

Y:

$$\omega = 2\pi n/60 \quad (5.93)$$

De la (5.92) y (5.93) se puede escribir:

$$v = 2\pi n r/60 = \pi n d/60 \quad (5.94)$$

Operando la (5.94), se puede escribir:

$$n = 60 v / \pi d \quad (5.95)$$

Existen distintas tablas que dan los valores de  $k_s$ ,  $v$  y  $v_a$ , según el material a trabajar y del tipo de material con el cual está construida la fresa, una de las cuales se da a continuación a modo de ejemplo.

### **Avances y velocidades de corte de fresas comunes de acero rápido**

Material	Velocidad de corte		Velocidad de avance $V_a$ (mm/min)
	Desgrosado	Acabado	
	$v$	$v$	
Cobre y aluminio	60-80	80-100	80-120
Bronce común	25-28	35-40	80

Bronce endurecido	20-25	30-35	45
Acero dulce Kz=40-50 kg/mm <sup>2</sup>	16-20	25-30	60
Acero Kz=60 kg/mm <sup>2</sup>	15-18	22-25	40
Acero mediano Kz=70 kg/mm <sup>2</sup>	12-16	18-22	30
Acero duro Kz=80 kg/mm <sup>2</sup>	10-15	16-18	25
Acero muy duro Kz=90 kg/mm <sup>2</sup>	9-13	14-16	22
Acero muy muy duro Kz=100 kg/mm <sup>2</sup>	8-12	13-15	20
Fundición común	12-15	18-20	45
Fundición dura	17-20	12-15	18

### **Cálculo del tiempo de máquina**

Para determinar el tiempo de mecanizado, cuando se realiza la operación de fresado, se debe conocer el número z de dientes de la fresa, su velocidad de rotación n y su velocidad tangencial v que constituye el movimiento principal de corte como también el movimiento de avance o alimentación va del carro portapieza. Por otra parte también será necesario contar con los datos de la longitud L a fresar de la pieza, el espesor total h que se debe rebajar la pieza y la cantidad total de pasadas m para lograr la misma, el espesor por pasada e y el avance por diente a.

Si están L, h y e en milímetros, n en vueltas por minuto (rpm), va en mm/vuelta, se tiene:

Profundidad de la pasada:

$$m=h/e \quad (5.96)$$

Tiempo empleado en una pasada:

$$T=L/v_a=m.L/v_a=m. L/(z.a.n) \text{ (min)} \quad (5.98)$$

**Tabla E-1 Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería**

Datos de varias fuentes. \* Estas propiedades son básicamente similares para todas las aleaciones del material específico

Material	Módulo de elasticidad $E$		Módulo de rigidez $G$		Razón de Poisson $\nu$	Densidad de peso $\gamma$	Densidad de masa $\rho$	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	
Aleaciones de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro, fundido, gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro, fundido, dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro, fundido, maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero, carbono	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero, aleaciones	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero, inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.6	6.6

\* *Propiedades de algunos metales y aleaciones*, International Nickel Co., Inc., N.Y.; *Metals Handbook*, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.











**Tabla E-2 Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio forjado**

Datos de varias fuentes.\* Valores aproximados. Consulte a los fabricantes del material para mayor información

Aleación de aluminio forjado	Condición	Resistencia a la fluencia por tensión (0.2% de deformación remanente)		Resistencia última a la tensión		Resistencia a la fatiga en 5E8 ciclos		Elongación en 2 in	Dureza Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	-HB
1100	lámina recocida	5	34	13	90			35	23
	rolada en frío	22	152	24	165			5	44
2024	lámina recocida	11	76	26	179			20	-
	con tratamiento térmico	42	290	64	441	20	138	19	-
3003	lámina recocida	6	41	16	110			30	28
	rolada en frío	27	186	29	200			4	55
5052	lámina recocida	13	90	28	193			25	47
	rolada en frío	37	255	42	290			7	77
6061	lámina recocida	8	55	18	124			25	30
	con tratamiento térmico	40	276	45	310	14	97	12	95
7075	barra recocida	15	103	33	228			16	60
	con tratamiento térmico	73	503	83	572	14	97	11	150




\* *Propiedades de algunos metales y aleaciones*, International Nickel Co., Inc., N.Y.; *Metals Handbook*, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.





## ANEXO B. HERRAMIENTAS DE CORTE

Escariador de metal duro integral				Uso principal y uso ampliado	Página								
<b>NC</b>		similar a DIN 8093	VHM 40 420 ...	<table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Aluminio</th></tr> <tr><td>8-20</td><td>8-15</td><td>10-20</td><td>20-80</td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	8-20	8-15	10-20	20-80	17
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
8-20	8-15	10-20	20-80										
<b>NC 100</b>		similar a DIN 8093	VHM 40 430 ...	<table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Aluminio</th></tr> <tr><td>8-20</td><td>8-15</td><td>10-20</td><td>20-80</td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	8-20	8-15	10-20	20-80	18-20
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
8-20	8-15	10-20	20-80										
<b>UNI HSR</b>		 VHM 40 460 ...	VHM 40 465 ...	<table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Aluminio</th></tr> <tr><td>60-250</td><td></td><td>60-250</td><td></td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	60-250		60-250		21
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
60-250		60-250											
<b>UNI HSR 100</b>		 VHM 40 461 ...	VHM 40 461 ...	<table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Aluminio</th></tr> <tr><td>60-250</td><td></td><td>60-250</td><td></td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	60-250		60-250		22-24
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
60-250		60-250											
<b>VA CNC</b>		 VHM TIALN 40 450 ...	VHM TIALN 40 455 ...	<table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Mecanizado de materiales duros</th></tr> <tr><td></td><td>15-40</td><td></td><td>6-12</td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Mecanizado de materiales duros		15-40		6-12	25
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Mecanizado de materiales duros										
	15-40		6-12										
<b>VA CNC 100</b>		 VHM TIALN 40 451 ...	VHM TIALN 40 451 ...	<table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Mecanizado de materiales duros</th></tr> <tr><td></td><td>15-40</td><td></td><td>6-12</td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Mecanizado de materiales duros		15-40		6-12	26-28
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Mecanizado de materiales duros										
	15-40		6-12										










### Escariador y avellanador

Escariado de alta velocidad		Uso principal y uso ampliado	Página																				
<b>Dihart MONOMAX®</b>	<p>Escariador ajustable de alta velocidad con tecnología de escariado de varios cortes para producción en serie en el rango de Ø 5,6 - 25,89 mm disponible.</p> <p>Compensación de desgaste óptimo dentro del campo de tolerancia sin reducción de la precisión de concentricidad.</p> <p>Rectificable y apto para nueva dotación de componentes para prácticamente todos los materiales. Ø H7 usual disponible desde almacén.</p>	 <table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Aluminio</th></tr> <tr><td>CWN 10</td><td>10-150</td><td>20-50</td><td>50-150</td></tr> <tr><td>CWC 10</td><td>60-200</td><td></td><td>100-250</td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	CWN 10	10-150	20-50	50-150	CWC 10	60-200		100-250	6-8								
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio																				
CWN 10	10-150	20-50	50-150																				
CWC 10	60-200		100-250																				
<b>Dihart REAMAX®</b>	<p>Sistema rápido con cabeza reemplazable y varios filos de corte para producción en serie en el rango de Ø12,5 - 40 mm.</p> <p>Gran economía gracias al rápido cambio la cabeza y la óptima estabilidad en prácticamente todos los materiales. Ø H7 usualmente disponible desde almacén.</p>	 <table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Aluminio</th></tr> <tr><td>CWN 10</td><td>10-150</td><td>20-50</td><td>50-150</td></tr> <tr><td>CWC 10</td><td>60-200</td><td></td><td>100-250</td></tr> <tr><td>CWK 10</td><td></td><td></td><td>300-500</td></tr> <tr><td>Ti 700</td><td>30-200</td><td>80-200</td><td></td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	CWN 10	10-150	20-50	50-150	CWC 10	60-200		100-250	CWK 10			300-500	Ti 700	30-200	80-200		9
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio																				
CWN 10	10-150	20-50	50-150																				
CWC 10	60-200		100-250																				
CWK 10			300-500																				
Ti 700	30-200	80-200																					
<b>Escariador</b>	<p>El escariador ajustable WNT autocentrante puede realizar agujeros pasantes como también agujeros ciegos en un rango de diámetros de entre 19 mm y 148 mm.</p> <p>Pueden alcanzarse tolerancias de ajuste de IT7.</p> <p>Plaquitas intercambiables para cualquier material: 100% compatibles con el sistema WNT-Swiss-Tool.</p>	 <table border="1"> <tr><th>Acero</th><th>Acero inoxidable</th><th>Hierro fundido</th><th>Aluminio</th></tr> <tr><td>K 10</td><td>30-60</td><td>40-80</td><td>65-400</td></tr> <tr><td>TIALN</td><td>40-120</td><td>20-80</td><td>40-180</td></tr> <tr><td>Cermet</td><td>60-300</td><td>60-100</td><td></td></tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	K 10	30-60	40-80	65-400	TIALN	40-120	20-80	40-180	Cermet	60-300	60-100		14-16				
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio																				
K 10	30-60	40-80	65-400																				
TIALN	40-120	20-80	40-180																				
Cermet	60-300	60-100																					

Escariador HSS			Uso principal y uso ampliado	Página									
<b>NC</b>		similar a DIN 212	HSS-E 40 110 ... 	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>10-18</td> <td>8-10</td> <td>10-14</td> <td>16-22</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	10-18	8-10	10-14	16-22	29
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
10-18	8-10	10-14	16-22										
<b>NC 180</b>		similar a DIN 212	HSS-E 40 115 ... 	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>10-18</td> <td>8-10</td> <td>10-14</td> <td>16-22</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	10-18	8-10	10-14	16-22	30-31
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
10-18	8-10	10-14	16-22										



Escariador de metal duro Integral			Uso principal y uso ampliado	Página									
<b>N</b>		similar a DIN 8093	VHM 40 410 ...	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>8-20</td> <td>8-15</td> <td>10-20</td> <td>20-80</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	8-20	8-15	10-20	20-80	33
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
8-20	8-15	10-20	20-80										
<b>N</b>		similar a DIN 8093	VHM 40 400 ...	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>8-20</td> <td>8-15</td> <td>10-20</td> <td>20-80</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	8-20	8-15	10-20	20-80	32
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
8-20	8-15	10-20	20-80										

Escariador HSS			Uso principal y uso ampliado	Página									
<b>N</b>		DIN 212	HSS-E 40 150 ...	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>10-18</td> <td>8-10</td> <td>10-14</td> <td>16-22</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	10-18	8-10	10-14	16-22	34
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
10-18	8-10	10-14	16-22										
<b>N 180</b>		DIN 212	HSS-E 40 140 ...	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>10-18</td> <td>8-10</td> <td>10-14</td> <td>16-22</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	10-18	8-10	10-14	16-22	35-38
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
10-18	8-10	10-14	16-22										
<b>AR</b>		DIN 8089	HSS-E H7 40 145 ...	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>10-18</td> <td>8-10</td> <td>10-14</td> <td>16-22</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	10-18	8-10	10-14	16-22	39
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
10-18	8-10	10-14	16-22										
<b>AR 180</b>		DIN 8089	HSS-E 1/100 40 139 ...	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>10-18</td> <td>8-10</td> <td>10-14</td> <td>16-22</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	10-18	8-10	10-14	16-22	40
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
10-18	8-10	10-14	16-22										
<b>S</b>		DIN 212 / 208	HSS-E 40 155 ... HSS-E MK 40 165 ...	<table border="1"> <tr> <th>Acero</th> <th>Acero inoxidable</th> <th>Hierro fundido</th> <th>Aluminio</th> </tr> <tr> <td>10-18</td> <td>8-10</td> <td>10-14</td> <td>16-22</td> </tr> </table>	Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio	10-18	8-10	10-14	16-22	41
Acero	Acero inoxidable	Hierro fundido	Aluminio										
10-18	8-10	10-14	16-22										

## Escariadores de máquina de espiral rápida HSS-E DIN 212

- Con mango cilíndrico, corte a derecha.
- Con hélice a izquierda de aprox. 45° y bisel en el filo de corte.
- Para escariar agujeros pasantes en materiales de viruta larga. No aptos para agujeros ciegos.
- El sobreespesor de escariado debe ser al menos un 50% más grande y la velocidad de avance hasta un 100% mayor que al usar escariadores normales. Esto produce un acabado superficial limpio y sin vibración, una óptima redondez del agujero y una vida útil más prolongada de la herramienta.
- Zona de tolerancia H7 conforme a DIN 1420
- Z = Número de dientes



## Escariadores de máquina de espiral rápida HSS-E DIN 208

- Con cono Morse, corte a derecha.
- Con hélice a izquierda de aprox. 45° y bisel en el filo de corte.
- Para escariar agujeros pasantes en materiales de viruta larga. No aptos para agujeros ciegos.
- El sobreespesor de escariado debe ser al menos un 50% más grande y la velocidad de avance hasta un 100% mayor que al usar escariadores normales. Esto produce un acabado superficial limpio y sin vibración, una óptima redondez del agujero y una vida útil más prolongada de la herramienta.
- Zona de tolerancia H7 conforme a DIN 1420
- Z = Número de dientes



Hélice a izquierdas

d <sub>1,16</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	l <sub>3</sub> mm	d <sub>2,16</sub> mm	Z	Nº de artículo	
						PG	U2
1,0	34	5,5	15	1,0	2	16,70	010
1,5	40	8,0	18	1,5	2	12,80	015
1,8	46	10,0	22	1,8	2	15,40	018
2,0	49	11,0	24	2,0	3	13,00	020
2,2	53	12,0	26	2,2	3	10,50	022
2,5	57	14,0	28	2,5	3	13,00	025
2,8	61	15,0	32	2,8	3	21,50	028
3,0	61	15,0	35	3,0	3	15,80	030
3,2	65	16,0	35	3,2	3	23,10	032
3,5	70	18,0	40	3,5	3	17,00	035
4,0	75	19,0	43	4,0	3	15,80	040
4,5	80	21,0	47	4,5	3	17,00	045
5,0	85	23,0	52	5,0	3	17,10	050
5,5	93	26,0	57	5,5	3	18,20	055
6,0	93	26,0	57	6,0	3	16,00	060
6,5	101	28,0	63	6,5	3	20,30	065
7,0	109	31,0	69	7,1	3	10,00	070
8,0	117	33,0	75	8,0	3	10,00	080
9,0	125	36,0	81	9,0	3	25,30	090
10,0	133	38,0	87	10,0	3	23,00	100
11,0	142	41,0	96	10,0	3	30,50	110
12,0	151	44,0	105	10,0	3	26,80	120
13,0	151	44,0	105	10,0	3	40,50	130
14,0	160	47,0	110	12,5	3	37,70	140
15,0	162	50,0	112	12,5	3	36,30	150
16,0	170	52,0	120	12,5	3	40,50	160
17,0	175	54,0	123	14,0	3	60,30	170
18,0	182	56,0	130	14,0	3	55,40	180
19,0	189	58,0	131	16,0	3	62,70	190
20,0	195	60,0	135	16,0	3	60,30	200

Acero	10-18
Acero inoxidable	9-10
Hierro fundido	10-14
Metalos no ferrosos	10-22
Aleaciones resistentes al calor	3-6
Vc (m/min) para uso principal y uso ampliado	

Hélice a izquierdas

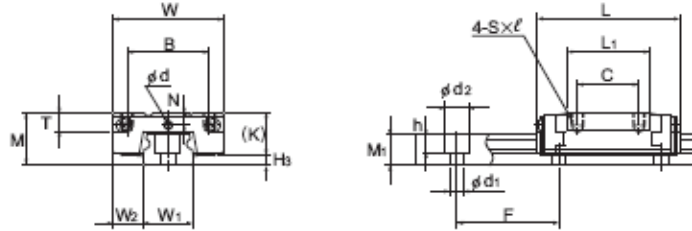
d <sub>1,16</sub> mm	l <sub>1</sub> mm	l <sub>2</sub> mm	l <sub>3</sub> mm	MK	Z	Nº de artículo	
						PG	U2
5	133	23	67,5	1	3	35,60	060
6	138	26	72,5	1	3	34,80	060
7	150	31	84,5	1	3	30,80	070
8	158	33	90,5	1	3	37,70	080
9	162	36	96,5	1	3	43,20	090
10	168	38	102,5	1	3	31,70	100
11	175	41	109,5	1	3	35,60	110
12	182	44	116,5	1	3	33,20	120
13	182	44	116,5	1	3	36,30	130
14	189	47	123,5	1	3	38,30	140
15	204	50	124,0	2	3	41,70	150
16	210	52	130,0	2	3	41,70	160
17	214	54	134,0	2	3	45,40	170
18	219	56	139,0	2	3	45,40	180
19	223	58	143,0	2	3	50,60	190
20	228	60	148,0	2	3	47,10	200
22	237	64	157,0	2	3	54,80	220
24	258	68	169,0	3	3	58,30	240
25	258	68	169,0	3	3	68,30	250
26	273	70	174,0	3	3	72,00	260
28	277	71	178,0	3	3	80,30	280
30	281	73	182,0	3	3	84,60	300
32	317	77	193,0	4	3	113,00	320

Acero	10-18
Acero inoxidable	9-10
Hierro fundido	10-14
Metalos no ferrosos	10-22
Aleaciones resistentes al calor	3-6
Vc (m/min) para uso principal y uso ampliado	

Página 59-60

## ANEXO C. RODAMIENTOS

### CATALOGO DE RODAMIENTOS LINEALES THK



Models RSR7 to 12ZM

Model No.	Outer dimensions			LM block dimensions										H <sub>s</sub>
	Height	Width	Length	B	C	S×ℓ	L <sub>1</sub>	T	K	N	E	Greasing hole	Grease nipple	
	M	W	L									d		
RSR 7ZM	8	17	23.4	12	8	M2×2.5	13.2	3.4	6.5	1.6	—	1.5	—	1.5
RSR 9ZM	10	20	30.8	15	10	M3×2.7	19.4	4.6	7.8	2.4	—	1.6	—	2.2
RSR 12ZM	13	27	35	20	15	M3×3.2	20.4	4.5	10.6	3.1	—	2	—	2.4
RSR 15ZM	16	32	43	25	20	M3×3.5	26.5	5.5	12.6	2.9	3.6	—	PB107	3.4

Note) Since stainless steel is used in the LM block, LM rail and balls, these models are highly resistant to corrosion and environment.

#### Model number coding

**2 RSR15Z M UU C1 +230L P M -II**

No. of LM blocks used on the same rail ↓ Model number	Contamination protection accessory symbol (*1) ↓ Radial clearance symbol (*2) Normal (No symbol) Light preload (C1)	LM rail length (in mm) ↓ +230L	Stainless steel LM rail ↓ P	Symbol for No. of rails used on the same plane (*4) ↓ M -II
---	---	--------------------------------------	-----------------------------------	---

(\*1) See contamination protection accessory on [1-510](#). (\*2) See [1-71](#). (\*3) See [1-83](#). (\*4) See [1-13](#).

Note) This model number indicates that a single-rail unit constitutes one set. (i.e., required number of sets when 2 rails are used in parallel is 2 at a minimum.)

Model RSR15ZM

Unit: mm

	LM rail dimensions					Basic load rating		Static permissible moment N·m*					Mass		
	Width	Height	Pitch	Length*	C	C <sub>s</sub>	M <sub>s</sub>		M <sub>e</sub>		M <sub>c</sub>	LM block	LM rail		
	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>				F	d <sub>1</sub> ×d <sub>s</sub> ×h	Max	kN				kN	1 block
7	0 -0.02	5	4.7	15	2.4×4.2×2.3	300	0.88	1.37	2.93	20.7	2.93	20.7	5	0.008	0.23
9	0 -0.02	5.5	5.5	20	3.5×6×3.3	1000	1.47	2.25	7.34	43	7.34	43	10.4	0.014	0.32
12	0 -0.025	7.5	7.5	25	3.5×6×4.5	1340	2.65	4.02	11.4	74.9	10.1	67.7	19.2	0.028	0.58
15	0 -0.025	8.5	9.5	40	3.5×6×4.5	1430	4.41	6.57	23.7	149	21.1	135	38.8	0.05	0.925

Note) The maximum length under "Length\*" indicates the standard maximum length of an LM rail. (See [1-274](#).)

Static permissible moment\*: 1 block: static permissible moment value with 1 LM block

Double blocks: static permissible moment value with 2 blocks closely contacting with each other

# CATALOGO DE RODAMIENTOS LINEALES NTN

## Linear Ball Bearings, Drawn Cup and Solid Types

Four to nine rows of balls are configured equally in the outer ring (outer cylinder). The ball rows circulate in axial direction while being guided by the cage. Thus, these bearing types move infinitely on a shaft in axial direction. However, these bearing types can't rotate.

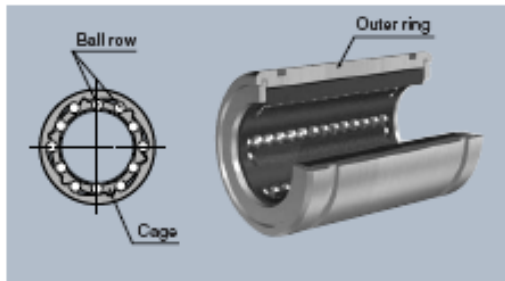


Fig. 1

### Dimensional accuracy

Because of its thin-walled outer ring, the Type KH (drawn cup type) unavoidably develops certain degree of deformation in various manufacturing steps, in particular in the heat treatment process. Nevertheless, this bearing type has been designed so that when press-fitted into a housing of accurate dimensions, its deformation is corrected and it can restore its original accuracy to fully develop its design functions. For a method for determining dimensional accuracy of this bearing, contact NTN Engineering for technical assistance.

The dimensional accuracies in boundary dimensions, ball set bore diameter ( $F_w$ ), outside diameter ( $D$ ) and width ( $C$ ) of the Type KLM (solid type) are listed in the relevant dimension table. Upon request, NTN will supply linear ball bearing products for higher accuracy. For details, contact NTN Engineering.

### Bearing fit

By employing a shaft or housing featuring dimensional tolerance in Table 1 in this page, an appropriate radial internal clearance can be provided in the installed bearing. When a further smaller radial internal clearance is needed, achieve selective fit to obtain an intended radial internal clearance by selecting a relevant bearing-shaft or bearing-housing combination.

Table 1 Bearing fit

Type	Shaft	Housing
series HK Drawn-cup type	H6 ( $\beta$ )	H7 (H6) - steel series - K7 (K6) - light metal alloy series -
series KLM Solid type	g6 (g5)	H7 (H6)

Note) The parenthesized data is applied to shaft/housing subjected to higher accuracy or of vertical construction.

### Shaft and housing requirements

Any shaft /housing on/in which these bearing types are fitted must meet the requirements specified in Table 2.

Table 2 Shaft and housing requirements (recommended)

Characteristics	Shaft	Housing
Roundness (max.)	IT3	IT4
Cylindricity (max.)	IT2	IT4
Surface roughness (max.)	0.4a	1.6a
Surface hardness	HRC58~64	—
Case depth (min)	0.4mm	—

### How to mount

The Type KH (drawn cup) bearing is press-fitted into the housing in interference fit mode; therefore this type of bearing does not need axial positioning with a means such as a snap ring. For press-fitting, force the marking side on the outer ring with a mandrel illustrated in Fig. 2.

