



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

TEMA

**“SISTEMA ELECTRÓNICO DE CORTE DE PIEZAS EN CUERO
NUBUCK PARA LA CONFECCIÓN DE CALZADO”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación,
presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y
Comunicaciones

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas Embebidos

AUTOR: Alberto Vladimir Paredes Castro

PROFESOR REVISOR: Ing. Freddy Robalino, Mg

Ambato – Ecuador

Julio de 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “SISTEMA ELECTRÓNICO DE CORTE DE PIEZAS EN CUERO NUBUCK PARA LA CONFECCIÓN DE CALZADO” del señor Paredes Castro Alberto Vladimir, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe de investigación reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Julio 2015

EL TUTOR

Ing. Freddy Robalino, Mg.

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado “SISTEMA ELECTRÓNICO DE CORTE DE PIEZAS EN CUERO NUBUCK PARA LA CONFECCIÓN DE CALZADO” es absolutamente original, auténtico y personal en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicas que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio 2015

Paredes Castro Alberto Vladimir

CC.: 1804614426

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad

Ambato, Julio 2015

Paredes Castro Alberto Vladimir

CC.: 1804614426

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “SISTEMA ELECTRÓNICO DE CORTE DE PIEZAS EN CUERO NUBUCK PARA LA CONFECCIÓN DE CALZADO” presentado por el señor Paredes Castro Alberto Vladimir de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Vicente Morales, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Santiago Altamirano, Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Patricio Córdova, Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios a mis padres Alberto Paredes y Lorena Castro por su dedicación, confianza e infinito amor puesto en mí durante toda mi vida estudiantil.

A mis hermanas Alison y Camila porque siempre han estado allí en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi familia por brindarme tantos consejos que me han convertido en una persona de bien.

A mi pareja sentimental, Anita, por ser mi apoyo incondicional, por su paciencia y comprensión.

A mí mismo como una muestra de todo lo que puedo lograr con esfuerzo y dedicación.

Alberto Vladimir Paredes Castro

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS.....	XIX
INTRODUCCION	XX
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Delimitación.....	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes investigativos	4

2.2 Fundamentación Teórica.....	5
2.2.1 Cuero.....	5
2.2.2 Curtido de cuero.....	5
2.2.3 Tipos de cuero.....	8
2.2.4 Corte de cuero.....	8
2.2.5 Control industrial.....	11
2.2.6 Automatización.....	11
2.2.7 Sistema Electrónico.....	13
2.2.8 Sistemas de control.....	14
2.2.9 Tarjetas de control.....	16
2.2.10 Microcontrolador.....	17
2.2.11 FPGA.....	18
2.2.12 Arduino.....	19
2.2.13 Arduino Uno.....	20
2.2.14 Arduino Mega 2560.....	21
2.2.15 Arduino Fio.....	22
2.2.16 Reprap Arduino Mega Pololu sheld (RAMPS).....	23
2.2.17 Controlador A4988.....	25
2.2.18 Actuador.....	26
2.2.19 Actuadores Eléctricos.....	27
2.2.20 Motor paso a paso.....	27
2.2.21 Servomotores.....	31
2.2.22 Sistema de transmisión.....	32
2.2.23 Rodamiento.....	34
2.2.24 Pronterface.....	36
2.2.25 Netfabb.....	37

2.2.26 Replicatorg	38
2.2.27 Sensor de posición	39
2.2.28 Modulación por ancho de pulso (PWM)	40
2.2.29 Micropasos	42
2.2.30 Formato stl	42
2.2.31 Código G	43
2.3 Propuesta de Solución	43
CAPÍTULO III	44
METODOLOGÍA	44
3.1 Modalidad de la Investigación	44
3.2 Población y Muestra	44
3.3 Recolección de la Información	45
3.4 Procesamiento y Análisis de datos	45
3.5 Desarrollo del Proyecto	45
CAPÍTULO IV	46
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	46
4.1 Análisis de requerimientos:	51
4.1.1 Requisitos del usuario (Administrador):	51
4.1.2 Requisitos del usuario (Operador):	52
4.1.3 Requisitos Técnicos:	52
4.1.4 Requisitos de diseño:	52
4.1.5 Tipos de corte de cuero	53
4.1.6 Tamaños de las piezas de cuero	54
4.2 Selección de elementos	54
4.2.1 Tipo de cuero a trabajar	54
4.2.2 Actuador	55

4.2.3 Sistema Electrónico.....	58
4.2.4 Fuente de poder	62
4.3 Diseño del sistema.....	63
4.3.1 Diseño del eje x.....	63
4.3.2 Diseño del soporte para el sistema de corte	68
4.3.3 Diseño del eje y	71
4.3.4 Diseño del Sistema de Transmisión en X-Y	74
4.3.5 Diseño del Mecanismo Z	80
4.3.6 Diseño del sistema de corte	84
4.3.7 Elaboración de la estructura del sistema electrónico	87
4.3.8 Rediseño del módulo de control para el sistema electrónico utilizando Hardware libre.....	89
4.3.9 Diagramas de flujo para el control del Sistema Electrónico	90
4.3.10 Selección y programación del controlador basado en Software Libre Sistema Informático	96
4.4 Implementación del sistema	101
4.4.1 Construcción del eje X	101
4.4.2 Construcción del eje Y	102
4.4.3 Construcción del eje Z	103
4.4.4. Acoplamiento de la interface con el sistema electrónico basado en software libre	104
4.4.5 Ensamblaje de los componentes del Sistema Electrónico.....	105
4.5 Pruebas y corrección de errores	106
4.5.1 Pruebas del sistema mecánico	106
4.5.2 Realización de pruebas de funcionamiento.....	108
4.6 Evaluación:.....	111
CAPÍTULO V	116

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
5.1 CONCLUSIONES	116
5.2 RECOMENDACIONES	118
Bibliografía:	119
Anexos	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 Zonas en que se divide la piel	6
Fig.2.2 .Etapa de curtido de cuero.....	6
Fig.2.3. Etapa recurtido de cuero	7
Fig.2.4. Etapa de acabo de cuero.....	7
Fig. 2.5. Corte de cuero automatizado	9
Fig.2.6 Corte de cuero artesanal.....	10
Fig. 2.7 Piezas de cuero para zapatos.....	10
Fig. 2. 8. Modelo estructural de un sistema automatizado.....	12
Fig. 2.9 Pirámide de automatización.....	13
Fig. 2.10 Diagrama de bloques de un sistema electrónico	14
Fig. 2. 11 Circuito de lazo abierto.....	15
Fig. 2.12 Circuito de lazo cerrado	15
Fig. 2.13. Esquema de un Microcontrolador.....	18
Fig. 2.14. Arquitectura básica de un FPGA	18
Fig. 2.15: Tarjeta Arduino Uno	20

Fig. 2.16: Arduino Mega/2560.....	22
Fig. 2.17: Arduino Fio.....	23
Fig. 2.18 Estructura RAMPS 1.4	24
Fig. 2.16. Controlador A4988	25
Fig. 2.17. Partes de un motor paso a paso	28
Fig. 2.18 Motor Bipolar	28
Fig. 2.19 Motor Unipolar de 5 y 6 hilos.....	29
Fig. 2.20 Servomotor eléctrico de baja potencia.....	32
Fig. 2.21 Servomotor eléctrico de alta potencia.....	32
Fig. 2.22. Sistema de polea- correa de sincronización	33
Fig. 2.23. Rodamiento lineal	35
Fig. 2.24 Interfaz gráfica de Pronterface.....	36
Fig. 2.25 Interfaz gráfica de netfabb	37
Fig. 2.26 Interfaz gráfica de Replicatorg	39
Figura 2.27. Sensores de final de carrera	40
Fig. 2.28. Señal de onda cuadrada de amplitud acotada ($y_{min} - y_{max}$) de ciclo de trabajo D.....	41
Fig. 4.1 Motor Nema 17 /3.2 Kg/cm.....	57
Fig. 4.2 Esquema del Sistema Electrónico.....	58
Fig. 4.3. Esquema del sistema electrónico para corte de cuero.....	63
Fig. 4.4 Esquema de proceso del Diseño del Sistema.....	63
Fig. 4.5. Soporte - Eje X	64
Fig. 4.6. Diagrama de cuerpo libre en el eje X	65
Fig. 4.7 Carga, fuerza cortante y momento flector en el Eje X.....	66
Fig. 4.8. Soporte para el sistema de corte en el eje X	69
Fig. 4.9 Diagrama de cuerpo libre del soporte del sistema de corte	69

Fig. 4.10. Carga, fuerza cortante y momento flector en el Soporte	70
Fig. 4.11. Soporte - Eje Y	71
Fig. 4.12. Carga, fuerza cortante y momento flector en el Eje Y.....	72
Fig. 4.13 Diagrama de cuerpo libre en los ejes X-Y	74
Fig. 4.14. Diagrama del sistema de poleas en los ejes X-Y	76
Fig. 4.15: Diagrama de cuerpo libre Polea – Motor.....	77
Fig. 4.16. Correa Síncrona GT2	80
Fig. 4.17: Volumen máximo del modelo cortado	80
Fig. 4.18: Soportes - Eje Z	81
Fig. 4.19 Porta cuchillas del Sistema de corte	85
Fig. 4.20 Desplazamiento offset de la cuchilla	86
Fig. 4.21 Medidas de la cuchilla	86
Fig. 4.22 Sistema de corte (porta cuchilla, cuchilla de 60° de corte).....	87
Fig. 4.23 Adaptador para el Sistema de corte	87
Fig. 4.24 Adaptador conjuntamente con el Sistema de corte	87
Fig. 4.25 Estructura del Sistema Electrónico	88
Fig. 4.26 Diagrama de cables del Sistema Electrónico	88
Fig. 4.27. Diseño final del sistema electrónico	89
Figura. 4.28 Esquema general de control del sistema electrónico	90
Fig. 4.29. Diagrama de flujo del Programa Principal	91
Fig. 4.30. Diagrama de flujo del sistema electrónico en modo automático	92
Fig. 4.31. Diagrama de flujo del Sistema Electrónico en modo manual.....	93
Fig. 4.33. Diagrama de flujo proceso de funcionamiento del software para el corte (Pronterface).....	94
Fig. 4.34 Conexión Arduino Mega y driver A4998 (Eje x)	95
Fig. 4.35 Conexión Arduino Mega y driver A4998 (Eje Y)	95

Fig. 4.36 Conexión Arduino Mega y driver A4998 (Eje Z)	95
Fig. 4.37. Conexión Arduino Mega y Finales de carrera X-Y-Z	96
Fig. 4.38 Rendimiento del motor con la velocidad de Pronterface	100
Fig. 4.39. Construcción del eje X.....	101
Fig. 4.40 Construcción del eje Y.....	102
Fig. 4.41. Construcción del eje Z.....	104
Fig.4.42 Comunicación de la interface con el Sistema Electrónico.....	105
Fig. 4.43 Conversor USB a TTL.....	105
Fig. 4.44. Prototipo terminado	105
Fig. 4.45 Conexión entre Pronterface y sistema electrónico.....	108
Fig. 4.46 JOG de Pronterface	108
Fig. 4.47 Diseño pieza 1.....	109
Fig. 4.48 Diseño pieza 2.....	109
Fig. 4.49 Diseño pieza 3.....	109
Fig. 4.50 Movimiento de los ejes	109
Fig. 4.51 Final de carrera en el eje z	109
Fig. 4.52 Cuero en la base de sujeción.....	110
Fig. 4.53 piezas de cuero cortada	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características básicas de la placa Arduino uno	21
Tabla 2.2. Características básicas de la placa Arduino Mega/2560	22
Tabla 2.3. Características básicas de la placa Arduino Fio	23
Tabla 2.8 Configuración de pasos del controlador A4988.....	26
Tabla 2.9 Secuencia de control motor bipolar	29
Tabla 2.10 Secuencia paso simple	30
Tabla 2.11 Secuencia paso doble	30
Tabla 2.12 Secuencia medio paso	31
Tabla 2.13 Ventajas y Desventajas de un sistema por banda de sincronización...	34
Tabla 2.14 Características de Pronterface	37
Tabla 2.15 Características de Netfabb	38
Tabla 2.16 Características de Replicatorg.....	39
Tabla 4.1 Requisitos de Diseño.....	53
Tabla 4.2. Dimensiones de las piezas de cuero.....	54
Tabla 4.3 Características técnicas del cuero Nubuck.....	55
Tabla 4.4 Comparación de actuadores	56
Tabla 4.5 Características técnicas del motor Nema 17 /3.2 Kg/cm	58
Tabla 4.6 Comparación entre arduinos	59
Tabla 4.7 Características técnicas del Arduino Mega 2560	60
Tabla 4.8 Consumo de Energía del Sistema Electrónico	62
Tabla 4.9 Características técnicas de la fuente.....	62
Tabla 4.10. Peso aproximado del Mecanismo del Eje X	64
Tabla 4.11 Dimensiones del Rodamiento Lineal LM8UU	68

Tabla 4.12. Peso aproximado del mecanismo.....	71
Tabla 4.14. Características de la Polea GT2	79
Tabla 4.15. Peso aproximado del Mecanismo Z.....	81
Tabla 4.16 Tipos de cuchillas para plotters.....	86
Tabla 4.17 Características de Pronterface	97
Tabla 4.18 Dependencias para instalación de Pronterface en Windows 7.....	99
Tabla 4. 19. Tabla de seleccionamiento de velocidad de los motores paso a paso 100	
Tabla 4.20 Elementos del eje X	101
Tabla 4.21 Elementos del eje	103
Tabla 4.21 Elementos del eje Y	104
Tabla. 4.22 Tabla de resultados.....	111

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un sistema electrónico de corte de piezas en cuero Nubuck para la confección de calzado, con el objetivo de cumplir con este propósito se ha realizado una investigación a los pequeños y medianos productos sobre las distintas técnicas que emplean para realizar el corte de dicho material, del mismo modo sobre diseños, formas y tamaños de las piezas en cuero de manera que se establezcan los parámetros necesarios que se requiere para obtener un óptimo corte.