The Type KLM (solid type) cannot be locked to the housing by interference alone. This type of bearing needs to be axially located with a snap ring.

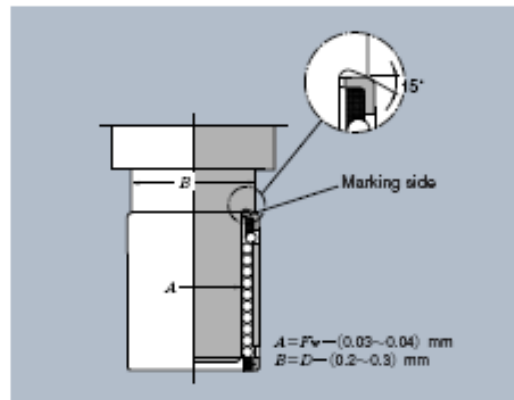


Fig. 2 Series KH

### Accessories

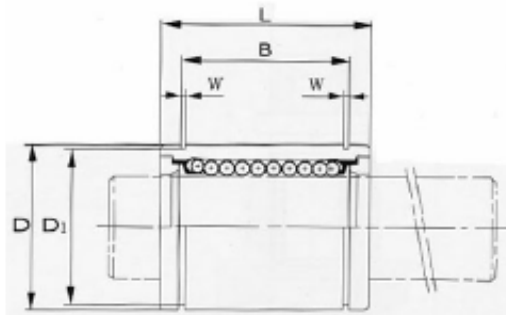
Shafts, shaft support stands and housings exclusive for NTN linear ball bearings are also offerable. Feel free to contact NTN for the detailed information.

## CATALOGO DE RODAMIENTOS LINEALES LMB



- US inch size standard ball bushing

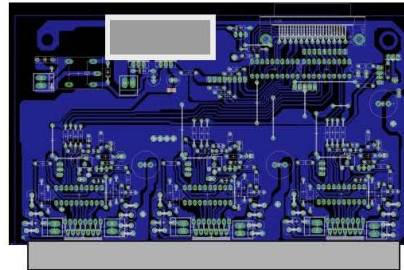
All sizes in inches



PART	d	D	L	B	W	Circuits	C (N)	Co (N)	Weight(g)
LMB 4 UU	0.25	0.5	0.75	0.511	0.039	4	206	265	8
LMB 6 UU	0.375	0.625	0.875	0.6358	0.039	4	225	314	14
LMB 8 UU	0.50	0.875	1.25	0.9625	0.0459	4	510	784	37
LMB 10 UU	0.625	1.125	1.50	1.1039	0.0559	4	774	1180	76
LMB 12 UU	0.75	1.25	1.625	1.1657	0.0559	5	862	1370	95
LMB 16 UU	1.00	1.56	2.25	1.7547	0.0679	6	980	1570	200
LMB 20 UU	1.25	2.00	2.625	2.0047	0.0679	6	1570	2740	440

## ANEXO D. DATASHEET TARJETA DE CONTROL

# CONTROLADORA 3 EJES 6 AMPERIOS



### Características:

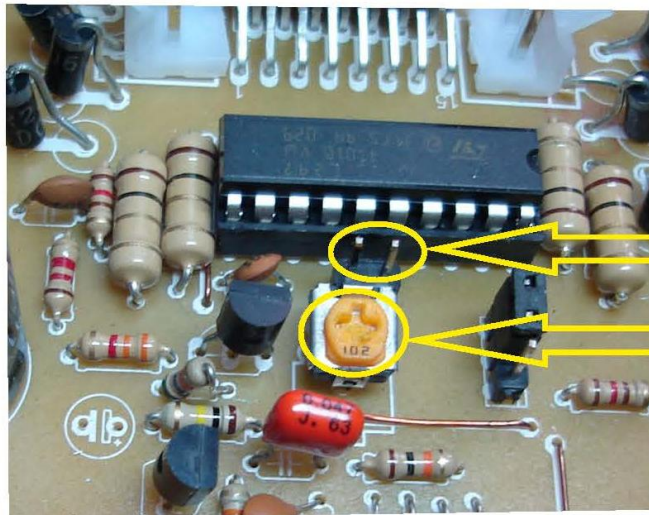
- driver universal BIPOLAR L298 3 amperios por fase
  - selección de paso o 1/2 paso
  - corriente ajustable entre 10 al 100% via potenciómetro
  - Reducción automática de corriente con motores en reposo
  - relay para controlar el spindle
  - salida colector abierto para ventilador. Activo con señal enable.
  - 5 entradas de control switch de paro de emergencia, switches de limite.
  - arquitectura universal para trabajar con mach3, KCAM4 y EMC2
  - salida con control de corriente pwm
  - amplia gama de alimentacion entre 12 y 30 voltios dc
  - incluye CD con información del controlador y su configuración para trabajar con mach3, incluye ejemplos de código generados con artcam8.
- El driver permite comandar velocidad, sentido de giro y habilitación de potencia sobre cada uno de los tres motores conectados.
- Dos entradas de alimentacion .una para la parte lógica entre 12 y 20 voltios y una para la parte de potencia entre 12 a 30 voltios
- Compatible con motores de 4, 6,8 cables
- En caso de motores de 6 cables, los dos cables correspondientes a centros de bobina no hacen falta conectarlos.
- control de corriente: el control de corriente permite alimentar los motores con mayor tensión. Con esto se logra que las bobinas se carguen mas rápidamente y así obtener mayores velocidades sin forzar los motores.
  - reducción de corriente: cuando el equipo está en reposo y los motores están energizados la corriente que circula por ellos es el 60 % de la máxima programada, con esto se logra menor consumo de energía y menos calor en los motores lo que alarga su vida. Cuando el driver detecta actividad los motores son cargados a 100% de su capacidad y así obtener su máximo torque.
  - modo BIPOLAR. Con este modo se logra obtener un 30% más de torque que con drivers unipolares.

# AJUSTE DE CORRIENTE

El control de corriente permite usar fuentes de alto voltaje con esta controladora, los voltajes máximos están en 32 voltios para el sector de potencia.

La controladora regula automáticamente la máxima corriente entregada al bobinado del motor logrando que este trabaje en su mejor punto, la alta tensión garantiza una “rápida” carga del campo magnético lo que ayuda a tener buenos torques a niveles altos de rpm.

.para regular la corriente se requiere un voltímetro (multímetro) , se deberá medir la corriente de referencia en los testpoint



el valor de la corriente ajustada se calcula así :

corriente de motor X 0.25

ejemplo motor 2 amperios

2 X 0.25 =0.5 este valor debe medirse en los dos terminales testpoint

testpoint medir en escala 2 voltios

potenciometro ajuste corriente

El potenciometro **ajuste de corriente** debe ajustarse hasta encontrar el valor adecuado para cada tipo de motor

amperios vs voltaje en testpoint  
3 = 0.6

2.2 = 0.375

1.5 = 0.25

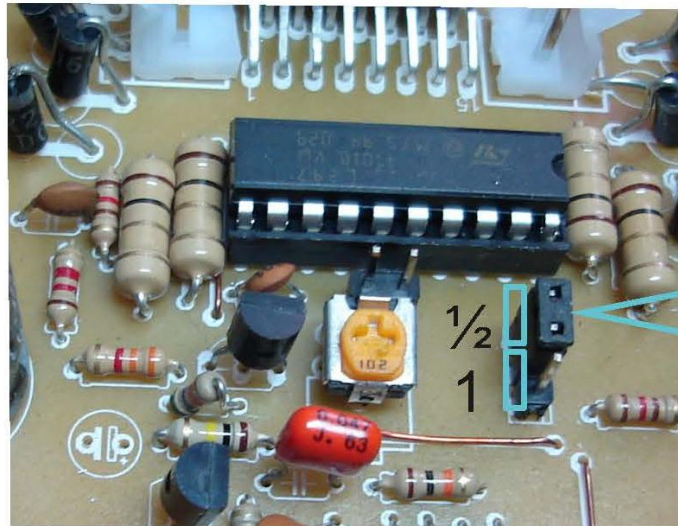
0.75 = 0.125

nota: la temperatura promedio de trabajo de un motor es de 60 a 80 grados ,si sobrepasa esta temperatura conviene reducir un poco la corriente.

## MODO PASO 1/2 PASO

la controladora permite seleccionar paso completo o medio paso ,con esto conseguimos mayor suavidad y precisión en los movimientos y el doble de resolución del motor

el jumper viene preconfigurado a medio paso.



JUMPER SELECTOR PASO  
por defecto va a medio paso

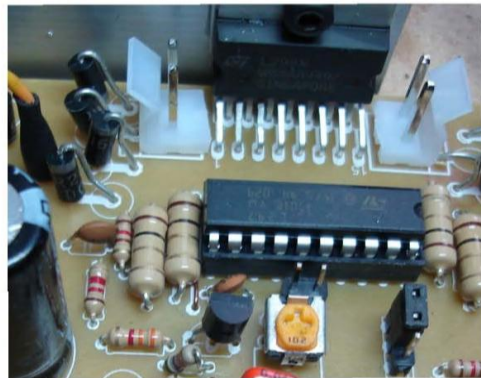
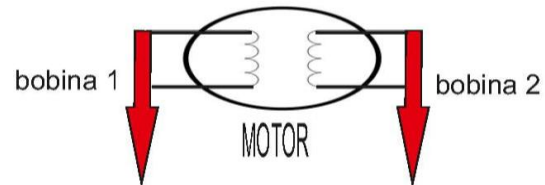
# CONEXION DE LOS MOTORES

Los motores pueden llevar 4 6 u 8 cables.

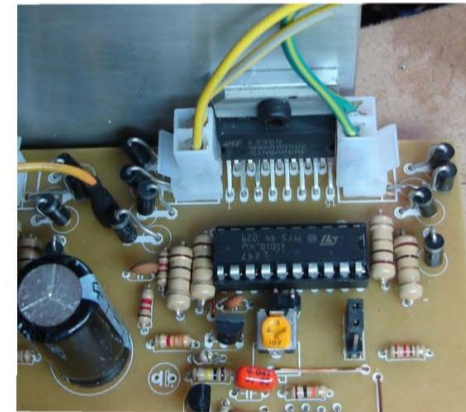
4 cables: se identifica cada bobina y se conectan a los puntos "bobina 1 " y "bobina 2 "

6 cables: son dos bobinas con un punto central, mediante un ohmetro (multi metro )identificar cuales son los extremos de la bobina y se conectan a los puntos "bobina 1 " y "bobina 2 " .

8 cables. en este caso son 4 bobinas , consultando el manual del motor configurar el modo en que la corriente no sobrepase 2.5 amperios. existen dos modos de conectar las bobinas : serie y paralelo. esto depende del motor.



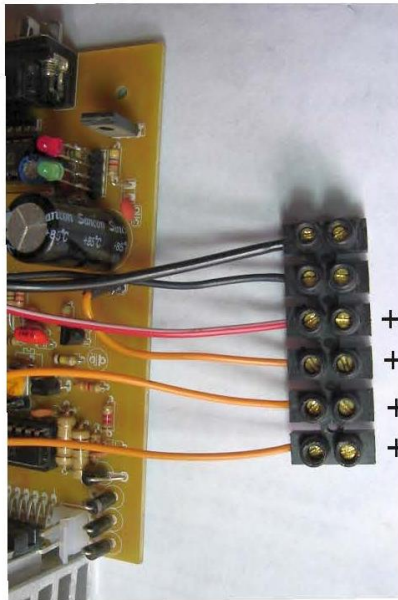
motor conectado



# ALIMENTACIÓN

Esta controladora requiere dos tensiones de alimentación que en ciertos casos pueden ser iguales. la parte de potencia requiere un máximo de 32 voltios DC con una corriente máxima de 6 amperios. La parte de control requiere una tensión entre 12y 18 voltios DC. es posible alimentar ambas secciones con la misma fuente si esta no sobrepasa 18 voltios. Se recomienda intercalar un fusible de 3 amperios en la alimentación de cada eje para proteger el sistema

## Conector de alimentacion



NEGATIVO DRIVER  
NEGATIVO LOGIC  
+ LOGIC HASTA 18 VDC  
+ EJE X HASTA 32 VDC  
+ EJE Y HASTA 32 VDC  
+ EJE Z HASTA 32 VDC

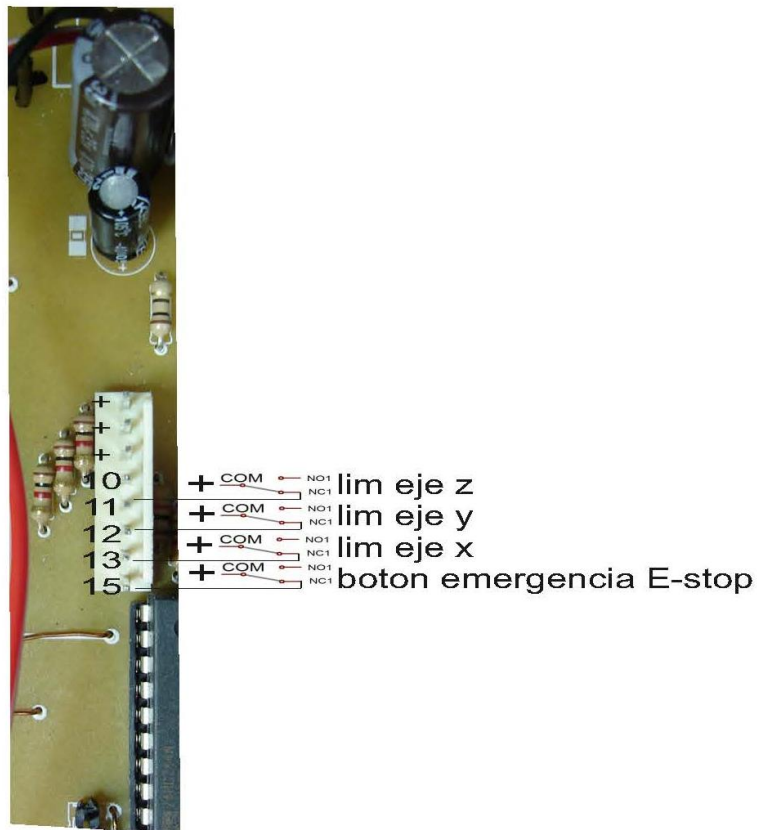
notas:

- los negativos son comunes a ambas alimentaciones, pueden ir unidos
- con tensiones mayores a 20 voltios conviene instalar un ventilador que refrigere el disipador.
- se recomienda instalar un fusible en serie con cada alimentación , 3 amperios para la alimentación de los eje y 1 amperio para la alimentación de la parte lógica.

# ENTRADAS & SWITCH LIMITE

EL PUERTO PARALELO PERMITE 5 ENTRADAS DE SEÑAL QUE DEBEN SER CONFIGURADAS EN MACH3  
pin del puerto paralelo vs funcion

- #11 lim eje z
- #12 lim eje y
- #13 lim eje x
- #15 boton Estop parada de emergencia



notas:

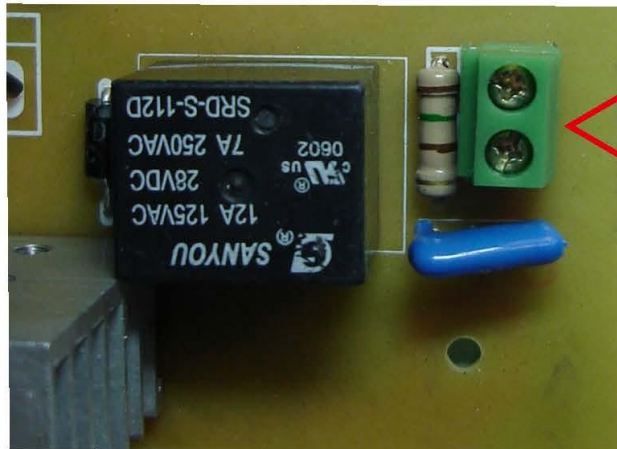
- la preconfiguracion incluida en el cd ya trae esta selección de pines
- Esta configuración de entradas no es fija, es posible hacer cambios usando el asistente de configuración de entradas de mach3
- Es posible trabajar sin instalar switch limite.
- se recomienda usar un pulsador de parada de

## CONEXION SPINDLE

MACH3 puede encender y apagar el spindle (mototool) a través de la controladora.  
la configuracion de pines ya esta en el archivo de preconfiguracion que se carga al instalar mach3

se recomienda instalar un fusible en serie con el spindle de amperaje adecuado.

la controladora maneja máximo 5 amperios a 120 voltios.



conexion spindle



advertencia

**spindle usa alimentacion  
directo de la red manipular  
con cuidado.**

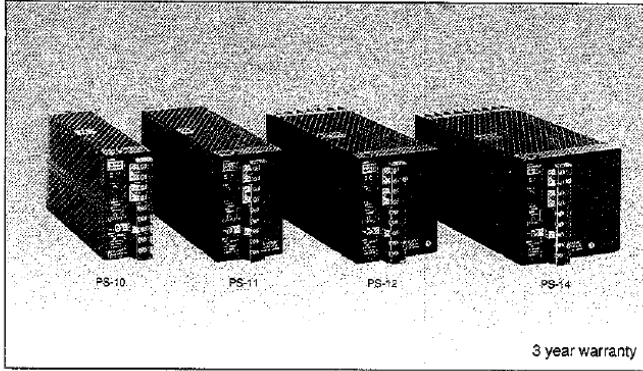
# ANEXO E. DATASHEET FUENTE

## PS-SERIES

Single output 72W ~ 240W

**LAMBDA**  
DENSEI-LAMBDA

Unit Type Power Supply



### Model name

## PS-10-24

Name of series: PS  
 Shape of chassis: 10: 72W  
 Nominal output voltage: 11: 120V, 12: 180V, 14: 240W

### Features

- Applicable to peak current load
- Output peak current: Up to 2 times nominal current  
ex. PS-10-24: 24V3A (Peak: 6A)  
PS-14-24: 24V10A (Peak: 20A)
- Input voltage range: 85 ~ 132VAC/170 ~ 265VAC
- 3 year warranty

### Specifications

1. Input voltage range	85 ~ 132VAC / 170 ~ 265VAC (47 ~ 440Hz) • 230 ~ 330VDC user-selectable
2. Output voltage range	±10%
3. Line regulation	24V output: 96mV, 36V output: 144mV, 48V output: 192mV
4. Load regulation	24V output: 192mV, 36V output: 288mV, 48V output: 384mV
5. Maximum ripple & noise	24V output: 480mV, 36V output: 720mV, 48V output: 960mV
6. Cooling	Convection cooling
7. Operating ambient temperature (Standard mounting)	0 ~ +60°C Output derating: 100% at 0 ~ +50°C, 70% at +60°C
8. Withstand voltage	Input-output: 2.5kVAC, Input-chassis: 2.5kVAC, Output-chassis: 500VAC for 1 min.
9. Safety standard	Approved by UL1950-D3
10. Functions	Over voltage protection, Over current protection

### Product lineup

Note 1

Model name	Nominal output voltage	Average output current	Max. output current	Average output power	Max. output power	UL	CSA	
PS-10	PS-10-24	24V	3.0A	8.0A	72W	144W	○	△
	PS-10-36	36V	2.0A	4.0A	72W	144W	○	△
	PS-10-48	48V	1.5A	3.0A	72W	144W	○	△
PS-11	PS-11-24	24V	5.0A	10.0A	120W	240W	○	△
	PS-11-36	36V	3.4A	6.8A	122.4W	244.8W	○	△
	PS-11-48	48V	2.5A	5.0A	120W	240W	○	△
PS-12	PS-12-24	24V	7.5A	15A	180W	360W	○	△
	PS-12-36	36V	5A	10A	180W	360W	○	△
	PS-12-48	48V	3.8A	7.5A	182.4W	360W	○	△
PS-14	PS-14-24	24V	10A	20A	240W	480W	○	△
	PS-14-36	36V	6.7A	13.4A	241.2W	482.4W	○	△
	PS-14-48	48V	5A	10A	240W	480W	○	△

Note 1: Duration at peak current: 5 seconds max.

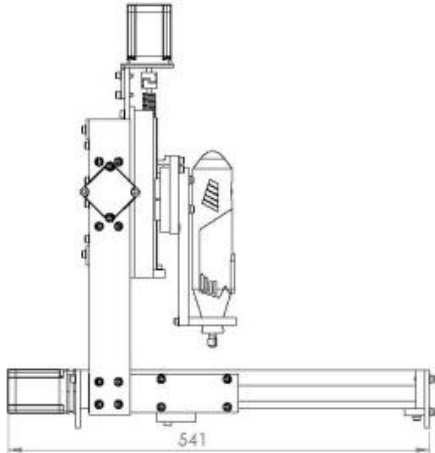
- Request customer specification for further details of specifications, outline, characteristics, etc. Read the instruction manual before usage.
- Contact us about delivery before ordering.