Una vez obtenido el diseño con la ayuda de herramientas gráficas, el diseño es procesado mediante un software de plataforma libre, este se encarga de pasar el diseño a un lenguaje de código G, este es enviado a la tarjeta de control, ordenando a los motores que a través de mecanismos de movimientos generen el desplazamiento tanto de la base donde se encuentra el cuero y de la cuchilla, produciendo la interacción entre ellas dando como resultado el corte de cuero.

Palabras clave: sistema, cuero, código G, Nubuck, corte, confección.

ABSTRACT

This project aims to develop an electronic system for cutting pieces Nubuck leather for making shoes, in order to meet this purpose has conducted research for small and medium products on the different techniques used for cutting of the material, just as in designs, shapes and sizes of the pieces of leather so that the necessary parameters required for optimal cutting established.

After obtaining the design with the help of graphical tools, the design is processed by software free platform, it is responsible for passing the design language G code, it is sent to the control board, ordering the motors through mechanisms that generate the displacement movements of both the base where the leather is and blade, producing their interaction resulting cutting leather.

Keywords: *system, leather, G code, Nubuck, cutting, sewing.*

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

CAD	Computer aided design - Diseño asistido por ordenador
CNC	Computerized numerical control - Control numérico computarizado
CPU	Central processing unit - Unidad de proceso central
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory- Memoria programable borrrable de solo lectura
FPGA	Field Programmable Gate Array - Arreglo de compuertas programables en campo
PWM	Pulse-width modulation - Modulación por ancho de pulsos
RAM	Random-Access Memory - Memoria de acceso aleatorio
RAMPS	RepRap Arduino Mega Pololu Shield-
ROM	Read-only memory - Memoria de solo lectura
STL	Standard Template Library - Biblioteca de plantillas estándar
SRAM	Static Random Access Memory - Memoria estática de acceso aleatorio
TTL	Transistor–transistor logic - Lógica transistor transistor

INTRODUCCION

En el presente proyecto se desarrolló el prototipo de un sistema electrónico de corte de piezas en cuero Nubuck para la confección de calzado.

Este sistema electrónico, se encuentra construida sobre un chasis de metal, la mismas que permite la sujeción y el acoplamiento de las estructuras de las coordenadas “X”, “Y” y “Z”. Para el control de posición y velocidad se emplean motores paso a paso.

El control está basado en dos partes: software y hardware, en la parte de software se programa el sistema mediante G- Code estos códigos de avance le dicen al sistema que movimientos, giros y cortes debe realizar interviene Pronterface y una herramienta gráfica, en el hardware se encuentra la tarjeta principal que emplea la tecnología arduino la cual mediante pulsos PWM comanda los motores paso a paso además posee interruptores de encendido on/off para los sensores de posición.

En el primer capítulo del proyecto se analiza el problema, las delimitaciones, los objetivos y la justificación, es elemental ya que de este capítulo partirá el desarrollo del proyecto

En el segundo capítulo se realizó un estudio del marco teórico, antecedentes investigativos obteniendo la recopilación de la información más necesaria para ser utilizada posteriormente.

En el tercer capítulo se define la metodología para la investigación a seguir planteando un cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto.

En el cuarto capítulo se explica el desarrollo del sistema electrónico, partiendo de su diseño y cálculos pertinentes, luego se procede a la construcción y ensamblaje del sistema para finalizar con las pruebas pertinentes para comprobar su funcionamiento.

En el quinto capítulo se redacta las conclusiones y recomendaciones, ya una vez que se ha terminado el proyecto del sistema electrónico de corte de piezas en cuero.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

**SISTEMA ELECTRÓNICO DE CORTE DE PIEZAS EN CUERO NUBUCK
PARA LA CONFECCIÓN DE CALZADO**

1.2 Planteamiento del problema

La elaboración de calzado es una industria global, generadora de miles de fuentes de trabajo directas e indirectas, en el año 2013 APICCAPS Asociación Portuguesa de la Industria del Calzado, Componentes y Artículos de Cuero, estima que se confeccionó mundialmente un total de 22 mil millones de pares de zapatos. La mayor parte se elabora en el Continente Asiático con un porcentaje del 87% de la producción del mundo, la República Popular China ocupa el primer lugar en producción [1], para el 2015 se espera que el mercado global del calzado alcance los 195 mil millones de dólares de acuerdo a las estimaciones de Global Industry Analysts [2]. Sin embargo, deben considerarse diferentes factores para lograr un posicionamiento del producto en el mercado como: diseño, calidad y acabados por esta razón las empresas deben tener en cuenta los costos de producción y venta, la inversión económica juega un papel muy importante para ofrecer un artículo en buenas condiciones, algunos fabricantes han hecho uso de las nuevas tendencias tecnológicas para el desarrollo de equipos especializados en el corte de cuero [3].

En el Ecuador las provincias de Azuay y Tungurahua se destaca el potencial industrial y artesanal en la confección de productos de cuero especialmente calzado, este sector es de mucha importancia para el gobierno nacional ya que forma parte del programa del cambio de la matriz productiva, junto con ello se han desarrollado

incentivos y normativas que estimulan el crecimiento pero también exigen mayores estándares de calidad en los productos derivados del cuero que se comercializan en el mercado nacional. [4]

Los pequeños y medianos productores carecen de capital económico para adquirir equipos automáticos, ya que el costo de una cortadora computarizada de cuero varía entre 50.000 y 200.000 mil dólares dependiendo del modelo y del tipo de operación que realice con la materia prima [3]. Un estudio realizado por la INSOTEC informa que este sector tiene un 84% de productores utilizando tecnología semiautomática y de acondicionamiento manual[5], los diferentes tipos de cuero necesitan un cuidado especial, Nubuck es la piel que se destaca para la confección del calzado, el proceso de corte es realizado de forma manual, lo cual resulta muy complejo por el cuidado especial que requiere en muchos de los casos, este procedimiento ocasiona desperdicio del material y sobretodo la confección toma más tiempo causando pérdidas económicas a los productores.

1.3 Delimitación

Delimitación de Contenidos

- Área Académica: Física y Electrónica
- Línea de Investigación: Sistemas Electrónicos
- Sublínea de Investigación: Sistemas Embebidos

Delimitación Espacial

El presente proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, en la empresas de calzado Gusmar y LIWI.

Delimitación Temporal

El proyecto se realizará en seis meses a partir de su aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4 Justificación

El uso de equipos automáticos incrementa circunstancialmente la productividad de una empresa dedicada a la manufactura y confección de calzado, los productores artesanales se ven obligados a generar mayor producción, por lo que necesitan de procedimientos autónomos para mejorar la producción de sus pequeñas empresas.

El sistema electrónico de corte de piezas en cuero Nubuck para la confección de calzado es factible realizar mediante uso de hardware y software libre los que se encargarán del control del proceso automático, en el mismo se plantea tener un sistema de movimiento tridimensional de los ejes para lograr el correcto desplazamiento de la cuchilla de corte, el uso de la tecnología reduce circunstancialmente la mano de obra, eliminando errores en el trazo de la materia prima para la confección de calzado, además genera una mayor producción, permite obtener un producto de mayor calidad, los beneficiarios del proyecto serán los productores artesanales quienes podrán hacer uso de los avances tecnológicos a bajos costos, en el desarrollo del proyecto se contara con la supervisión constante y continua de los señores docentes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de un sistema electrónico de corte automatizado de piezas en cuero Nubuck para la confección de calzado

1.5.2 Objetivos Específicos

- Estudiar el estado actual del corte en cuero para calzado
- Analizar los componentes electrónicos y el software libre disponible para el sistema de corte automatizado.
- Diseñar e implementar un prototipo de un sistema electrónico de corte automatizado de piezas en cuero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Dentro de la bibliografía revisada se ha encontrado pocos documentos referentes a mecanismos de corte y sistemas de movimientos lineales, que han servido de guía para el desarrollo de este proyecto.

Carlos Lugmania y Wilson Vásquez, en su trabajo indican que su prototipo realiza el corte en materiales blandos mediante el movimiento del cabezal proyector del láser, desplazándose automáticamente en 2 ejes de traslación (“X” e “Y”), controlado mediante una tarjeta DSP que utiliza motores paso a paso para el desplazamiento lineal. El corte es concebido por el enfoque del rayo láser formado mediante una unidad de radio frecuencia conectada a un tubo sellado que contiene una mezcla de gases (CO₂, He, N, H), que por la interacción de los mismos permite la concepción de fotones, responsables de la generación de luz láser. [6]

De la misma manera Marco Freire y Telmo García explican que su cortadora está construida sobre una mesa de soporte que contiene rodillos de presión y vulcanizados para mantener el material uniforme dentro de la zona de corte, contiene tres cuchillas circulares sobre un eje, su movimiento se lo consigue con la ayuda de un motor ubicado en la parte inferior de la estructura central, éste transmite la potencia al eje porta cuchillas con la ayuda de una banda y poleas, mientras el fomix hace contacto con un final de carrera para así poder realizar su corte final. [7]

Por ultimo Fausto Acuña y Wilson Sánchez en su proyecto contiene un microcontrolador que controla la posición y velocidad de los motores paso a paso que accionan los ejes “x”, “y”, “z” de la máquina, así como también el motor del cabezal taladrador, a partir de un diseño gráfico, enviando la información por el puerto serial utilizando el protocolo de comunicación RS232 desde el software Mastercam hasta el Microcontrolador para procese los datos. El taladro contiene 5 brocas de vástago cilíndrico, 3 fresas de vástago; que serán sujetas en el mandril porta brocas del cabezal taladrador. La manera que se sujetará el material a perforar es sobre la mesa de coordenada “x” y para su adherencia se usará cinta doble faz. [8]

Todas estas fuentes proporcionan información que es de mucha utilidad para el desarrollo de este proyecto por la validez científica que poseen, de esta manera se puede tener un mejor concepto sobre del tema a investigar

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Cuero

El cuero proviene de una capa de tejidos que recubre a los animales, tiene propiedades de resistencia y flexibilidad bastante apropiadas para la manipulación. Es el material natural más utilizado en la fabricación de zapatos, correas, carteras, cinturones etc. Es extraído principalmente de vacas, terneras, ovejas, cabras y cerdos. [9]

2.2.2 Curtido de cuero

En el curtido la piel de distintos animales es convertida en cuero para lo cual se comprende cuatro etapas que se describen a continuación: [9]

- Ribera
- Curtido
- Recurrido
- Acabado

Ribera: En esta etapa la piel es sometida a sucesivas etapas de remojo y lavado para remover impurezas y rehidratar las pieles, que en su gran mayoría son conservadas con sal. Una vez separada la piel de la carne del animal, se recorta la piel del cuello, crupón y falda. Las pieles se limpian con agua y detergente de toda materia extraña como tierra, sangre, etc., para eliminar el pelo se somete a un ataque químico con cal y sulfuro de sodio, se utilizan aminos que da como resultado la piel limpia para continuar con la siguiente etapa. fig.2.1 [9]

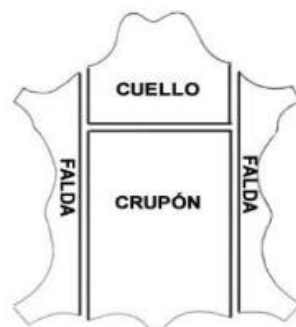


Fig.2.1 Zonas en que se divide la piel
Fuente: Huiki How [13]

Curtido: Es la transformación de la piel en el cuero comercial, a través de un proceso de fijación, en fulones durante un tiempo determinado dependiendo del tipo de producto a obtener. Posteriormente el cuero se lava para eliminar el exceso de curtiembre y luego se seca. Los agentes de curtido más usados son las sales de cromo y los curtientes naturales (taninos). fig. 2.2. [9], [10]



Fig.2.2 .Etapa de curtido de cuero
Fuente: curtido de pieles [13]

Recurtido: Es el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos con el objetivo de obtener un cuero más lleno, con mejor resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura que no se han podido obtener con la sola curtición inicial los agentes utilizados como: sales de cromo, recurtiertes naturales y/o artificiales. Genera efluentes ácidos, materia orgánica, tintes y. cromo fig.2.3. [10]



Fig.2.3. Etapa recurtido de cuero
Fuente: curtido de pieles [13]

Acabado: Es la etapa final donde obtiene características esencial sobre el aspecto, tacto y solidez de la piel. Se humedece el cuero con un paño, luego con una espátula se procede al estirado y eliminación de los restos de tejido subcutáneo, se lija la superficie con el fin de darle máxima elasticidad posible, se le da brillos mediante el uso de un taco de madera pulido fig. 2.4. [10]



Fig.2.4. Etapa de acabo de cuero
Fuente: CIATEC [12]

2.2.3 Tipos de cuero

Cada empresa dedicada a la confección de calzado cuenta con diseñadores en su equipo de trabajo, quienes son los encargados de transformar las nuevas tendencias en artículos para calzado. Cada modelo consta de diferentes materiales acabados y un corto tiempo de vida en el mercado. [11]

Los tipos de cuero para la confección de calzado son los siguientes:

- **Cuero liso:** Es una piel natural de textura suave, su textura puede ser con pro, grabado, arrugado, brillante, o mate.
- **Cuero esmaltado:** Liso y con superficie de alto brillo obtenido por la aplicación de un esmalte en el cuero. la superficie es susceptible al daño mecánico, sustancias químicas corrosivas, humedad y heladas.
- **Cuero Nubuck:** Es la parte de la piel que está en contacto directo con la carne del animal. Ha sido lijada para darle una textura aterciopelada. También es muy sensible a la suciedad o manchas.
- **Gamuza:** Cuero verdadero sobre el lado de la carne, su superficie es la parte interior de la piel no la epidermis, dura menos que el Nubuck, tiene pelo en la superficie.

2.2.4 Corte de cuero

La confección de calzado cuenta con un proceso ordenado de pasos a realizar, la etapa más difícil y la más importante es el corte de cuero, ya que en esta etapa los rasgos son detallados y es en donde se empieza a dar forma al zapato. [14]

Existen dos procesos para corte de cuero:

- Industrial
- Artesanal

Corte de cuero Industrial

En la actualidad las empresas dedicadas a la confección de calzado y a otros tipos de productos están evolucionando, se ha implantado maquinaria altamente efectiva donde antes se utilizaba mano de obra. El mercado ofrece máquinas con mesas de trabajo, con sistemas de desplazamiento XY de alta confiabilidad, se trata de computadores desde los cuales se programa toda la información para el corte de cuero, los trazos son automáticos según las necesidades establecidas. La operación de estas máquinas es muy sencilla, el operario programa el corte utilizando las computadoras, monta las pieles en las áreas de corte y da inicio al proceso. El scanner capta la imagen de la piel y según el trabajo programado, ubica las formas y establece como debe efectuar los cortes. Cuenta con un cabezal de corte y con la ayuda de la cuchilla repasa el esquema previamente dibujado por el lapicero de la máquina en el cuero y procede a cortar como se muestra en la fig.2.5. Luego los operarios deben retirar de las áreas de trabajo, las piezas ya cortadas y los sobrantes o desperdicios de material. [13]. [14]



Fig. 2.5. Corte de cuero automatizado
Fuente: curtido de pieles [13]

Corte de cuero Artesanal

Este proceso es realizado de forma manual, se elige el tipo de cuero y se envía al taller del cortado, juntamente con los patrones del diseñador como se muestra en la Fig. 2.7, donde el experto corta cada pieza individual con un cuchillo como se muestra en la Fig. 2.6. Un buen cortador tiene que conocer bien el proceso completo de la confección de zapatos y las distintas propiedades de cada tipo de piel, por ejemplo el cuero Nubuck es un tipo de piel muy sensible y si no se trabaja con la

minuciosidad suficiente, en lugar de cortar las piezas de un zapato, se tendrá solamente material de desecho, basura.

Si durante el corte el cuchillo resbala accidentalmente y la pieza cortada resulta más pequeña de lo que la marca el patrón también le encontramos una utilidad.

La dirección en que se extiende la piel también es importante. Los patrones del corte deben colocarse sobre la piel de forma que esta se extienda longitudinalmente, no transversalmente.

Sobre cada pieza la identificación que indique claramente a qué zapato pertenece dicha pieza y si se trata de un fragmento correspondiente al zapato izquierdo o al derecho. Finalmente, se empaquetan en una pequeña bolsa y se envían al aparador.

[14]



Fig.2.6 Corte de cuero artesanal



Fig. 2.7 Piezas de cuero para zapatos

2.2.5 Control industrial

Se engloba desde un simple interruptor hasta el más complejo ordenador de proceso de un avión, se podría manifestar que es aquel que relaciona el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una acción de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto

Los primeros sistemas de control se desarrollaron con la revolución industrial de finales del siglo XIX y principios del siglo XX. En un inicio se fundamentaron exclusivamente en componentes mecánicos y electromecánicos, básicos como palancas, engranajes, pequeños motores y relés. Todos estos básicos componentes para el inicio del control industrial

Pero no fue hasta los años cincuenta donde iniciaron a utilizarse los semiconductores, que permitían el diseño de sistemas de menor tamaño y consumo, más rápidos y con menor desgaste para la demanda en la industria de un sistema económico robusto flexible hizo que se desarrollen los autómatas programables industriales es decir, sistemas que procesan a la vez señales analógicas y digitales. [15]

2.2.6 Automatización

La automatización surge con el objeto de utilizar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas que anteriormente eran realizadas por los seres humanos. De este concepto surge lo que hoy se conoce como sistema automático, el cual efectúa y controla las secuencias de operaciones sin la ayuda de la actividad humana; dichos sistemas se encuentran en varios campos: industrias, producción, servicios públicos, electrodomésticos, etc. [16]

La automatización tiene como característica principal el hacer funcionar un objeto o bien de forma semi-independiente el control humano; decimos “semi-independientes” porque aunque sean los dispositivos los que realicen la mayor parte del trabajo, para su correcto desempeño se necesita una supervisión humana. [16]

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte operativa
- Parte de mando

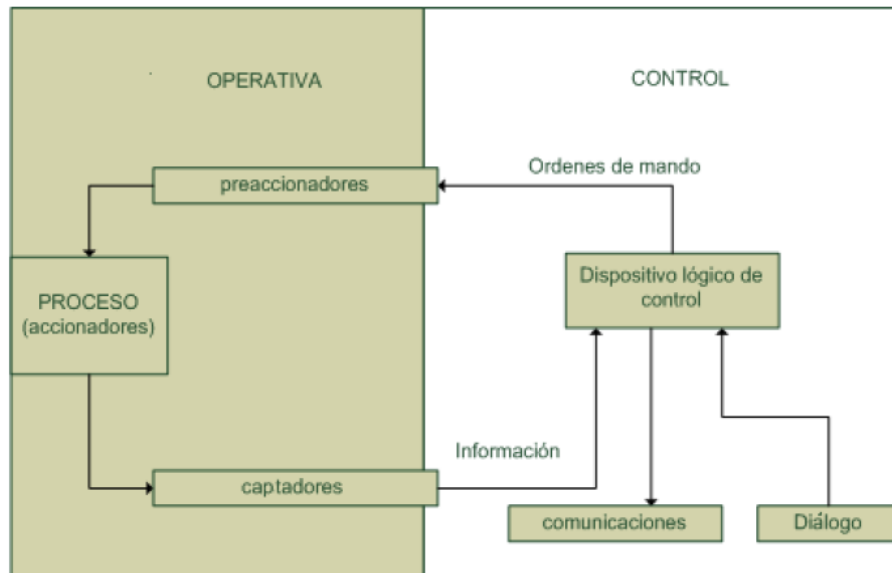


Fig. 2. 8. Modelo estructural de un sistema automatizado

Fuente: UTA [17]

Parte Operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Está formada por un conjunto de dispositivos, máquinas o subprocesos, diseñados para la realización de determinadas funciones. Contiene los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada tales como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera. [17]

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores. Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:

- Transductor todo o nada.
- Transductores numéricos.
- Transductores analógicos.

Parte de Mando

Dispositivo encargado de realizar el control, coordinar las operaciones encaminadas a mantener la Parte Operativa bajo un determinado funcionamiento preestablecido de antemano en las especificaciones de diseño, generalmente suele ser un programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). [17]

Niveles de Automatización

En la fig. 2.9 podemos observar claramente los niveles que la automatización puede alcanzar, empezando desde un nivel de campo en el cual encontramos todo tipo de sensores y actuadores, hasta llegar a un nivel de gestión en el cual podemos abarcar y relacionar todos los entes involucrados en un sistema SCADA; que es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de procesos a distancia.



Fig. 2.9 Pirámide de automatización

2.2.7 Sistema Electrónico

Es un conjunto de circuitos que contienen elementos activos y elementos pasivos, contienen dispositivos que transforman la energía eléctrica en otros tipos de energía. Todos los sistemas electrónicos constan de tres bloques que se describen a continuación: [18]

- **Bloque de entrada:** A través del cual se introduce la orden o señal, mediante un elemento accionador o un sensor.
- **Bloque de proceso:** Se ocupa de transformar la señal de entrada en otra capaz de accionar el módulo de salida
- **Bloque de salida:** Realiza la acción correspondiente para la que se diseñó.

En al fig. 2.10 se muestra el esquema general de un circuito eléctrico:

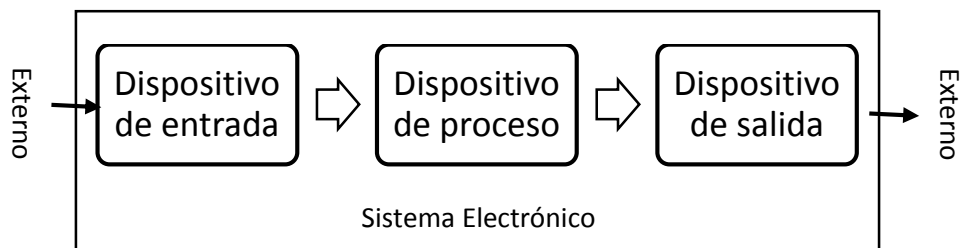


Fig. 2.10 Diagrama de bloques de un sistema electrónico

2.2.8 Sistemas de control

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del mismo. Su finalidad es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados. [19]

Un sistema de control cumple los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementarle y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Sistema de control de lazo abierto

Es un sistema en la cual su salida es un actuador que controla el proceso directamente, sin emplear realimentación. La precisión depende de una adecuada calibración del sistema controlado. El proceso actúa sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador como se indica en la fig. 2.11.

El mecanismo que se utiliza es el motor paso a paso ya que trabaja por medio de secuencias de pulsos digitales que existan de manera sincrónica cada una de sus bobinas dependiendo de la velocidad y torque requeridos. [19]

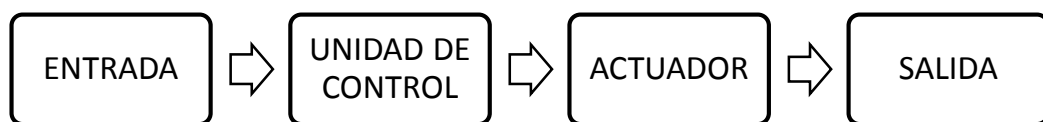


Fig. 2. 11 Circuito de lazo abierto

Sistema de control de lazo cerrado

Es un sistema que usa una señal de realimentación para compararla con la salida deseada, esta comparación entrega el error actuante, el mismo que ingresa al controlador para realizar el cálculo de la señal, esto permite reducir el error del sistema controlado. Actúa adecuadamente con perturbaciones y es recomendable usarlo cuando se desconozca la relación entre la señal de salida y entrada como se indica en la Fig. 2.12. [19]

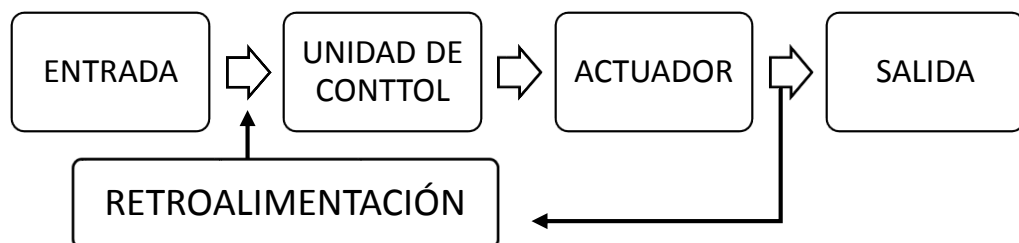


Fig. 2.12 Circuito de lazo cerrado

Sistema de control on/off

Es un control conocido como todo-nada o abierto o cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones: encendido (100%) y apagado (0%). [20]

2.2.9 Tarjetas de control

Son tarjetas de plástico similares en tamaño y otros estándares físicos a las tarjetas de crédito que llevan estampadas un circuito integrado. Este circuito puede ser de sola memoria o puede contener un microprocesador (CPU) con un sistema operativo que le permite una serie de tareas como:

- Almacenar
- Encriptar información
- Leer y escribir datos, como un ordenador.

Como mecanismo de control de acceso las tarjetas inteligentes hacen que los datos personales y de negocios solo sean accesibles a los usuarios apropiados, esta tarjeta asegura la portabilidad, seguridad y confiabilidad en los datos. La incorporación de un circuito integrado ofrece tres nuevos elementos que pueden favorecer su utilización generalizada: [21]

Miniaturización

Las densidades de integración de controladores y memorias que se alcanzan en la actualidad, permiten ofrecer un nuevo abanico de posibilidades y de funciones, lo que origina su expansión en el mercado y un nuevo medio de intercambio de información.

Lógica programable

La tarjeta inteligente incorpora la potencia de los ordenadores, incluyendo las funciones lógicas y de control que se aplican a los negocios, junto con funciones avanzadas de seguridad y nuevas aplicaciones.

Interfaz directa de comunicaciones electrónicas

Las comunicaciones están en crecimiento constante. Cada nuevo avance ofrece un nuevo campo en el que puede aplicarse las tarjetas inteligentes.