○ : Safety standard approved  
△ : Conforms to safety standard

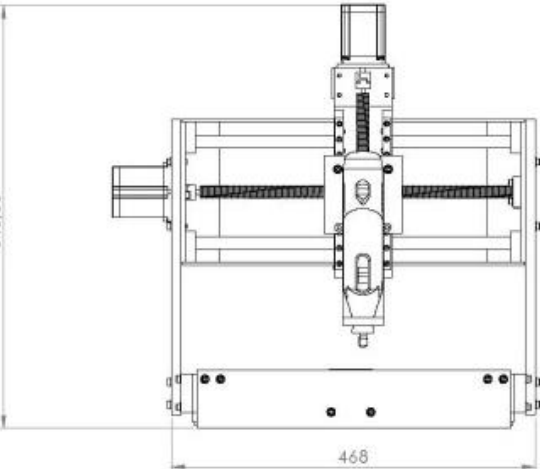
## ANEXO F. PLANOS MINI-ROUTER CNC

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZÓ	APROBÓ



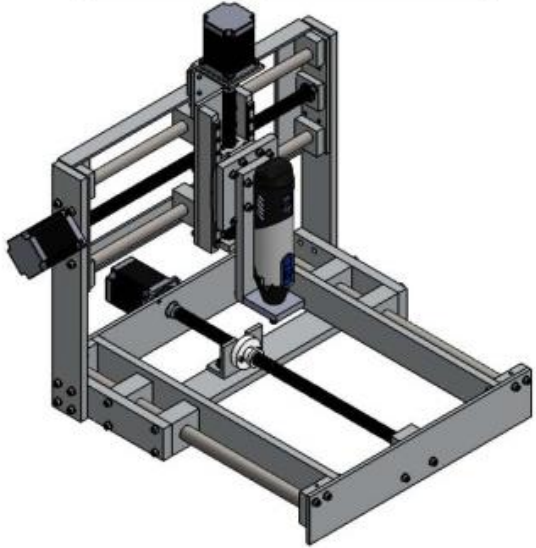
541





543.50

468

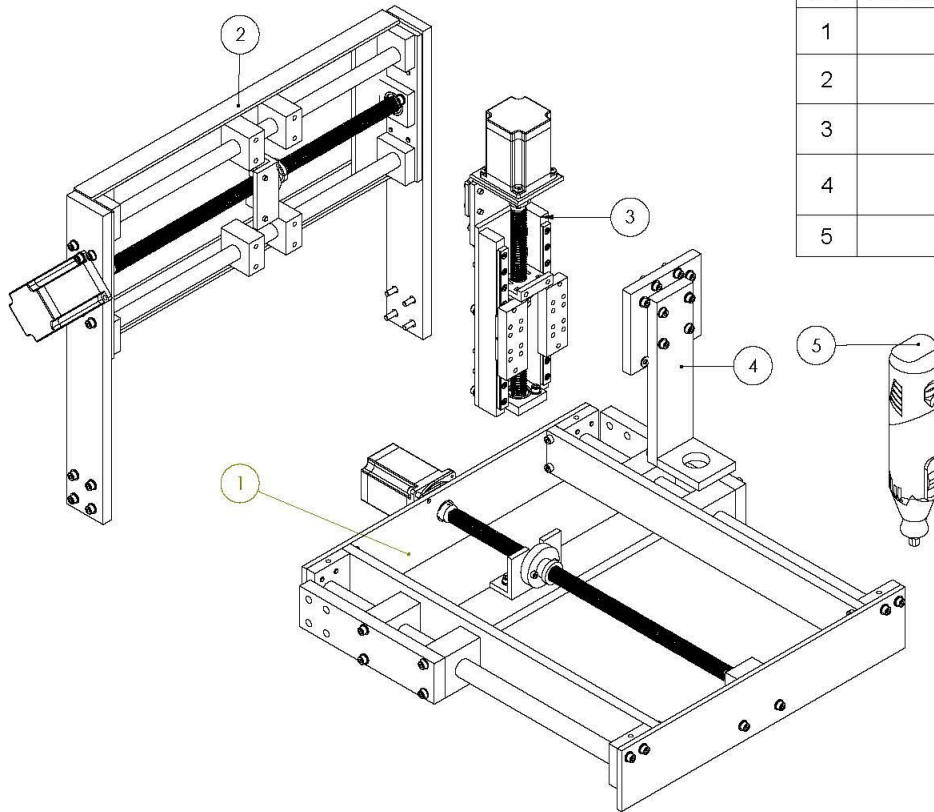
  



MINI ROUTER CNC					
 Universidad Industrial de Santander	MATERIAL: <b>Aluminio 6063</b>			CONTIENE Mini Router CNC	
	CÓDIGO DE PIEZA: 01.00.00			ESCALA:	DIMENSIONES:
	ITEM	NOMBRE	FECHA	1:5	mm
	DISEÑO	DIANA AFAMADOR CRISTIAN PEREZ	 FORMATO: <b>A3</b>	CANT.	Planos:
	APROBÓ	ING. CARLOS BORRAS	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	1
REVISÓ		ARCHIVO:			

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZÓ	APROBÓ

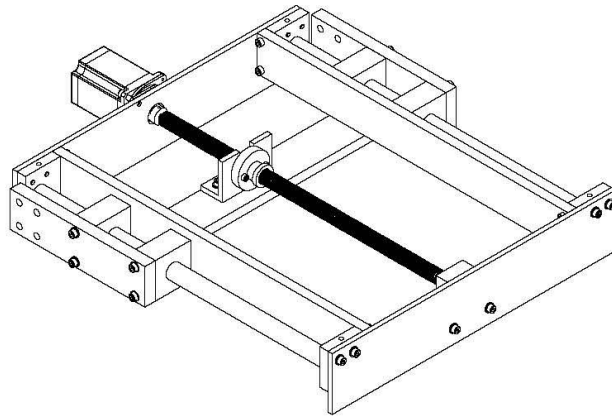
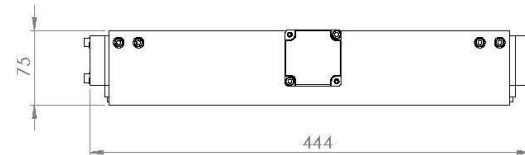
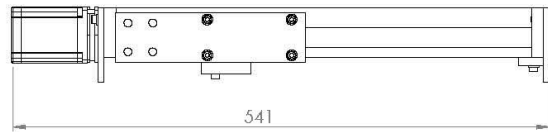


Nro	CONJUNTO DE PLANOS	SUB ENSAMBLE	CANT
1	01.01.00	MODULO Y	1
2	01.02.00	MODULO X	1
3	01.03.00	MODULO Z	1
4	01.04.00	SOPORTE MOTOOL	1
5	01.05.00	MOTOOL	1

MINI ROUTER CNC					
MATERIAL: Aluminio 6063		CONTIENE: Explosion Mini Router CNC			
CÓDIGO DE PIEZA: 01.00.01					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
1	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		1:5	mm	
DISEÑO		FORMATO: A3	CANT.	Plano:	
APROBÓ: ING. CARLOS BORRAS		FECHA DE IMPRESIÓN:	1	2	
REVISÓ:		ARCHIVO:			



REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZÓ	APROBO



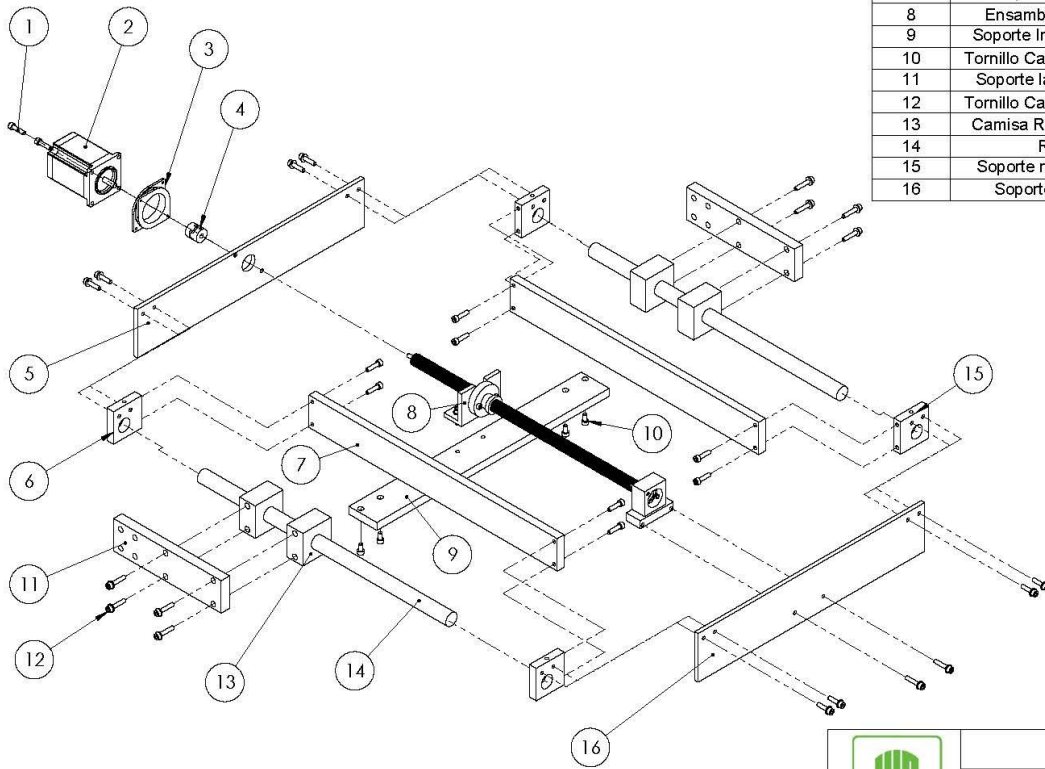
MODULO Y					
MATERIAL: Aluminio 6063 - AISI 1045				CONTIENE: Modulo Y	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.00					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISERÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 FORMATO: A3	1:4	mm	
APROBÓ	ING. CARLOS BORRAS	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.:	Plano:	
REVISÓ		ARCHIVO:	1	3	



Universidad  
Industrial de  
Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZÓ	APROBÓ

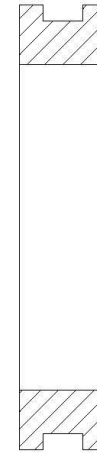
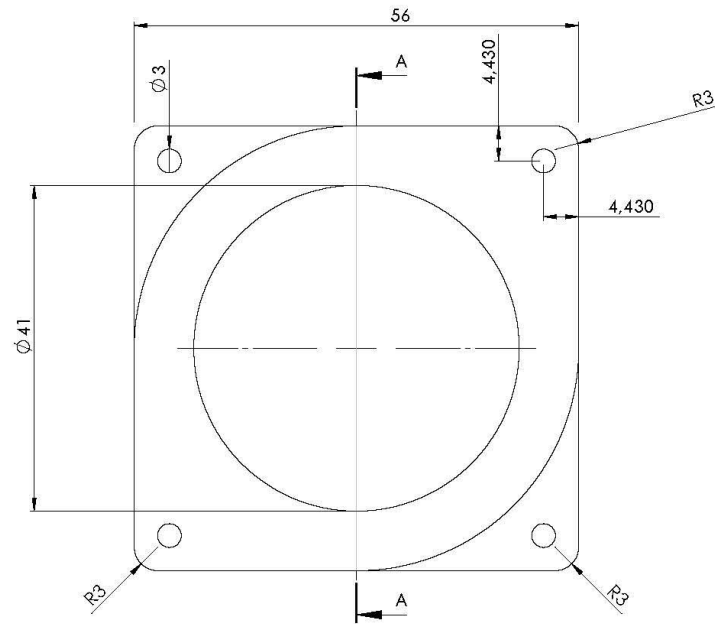
Nro	Nombre	Plano	Cantidad
1	Tornillo Cabeza M5X20		18
2	Motor Paso a Paso		1
3	Soporte Motor Y	01.01.01	1
4	Acople	01.01.02	1
5	Soporte Posteior	01.01.03	1
6	Soporte Riel Izquierdo	01.01.04	2
7	Soporte Lateral	01.01.05	2
8	Ensamble Tornillo	01.01.06	1
9	Soporte Inferior Movil	01.01.07	1
10	Tornillo Cabeza M5X10		4
11	Soporte lateral Movil	01.01.08	2
12	Tornillo Cabeza M5X25		10
13	Camisa Rodamientos	01.01.09	4
14	Riel	01.01.10	1
15	Soporte riel derecho	01.01.11	2
16	Soporte Frontal	01.01.12	1



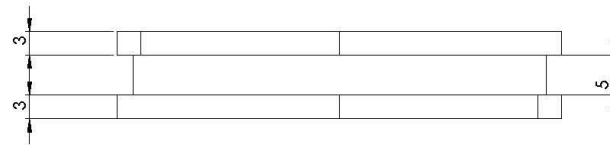
**MODULO Y**

MATERIAL: ALUMINIO 6063 - AISI 1045		CONTIENE: Explosion Modulo Y	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.00			
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:
DISÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	1:4
APROBÓ	ING. CARLOS BORRAS	FECHA DE IMPRESIÓN:	DIMENSIONES: mm Plano: 4
REVISÓ		ARCHIVO:	

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



SECCIÓN A-A

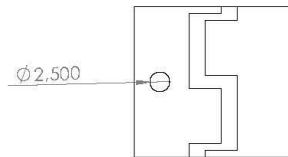
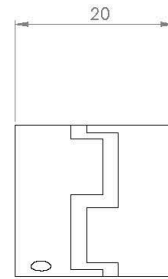
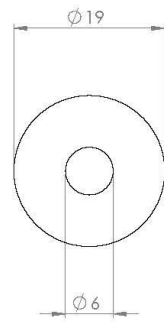
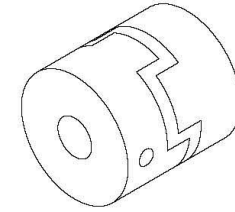


Universidad Industrial de Santander

### MODULO Y

MATERIAL: <b>Aluminio 6063</b>		CONTIENE: <b>Soporte motor</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.01			
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA: 2:1
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: <b>A3</b>	DIMENSIONES: mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT. Plano: 5
REVISO		ARCHIVO:	1

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

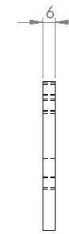
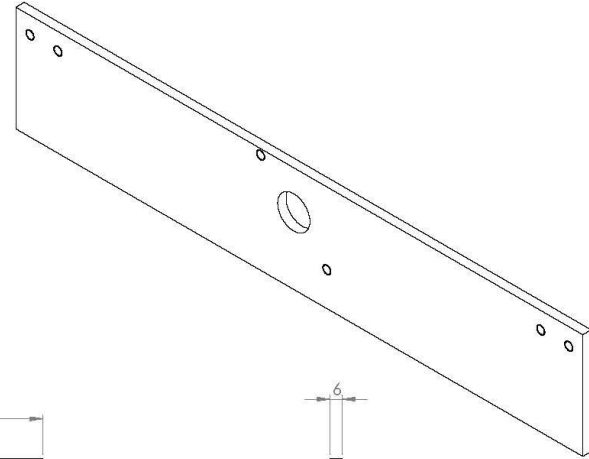
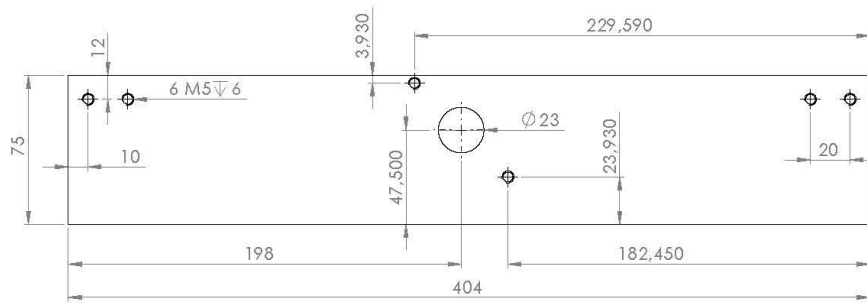


MODULO Y					
MATERIAL: <b>Aluminio 6063 - Caucho</b>			CONTIENE: <b>Acople</b>		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.02					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		2:1	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Píñilla	FORMATO: <b>A3</b>	CANT.	Plano:	
REVISO		FECHA DE IMPRESIÓN:	1	6	
		ARCHIVO:			



Universidad  
Industrial de  
Santander

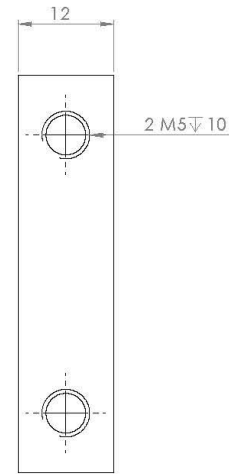
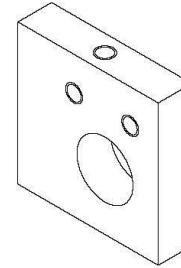
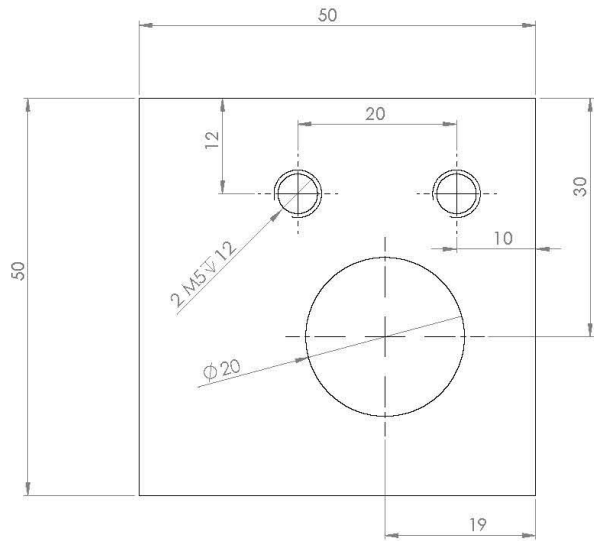
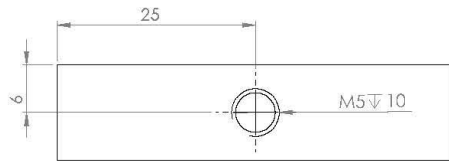
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



### MODULO Y

MATERIAL: <b>ALUMINIO 6063</b>			CONTIENE: <b>Soporte Posterior</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.03				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
			1:2	mm
			CANT.	Plano:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: <b>A3</b>		
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:		
REVISO		ARCHIVO:	1	7

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

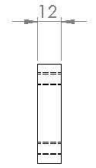
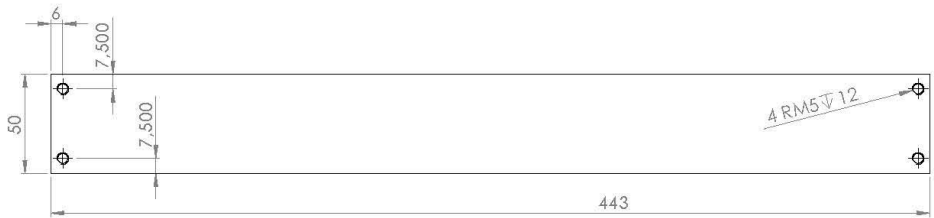
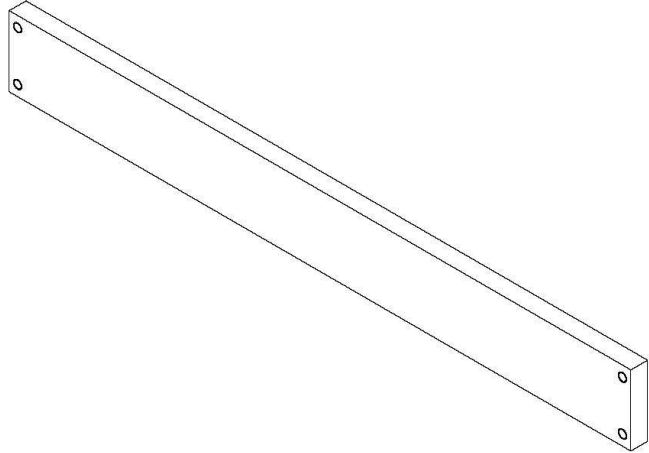


Universidad  
Industrial de  
Santander

### MODULO Y

MATERIAL: <b>Aluminio 6063</b>			CONTIENE: <b>Soporte riel izquierdo</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.04				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		2:1	mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.:	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	2	8

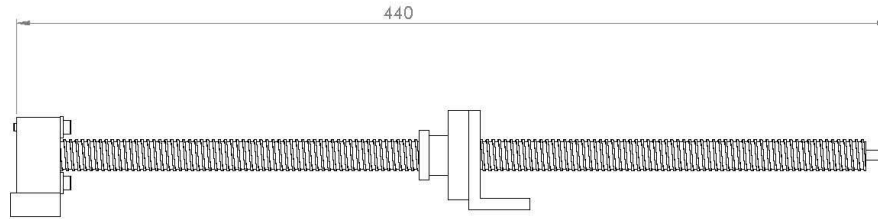
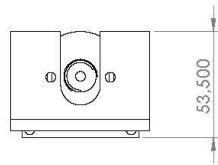
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



MODULO Y					
MATERIAL: Aluminio 6063			CONTIENE: Soporte Lateral		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.05					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
			1:2	mm	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	CANT.	Plano:	
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	9	
REVISO		ARCHIVO:			



REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

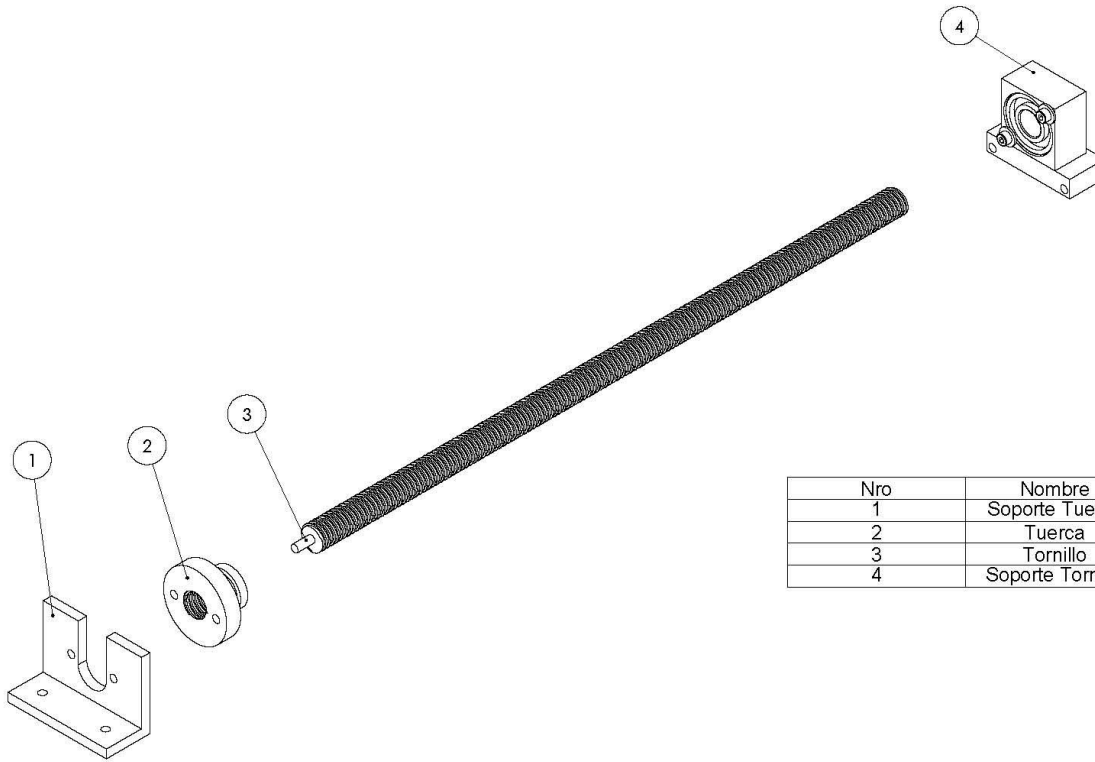


ENSAMBLE TORNILLO					
MATERIAL:		AISI 1045		CONTIENE:	
CÓDIGO DE PIEZA:		01.01.06.00		Ensamble Tornillo	
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 A3	1:2	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:	
REVISO		ARCHIVO:	1	15	



Universidad  
Industrial de  
Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



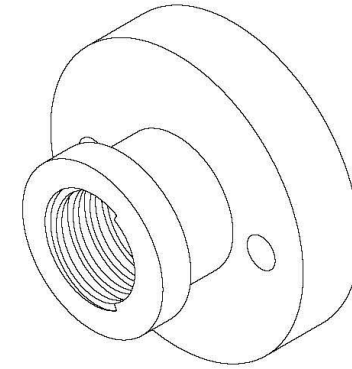
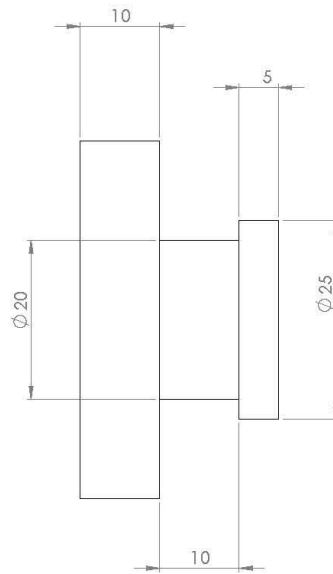
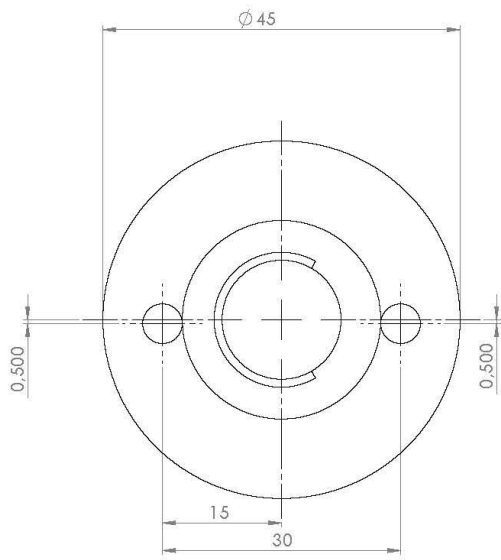
Nro	Nombre	Plano	Cantidad
1	Soporte Tuerca	01.01.06.01	1
2	Tuerca	01.01.06.02	1
3	Tornillo	01.01.06.03	1
4	Soporte Tornillo	01.01.06.04	1