Las especificaciones físicas, eléctricas, el formato de los comandos y todo lo relacionado con tarjetas se especifica en la norma ISO 7816

Características: [21]

- **Inteligencia:** Es capaz de almacenar cualquier tipo de información, además es autónoma en la toma de decisiones al momento de realizar transacciones.
- **Utiliza clave de acceso o PIN:** Para poder utilizarse es necesario digitar un número de identificación personal, es posible además incorporar tecnología más avanzada como identificación por técnica biométrica, huella digital o lectura de retina.
- **Actualización de cupos:** Después de agotado el cupo total de la tarjeta inteligente es posible volver a cargar un nuevo cupo.

2.2.10 Microcontrolador

Un Microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene internamente todos los componentes de un computador. Este se utiliza para controlar el funcionamiento de una tarea determinada. Sus pines de entrada y salida se utilizan para conectar motores, relays, actuadores, etc. Una vez que el Microcontrolador este programado, se encargará de ejecutar al pie de la letra la tarea recomendada. [22]

Las partes básicas de un Microcontrolador son las siguientes (Fig.2.13):

- **Memoria ROM(Memoria solo lectura)**
- **Memoria RAM(Memoria de acceso aleatorio)**
- **Líneas de entrada/salida(I/O).**también llamados puertos, se utilizan para conectar los elementos externos al microcontrolador.
- **Lógica de control.** Coordina la interacción entre los demás bloques.

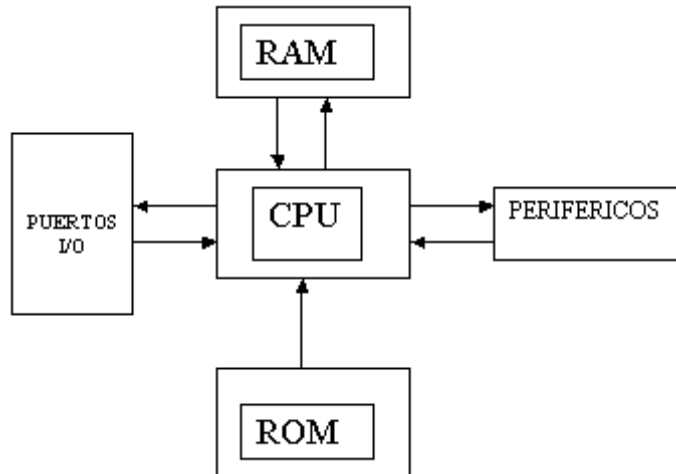


Fig. 2.13. Esquema de un Microcontrolador

Fuente: Ingeniería Electrónica y Proyectos PICmicro. [23]

2.2.11 FPGA

Los dispositivos FPGA (Arreglos de compuertas programables en campo) se basan principalmente en arreglos de compuertas y dentro de su arquitectura contienen tres elementos configurables (Fig. 2.14):

- Bloques Lógicos configurables (CLB).
- Bloques de entrada y salida (IOB).
- Canales de comunicación.

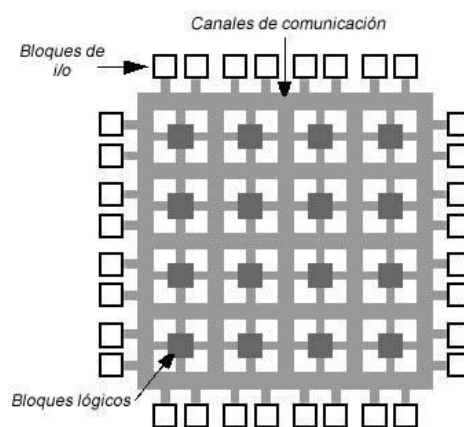


Fig. 2.14. Arquitectura básica de un FPGA

Fuente: FPGA [25]

Internamente los bloques lógicos configurables están alambrados por los canales de comunicación y el flujo de datos son llevados por los bloques de entrada y salida a las terminales de la FPGA. El CLB contiene generadores de funciones, biestables y multiplexores para rutear las señales dentro del CLB. Los generadores de funciones se implementan como tablas de consulta mejor conocidos como LUT (Lookup Tables). Una LUT básicamente es una memoria ROM reprogramable con 16 palabras de un bit.

Para la programación de los FPGA se utilizan lenguajes de descripción de hardware (HDL) que permiten diseñar y depurar un sistema digital con un alto grado de abstracción. Dentro de estos lenguajes los más populares en la industria son el VHDL y el Verilog.

El lenguaje VHDL permite describir un sistema digital en diferentes niveles de abstracción:

1. Por su comportamiento
2. Flujo de datos
3. Estructural

Una de las ventajas de VHDL es que la metodología de diseño es Arriba-Abajo (Top- Down), que permite describir un sistema a partir de su estructura general a una particular. [24]

2.2.12 Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basados en software y hardware abierto. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede interactuar con todo aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden

ejecutarse sin necesidad de conectarse a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software por ejemplo: Flash, Processing, MaxMSP. Las placas pueden ser hechas a mano o compradas montadas de fábrica; el software puede ser descargado de forma gratuita. Los ficheros de diseño de referencia (CAD) están disponibles bajo una licencia abierta. [26]

Tipos de arduino

En la comunidad Arduino existen una gran variedad de tarjetas creadas oficial y no oficiales por terceros pero con características similares. Las placas Arduino más comunes utilizadas en el campo de la tecnología son:

- Arduino uno
- Arduino Mega 2560
- Arduino Fio

2.2.13 Arduino Uno

Arduino Uno es una de las placas más utilizadas en los proyectos tecnológicos de robótica y contiene un microcontrolador ATmega328 que tiene 32 KB de memoria flash para almacenar el código de los cuales 0.5 KB es utilizado por el gestor de arranque. También dispone de 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM, cuenta con 14 entradas y salidas / digitales de los cuales 6 son utilizados como salidas PWM aparte tenemos 6 entradas analógicas, un cristal de 16 MHZ oscilador, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y el botón de reinicio, como se indica en la Fig. 2. 15. [27]



Fig. 2.15: Tarjeta Arduino Uno
Fuente: Arduino [28]

El diseño ha hecho posible que el microcontrolador se pueda conectar por medio de un cable USB al ordenador o el poder con un adaptador AC-DC o batería para empezar.

Tabla 2.1. Características básicas de la placa Arduino uno

Voltaje de operación	5V
Voltaje de Entrada (recomendado)	7-12 v
Digital pines I / O	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC	40 mA
Corriente continúa	3.3V Pin 50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizado por gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad del reloj	16 MHz.

2.2.14 Arduino Mega 2560

El Arduino Mega/2560 es una placa grande y más potente, electrónicamente está basado en el microcontrolador Atmega 2560 tiene 256 KB de memoria flash para almacenar código de los cuales 8 KB se utiliza para el gestor de arranque, 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM. Tiene 54 pines digitales de entrada / salida de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM, además 16 entradas analógicas, 4 puertas seriales, un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio, como se indica en la fig. 2.16. [27]



Fig. 2.16: Arduino Mega/2560

Fuente: A r d u i n o [29]

Para empezar a trabajar con el microcontrolador basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador AC-DC o batería. A diferencia de las demás tarjetas Arduino esta puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios.

Tabla 2.2. Características básicas de la placa Arduino Mega/2560

Voltaje de Operación	7 a 12 V
Voltaje de Entrada (limites)	6-20 V
Digital pines E / S	54 (de los cuales 15 proporcionar salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC	40 mA
Corriente CC	3.3 v 50 mA
Memoria Flash	256 KB(de los cuales 8 KB usados por bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Velocidad del reloj	16 MHz.

2.2.15 Arduino Fio

La placa Arduino Fio está diseñado para aplicaciones inalámbricas, consta con un microcontrolador ATmega328P tiene 32 KB de memoria flash para el almacenamiento de código de los cuales 2 KB se utiliza para el gestor de arranque y Dispone de 2 KB de SRAM y 1 KB de EEPROM. Cuenta con 14 pines de

entrada / salida digital de las cuales 6 se puede utilizar como salidas PWM, 8 entradas analógicas, un resonador de a bordo, un botón de reinicio y dispone un circuito de carga a través de USB e incluye para sus conexiones una batería de polímero de litio, como se indica en la Fig. 2.17. [27]

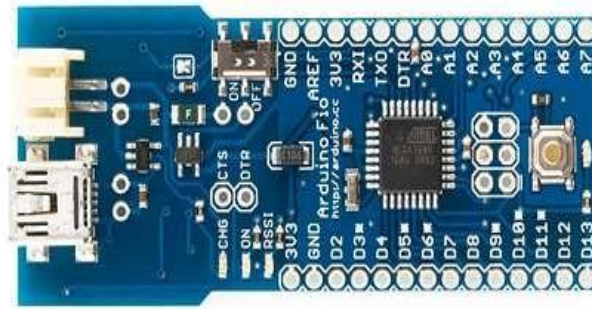


Fig. 2.17: Arduino Fio
Fuente: Arduino [30]

Para la comunicación de la tarjeta el microcontrolador ATmega328P proporciona comunicación serie UART TTL, que está disponible en los pines digitales.

Tabla 2.3. Características básicas de la placa Arduino Fio

Voltaje de Operación	3.3 V
Voltaje de Entrada	3.35 - 12 V
Digital pines E / S	14 (de los cuales 6 proporcionar salida PWM)
Pines de entrada analógica	8
Corriente DC	40 mA
Memoria Flash	32KB(de los cuales 2 KB usados por bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidad del reloj	8 MHz.

2.2.16 Reprap Arduino Mega Pololu sheld (RAMPS)

La Reprap Arduino Mega Pololu sheld o también llamada RAMPS es la interfaz de conexión que usaremos para conectar el Arduino con los motores y sensores. En

este proyecto se utilizara la RAMPS 1.4 cuyas características se muestran a continuación.

Características de la Ramps 1.4: [31]

- 3 mosfets para las salidas de potencia.
- 3 conectores para sensores de temperatura.
- Fusible de 5A para seguridad.
- Control de calefactor con fusible a 11A.
- Entradas para 5 controladores de motores a pasos.
- 6 conjuntos de pines digitales conectados con VCC y GND
- Pines extra para: PWM, UART1 (RX y TX), I2C (SDA y SCL), SPI (MOSI, MISO, SCK), I/O digital y analógico.
- Todos los mosfets están enganchados en los pines PWM para una mayor versatilidad.
- Posee sockets de conexión para actuadores y otros dispositivos.
- Tiene expansiones para: tarjeta SD, servos o ventiladores

En la fig. 2.18 se muestra la estructura de la RAMPS 1.4.

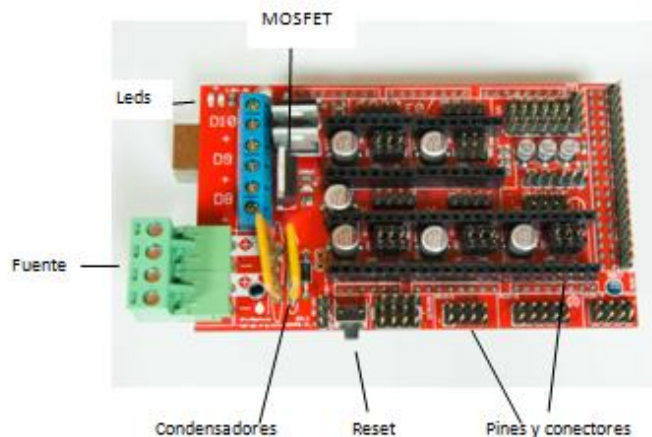


Fig. 2.18 Estructura RAMPS 1.4

2.2.17 Controlador A4988

Este controlador es una tarjeta de soporte y control, que está integrada con el Microcontrolador Allegro A4988, el cual, permite manejar motores a pasos bipolares de hasta 2 amperios por bobina y que opera en un rango de 8 a 35 voltios, el motor se puede controlar mediante la técnica de micropasos. En la fig. 2.16. Se puede observar la estructura del controlador A4988. [32]



Fig. 2.16. Controlador A4988

Fuente: Ultimachine [33]

Características principales: [32]

- Interface para control de pasos y dirección sencilla.
- Posee 5 resoluciones diferentes de pasos: paso completo, medio paso, un cuarto de paso, un octavo de paso y un dieciseisavo de paso.
- Control de corriente ajustable mediante un potenciómetro, lo cual permite usar voltajes arriba de las nominales del motor a pasos usado para lograr mayores tasas de paso.
- Control de troceo inteligente, el cual, detecta y selecciona automáticamente el modo de caída de corriente (caída mixta, caída lenta).
- Apagado térmico por exceso de temperatura, bloqueo de bajo voltaje, protección para sobre corriente.
- Corto a tierra y protección de corto-circuito.

La configuración de micropasos se realiza a través de las entradas MS1, MS2 y MS3 como se indica en la siguiente tabla: [32]

Tabla 2.8 Configuración de pasos del controlador A4988

MS1	MS2	MS3	Resolución de micropasos
Bajo	Bajo	Bajo	Paso completo
Alto	Bajo	Bajo	Medio paso
Bajo	Alto	Bajo	Un cuarto de paso
Alto	Alto	Bajo	Un octavo de paso
Alto	Alto	Alto	Un dieciseisavo de paso

Fuente: Allegro. [32]

2.2.18 Actuador

Es un dispositivo capaz de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar un elemento final de control como lo son las válvulas. [34]

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots, en automatización de sistemas y no muy recientemente en vehículos de altas prestaciones. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

2.2.19 Actuadores Eléctricos.

Los actuadores son los dispositivos encargados de efectuar acciones físicas ordenadas por algún sistema de control. Esta acción física puede ser un movimiento lineal o un movimiento circular según sea el caso. Se le da el nombre de actuadores eléctricos cuando se usa la energía eléctrica para que se ejecuten sus movimientos. Los sistemas que usan la energía eléctrica se caracterizan por una mayor exactitud y repetitividad.

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador. Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua. [35]

2.2.20 Motor paso a paso

Son máquinas eléctricas que transforman impulsos eléctricos en energía mecánica, al aplicarles una tensión giran un determinado ángulo en forma incremental, lo que le permite realizar desplazamientos angulares fijos y precisos que varían desde $1,80^\circ$ hasta 90° . Está formado principalmente por dos partes: estator y rotor, tal como se muestra en la fig. 2.17. [36]

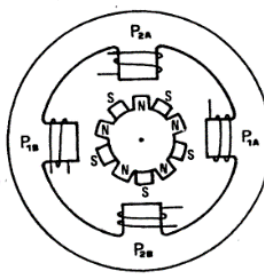


Fig. 2.17. Partes de un motor paso a paso

Fuente: Electromagnetismo y semiconductores [36]

- El estator es una parte fija construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas.
- El rotor es considerado la parte móvil, construido por un imán permanente, ubicado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente.

En función de la forma de conexión y excitación de las bobinas del estator, se clasifican en: bipolares y unipolares.

- Bipolar
- Unipolar

Bipolar: Está compuesto por 4 cables de alimentación, cuenta con dos bobinas y cada una de ellas se puede pensar como un motor de DC, por lo que pueden ser manejados como un circuito de Puente H. En la fig.2.18 se muestra un motor bipolar. [37]

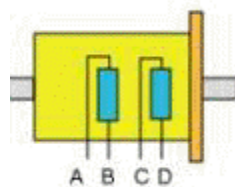


Fig. 2.18 Motor Bipolar

Fuente: Motores PAP. [38]

Para su funcionamiento necesitan la inversión de corriente que circula por cada una de las bobinas en una secuencia determinada, es decir cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia que se detalla en la tabla 2.9:

Tabla 2.9 Secuencia de control motor bipolar

PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

Fuente: Robótica. [39]

Unipolar: Está compuesto por 6 cables de alimentación, compuesto por 4 bobinas por las cuales circula la corriente en un mismo sentido. En la fig. 2.19 se muestra un motor unipolar de 5 hilos y un motor unipolar de 6 hilos, los cuales tienen dos cables para cada bobina y otro de alimentación para cada par de estas. [37]

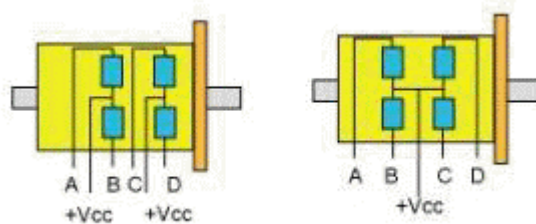


Fig. 2.19 Motor Unipolar de 5 y 6 hilos

Fuente: Motores PAP. [38]

Estos motores unipolares se los maneja en: paso simple, paso doble o medio paso.

Paso simple: Activa cada bobina una por una y por separado como se muestra en la tabla 2.10, por lo cual no se obtiene mucha fuerza ya que es una sola bobina la que mueve el rotor del eje del motor. [39]

Tabla 2.10 Secuencia paso simple

PASO	A	B	C	D	GIRO
1	1	0	0	0	↑
2	0	1	0	0	→
3	0	0	1	0	↓
4	0	0	0	1	←

Fuente: Robótica. [39]

Paso doble: Activa las bobinas de dos en dos como se detalla en la tabla 2.11, por lo cual se crea un campo magnético más potente que atraerá con más fuerza y retendrá el rotor del motor en su sitio, de igual forma los pasos serán muchos más bruscos. [39]

Tabla 2.11 Secuencia paso doble

PASO	A	B	C	D	GIRO
1	1	1	0	0	↗
2	0	1	1	0	→
3	0	0	1	1	↘
4	1	0	0	1	←

Fuente: Robótica. [39]

Medio paso. Consiste en mover el motor en pasos pequeños y precisos de tal forma que se obtiene el doble de pasos de movimiento que en los casos anteriores, para un recorrido total de 360° del motor. La secuencia de medio paso se detalla en la tabla 2.12: [39]

Tabla 2.12 Secuencia medio paso

PASO	A	B	C	D	GIRO
1	1	0	0	0	↑
2	1	1	0	0	↗
3	0	1	0	0	→
4	0	1	1	0	↘
5	0	0	1	0	↓
6	0	0	1	1	↙
7	0	0	0	1	←
8	1	0	0	1	↖

Fuente: Robótica. [39]

2.2.21 Servomotores

Los servomotores son elementos que reciben la orden de posicionar los elementos, se clasifican de acuerdo a la naturaleza de la seña que reciben del regulador, es así que pueden ser: eléctricos, neumáticos o hidráulicos. [40] Los servomotores eléctricos, a su vez se subdividen en dos grupos:

Servomotores eléctricos de baja potencia

Son de tipo monofásico con dos sentidos de marcha, su principio de funcionamiento se fundamenta en la figura 2.20. Cuando el contacto C_1 está cerrado el arrollamiento superior se alimenta directamente, mientras que el arrollamiento inferior lo hace por medio del condensador, por lo que el motor gira en un sentido determinado, si por el contrario C_1 está abierto y el C_2 cerrado, la alimentación se invierte, con lo que el motor gira de lado contrario. [40]

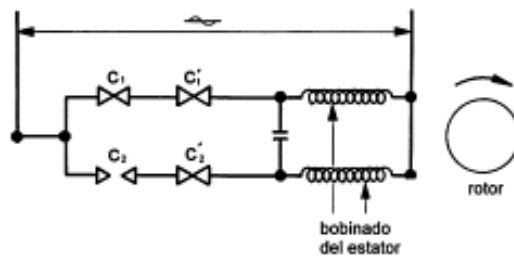


Fig. 2.20 Servomotor eléctrico de baja potencia

Fuente: Sistemas de regulación y control. [40]

Servomotores eléctricos de alta potencia

Este tipo de servomotores usa motores trifásicos, su funcionamiento es similar al de pequeña potencia, con la diferencia que los arrollamientos del estator están sustituidas por bobinas de contactores que son los encargados de hacer que el motor gire en uno u otro sentido [40]. Su esquema se muestra en la fig. 2.21.

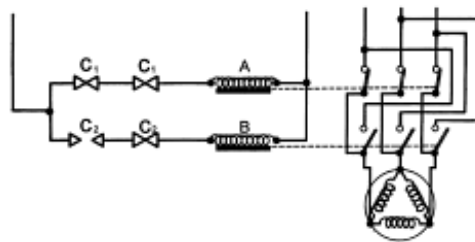


Fig. 2.21 Servomotor eléctrico de alta potencia

Fuente: Sistemas de regulación y control. [40]

2.2.22 Sistema de transmisión

Es el conjunto de elementos que tiene la misión de hacer llegar el giro del motor hasta las ruedas motrices. [41]

Los sistemas de transmisión pueden ser agrupados en dos grandes grupos:

- **De transmisión circular:** El elemento de entrada y el elemento de salida tienen movimiento circular. Ejemplo: Los sistemas de engranajes.

- **De transmisión lineal:** El elemento de entrada y el elemento de salida tienen movimiento lineal. Ejemplo: La palanca

Sistema de polea- correa de sincronización

Consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto del rozamiento de una correa con ambas poleas. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes como se indica en la Fig. 2.22. Es este un sistema de transmisión circular puesto que ambas poleas poseen movimiento circular. [41]

Se distinguen los siguientes elementos:

- **La polea motriz:** también llamada polea conductora: Es la polea ajustada al eje que tiene movimiento propio, causado por un motor, manivela.
- **Polea conducida:** Es la polea ajustada al eje que tenemos que mover. Así, por ejemplo: en una lavadora este eje será aquel ajustado al tambor que contiene la ropa

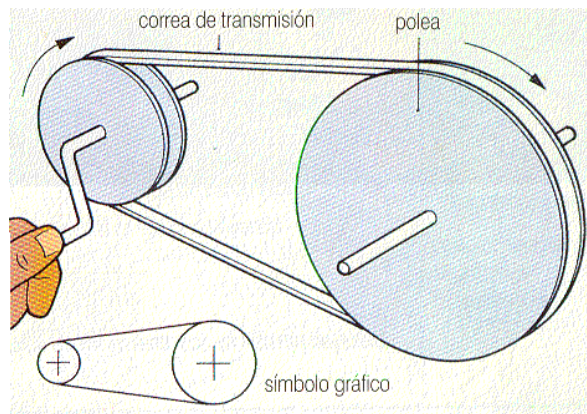


Fig. 2.22. Sistema de polea- correa de sincronización

Fuente: Aprendamos Tecnología. [41]

Tabla 2.13 Ventajas y Desventajas de un sistema por banda de sincronización

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Transmite potencia a una relación constante de velocidad angular. Puede operar en un intervalo muy amplio de velocidades.	Desgaste de los dientes de la banda de sincronización puede afectar la precisión del movimiento.
Se puede transmitir a grandes distancias entre centros.	No tienen una duración tan prolongada como otros mecanismos.
No requiere alta tensión inicial. No se estira ni desliza. No requiere lubricación.	Se genera tensión por esfuerzo de tracción, lo cual puede provocar daño en el material con el pasar del tiempo.
Absorción elástica de los esfuerzos de choque.	Se genera resistencia al esfuerzo de corte de los dientes de la banda.
Su funcionamiento no provoca mucho ruido.	Se necesita un correcto alineamiento de las poleas.
Buena eficiencia mecánica (97% a 99%).	No posee protección contra sobrecargas.
Bajo costo, facilidad de adquisición de la banda y facilidad de fabricación de las poleas.	La sujeción del elemento móvil debe ser realizada efectivamente para evitar deslizamientos.

2.2.23 Rodamiento

El rodamiento o cojinete de rodadura es un elemento mecánico que se sitúa entre dos componentes de una máquina, con un eje de rotación común, de forma que un componente puede girar respecto al otro.

Se utiliza en las máquinas rotativas como apoyo o soporte de los elementos portadores: [42]

- **Soporte de ejes** anillo interior fijo y anillo exterior móvil
- **Soporte de árboles** anillo exterior fijo y anillo interior móvil

Características: [43]

- Su par inicial de fricción es bajo y la diferencia entre su par inicial y su par de funcionamiento es pequeña.
- Su mantenimiento, sustitución e inspección son simples, pues las estructuras que rodean a los rodamientos son sencillas.

- Muchos rodamientos son capaces de soportar cargas radiales y axiales simultáneamente o independientemente.
- Los rodamientos pueden ser utilizados dentro de un amplio campo de temperaturas.
- Los rodamientos pueden ser precargados para obtener un juego negativo y obtener una mayor rigidez.

Rodamientos lineales

Los rodamientos lineales son elementos de rodadura para movimientos de traslación. Las fuerzas que se producen pueden ser transmitidas por elementos rotativos o por elementos de fricción [44]. Las características de estos rodamientos son las siguientes;

- Piezas económicas.
- Reducidas dimensiones.
- Larga duración de vida.
- Fricción mínima.
- Alta precisión.
- Elevadas velocidades de traslación.
- El diámetro de estos rodamientos se selecciona de acuerdo al diámetro de los ejes.



Fig. 2.23. Rodamiento lineal

Fuente: MYT [45]

2.2.24 Pronterface

Pronterface es un software con interfaz gráfica de libre uso para el control de programas 3D, esta interface utiliza G-code lenguaje de programación secuencial que se utiliza para el control de máquinas tipo CNC. Las instrucciones representan movimientos que debe realizar la máquina. Esta interface admite archivos con extensión .stl que se obtienen mediante AutoCAD. [46]

En la fig.2.24 se me muestra la interfaz gráfica de Pronterface en la cual observamos lo ejes x, y, z a los cuales dan movimiento a la máquina, un lector de temperatura, la velocidad y un control de puerto para tener una conexión online con la máquina.