ENSAMBLE TORNILLO					
MATERIAL:		ALUMINIO 6063 - AISI 1045		CONTIENE:	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.06.00				Explosion	
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		1:2	mm	
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:	
REVISO		ARCHIVO:	1	16	



Universidad  
Industrial de  
Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



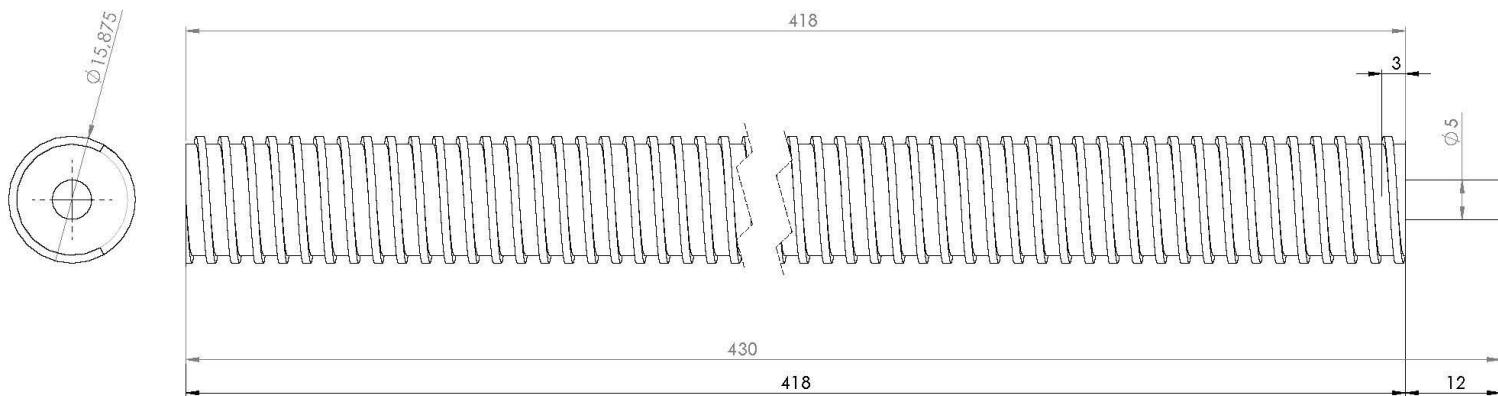
Universidad  
Industrial de  
Santander

### ENSAMBLE TORNILLO

MATERIAL: <b>Acetal</b>			CONTIENE: <b>Tuerca Tornillo</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.06.01				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	<b>A3</b>	1:2	mm
APROBÓ	Carlos Barros Pihilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1	17

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

Tornillo de 8 Pulgadas por Hilos  
Paso 3.174 mm

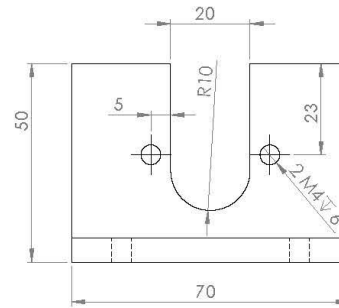
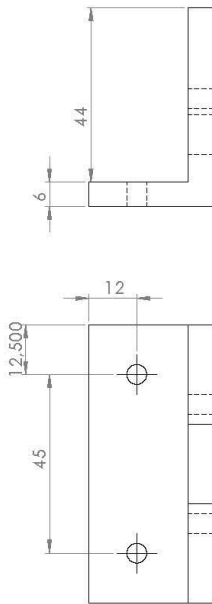
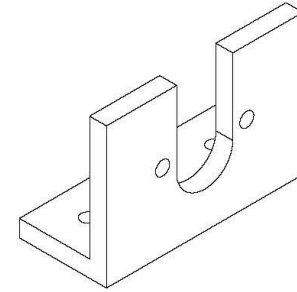


Universidad  
Industrial de  
Santander

### ENSAMBLE TORNILLO

MATERIAL: AISI 1045			CONTIENE: Tornillo	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.06.02				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA: 2:1	DIMENSIONES: mm
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	CANT.:	Plano:
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	18.
REVISO		ARCHIVO:		

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

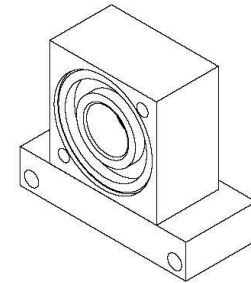
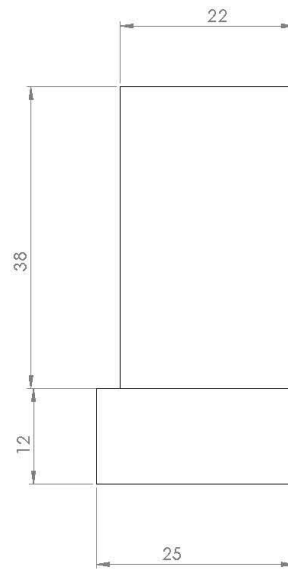
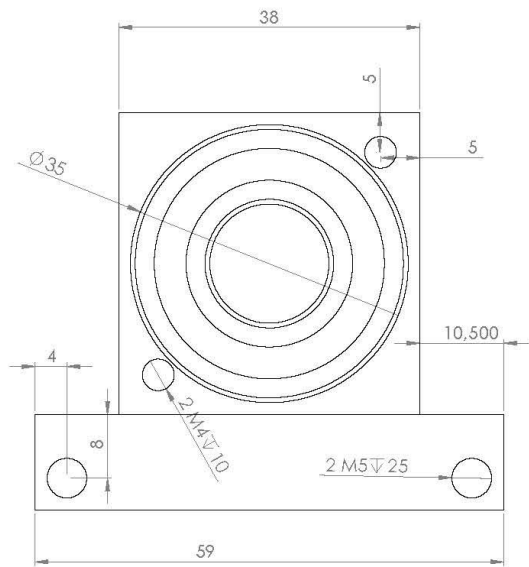


ENSAMBLE TORNILLO					
MATERIAL:		ALUMINIO 6063		CONTIENE:	
CÓDIGO DE PIEZA:		01.01.06.03		Soporte Tuerca	
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
			1:1	mm	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO:	A3	CANT.	Plano:
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:		1	19
REVISO		ARCHIVO:			



Universidad Industrial de Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

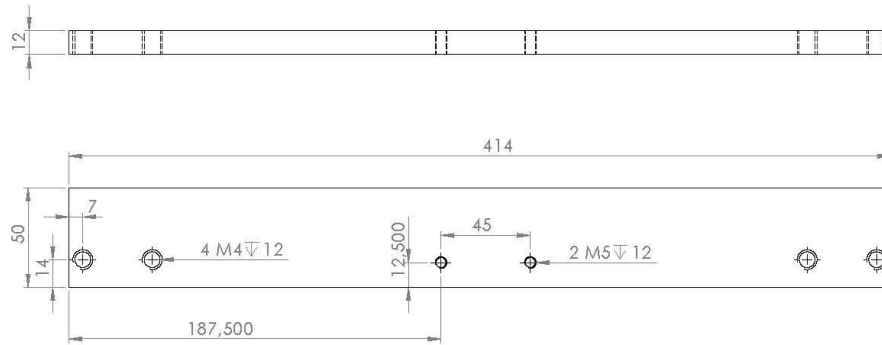
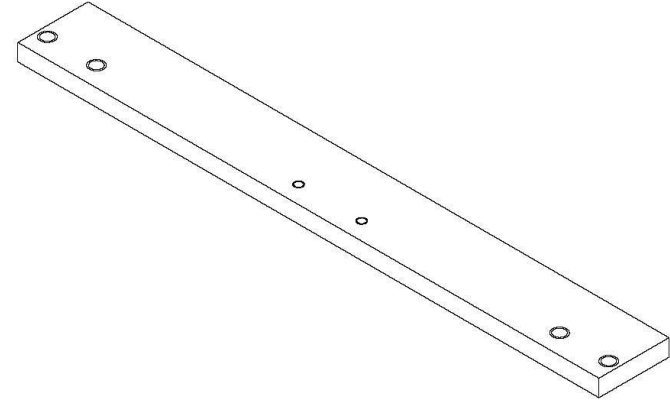


ENSAMBLE TORNILLO					
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte Tornillo		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.06.04					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		2:1	mm	
APROBÓ	Carlos Borrás Píñilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:	
REVISO		ARCHIVO:	1	20	



Universidad  
Industrial de  
Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

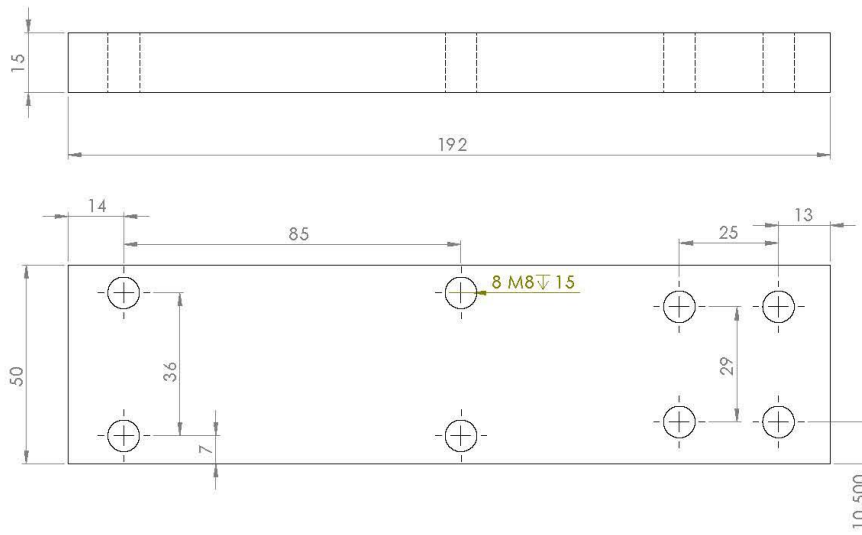
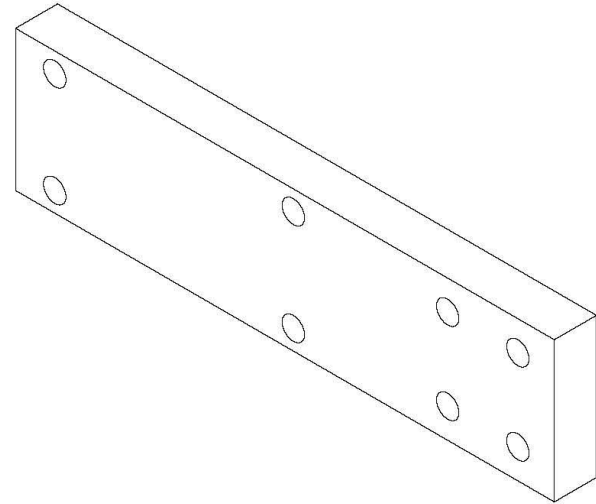


Universidad  
Industrial de  
Santander

### MODULO Y

MATERIAL: <b>Aluminio 6063</b>			CONTIENE: <b>Soporte inferior móvil</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.07				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	<b>A3</b>	1:2	mm
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1	10

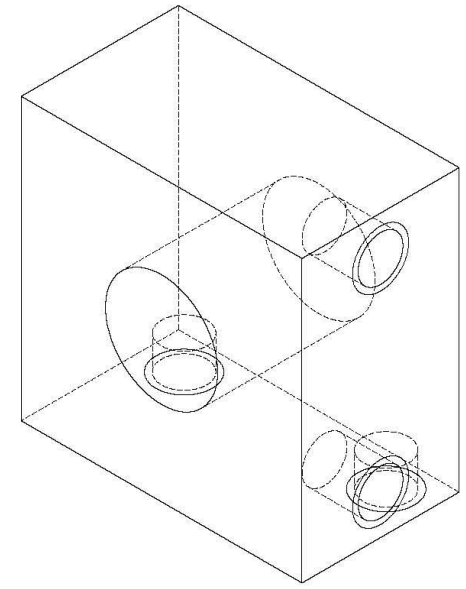
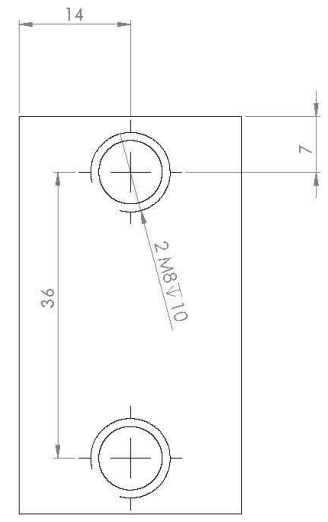
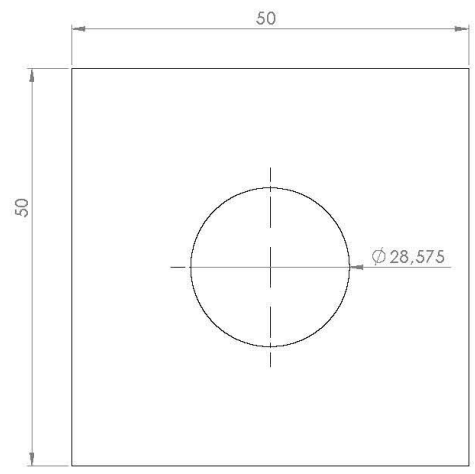
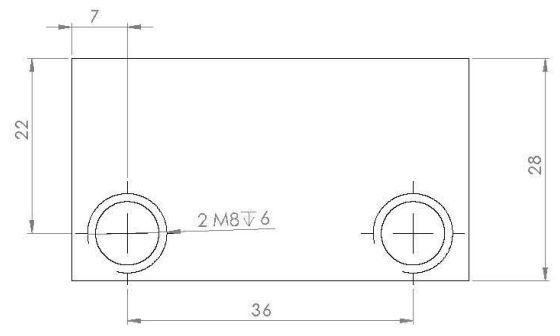
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



Universidad  
Industrial de  
Santander

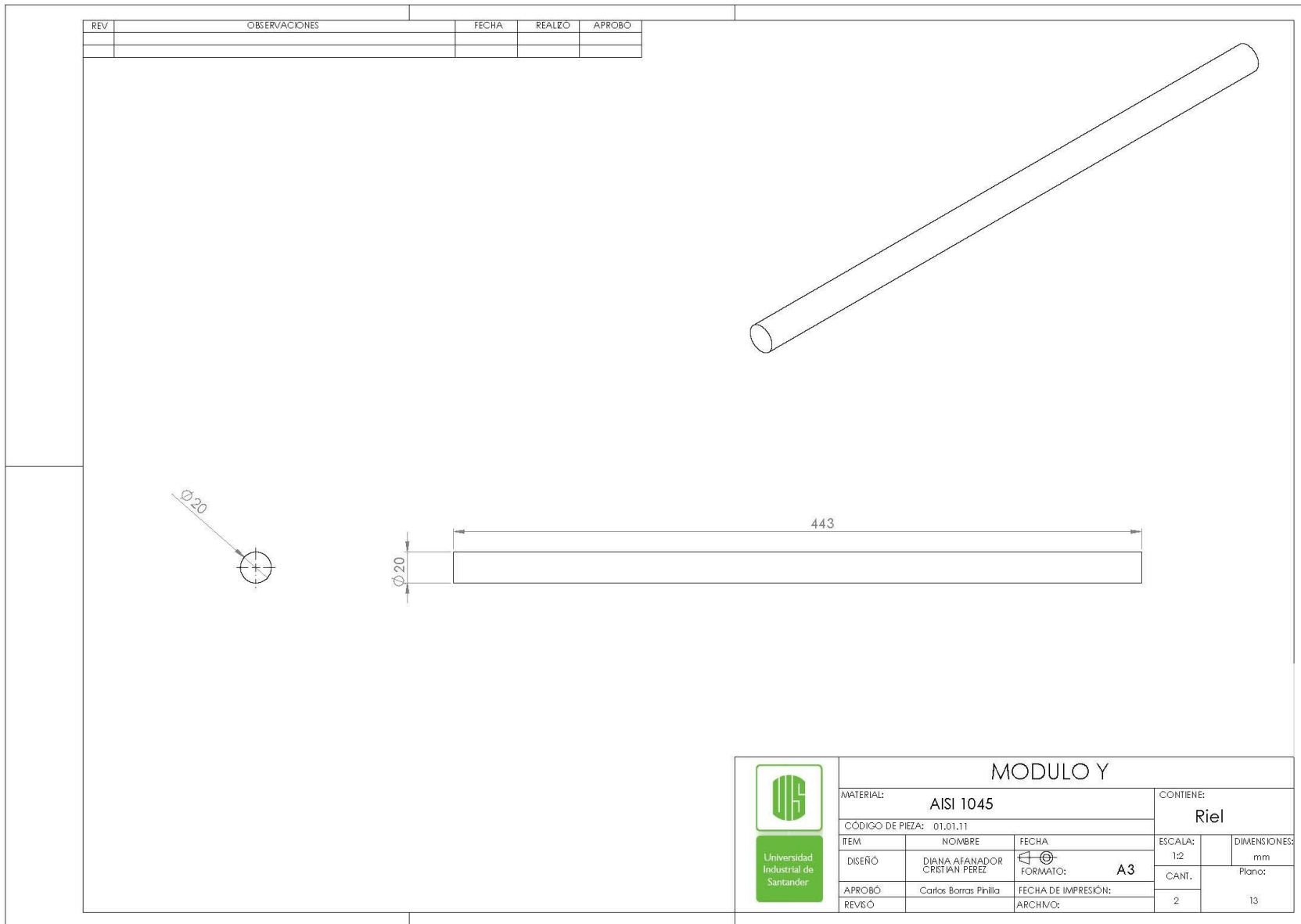
MODULO Y					
MATERIAL:		Aluminio 6063		CONTIENE:	
CÓDIGO DE PIEZA:		01.01.08		Soporte lateral móvil	
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
			1:1	mm	
			CANT.	Plano:	
			2	11	

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

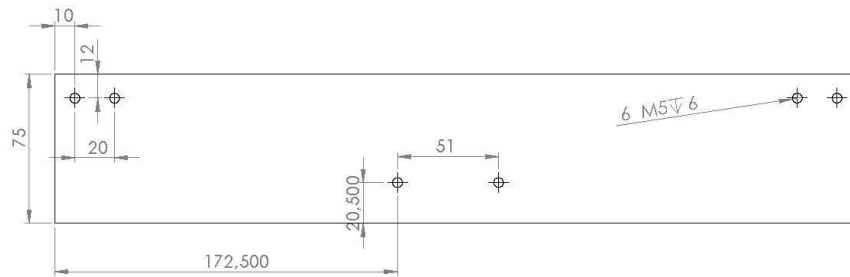
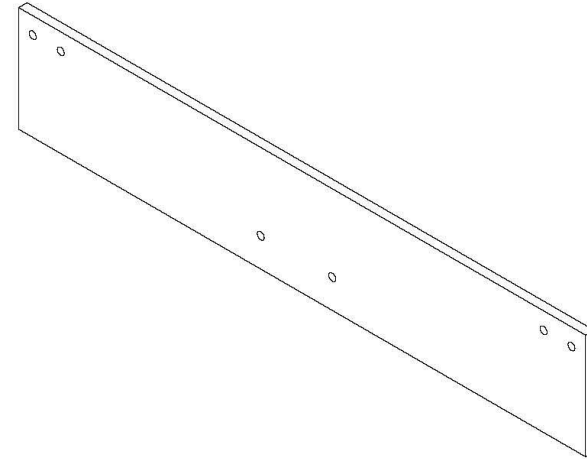
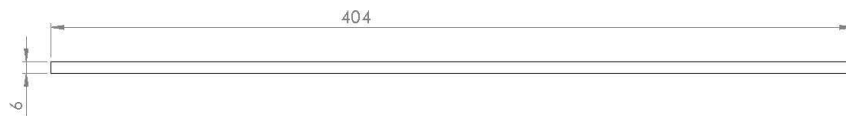


### MODULO Y

MATERIAL: <b>Aluminio 6063</b>		CONTIENE: <b>Camisa Rodamientos</b>	
CÓDIGO DE PIEZA:			
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA: 2:1
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: <b>A3</b>	DIMENSIONES: mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT. Plano:
REVISO		ARCHIVO:	4 12



REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

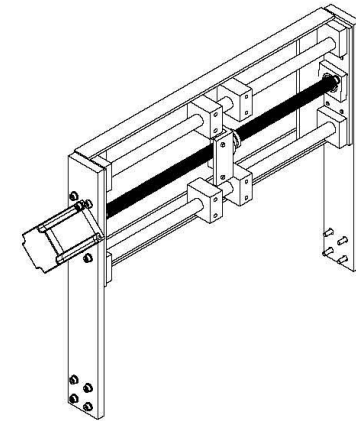
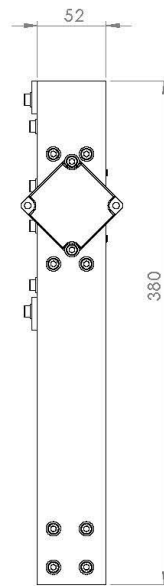
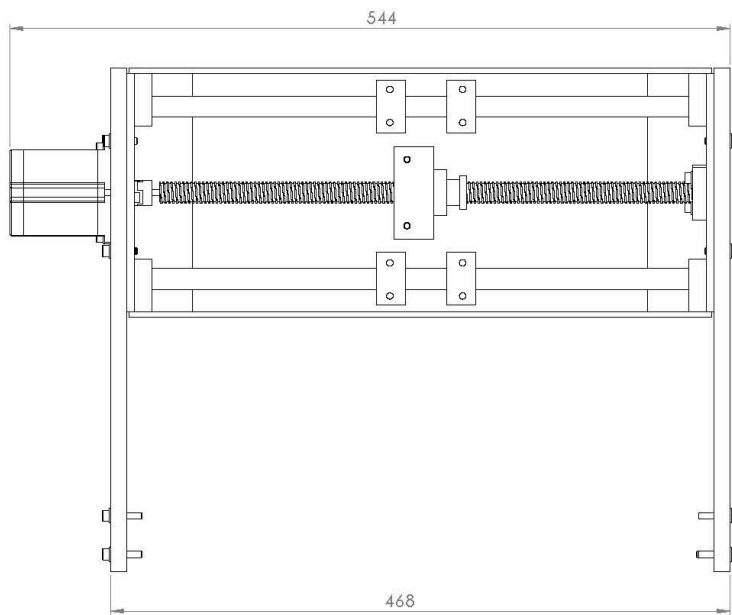


Universidad  
Industrial de  
Santander

### MODULO Y


MATERIAL: <b>Aluminio 6063</b>			CONTIENE:	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.12			<b>Soporte Frontal</b>	
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		2:1	mm
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1	14

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

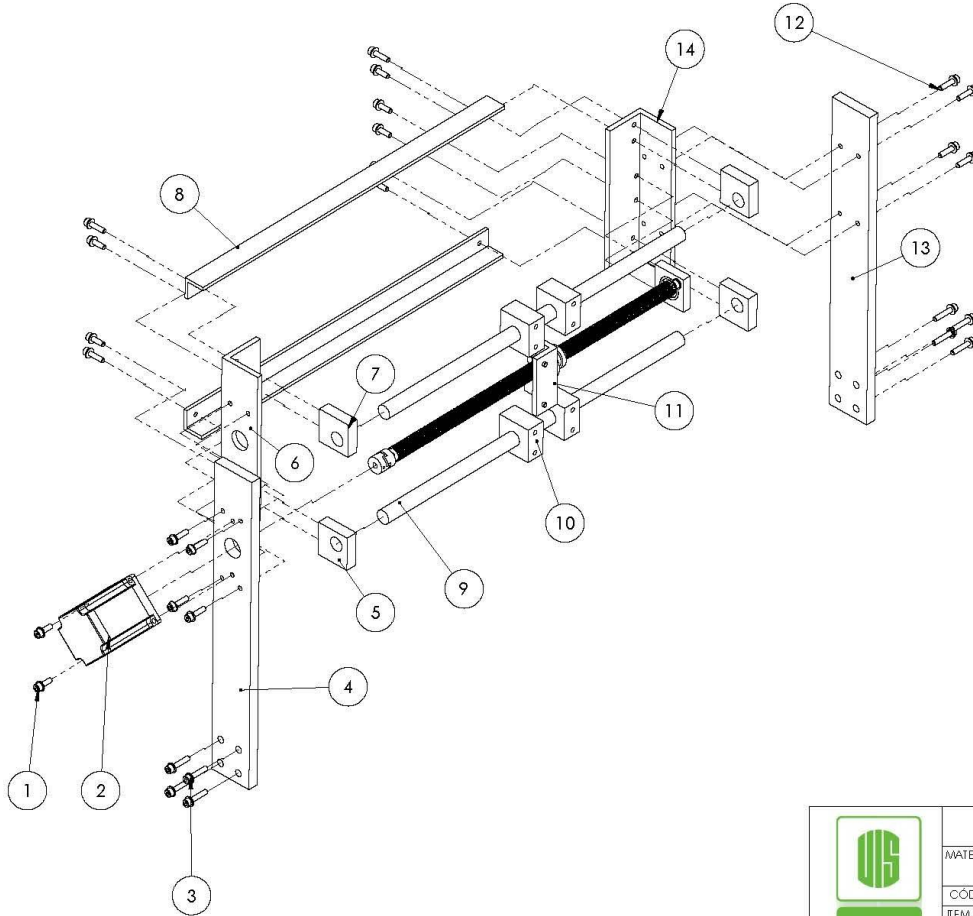


Universidad  
Industrial de  
Santander

### MODULO X

MATERIAL: <b>ALUMINIO 6063</b>			CONTIENE: <b>Modulo X</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.00				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 <b>A3</b>	1:3	mm
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1	21

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



Nro	Nombre	Plano	Cantidad
1	Tornillo Cabeza M5X16		8
2	Motor Paso a Paso		1
3	Tornillo Cabeza M8X25		8
4	Soporte Lateral Izquierdo	01.02.01	1
5	Soporte Riel Inferior	01.02.02	2
6	Angulo L Izquierdo	01.02.03	1
7	Soporte Riel Superior	01.02.04	2
8	Angulo L Union	01.02.05	2
9	Riel	01.02.06	2
10	Camisa Rodamientos	01.02.07	4
11	Ensamble Tornillo	01.02.08	1
12	Tornillo Cabeza M5X20		12
13	Soporte Lateral Derecho	01.02.09	1
14	Angulo L derecho	01.02.10	1

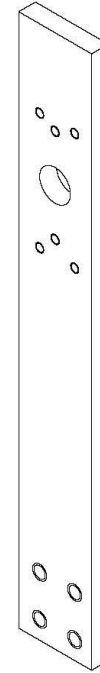
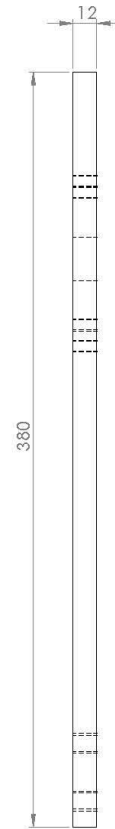
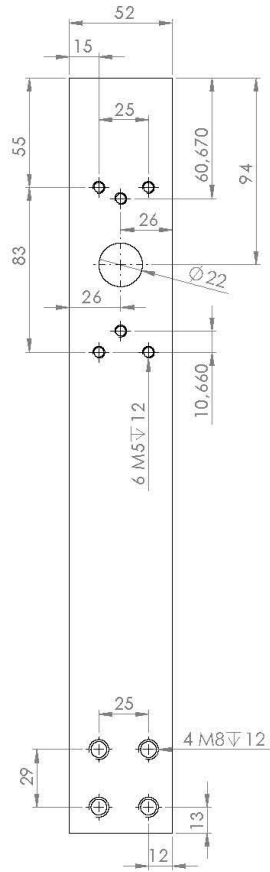


Universidad Industrial de Santander

### MODULO X

MATERIAL: ALUMINIO 6063		CONTIENE: Modulo X	
CÓDIGO DE PIEZA: 10200			
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:
DESIGNO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 A3	1:4
APROBO	Carlos Borrás Pihilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	DIMENSIONES: mm Plano: 22
REVISO		ARCHIVO:	

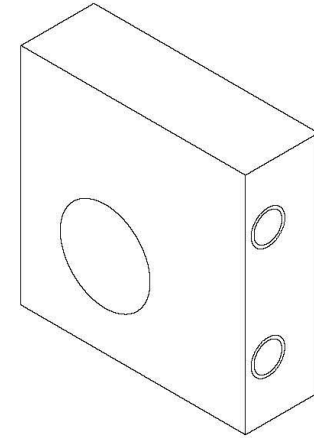
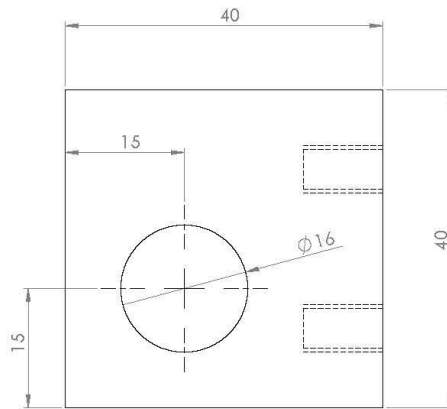
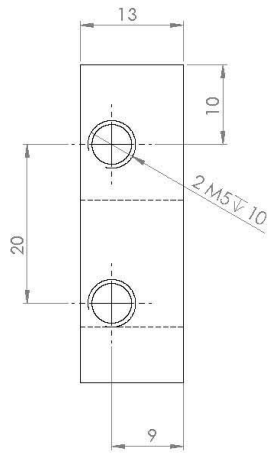
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



### MODULO X

MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte lateral izquierdo	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.01				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
			1:2	mm
			CANT.	Plano:
			1	23

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

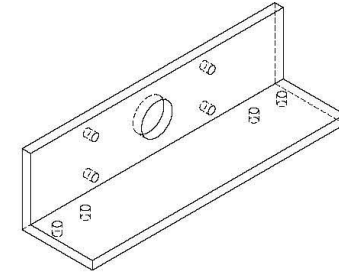
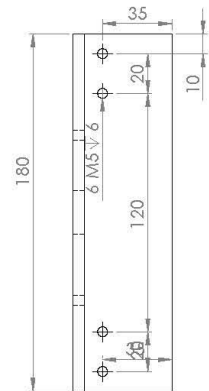
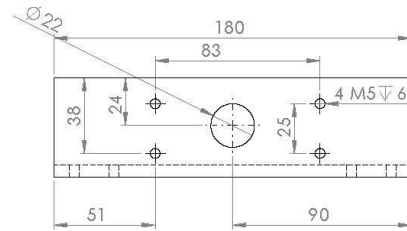
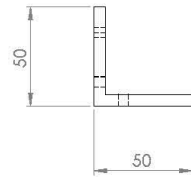


Universidad  
Industrial de  
Santander

### MODULO X

MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte riel inferior	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.02				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	2:1	mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.:	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	2	24

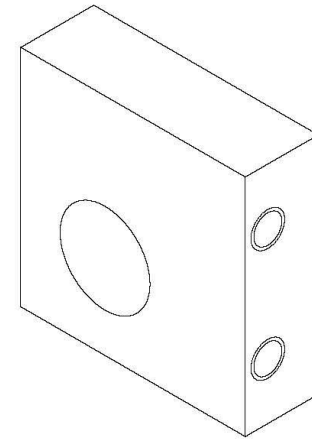
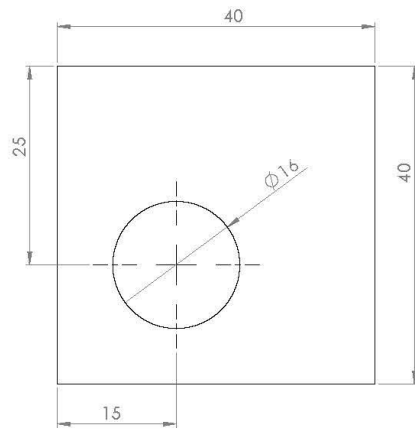
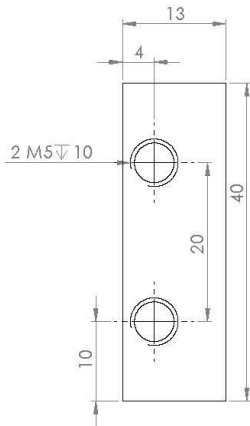
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



### MODULO X

MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: <b>Angulo L Izquierdo</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.03			ESCALA: 1:2	DIMENSIONES: mm
ITEM	NOMBRE	FECHA	FORMATO: <b>A3</b>	Plano:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ			
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT. 1	25
REVISO		ARCHIVO:		

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

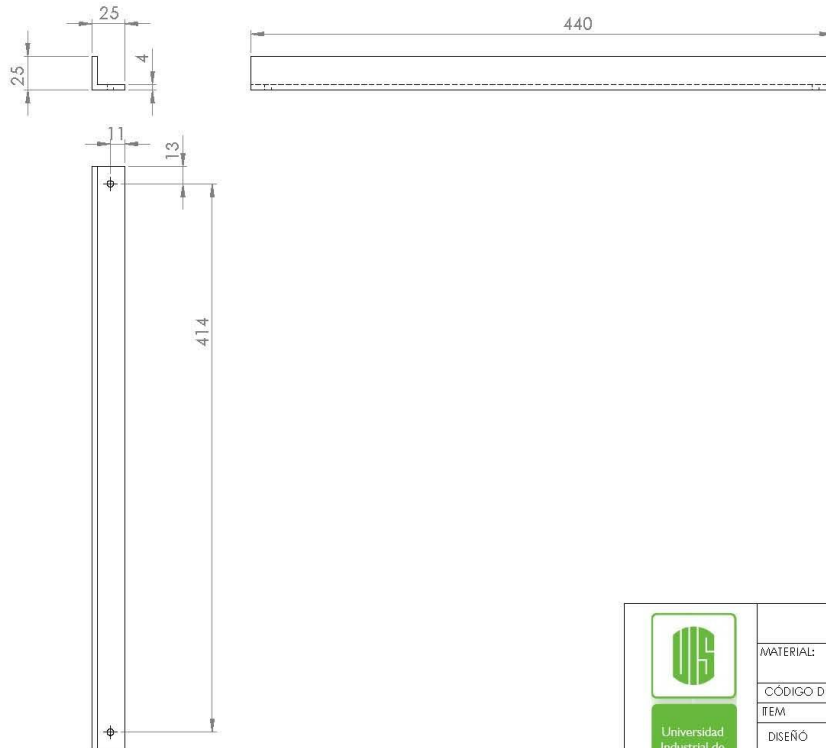
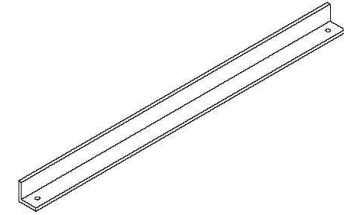


Universidad  
Industrial de  
Santander

### MODULO X

MATERIAL: <b>ALUMINIO 6063</b>			CONTIENE: <b>Soporte riel superior</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.04			ESCALA:	DIMENSIONES:
ITEM	NOMBRE	FECHA	2:1	mm
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 FORMATO: <b>A3</b>	CANT.	Plano:
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	2	26
REVISO		ARCHIVO:		

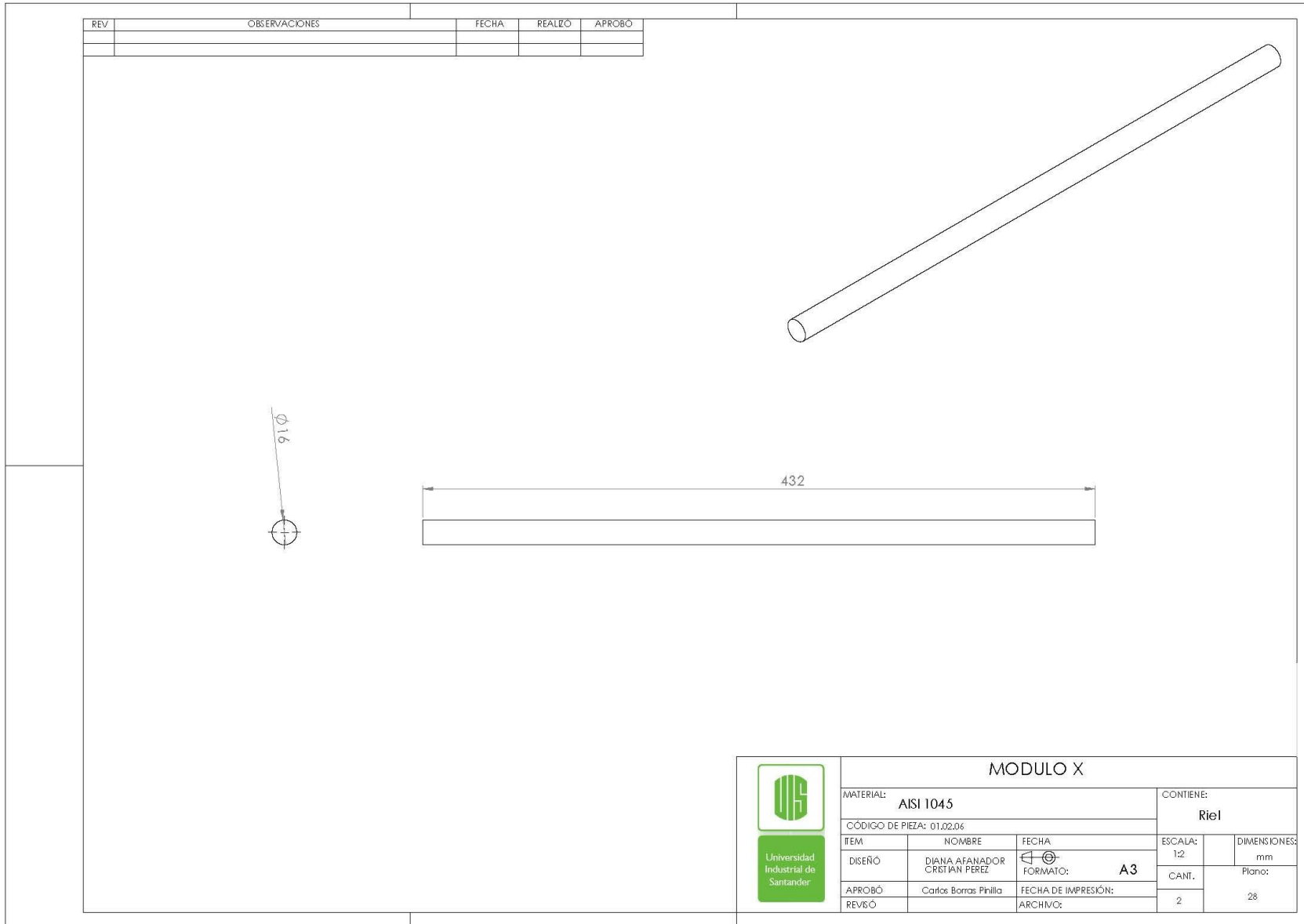
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



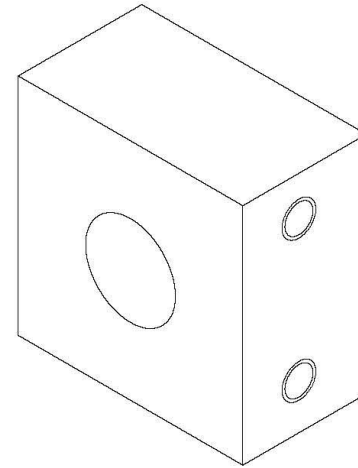
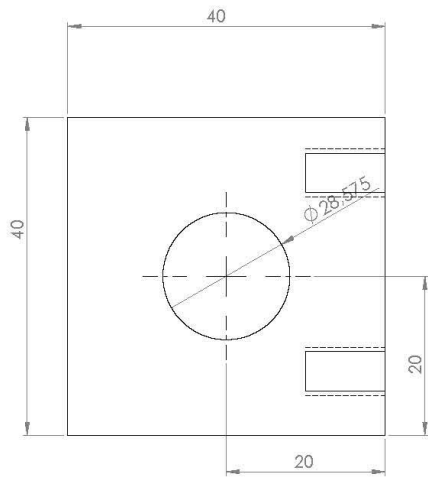
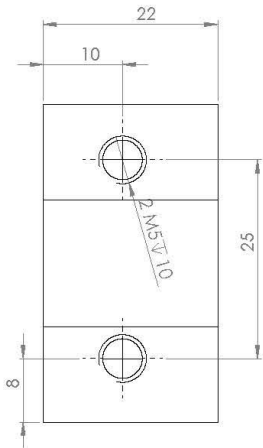
MODULO X					
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Angulo L Union		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.05					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		1:3	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:	
REVISO		ARCHIVO:	2	27	



Universidad  
Industrial de  
Santander



REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

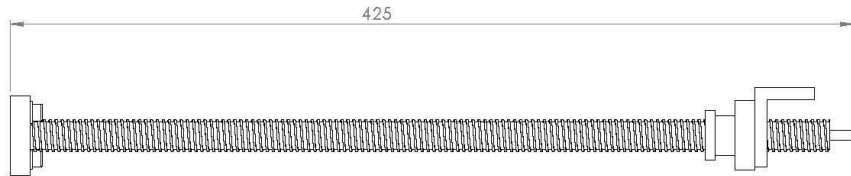
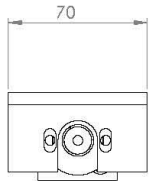


Universidad  
Industrial de  
Santander

### MODULO X

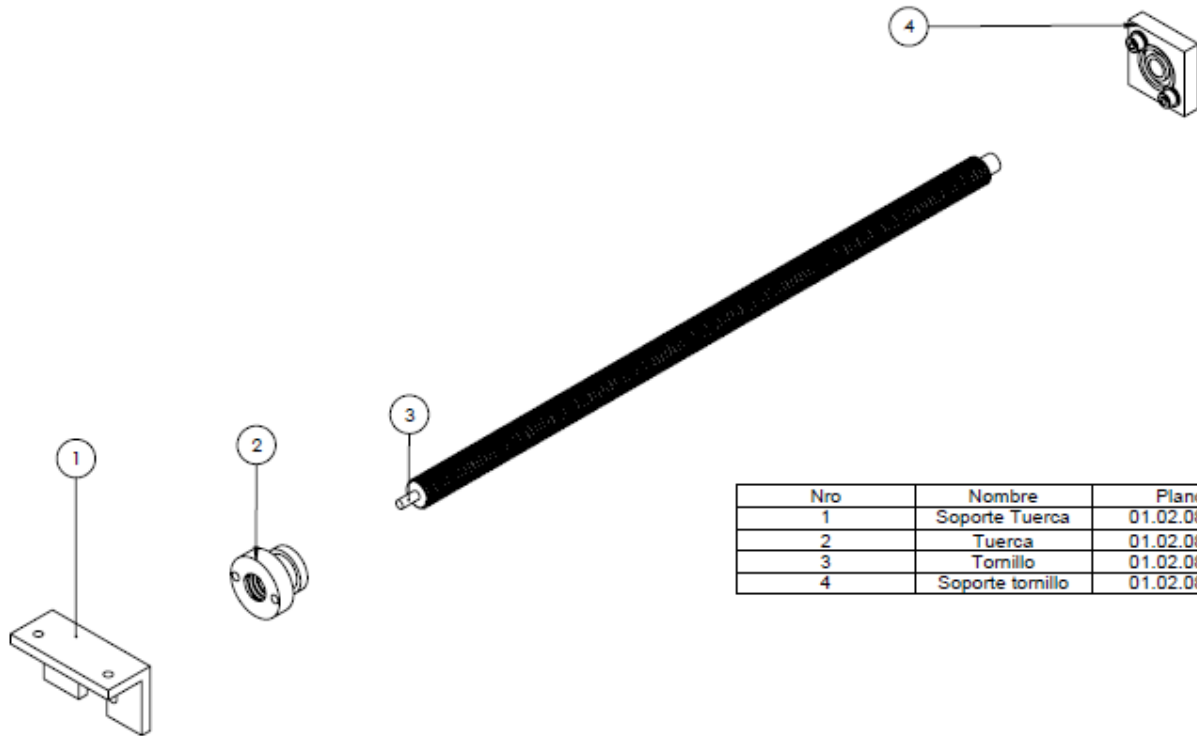
MATERIAL: <b>ALUMINIO 6063</b>			CONTIENE: <b>Camisa de los rodamientos</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.07				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	<b>A3</b>	2:1	mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	4	29

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO





MODULO X					
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte lateral izquierdo		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.08.00					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		1:2	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FORMATO: A3	CANT.	Plano:	
REVISO		FECHA DE IMPRESIÓN:	1	32	
		ARCHIVO:			

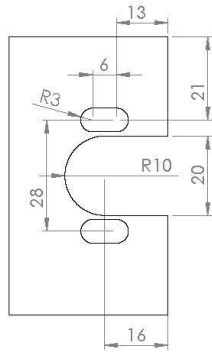
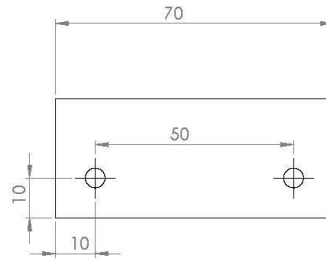
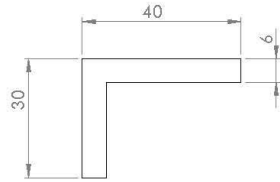
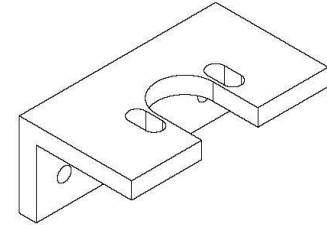
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZÓ	APROBÓ