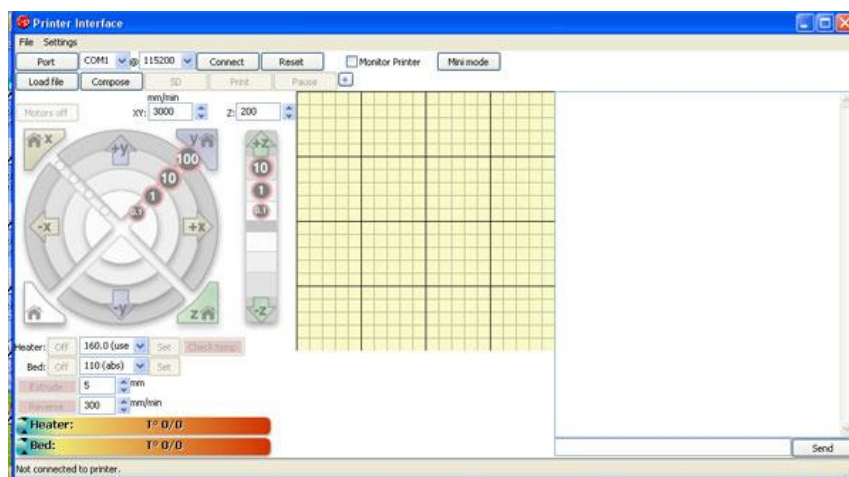


Fig. 2.24 Interfaz gráfica de Pronterface

Fuente: Nextdayreprep [47]

En la tabla 2.14 se muestra las características de Pronterface

Tabla 2.14 Características de Pronterface

Característica	Pronterface
Interface	Grafica
Compatibilidad	Linux, Ubuntu, Windows xp, windows 7
Tarjeta de control	Arduino
Drivers	Existentes
Código	G-code
Extensión	.stl
Licencia	Libre

2.2.25 Netfabb

Netfabb es un programa gratuito para la manipulación de archivos en formato .STL, compatible con Ubuntu, Linux, Windows, se puede acoplar con una tarjeta de control casi siempre es arduino, por medio de su interface se puede manejar motores paso a paso, utiliza G-code con lo cual envía datos en forma de coordenadas. [48]

En la figura 2.25 se muestra la interfaz gráfica de Netfabb, contiene una barra de herramientas, de estado y una amplia área de trabajo para formar piezas en 3D

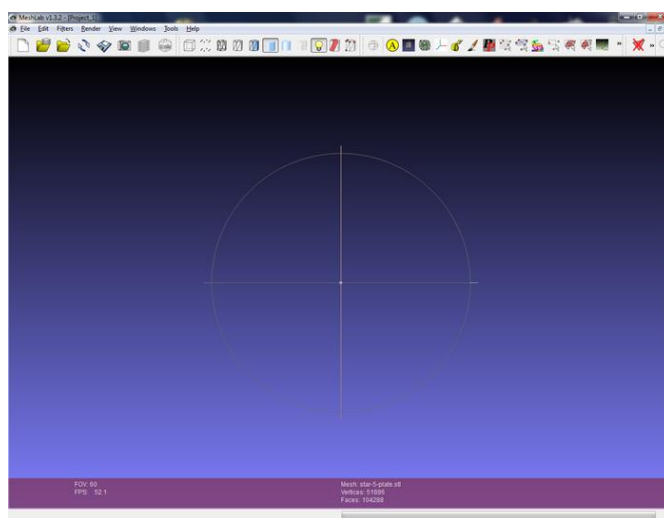


Fig. 2.25 Interfaz gráfica de netfabb

Fuente: Blenderartists [49]

En la tabla 2.15 se muestra las características de Netfabb

Tabla 2.15 Características de Netfabb

Característica	Netfabb
Interface	Grafica
Compatibilidad	Linux, Ubuntu, Windows xp, windows 7
Tarjeta de control	Arduino
Drivers	Existentes
Código	G-code
Extensión	.stl
Licencia	Pagada

2.2.26 Replicatorg

Es un software libre para la impresión 3D que ofrece una interfaz sencilla. Puede procesar el archivo para obtener el formato adecuado, que generalmente se pasa de .stl a g-code. Se puede usar con impresoras 3D de tipo CNC tales como MakerBot, Thing-O-Matic, CupCake, RepCap, etc.

Permite modificar manualmente algunos parámetros y es muy útil cuando se quiere imprimir con materiales distintos como el nylon o filamento de madera. [50]

En la fig. 2.26 se muestra una la interfaz gráfica de Replicatorg.

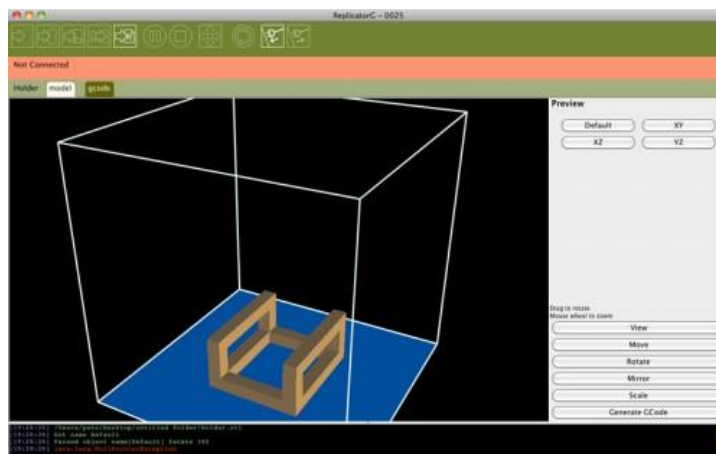


Fig. 2.26 Interfaz gráfica de Replicatorg

Fuente: Rasterweb [51]

En la tabla 2.16 se muestra las características de Replicatorg.

Tabla 2.16 Características de Replicatorg

Característica	Replicatorg
Interface	Grafica
Compatibilidad	Linux, Ubuntu
Tarjeta de control	Arduino
Drivers	No existentes
Código	G-code
Extensión	.stl
Licencia	Libre

2.2.27 Sensor de posición

Los sensores de posición suelen ser aquellos que nos indican en qué lugar estará un objeto antes de que el mismo se mueva. Los sensores de posición se basan simplemente en probabilidades y estadísticas de movimiento, las cuales generalmente suelen ser correctas la mayoría de las veces. [52]

Final de carrera

Son dispositivos electromecánicos de conmutación (conexión-desconexión) que actúan como sensores (fig. 2.27), normalmente situados al final del recorrido de un elemento móvil cuyo objetivo es enviar señales de información sobre su presencia o paso que puedan modificar el estado de un circuito electrónico. Uno de sus usos más extendidos es el limitador del desplazamiento de elementos móviles (ascensores, puentes-grúa) o para detectar la posición de elementos móviles. Además se pueden usar para controlar el estado de una máquina, puesta en marcha, parada, ciclos, menor velocidad, etc. [53]



Figura 2.27. Sensores de final de carrera

Fuente: Robocontrol [54]

2.2.28 Modulación por ancho de pulso (PWM)

La modulación por ancho de pulsos (PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (por ejemplo una onda de tipo senoidal o cuadrada), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga. [55]

Para un PWM se toma en consideración los siguientes parámetros:

- El ciclo de trabajo, D
- El tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso en alto), τ
- El período de la función, T
- El ciclo de trabajo indica el tiempo que la función esta en alto respecto al tiempo total de la señal (periodo).

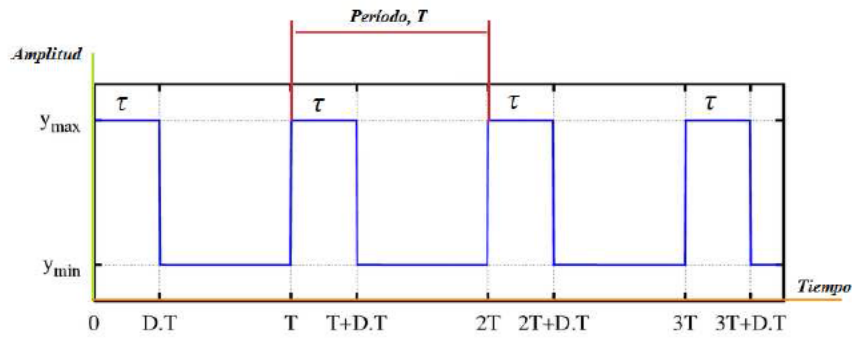


Fig. 2.28. Señal de onda cuadrada de amplitud acotada ($y_{min} - y_{max}$) de ciclo de trabajo D.
Fuente: ESPOCH [55]

Ciclo de trabajo (D)

Recibe este nombre la relación de tiempos entre el estado alto y bajo de la señal utilizada. Se expresa como un porcentaje entre el periodo y el ancho del pulso, comprendido entre el 0% y 100%, lo que permite obtener un tren de pulsos, de ancho variable de señal periódica

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período [55]. Se expresa matemáticamente:

$$D = \frac{\tau}{T} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

D = ciclo de trabajo

τ = tiempo en que la señal es positiva

T = periodo

2.2.29 Micropasos

Es una técnica de control usada para manejar motores paso a paso, a través de micropasos. Sus propósitos esenciales son el permitir al motor a pasos, parar y sostener la posición entre las posiciones full y medio paso, eliminar fallos producidos en operación a baja velocidad y el ruido en velocidades intermedias, además de reducir el problema con la resonancia.

Aunque algunos controladores microstepping ofrecen cientos de posiciones intermedias entre los pasos, vale la pena señalar que microstepping por lo general no ofrecen una gran precisión, tanto por problemas de linealidad como por los efectos de fricción estática. [56]

2.2.30 Formato stl

El estándar industrial para prototipado rápido, es el uso de archivos con extensión “*.stl”, el cual es un archivo que usa una malla de triángulos para formar el sólido, donde cada triángulo comparte aristas y vértices comunes. En el formato “*.stl”, el archivo tiene las orientaciones X, Y, y Z positivas y la normal a la superficie.

La orientación en cada capa de prototipado rápido se especifica de manera redundante y coherente de la siguiente forma:

- En primer lugar, se especifica la dirección de la normal hacia el exterior.
- En segundo lugar, los vértices se enumeran en el orden de las agujas del reloj, cuando se mira el objeto desde el exterior (regla de la mano derecha).

El uso de archivos STL como estándar en la industria, se debe en parte a que resulta más fácil cortar un objeto, que usar métodos más complejos como el usado por los formatos “B-rep” (boundary representation) y “CSG” (constructive solid geometry), que necesitan más razonamiento geométrico y conversión de datos. Otra razón es que el formato “*.stl” hace que el proceso sea robusto y confiable, para

obtener el resultado correcto. Cuando se están generando archivos con formato “*.stl”, se aproxima el modelo sólido por pequeños triángulos. Cuanto más pequeños sean estos triángulos, mejor la aproximación de la superficie, lo cual en contraste aumenta el tamaño del archivo “*.stl”, y el tiempo de procesamiento. Una vez que el archivo “*.stl” es generado, las demás operaciones son ejecutadas por el propio programa que acompaña a las máquinas de Prototipado Rápido. Básicamente este programa realizará operaciones básicas de visualización y la generación de secciones transversales del modelo que será construido. Tales datos serán entonces transmitidos a la máquina, que irá depositando sucesivas capas hasta que la pieza sea generada. [56]

2.2.31 Código G

Código G es el nombre del lenguaje de programación más ampliamente utilizado en máquinas de control numérico (CNC) lenguaje de programación. El código G contiene un set de instrucciones que definen dónde moverse, qué tan rápido moverse, y que trayectoria sigue. El código G compatible con la máquina de la I3D V1.0 se genera mediante el programa Replicator G y es el código que entiende el intérprete programado en el sistema microcontrolador. [56]

2.3 Propuesta de Solución

Se implementará un prototipo de un sistema electrónico de corte de piezas en cuero basado en hardware y software libre de bajo costo para optimizar el trabajo de los pequeños y medianos artesanos y evitar el desperdicio del material.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

Para el desarrollo del proyecto se emplea una investigación aplicada ya que se utiliza los conocimientos adquiridos, con el objetivo de ampliar y profundizar en el tema del proyecto.

Se utilizó una investigación bibliográfica-documental ya que se obtuvo información de fuentes secundarias como libros, revistas, periódicos, tesis, para ampliar los conocimientos, profundizar, actualizar y contrastar diferentes teorías o criterios de distintos autores.

La investigación de campo permitió obtener información real, puesto que se realizó un estudio en el lugar de los hechos en las fábricas de calzado Gusmar y LIWI, la presente investigación fue enfocada a personas con conocimientos en confección de calzado especialmente en el área de corte.

Se aplicó la investigación experimental ya que el enfoque estuvo orientado a dar soluciones a problemas específicos que responden a necesidades o intereses de tipo técnico o tecnológico.

3.2 Población y Muestra

En vista a que el número de personas encuestadas es pequeño no existe muestra. La encuesta está dirigida a los 2 operarios de la zona de corte y al gerente de la empresa Gusmar, al operario de la zona de corte, al gerente y al dueño de la empresa LIWI, dándonos 6 personas encuestadas.

3.3 Recolección de la Información

Se recopiló información de libros de Mecatrónica, libros de Automatización, bibliotecas virtuales, revistas científicas, trabajos de investigación, papers, patentes, guía del tutor para el desarrollo del proyecto, etc.

3.4 Procesamiento y Análisis de datos

- Recolección de datos en la fábrica de calzado Gusmar y Liwi
- Análisis de la información obtenida tanto en encuestas como en entrevistas en la fábrica Gusmar y LIWI, que ayudaran a plantear la mejor alternativa de solución.
- Estudio de todas las propuestas de solución planteadas
- Determinación de la mejor alternativa
- Planteamiento de la propuesta de solución.