Nro	Nombre	Plano	Cantidad
1	Soporte Tuerca	01.02.08.01	1
2	Tuerca	01.02.08.02	2
3	Tomillo	01.02.08.03	3
4	Soporte tornillo	01.02.08.04	4

MODULO X					
 Universidad Industrial de Santander	MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Explosión	
	CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.08.00				
	ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES
	DESIGNÓ	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 FORMATO: A3	1:2	mm
APROBÓ	Carlos Tomas Pilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:	
REVISÓ		ARCHIVO:	1	33	

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

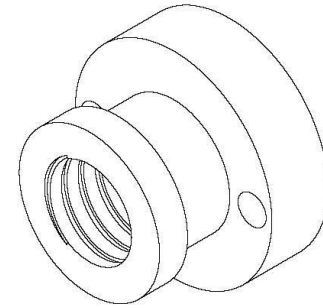
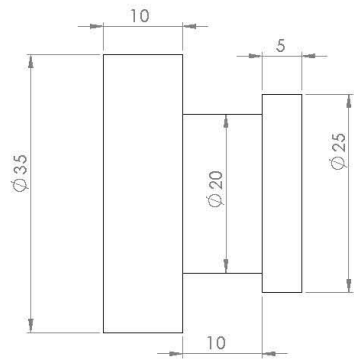
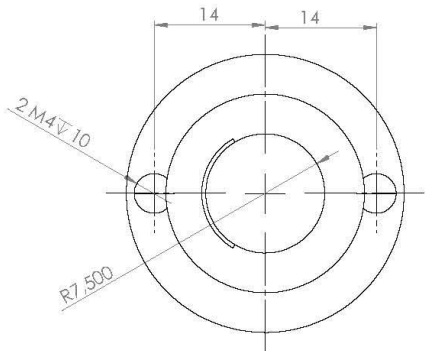


MODULO X					
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte Tuerca		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.08.01					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
			1:1	mm	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	CANT.	Plano:	
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	34	
REVISO		ARCHIVO:			



Universidad Industrial de Santander

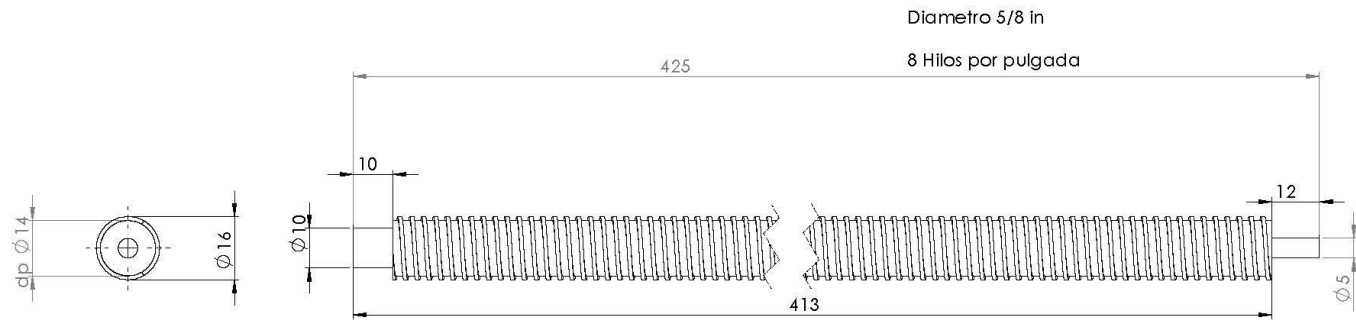
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



MODULO X

MATERIAL: Acetal			CONTIENE: Tuerca	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.08.02				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA: 2:1	DIMENSIONES: mm
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	CANT.:	Plano:
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	35
REVISO		ARCHIVO:		

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

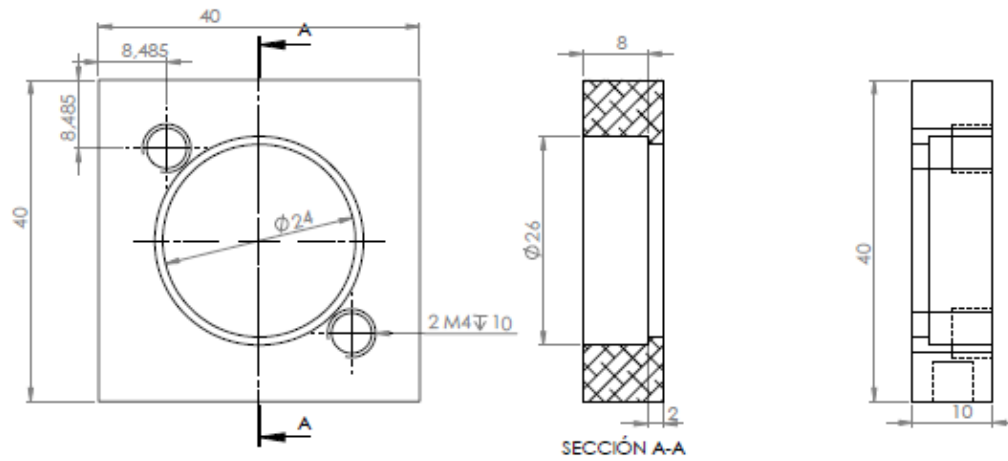


MODULO X				
MATERIAL:		AISI 1045		CONTIENE:
CÓDIGO DE PIEZA:		01.02.08.03		Tomillo de Potencia
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
			1:1	mm
			CANT.	Plano:
			1	36



Universidad Industrial de Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZÓ	APROBÓ

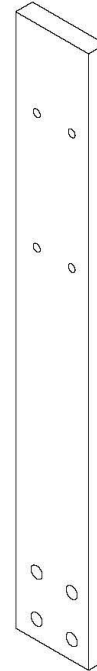
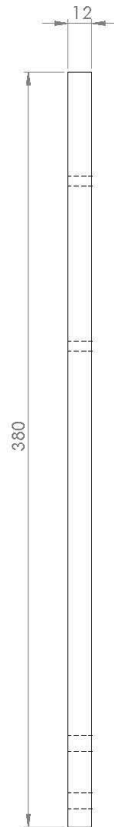
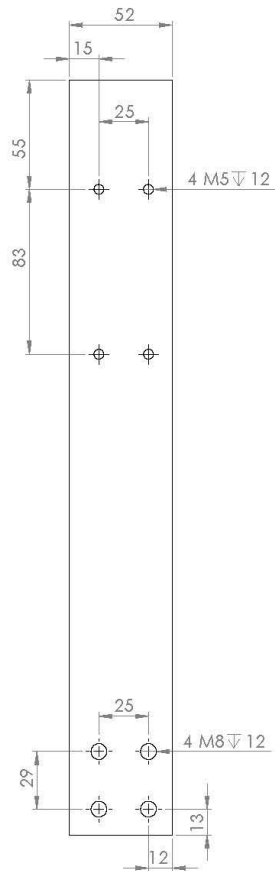


MODULO X					
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte Tornillo		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.08.04					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES	
			2:1	mm	
			CANT.	Plano:	
			1	37	



Universidad  
Industrial de  
Santander

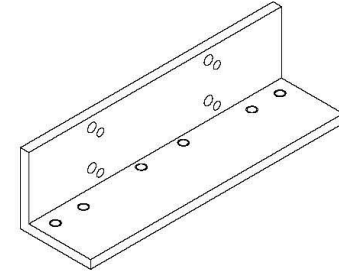
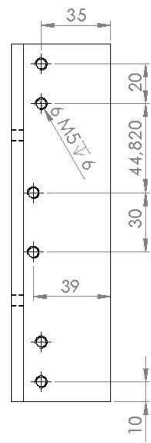
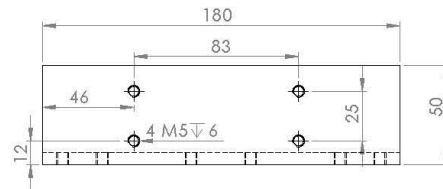
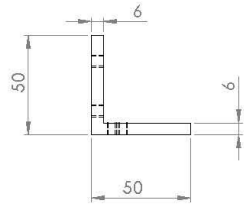
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



### MODULO X

MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte lateral derecho	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.09				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		1:2	mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.:	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1	30'

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

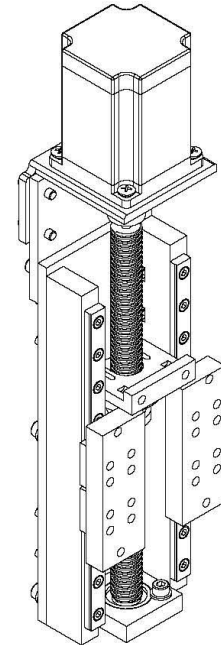
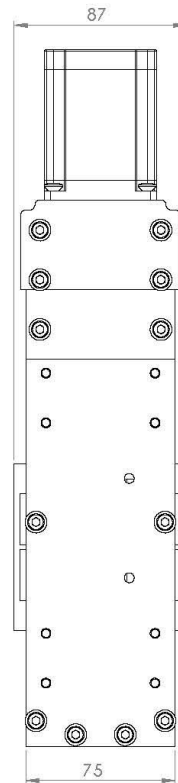
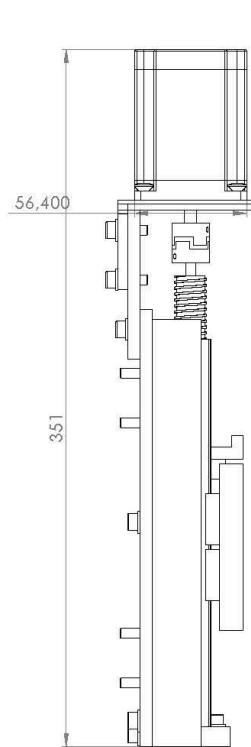


Universidad  
Industrial de  
Santander


### MODULO X

MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: <b>Angulo L derecho</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.02.10			ESCALA: 1:2	DIMENSIONES: mm
ITEM	NOMBRE	FECHA	FORMATO: <b>A3</b>	Plano:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		CANT. 1	31
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:		
REVISO		ARCHIVO:		

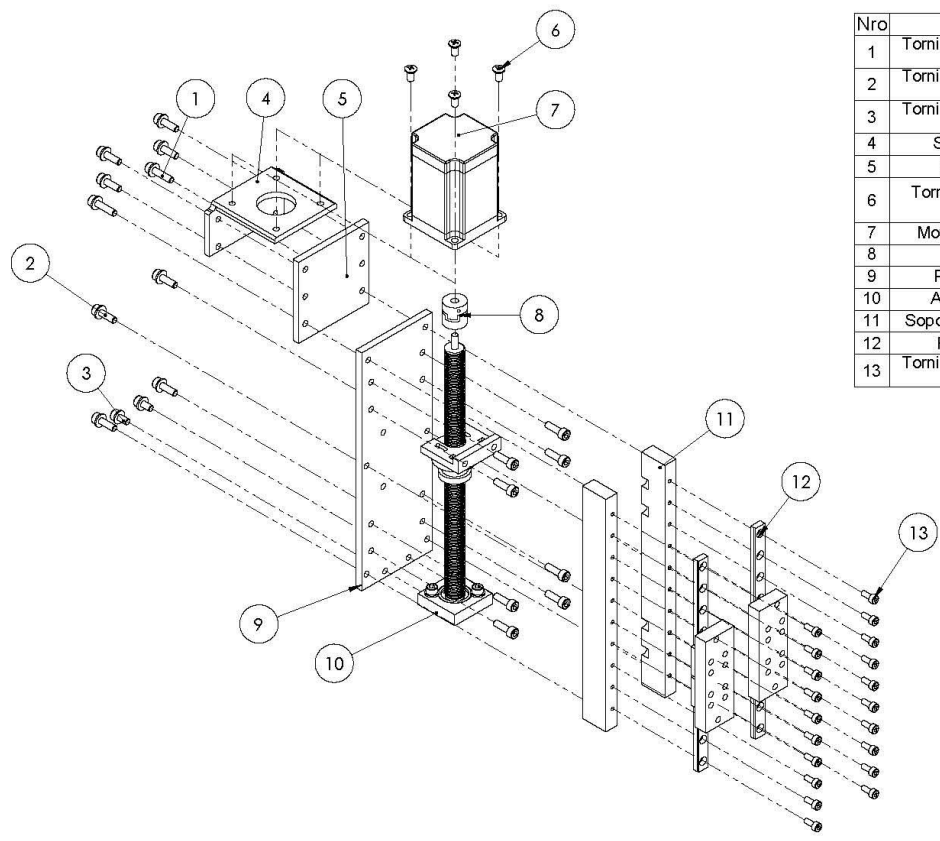
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



### MODULO Z

MATERIAL: <b>ALUMINIO 6063</b>			CONTIENE: <b>Modulo Z</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.00				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 FORMATO: <b>A3</b>	1:2	mm
APROBÓ	Carlos Borrás Pihilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1	38

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



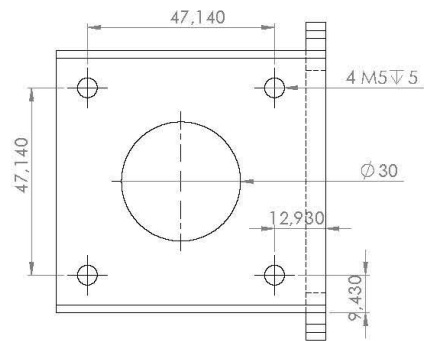
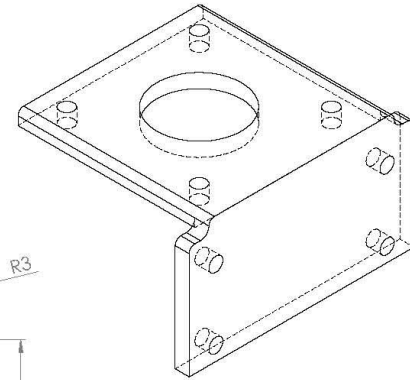
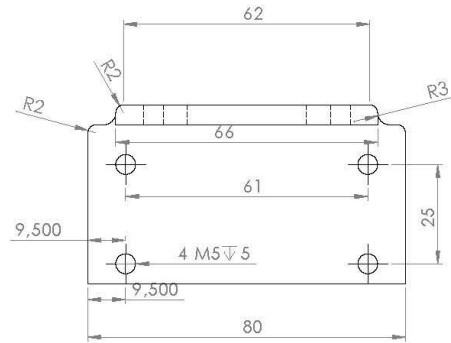
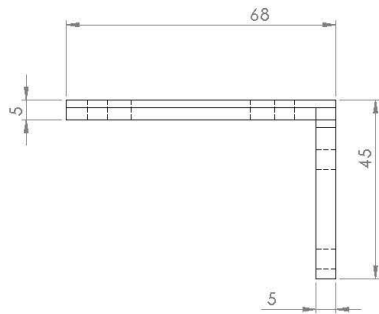
Nro	Nombre	Plano	Cantidad
1	Tornillo Cabeza Bristol M5X20		2
2	Tornillo Cabeza Bristol M5X16		16
3	Tornillo Cabeza Bristol M5X10		2
4	Soporte Motor	01.03.01	1
5	Placa Union	01.03.02	1
6	Tornillo cabeza cruz M5x10		4
7	Motor paso a paso		1
8	Acople	01.03.03	1
9	Placa Soporte	01.03.04	1
10	Acople Tornillo	01.03.05	1
11	Soporte Rodamientos	01.03.06	1
12	Rodamientos		2
13	Tornillo Cabeza Bristol M3X10		20



Universidad Industrial de Santander

MODULO Z				
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Modulo Z	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.00				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
			1:2	mm
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	CANT.	Plano:
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	39
REVISO		ARCHIVO:		

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

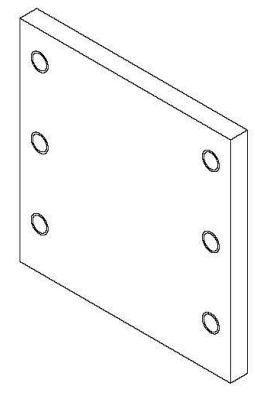
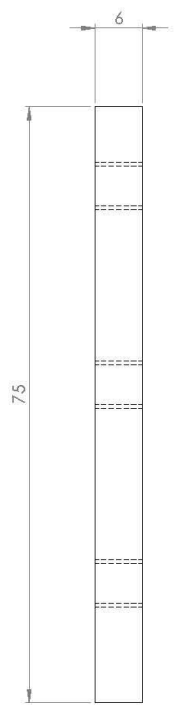
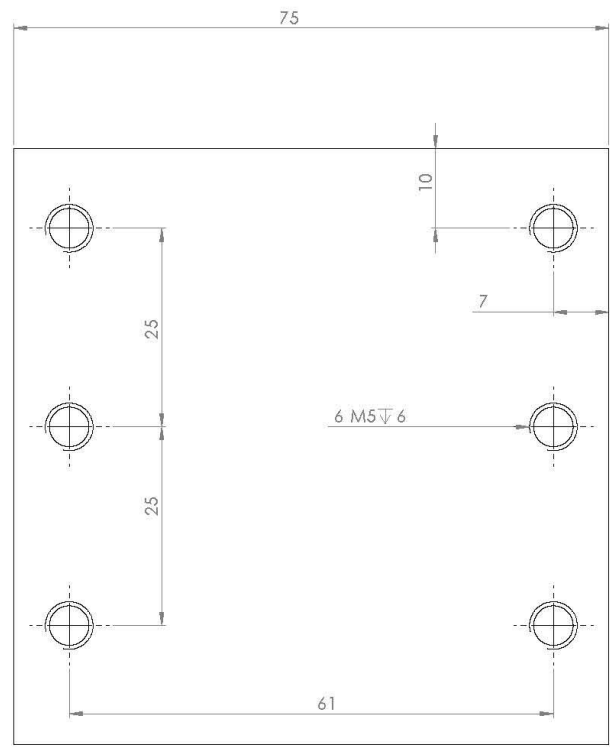


MODULO Z					
MATERIAL: ALUMINIO 6063				CONTIENE: Soporte Motor	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.01					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
			1:1	mm	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	CANT.	Plano:	
APROBÓ	Carlos Barros Pihilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	40	
REVISO		ARCHIVO:			



Universidad Industrial de Santander

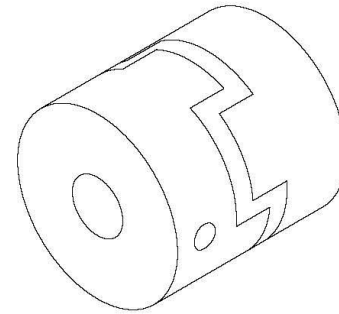
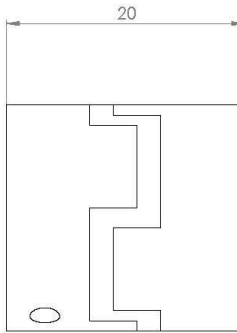
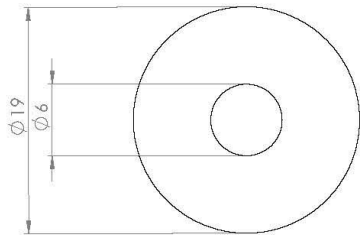
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



MODULO Z				
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Placa Union	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.02				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA: 2:1	DIMENSIONES: mm
DISÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 FORMATO: A3	CANT.:	Plano: 41
APROBÓ	Carlos Barros Pihilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	41
REVISO		ARCHIVO:		



REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

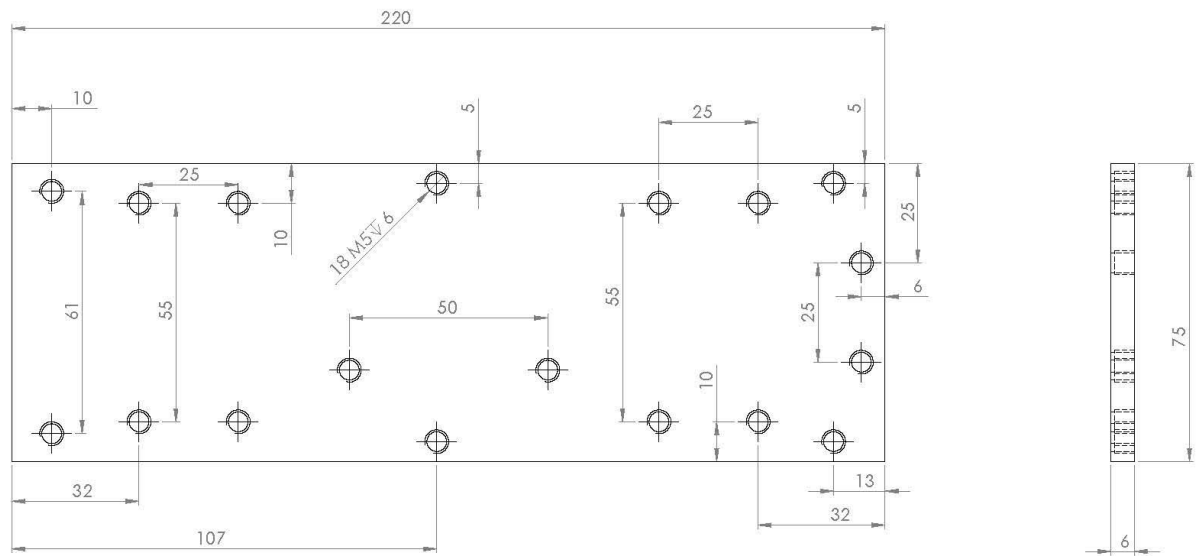


MODULO Z					
MATERIAL: <b>ALUMINIO 6063 - CAUCHO</b>				CONTIENE: <b>Acople</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.03					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	 <b>A3</b>	3:1	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:	
REVISO		ARCHIVO:	1	42	



Universidad Industrial de Santander

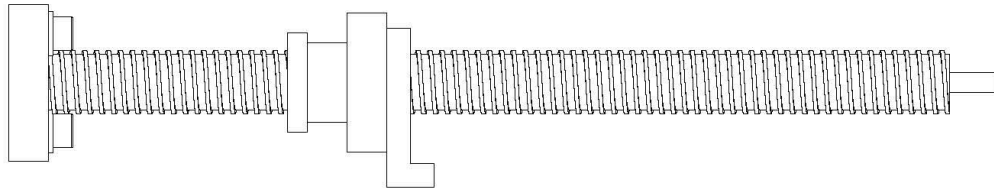
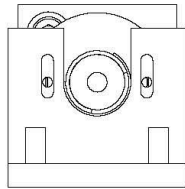
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



MODULO Z					
MATERIAL: ALUMINIO 6063				CONTIENE: Placa soporte	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.04					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
			1:1	mm	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3	CANT.	Plano:	
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	1	43	
REVISO		ARCHIVO:			



REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

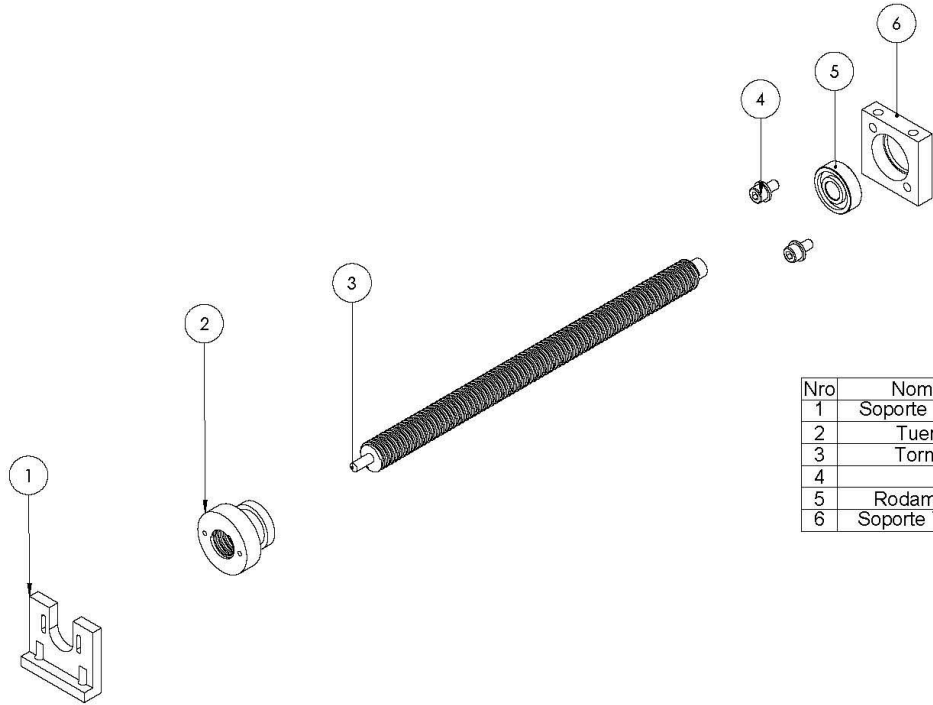


MODULO Z					
MATERIAL:		ALUMINIO 6063 - ACETAL - AISI 1045		CONTIENE:	
CÓDIGO DE PIEZA:		01.03.05		Ensamble	
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		3:1	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FORMATO:	A3	CANT.	Plano:
REVISO		FECHA DE IMPRESIÓN:		1	45
		ARCHIVO:			



Universidad  
Industrial de  
Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



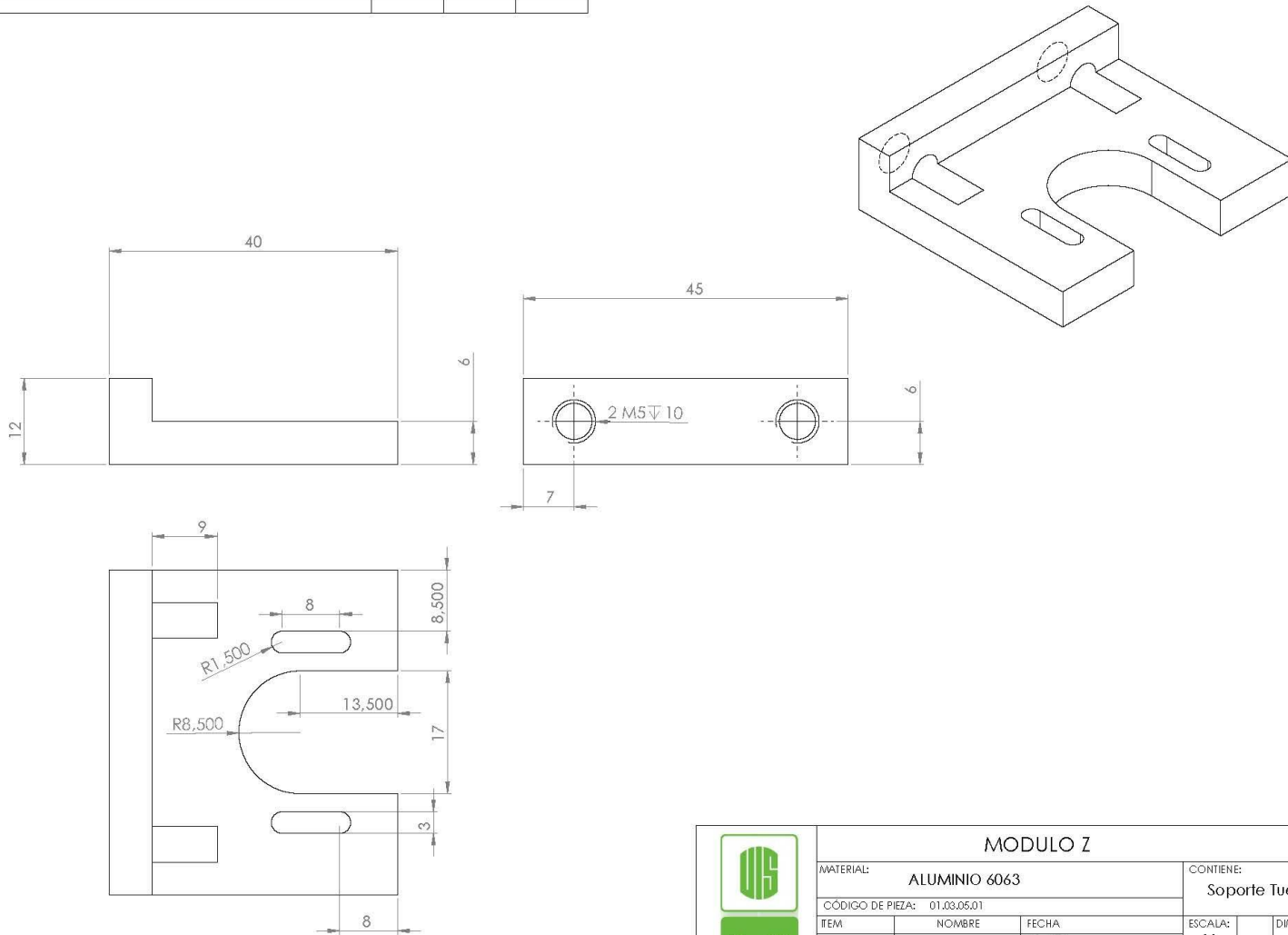
Nro	Nombre	Plano	Cantidad
1	Soporte Tuerca	01.03.05.01	1
2	Tuerca	01.03.05.02	1
3	Tornillo	01.03.05.03	1
4			2
5	Rodamiento		1
6	Soporte Tornillo	01.03.05.04	1

MODULO Z					
MATERIAL: ALUMINIO 6063 - ACETAL - AISI 1045			CONTIENE: Explosion		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.05.00					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		1:2	mm	
		FORMATO:	A3	CANT.	Plano:
APROBÓ	Carlos Borrás Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:		1	46
REVISO		ARCHIVO:			



Universidad Industrial de Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

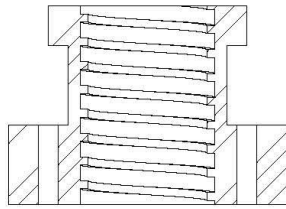


MODULO Z					
MATERIAL: ALUMINIO 6063			CONTIENE: Soporte Tuerca		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.05.01					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		2:1	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Pihilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:	
REVISO		ARCHIVO:	1	47	

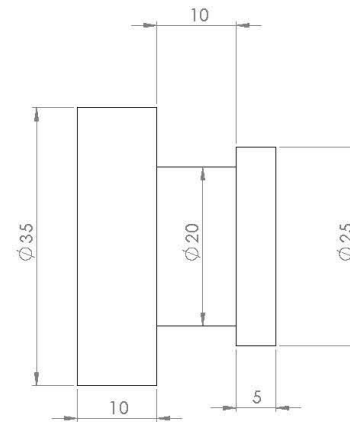
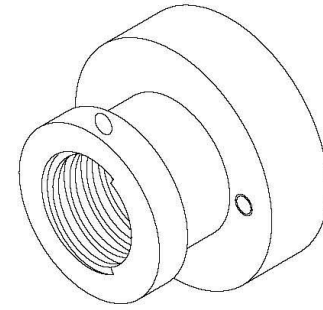
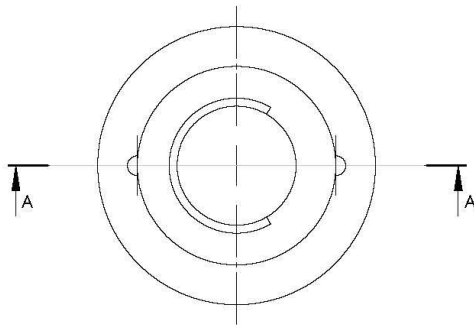


Universidad Industrial de Santander

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



SECCIÓN A-A

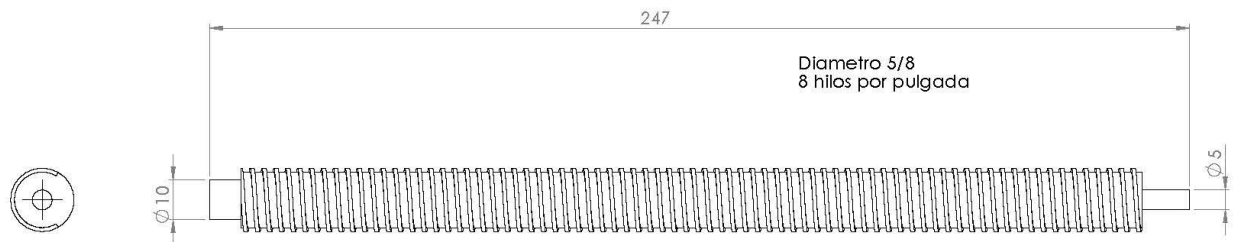


Universidad Industrial de Santander

MODULO Z

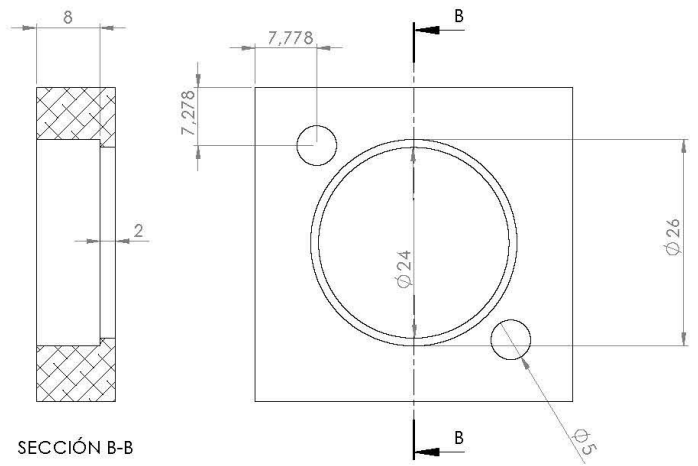
MATERIAL: Acetal			CONTIENE: Tuerca	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.05.02				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		2:1	mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT.	Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1	48

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO

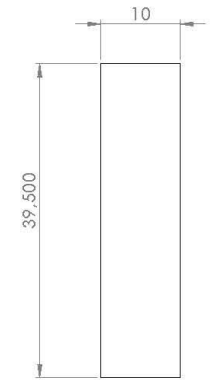
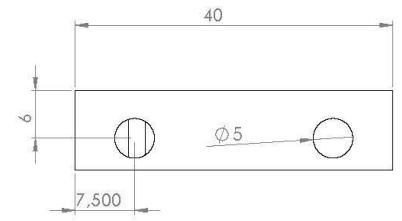


MODULO Z					
MATERIAL: <b>ASI 1045</b>			CONTIENE: <b>Tornillo</b>		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.05.03					
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:	
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ		1:2	mm	
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FORMATO: <b>A3</b>	CANT.	Plano:	
REVISO		FECHA DE IMPRESIÓN:	1	49	
		ARCHIVO:			

REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



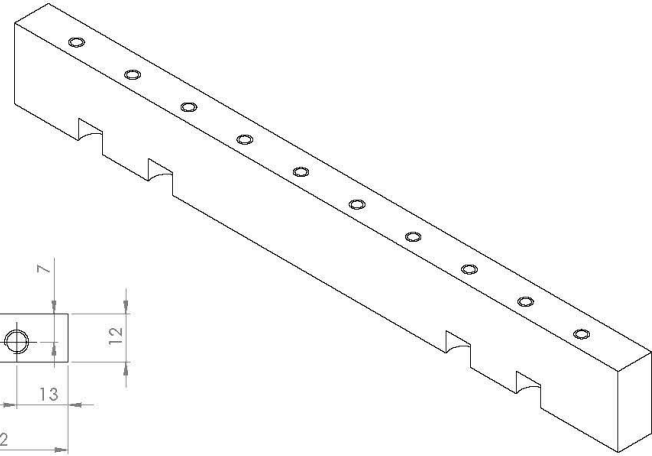
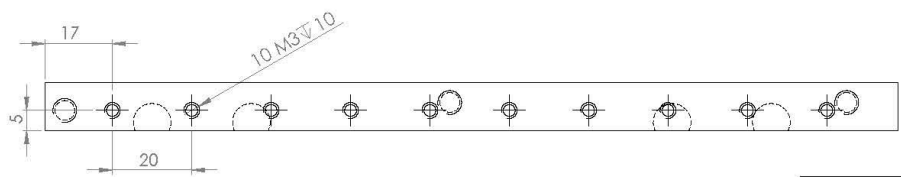
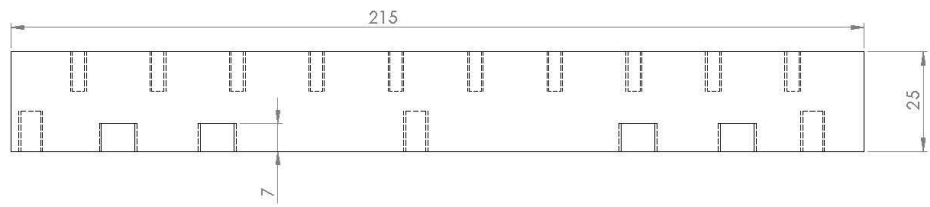
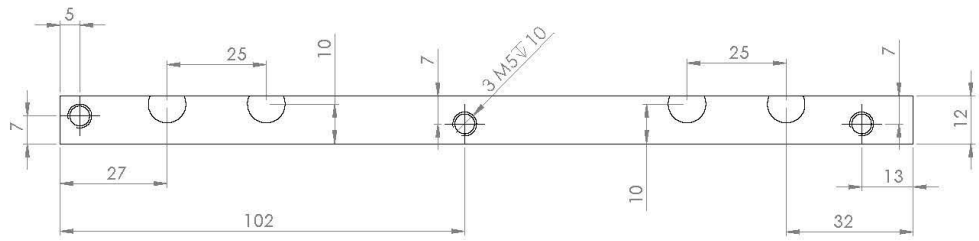
SECCIÓN B-B



MODULO Y

MATERIAL: <b>ALUMINIO 6063</b>		CONTIENE: <b>Soporte Tornillo</b>	
CÓDIGO DE PIEZA: 01.01.03			
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA: 1:2
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: <b>A3</b>	DIMENSIONES: mm
APROBÓ	Carlos Barros Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:	CANT. Plano:
REVISO		ARCHIVO:	1 50

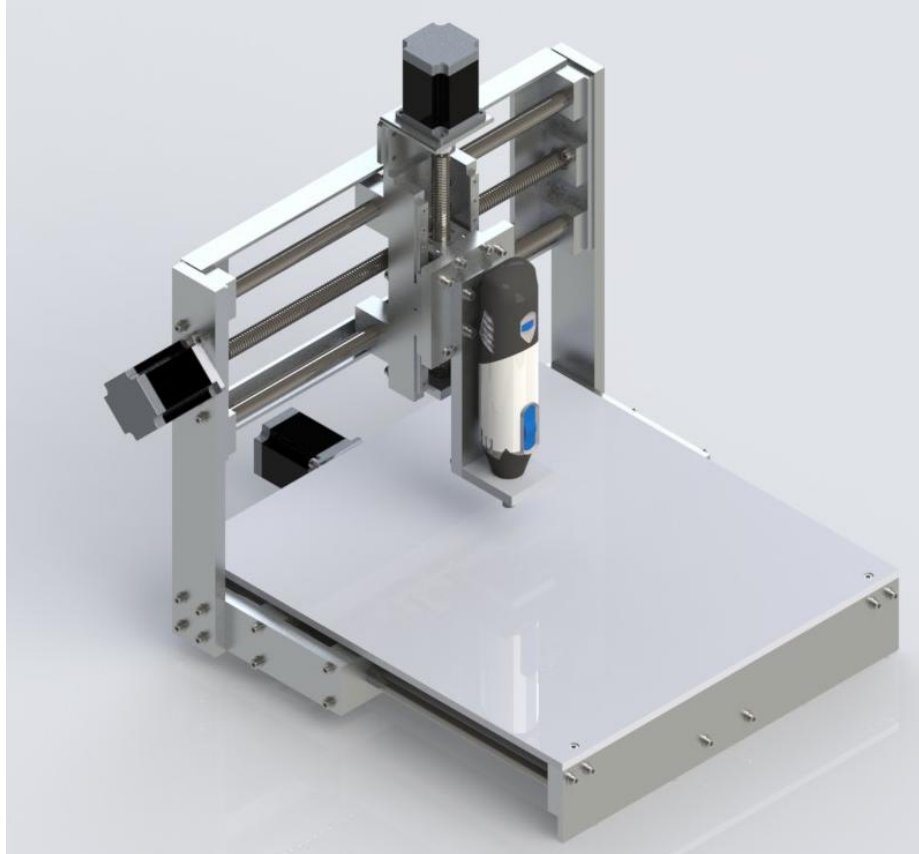
REV	OBSERVACIONES	FECHA	REALIZO	APROBO



MODULO Z				
MATERIAL: ALUMINIO 6063		CONTIENE: Soporte Rodamiento		
CÓDIGO DE PIEZA: 01.03.06				
ITEM	NOMBRE	FECHA	ESCALA:	DIMENSIONES:
			1:1	mm
			CANT.	Plano:
			2	44
DISEÑO	DIANA AFANADOR CRISTIAN PEREZ	FORMATO: A3		
APROBÓ	Carlos Barras Pinilla	FECHA DE IMPRESIÓN:		
REVISO		ARCHIVO:		

ANEXO G. MANUAL MINI-ROUTER CNC

# MINI-ROUTER CNC



MANUAL DE USUARIO

---

**PRECAUCIONES IMPORTANTES**  
**RECOMENDACIONES DE USO**  
**COMPONENTES DEL MINI-ROUTER CNC**  
**SISTEMA DE CONTROL**  
**INSTALACION DEL MACH3**  
**ESTACION DE TRABAJO**  
**GUIA RAPIDA DEL MACH3**  
**MANTENIMIENTO**

## **PRECAUCIONES IMPORTANTES**

Verificar que las conexiones eléctricas tanto de los motores paso a paso, y como de las entradas y salidas de la tarjeta de control se encuentren correctamente conectadas. De lo contrario realizar la corrección del problema.

Realizar lubricado graso tanto de los tornillos de potencia, como en los rodamientos lineales que se encuentran en cada uno de los módulos motrices del MINI-ROUTER CNC

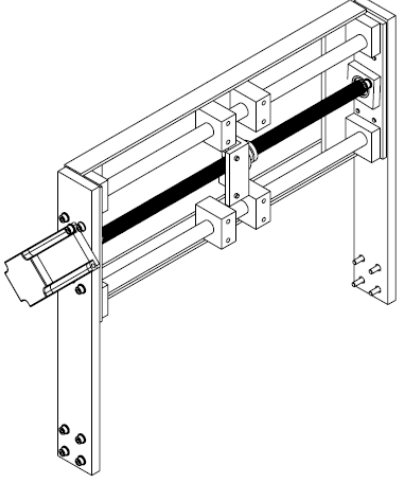
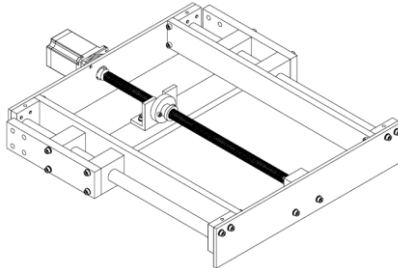
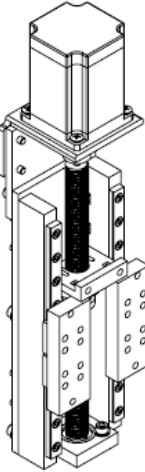
La fuente con la que cuenta el sistema debe ser alimentada a 110 V.

## **RECOMENDACIONES DE USO**

Es necesario que el sistema se controle por medio de unidades de PC de escritorio preferiblemente, pues se necesita de un puerto paralelo de 25 pines para el control.

Tener en cuenta el lugar donde se instale el MINI-ROUTER CNC para que el nivel sea el más adecuado.

## COMPONENTES DEL MINI-ROUTER CNC

UNI	COMPONENTE	DESCRIPCION	IMAGEN
1	Modulo X		
1	Modulo Y		
1	Modulo Z		



## INSTALACIÓN DEL MACH 3

Mach3 es distribuido por ArtSoft Corp. por Internet. Se descarga el paquete como un archivo autoinstalable (que, en la presente release, es de alrededor de 6 megabytes). Este se ejecuta por un período ilimitado como una versión de demostración con unas cuantas limitaciones en la velocidad, el tamaño de trabajo que puede encarar y características especiales soportadas. Cuando compra una licencia puede "desbloquear" la versión de demostración que usted ha instalado y configurado. Los detalles completos de precios y opciones están en el sitio Web de ArtSoft Corporation [www.artofcnc.ca](http://www.artofcnc.ca)

### Descargar

Descargue el paquete de [www.artofcnc.ca](http://www.artofcnc.ca) usando el botón derecho del ratón y *grabar destino como...* para poner el archivo autoinstalable en cualquier directorio de trabajo (tal vez Windows\Temp). Usted debe entrar a Windows como administrador.

Cuando el archivo se ha descargado pueda ser inmediatamente ejecutado usando el botón *abrir* en el diálogo de descarga o este diálogo pueda ser cerrado para una instalación posterior. Cuando quiera realizar la instalación ejecute el archivo descargado. Por ejemplo podría ejecutar el explorador de Windows (dar un click con el botón secundario del ratón sobre el botón Inicio), y doble click sobre el archivo descargado en el directorio de trabajo.