3.5 Desarrollo del Proyecto

- Investigación del tipo, tamaño y características del corte de cuero para calzado
- Análisis de requerimientos técnicos, mecánicos, fabricación, materiales.
- Selección de los componentes electrónicos.
- Elaboración de los esquemas y estructura del sistema electrónico.
- Diseño del mecanismo y sistema de movimiento del sistema electrónico.
- Rediseño del módulo de control para el sistema electrónico utilizando hardware libre.
- Selección y programación del controlador basado en Software libre
- Acoplamiento de la interface del usuario con Hardware del sistema electrónico.
- Implementación del prototipo
- Ensamblaje de los componentes del sistema electrónico
- Realización de pruebas de funcionamiento.
- Determinación de la validez del sistema electrónico de corte mediante resultados obtenidos previamente

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El presente proyecto está orientado al desarrollo de un prototipo de un sistema electrónico de corte de piezas en cuero Nubuck para la confección de calzado, el cual constó de una parte mecánica que permitió el movimiento de los ejes que conformaron el sistema, estos se ejecutaron mediante una tarjeta integrada de control compuesta por un arduino mega 2560, una RAMPS 1.4 y controladores A4988. Para la interfaz gráfica se utilizó software libre que maneja G-Code como lenguaje de programación, el software envió datos en forma de coordenadas hacia la tarjeta de control la misma que estuvo encargada de girar los ejes mientras una cuchilla realiza el corte del cuero seleccionado.

Se realizó una investigación mediante encuestas y entrevistas a los trabajadores de dos empresas como son Gusmar y LIWI para verificar la necesidad de automatizar la sección de corte de cuero mediante la implementación de un sistema electrónico.

El análisis de la encuesta se muestra a continuación:

Resultados a partir de la encuesta

Pregunta 1: En su empresa la sección de corte de piezas de cuero tiene un proceso:

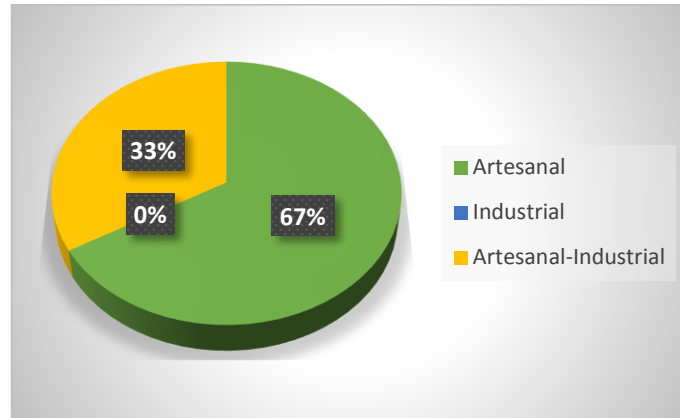


Gráfico 1. Tabulación pregunta 1

La encuesta dio como resultado que las empresa Gusmar cuenta con proceso netamente artesanal mientras que la empresa LIWI cuenta con un proceso artesanal-industrial para el corte de cuero debido a la falta de recurso ya que la implementación íntegramente industrial es muy costoso por ello los productores prefieren tomarlo como un hábito el contratar mano de obra para el trabajo.

Pregunta 2: ¿Qué tipo de cuero es el que se utiliza con mayor frecuencia?

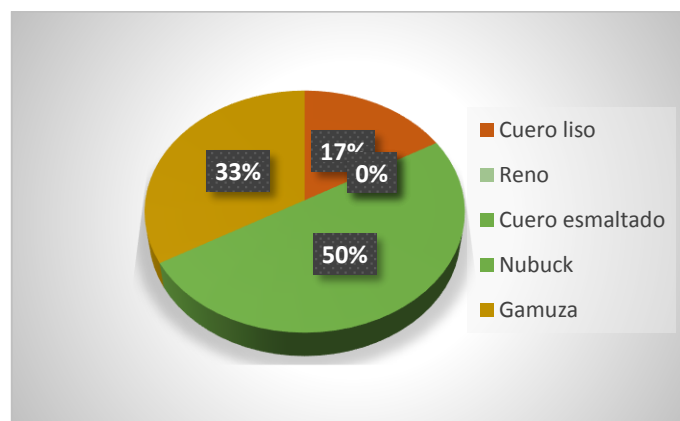


Gráfico 2. Tabulación pregunta 2

Se determina que el 50% de las personas encargadas de las empresas prefieren la utilización del cuero Nubuck por su demanda en el mercado y la elegancia que este

permite en sus acabados, el 33% prefiere el cuero gamuza por su costo al terminar el producto y 17% el cuero liso por su resistencia.

Pregunta 3: ¿Para un buen corte la adaptabilidad del cuero es indispensable?

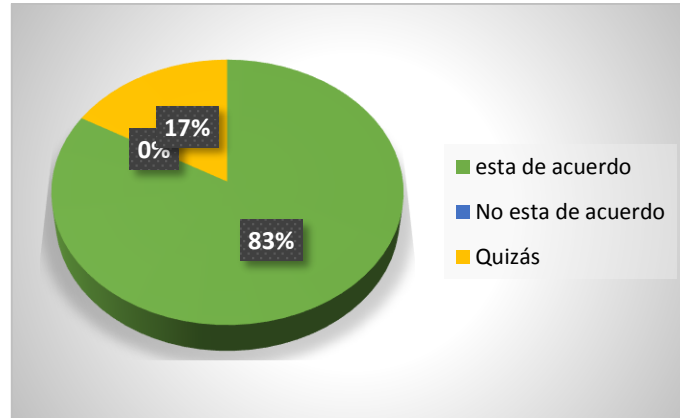


Gráfico 3. Tabulación pregunta 3

El 83% concluye que la adaptabilidad del cuero es indispensable debido a que se reduce los cortes erróneos y aumenta la exactitud en el corte, además del ahorro económico, el 17% dice que no es indispensable la adaptabilidad ya a que algunos cueros tienen una textura más densa que otros.

Pregunta 4: ¿Cuál es el tiempo promedio que se tarda en realizar los cortes para una docena de zapatos?

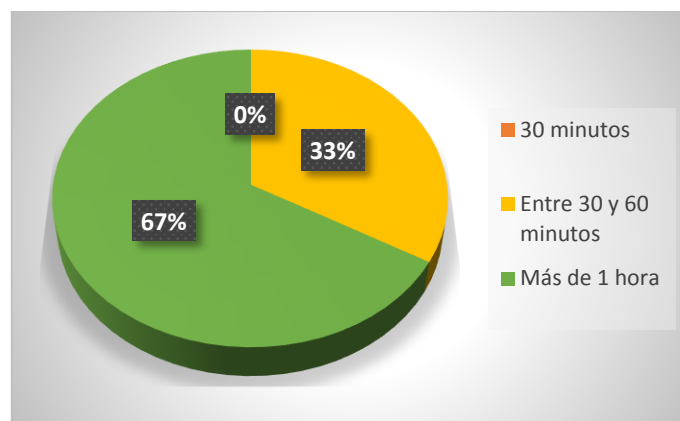


Gráfico 4. Tabulación pregunta 4

El 67% de la personas encuestadas tarda más de una hora en realizar el corte de las piezas de calzado, el 33% tarda entre media y una hora, pero todo depende de lo complejo del modelo por lo que el promedio esta entre una hora y una hora y media.

Pregunta 5: ¿Cuánto invierte mensualmente por obrero en mano de obra para la sección de corte de cuero?

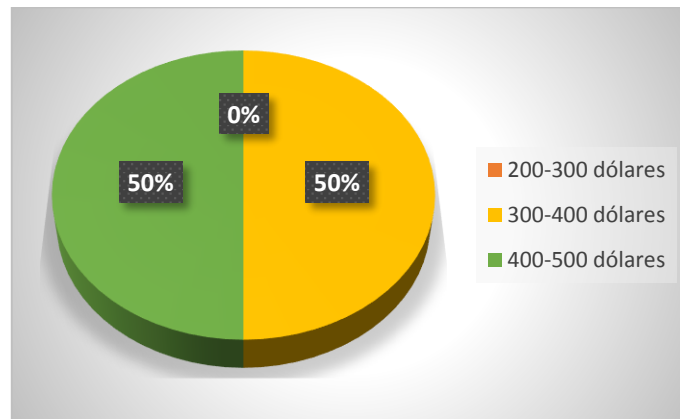


Gráfico 5. Tabulación pregunta 5

Para la sección de corte de cuero se emplea entre 2 a 3 obreros los cuales tienen un sueldo promedio de 300 a 500 dólares dependiendo el número de obras que realicen al mes.

Pregunta 6: ¿Cuál es el porcentaje aproximado de pérdidas mensuales para la empresa con el desperdicio de materiales desechables y cuero mal utilizado?

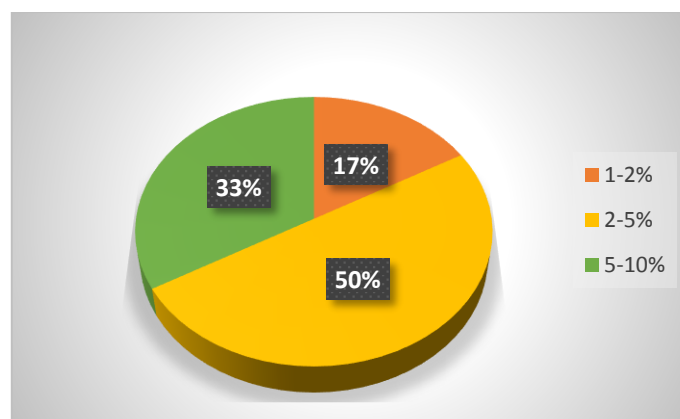


Gráfico 6. Tabulación pregunta 6

El 50% de las personas encuestas concluyen que la mala práctica laboral da como pérdida un promedio del 2 al 5% en materia prima, el 33% tiene una perdida entre el 5 -10% y el 17% tiene como pérdidas del 1 al 2%, pero todo va a depender de la experiencia de los obreros.

Pregunta 7: Considera importante automatizar la sección de corte de cuero para reducir tiempo y dinero

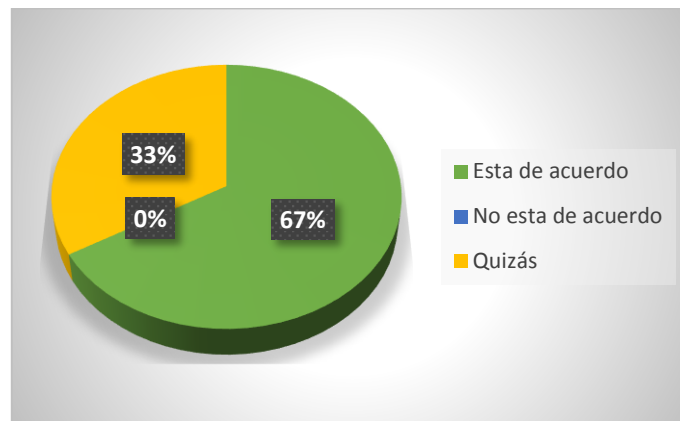


Gráfico 7. Tabulación pregunta 7

El 67% de la personas encuestas concluyen que es una idea positiva el implementar un sistema electrónico para corte de piezas de cuero, gracias a las características que este presenta y el bajo costo que ofrece por ello es una buena propuesta de sistema alternativo.

Análisis de los resultados de las encuestas

Las personas encuestadas de las empresas Gusmar y LIWI tienen en común la percepción positiva en el tema que corresponde a la idea de un sistema electrónico de corte de piezas cuero Nubuck para la confección de calzado, lo que evidenció los resultados que en la fábrica Gusmar el proceso de corte es netamente artesanal mientras que en la fábrica LIWI tiene un proceso artesanal-industrial pero ninguna de las dos cuenta con un proceso netamente industrial.

El tipo de cuero más utilizado es el Nubuck y el de gamuza en segundo lugar teniendo ambos características casi similares, la adaptabilidad resulta importante para tener un buen corte. En las dos empresas tienen un promedio de una hora en

realizar los cortes para una docena de zapatos e invirtiendo un promedio de 400 dólares mensuales por obrero.

Las pérdidas económicas mensuales en las empresas van entre el 5 - 10% lo que provoca un déficit en el presupuesto por cual en ambas empresas consideran importante automatizar el área de corte de cuero para reducir tiempo y dinero.

Para el presente proyecto se constó de las siguientes fases de proyecto:

- Fase 1: Análisis de requerimientos
- Fase 2: Selección de elementos
- Fase 3: Diseño del sistema
- Fase 4: Implementación del sistema
- Fase 5: Pruebas y corrección de errores
- Fase 6: Evaluación

4.1 Análisis de requerimientos:

El sistema de corte automatizado de piezas en cuero constó de tres ejes con sus respectivos motores cada uno: el “x” y “y” para el movimiento de la base y de la cuchilla respectivamente. El eje “z” contiene un sistema diseñado con una cuchilla para el corte, una interface gráfica, y una tarjeta arduino de control en la cual se programó las condiciones con las que se moverá los ejes, tomando en cuenta parámetros como su sentido de giro.