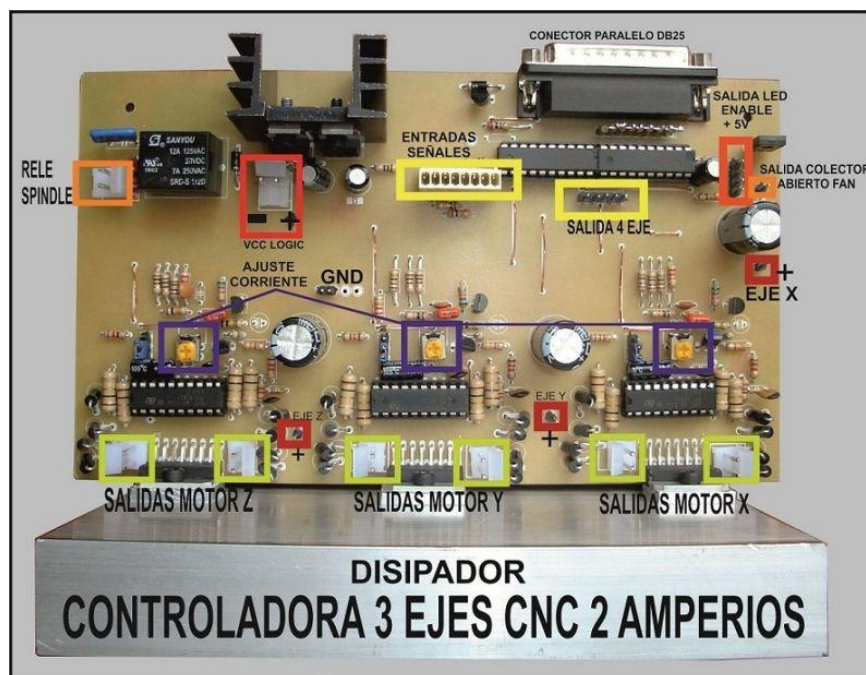
Es importante no tener conectada la maquina al computador ni la parte de control a la red eléctrica mientras se está realizando esta operación. Cuando ejecute el archivo descargado será guiado a través de los pasos de instalación

usuales para Windows tales como: aceptación de las condiciones de la licencia y escoger la carpeta en donde se instalará Mach3. En la ventana de diálogo de finalización de la instalación debería asegurarse que las casillas de verificación “Load Mach3 Driver” e “Install English Wizard ” estén tildadas para luego hacer clic en Finalizar. Ahora le pedirá que deba reiniciar la PC antes de ejecutar cualquier programa de Mach3.

Para mayor información acerca de uso y manejo del software completo mirar manual mach 3 2.0 en [www.artofcnc.ca](http://www.artofcnc.ca)

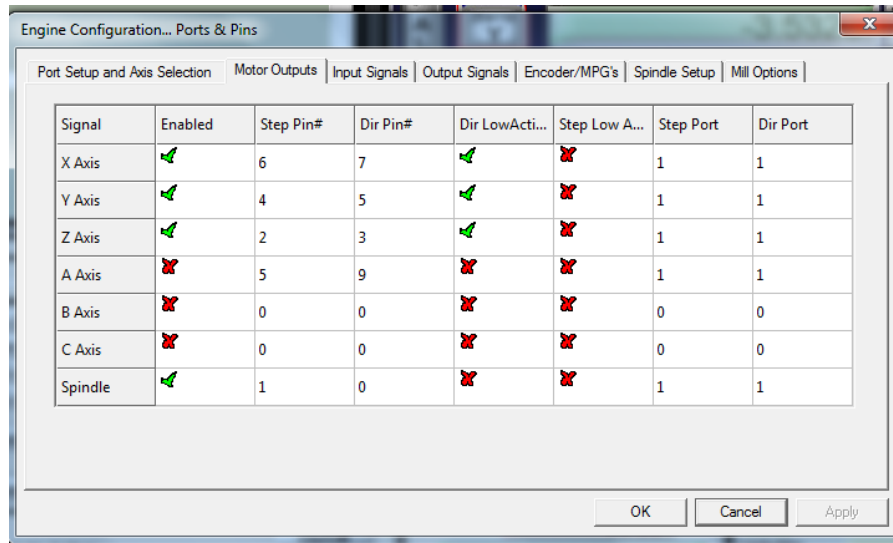
### Configuración de los pines de los diferentes puertos

La tarjeta de potencia presente en el sistema modular mecanizado es la que se muestra y los puertos y su respectiva descripción que esta posee se muestran.

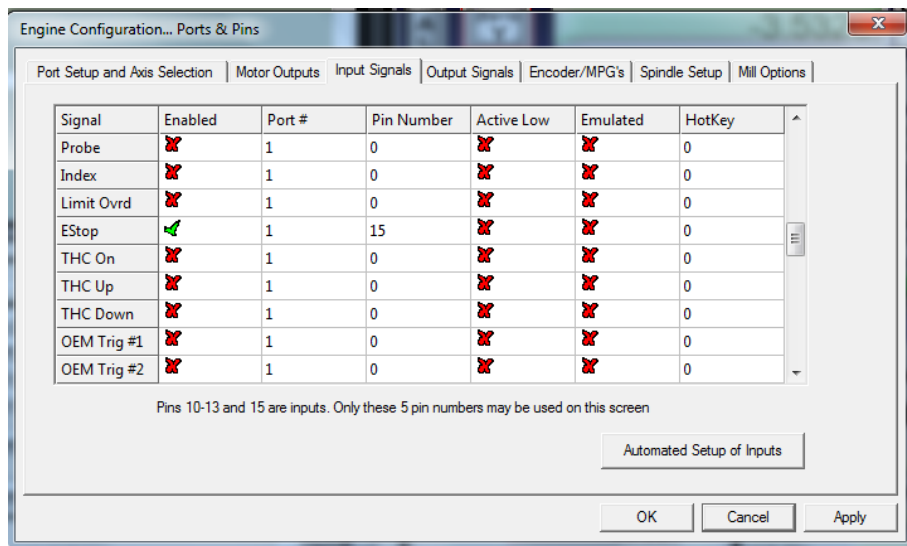


Signal	PIN 1	PIN 2	PIN 3	PIN 4	PIN 5	PIN 6	PIN 7
	Spindle motor	Step Z	Dir Z	Step Y	Dir Y	Step X	Dir X

Imagen de la configuración de los pines de salida

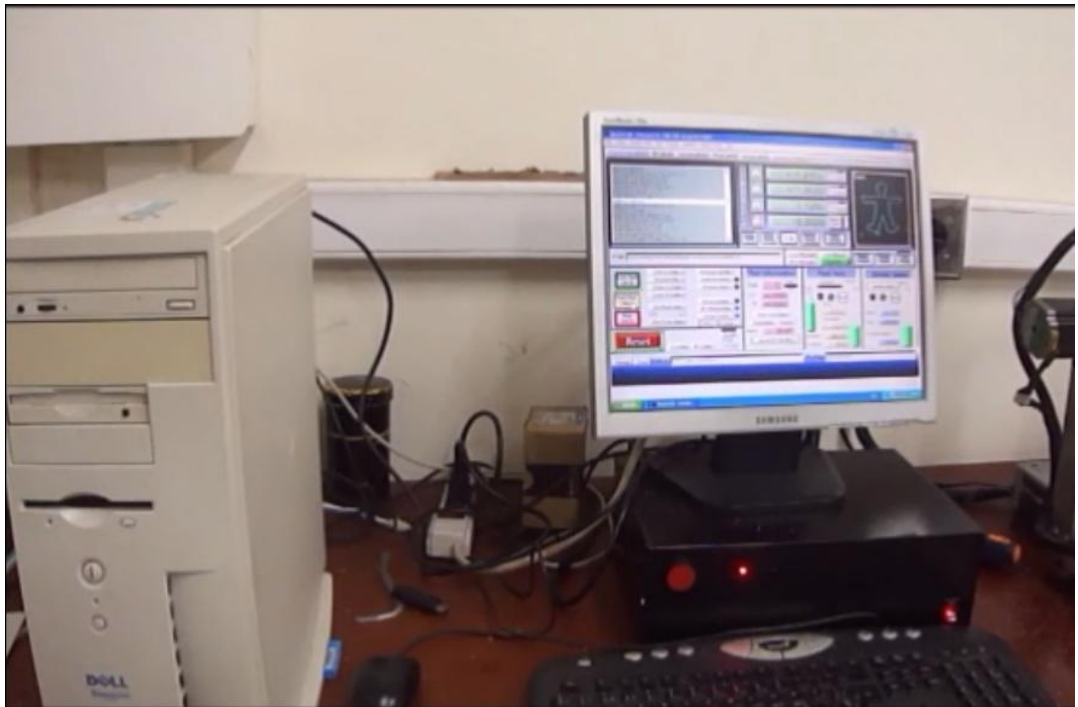


Para una parada de emergencia



Como vemos en la figura debemos activar el pin 15. Este nos permite, a través de una señal de entrada es decir un pulsador detener los movimientos que se encuentre realizando la máquina.

## ESTACION DE TRABAJO



Como vemos la estación de trabajo para el MINI-ROUTER CNC está compuesto por el computador, monitor, teclado, mouse y la caja de control que se encuentra en la parte inferior del monitor. Es importante tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Encender primero la pantalla y el monitor.
2. Iniciar el software Mach3
3. Por ultimo encender la caja de control.

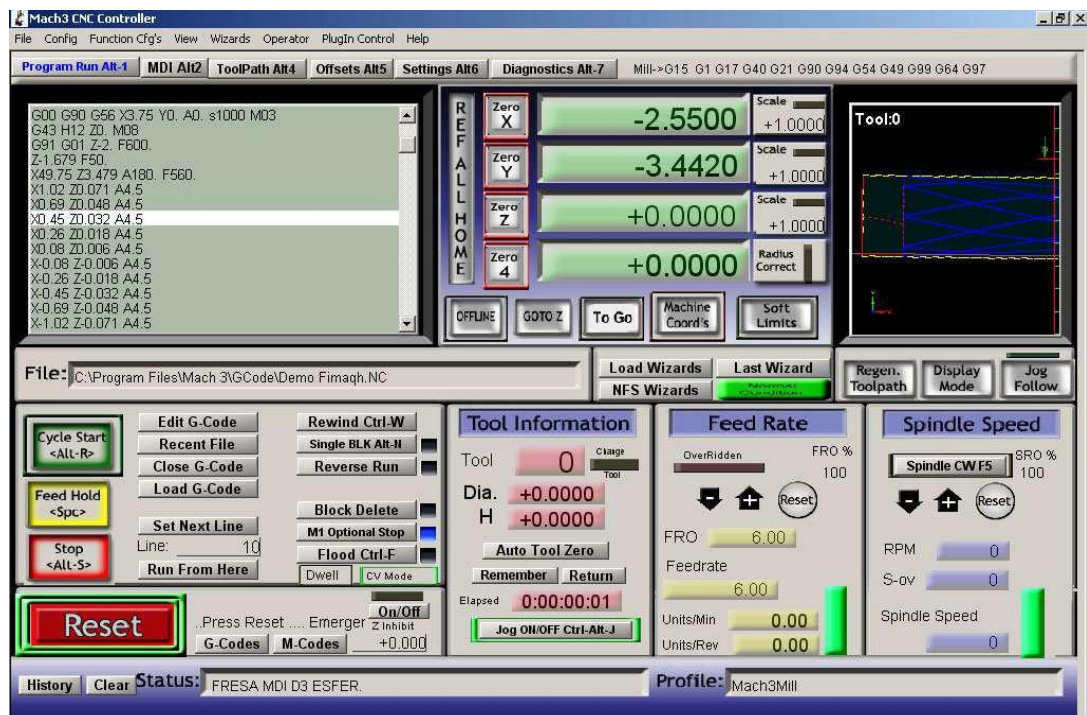
La conexión que se debe realizar es por medio del cable paralelo del computador a la caja de control, ya que por medio de él se envían las señales digitales para los movimientos necesarios para la máquina.

## GUIA RAPIDA DEL MACH3

Estas páginas no intentan ser un manual completo de uso de Mach3, la idea es tener una referencia rápida de sus componentes más importantes. La documentación completa del software se puede bajar directamente de Internet del sitio de su desarrollador: <http://www.machsupport.com/documentation.php> La misma se encuentra en inglés, además en este sitio se podrán ver videos y otras guías de ayuda.

- Esta es la pantalla principal de Mach3

Se puede acceder a la misma desde cualquier parte del programa apretando ALT-1 en el teclado.



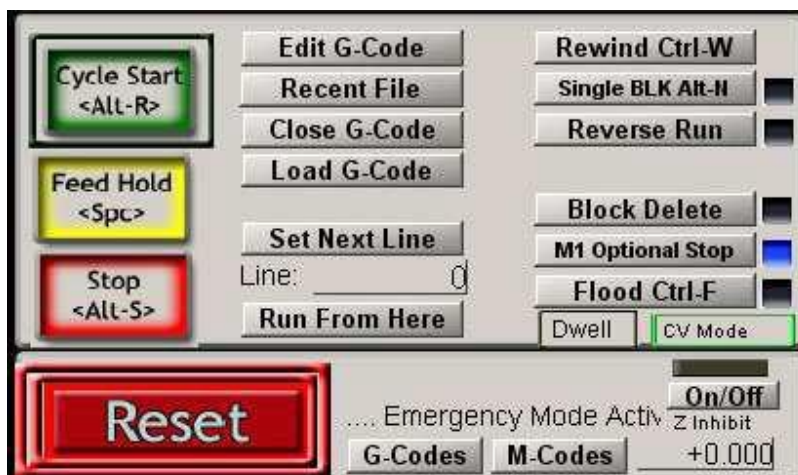
Al arrancar el programa, el botón de Reset debería estar titilando, lo que indica que el programa no hará mover la maquina hasta tanto se

presione este botón y quede de color verde. Para que el botón quede en verde la maquina CNC tiene que estar previamente prendida, con el botón rojo de reset liberado y con los interruptores de fin de carrera sin presionar, caso contrario dará un mensaje de error.

Luego de que Mach3 se encuentre operativo, lo siguiente que hay que hacer es referenciar los ejes para que Mach3 sepa donde se encuentran los cero de la tabla, estos concuerdan con los interruptores de fin de carrera y también serán utilizados por los fines de carrera virtuales (Soft Limits)

Ahora veamos una explicación detallada de cada una de las secciones que componen la pantalla principal de Mach3.

#### Sección de control del programa código G



**Cycle Start:** Inicia el programa que se encuentra cargado, o reinicia uno que fue pausado /parado.

**Feed Hold:** Pausa el programa sin detenerlo Stop: para el programa y el husillo.

**Edit G-Code:** Si hay un programa cargado permite editarlo sin salir de Mach3. Si no hay ninguno, permite crearlo con el bloc de notas.

**Recent File:** Lista de los programas cargados recientemente.

**Close G-Code:** Cierra el programa que se encuentra actualmente cargado.

**Load G-Code:** Carga un programa desde el disco rígido o similar.

**Set Next Line:** Le indica a Mach3 desde que línea queremos arrancar un programa, en caso de no especificarse y el programa fue recién cargado, arranca desde la primera línea. En caso de que el programa haya sido parado durante su ejecución, en el campo Line dirá la línea actual, con Run From Here se memoriza este valor y con Cycle Start se reinicia el programa.

**Rewind:** Rebobina el programa como si lo cargáramos de cero.

**Single BLK:** Permite ejecutar el programa línea por línea, para pasar a la siguiente línea apretar el botón de Cycle Start. Para anular esta opción, volver a apretar este botón, el indicador azul al costado se apagará.

**Reverse Run:** Cuando este botón está activado el programa en lugar de avanzar a la línea siguiente lo hace a la anterior.

**Flood:** Arranca o detiene la bomba de refrigerante.

**G-Codes y M-Codes:** Referencia rápida de los códigos G soportados por el control numérico Mach3. Para volver a la pantalla principal apretar ALT-1 o el botón Program Run en la parte superior de la pantalla.

### Sección de posición y estado de los Ejes



**Ref All Home:** Este botón referencia todos los ejes a cero, es decir, lleva los mismos al extremo indicado por los interruptores de límite de carrera, este es el límite FÍSICO de la máquina.

**Machine Coord's:** Cuando este botón se encuentra enmarcado en color rojo, significa que estamos viendo la posición absoluta de los ejes.

Es importante diferenciar esta posición del cero del trabajo que se va a realizar en la máquina, estas coordenadas, las del trabajo a realizar, se ven cuando el botón Machine Coord's no se encuentra enmarcado en rojo. Una vez que los ejes están referenciados, los botones de cada eje tendrán un recuadro verde.

**Zero X/Y/Z/4:** Estos botones permiten ajustar el cero del trabajo a realizar luego de desplazar la tabla hasta la posición deseada. Estos botones no funcionan cuando el botón Machine Coord's se encuentra en marcado en rojo (posición absoluta de la maquina)

**Offline:** Permite ejecutar el programa cargado pero sin mandarle las instrucciones a la Maquina, es decir, simula la ejecución del programa.

**Goto Z:** Mueve automáticamente los ejes al cero del trabajo.

**Soft Limits:** Activa/Desactiva los fines de carrera virtuales, estos son muy útiles como primer aviso de que estamos llegando a los extremos útiles de los ejes y permiten configurar la desaceleración de los ejes hasta llegar a los interruptores de fin de carrera.

**Scale X/Y/Z:** Permite llevar los valores de cada eje a un valor en escala. Un valor de 0.5 divide por dos los valores del programa para el eje en cuestión.

## Sección de configuración de herramientas



La máquina que está usando no posee cambio automático / rápido de herramientas, es por eso que esta sección no es de gran uso, es útil en el caso de que tenga uno de los sistemas mencionados porque le permitirá hacer uso de una tabla predefinida de herramientas. La herramienta número 0 es un valor que no se puede modificar y se usa cuando no se dispone de cambiador de herramientas.

El botón Jog ON/Off habilita/deshabilita el movimiento manual de los ejes mediante los cursores o el Mouse.

## Sección de avance



**Feedrate:** Permite ingresar un avance para movimientos de corte. Para ingresar un valor, marcar este campo con el Mouse y luego ingresar el valor deseado, luego apretar Retorno en el teclado para confirmarlo, en caso de no hacerlo el valor no quedará registrado.

**FRO:** (Feed Rate Override) este campo muestra el valor del avance actual, en caso que el mismo se haya alterado subiendo o bajando la barra verde.

**Reset.** Lleva nuevamente el avance al valor ajustado en el campo Feedrate.

**Units/Min:** Mientras se ejecuta un programa, muestra la velocidad actual de avance, este valor varía con las aceleraciones/desaceleración.

## Sección de control de Husillo



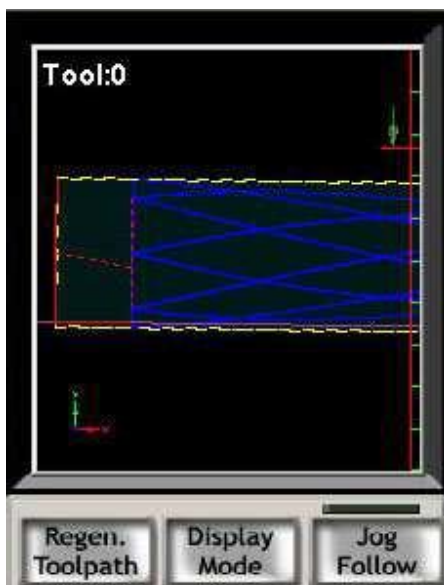
Esta sección es similar a la anterior, pero en lugar de referirse al avance de los ejes se refiere a la velocidad del husillo.

**Spindle Speed:** Permite ingresar una velocidad para el husillo. Para ingresar un valor, marcar este campo con el Mouse y luego ingresar el valor deseado, luego apretar Retorno en el teclado para confirmarlo, en caso de no hacerlo el valor no quedará registrado

**S-ov:** (Spindle Override) este campo muestra la velocidad actual del husillo, en caso que el mismo se haya alterado subiendo o bajando la barra verde.

**Reset:** Lleva nuevamente la velocidad al valor ajustado en el campo Spindle Speed.

## Visualización del Programa



En esta sección vemos una representación visual del programa código G que se encuentra cargado.

**Regen Toolpath:** Cada vez que modifiquemos el cero del trabajo deberemos apretar este botón para regenerar el dibujo para que se posicione

**Display Mode:** alterna entre un detalle del trabajo en particular y la visualización del mismo en la mesa de trabajo.

**Jog Follow:** alterna la forma en que se va viendo el trabajo mientras se está realizando.

## Modo MPG

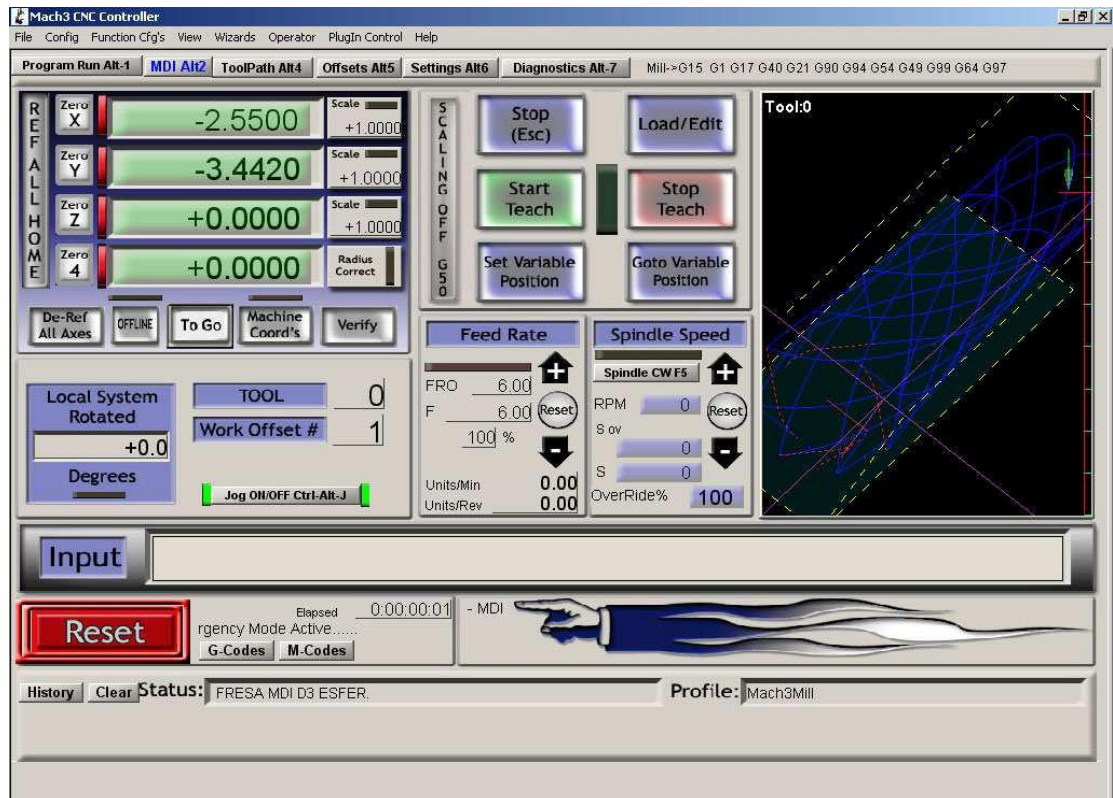


Al apretar la tecla TAB en el teclado aparece sobre el margen derecho de la pantalla este control, con en el mismo podremos mover todos los ejes usando las flechitas verdes/rojas en la parte inferior.

Podremos también alterar el valor, en terminos porcentuales, de los movimientos rápidos de posicionamiento mediante el campo Slow Jog Rate.

## Pantalla MDI

Se puede acceder a esta pantalla desde cualquier parte del programa apretando en el teclado las teclas ALT-2



Esta pantalla es muy similar a la anterior, la gran utilidad de la misma es la posibilidad de ingresar líneas individuales de código G, esto se hace haciendo clic con el Mouse en el campo Input, cualquier código G que se ingrese aquí será ejecutado instantáneamente luego de apretar la tecla Retorno en el teclado.

## **MANTENIMIENTO**

Para el cuidado del MINI-ROUTER CNC, antes de su funcionamiento es necesario, realizar una inspección del engrase de los rodamientos y de los tornillos de potencia para un mejor funcionamiento.

En caso necesario de desarmar, tener en cuenta cada uno de los planos establecidos por la máquina, la alineación respectiva, y mantener un espacio limpio y amplio para un adecuado despiece.