Para que el sistema tenga un correcto funcionamiento se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos:

4.1.1 Requisitos del usuario (Administrador):

- Reducción de mano de obra en el área de corte de cuero
- Reducción de desperdicios de material por efectos de malos cortes
- Mayor producción de calzado en menor tiempo
- Aumento de ganancias

4.1.2 Requisitos del usuario (Operador):

- Fácil manejo, interfaz gráfica interactiva
- Ahorro de tiempo en la elaboración de los cortes de cuero
- Seguridad con la herramienta de trabajo

4.1.3 Requisitos Técnicos:

- Fuente que soporte a corrientes altas para dar movimiento a los motores
- Interfaz capaz de controlar el movimiento del sistema mediante coordenadas
- Tarjeta de control resistente a cambios de corrientes.
- Motores con gran torque de manera que posea la fuerza necesaria para mover los ejes del sistema.
- Un sistema de cuchillas para corte de cuero.
- Una cuchilla de alto filo para el corte de cuero
- Sensores ubicados estratégicamente en el prototipo para que los ejes regresen a coordenadas de partida.
- Una estructura estable y que soporte el peso de los motores, cortadora, base, sensores, etc.
- Una base de sujeción especial para el cuero
- Una carcasa de modelo único y llamativo para el cliente

4.1.4 Requisitos de diseño:

En la tabla 4.1 se enlistan los requisitos de diseño:

Tabla 4.1 Requisitos de Diseño

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Accionamiento del sistema	Eléctrico a 110 V de corriente alterna
Tamaño estimado del sistema	El tamaño ideal de un prototipo de sistema de corte es de (500x500x700) mm ³ , ya que se encuentra dentro del rango de las dimensiones analizadas para este tipo de máquinas.
Peso estimado	50 Kg el cual se demuestra en la etapa 3(Diseño del sistema)
Medidas máximas del modelo cortado	El volumen de las piezas de cuero cortadas será de (150x150x2) mm ³ , ya que este se ajusta a las características señaladas para el volumen total de la máquina
Estructura mecánica	Estructura rígida y liviana, que permita la estabilidad total pese a vibraciones.
Herramienta de corte	Cuchilla de acero fundido de pequeñas dimensiones afiliación de 15° de inclinación para cortes de 60° de profundidad.
Tipo de Software	El software para el control del sistema electrónico de corte de piezas de cuero será de licencia libre.
Chasis	El chasis será construido de lámina de tol de 1/16 y acrílico para las partes vistas.

4.1.5 Tipos de corte de cuero

El paso más importante y por ende el más complicado, debido que en este proceso se define la forma que tendrá el zapato. Hay requerimientos de gran importancia que se debe tomar como la adaptabilidad del cuero, el grosor de la cuchilla dependiendo el tipos de cuero a trabajar, el material delos moldes y el área de trabajo.

Una vez cumplidos los requerimientos en su totalidad se procede a realizar los cortes de las piezas de cuero, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Cortes netamente artesanales
- Cortes artesanal-industrial
- Cortas automatizado industriales

4.1.6 Tamaños de las piezas de cuero

Las empresas Gusmar y LIWI en las que se realizó la investigación cuentan con sistema similar de medidas, las medidas son proporcionadas por las plantillas que son adquiridas especialmente de Colombia.

En la siguiente tabla se realizó una estandarización del área de las piezas de cuero a cortar.

Tabla 4.2. Dimensiones de las piezas de cuero

Talla de suela colombiana		Área máxima de la pieza de cuero (mm^2)	Área mínima de la pieza de cuero (mm^2)
Zapatos de niños	26-29	4920	500
	29-32	5520	545
	32-34	6120	650
Zapatos de mujer	34-36	7595	725
	36-38	8050	780
	38-40	9760	800
Zapatos de hombre	38-40	9520	900
	40-42	10040	950
	42-44	11925	1025

4.2 Selección de elementos

4.2.1 Tipo de cuero a trabajar

Se realizó un estudio de los diferentes tipos de cuero que son utilizados con frecuencia en la confección de calzado. Para este proyecto se dio énfasis al cuero

Nubuck, la investigación realizada en las fábricas de calzado Gusmar y LIWI dio como resultado que es el cuero con mayor demanda en el mercado y el más utilizado por la elegancia que este presenta con sus acabados. Las características del cuero están detallados en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Características técnicas del cuero Nubuck

Característica	Dato
Espesor	0.5 – 2.5 mm de espesor
Anchura	54"
Forro	Hecho a punto tejido
Color	Parecido al color de la madera
Costo	\$0.56-3.35/ metro dependiendo del espesor
Otras características	Resistente a la abrasión, suave, impermeable, elástico, anti-Moho, usado frecuentemente para la confección de zapatos, bolsos, mueble, forro, cinturones.

4.2.2 Actuador

El sistema requiere un motor que posea mayor precisión de giro, que presente pequeños movimientos por cada pulso que se le aplique, además este debe poseer la fuerza necesaria para mover los ejes del sistema. En la tabla 4.4 presentada a continuación se presenta una comparación entre los motores eléctricos previamente estudiados

Tabla 4.4 Comparación de actuadores

Parámetro	Motor	
	Paso a paso	Servomotor
Angulo de giro	0,72° a 90°	0°, 90° y 180°
Cambio de giro	Fácil de invertir	Complicado
Ruido y vibración	Notable	Muy pequeño
Velocidad	Lento de 1000 a 2000 rpm	Rápido de 3000 a 5000 rpm
Método de control	Ciclo abierto	Ciclo cerrado
Costo de motor y driver	Barato	Costoso
Circuito de control	Sencillo	Complicado

Por las características antes expuestas se escoge el motor paso a paso, puesto que posee mayor precisión de giro, la operación del motor se sincroniza con las señales generadas por los pulsos enviados desde los puertos del sistema de control, lo que los hace ideales para el manejo exacto de rotación, además permiten un cambio de giro que no presenta complicaciones. Entre sus múltiples ventajas este motor permite controlar fácilmente su velocidad por medio de comandos enviados desde el computador sin olvidar su bajo costo.

Para seleccionar el motor adecuado se plantió los siguientes criterios

- Torque de mantenimiento
- Potencia
- Precisión
- Velocidad
- Disponibilidad
- Costo

Después de un análisis se escoge el motor paso a paso bipolar debido a las siguientes características:

- Como no tienen el doble bobinado de los unipolares, los motores bipolares ofrecen una mejor relación entre torque y tamaño/peso.
- Máxima desempeño del motor y máxima eficiencia.
- Mayor torque en altas y bajas tasas de pasos.
- Menor pérdida posible en estado de torque sostenido.
- Movimiento libre de resonancia en tasas de pasos pequeñas.
- Aumento de resolución en la posición de parado.
- Facilidad de implementación en el control de micropasos.

El motor a utilizarse en el proyecto es Bipolar: NEMA 17/3.2 kg/cm el cual se muestra en la fig. 4.1.

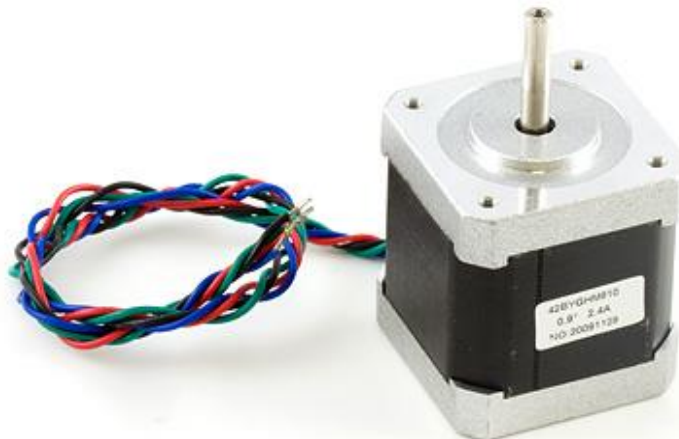


Fig. 4.1 Motor Nema 17 /3.2 Kg/cm
Fuente: Phidgets [57]

A continuación se detallan las características más importantes:

Tabla 4.5 Características técnicas del motor Nema 17 /3.2 Kg/cm

CARACTERISTICAS TECNICAS	Nema 17 /3.2 Kg/cm
Tamaño	42.3x48mm, sin incluir eje
Peso	350 gr.
Diámetro	5 mm
Longitud del eje	25 mm
Pasos por vuelta	200(1.8°/paso)
Corriente	1.2 Amperios por bobina
Voltaje	4 V
Resistencia	3.3 Ω por bobina
Torque	3.2 kg/cm
Inductancia	2.8 mH por bobina

Fuente: Phidgets [57]

4.2.3 Sistema Electrónico

Se refiere a los componentes electrónicos que controlan el funcionamiento de sistema para corte de cuero, en la fig. 4.2 Se muestra el esquema y la estructura del Sistema Electrónico, el cual está compuesto de los siguientes elementos:

- Tarjeta Arduino
- Ramps 1.4
- Controlador del motor paso a paso(A4988)

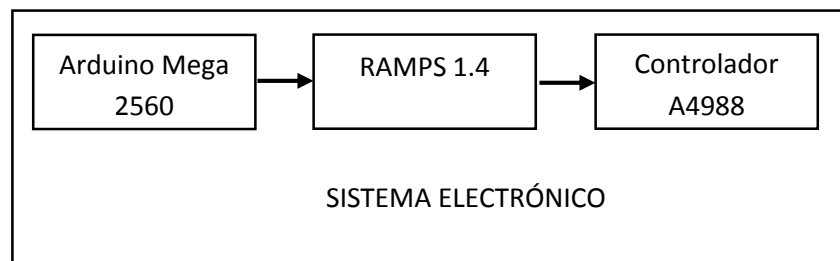


Fig. 4.2 Esquema del Sistema Electrónico

Para seleccionar la tarjeta arduino se realizó un análisis de las características de los principales arduinos las cuales se detallan a continuación:

Tabla 4.6 Comparación entre arduinos

CARACTERISTICAS	Arduino UNO	Arduino Fio	Arduino Mega 2560
Microcontrolador	ATmega328	ATmega168	ATmega2560
Voltaje de funcionamiento	5 V	3.3 V	5 V
Pines I/O digitales	14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)	14 (de los cuales 6 proveen salida PWM)	54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
Pines de entradas análogas	6	6	16
Corriente DC por cada pin I/O	40 mA	40 mA	40 mA
Corriente DC en el pin de 3.3 V	50 mA		50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader	16 KB de los cuales 2 KB son utilizados por el bootloader	256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)	1 KB	8 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)	512 bytes	4 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz	8 MHz	16 MHz

Se escogió tecnología Arduino Mega 2560 por su documentación, gran variedad de librerías y su bajo en el mercado a diferencia de un Microcontrolador que tiene limitado sus pines lo que causa problemas para aplicaciones grandes, la FPGA por ser una tecnología nueva no cuenta con suficiente información sin olvidar su alto

precio en el mercado. Arduino Mega 2560 es la única tarjeta que nos permite utilizar extensiones para facilitar el trabajo en proyectos grandes.

Las características técnicas del Arduino Mega 2560 se describen a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4.7 Características técnicas del Arduino Mega 2560

Características	Arduino Mega 2560
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada(recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada(Min-Max)	6-20V
I/O Digitales	54(incluido 15 salidas PWM)
Entradas analógicas	16
Corriente DC para pines I/O	40 mA
Corriente DC para pines 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB, 8 KB utilizado para el arranque
S-RAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHZ
Costo	\$43

Las características de la Ramps 1.4 se describen a continuación:

- 3 mosfets para las salidas de potencia.
- 3 conectores para sensores de temperatura.
- Fusible de 5A para seguridad.
- Control de calefactor con fusible a 11A.
- Entradas para 5 controladores de motores a pasos.
- 6 conjuntos de pines digitales conectados con VCC y GND
- Pines extra para: PWM, UART1 (RX y TX), I2C (SDA y SCL), SPI (MOSI, MISO, SCK), I/O digital y analógico.

- Todos los mosfets están enganchados en los pines PWM para una mayor versatilidad.
- Posee sockets de conexión para actuadores y otros dispositivos.
- Tiene expansiones para: tarjeta SD, servos o ventiladores

Las características técnicas del controlador de los motores paso a paso se describen a continuación:

- Paso sencillo e interfaz de control de dirección
- Cinco resoluciones diferentes de pasos: paso completo, medio paso, cuarto de paso, octavo de paso, decimo de paso.
- El control de corriente permite ajustar la salida de corriente máxima con un potenciómetro, que le permite usar voltajes por encima de los rangos de voltaje de los motores paso a paso para lograr mayores rangos de paso.
- Tarjeta de Control inteligente que selecciona automáticamente el modo correcto de decadencia de la corriente (decaimiento rápido o lento decaimiento).
- El exceso de temperatura de desconexión térmica, bajo voltaje de bloqueo, y protección de cruce de corriente.
- El corte a tierra o el corte a la protección de carga (esta característica no está disponible en el A4983)
- Este controlador tiene una protección de potencia inversa en la entrada de alimentación principal y construido con reguladores de voltaje de 5 V y 3.3 V, que eliminan la necesidad de separar la lógica y la alimentación del motor y le permiten controlarlo con microcontroladores alimentados a 5V o 3,3 V.

4.2.4 Fuente de poder

Para la fuente de poder se analizó la siguiente tabla donde se describe el consumo de cada elemento (el consumo es asumido de las características técnicas de cada elemento):

Tabla 4.8 Consumo de Energía del Sistema Electrónico

Elemento	Cantidad	Potencia [W]	Consumo [mA]
Arduino Mega	1	0.004	9.5
A4998	4	0.3	60
Motores de los ejes	3	18	4500
Motor sistema de corte	1	18	1500
Total	9	36.304	6069.5

Según la tabla 4.8 se necesita un fuente de 12 voltios, la potencia aproximada debe ser 36.304 W y debe proveer 6.0695 amperios. Se seleccionó la fuente S-350-12 por las características que presenta a continuación:

Tabla 4.9 Características técnicas de la fuente

Salida	Voltaje DC	12 V
	Corriente nominal	29 A
	Rango actual	0-29A
	Potencia nominal	348 W
Entrada	Rango de frecuencia	47-63 Hz
	Eficiencia	74 %
	Corriente Ac	6.5 A/115 VCA 4 A/230VAC

4.3 Diseño del sistema

El sistema tendrá el siguiente esquema:

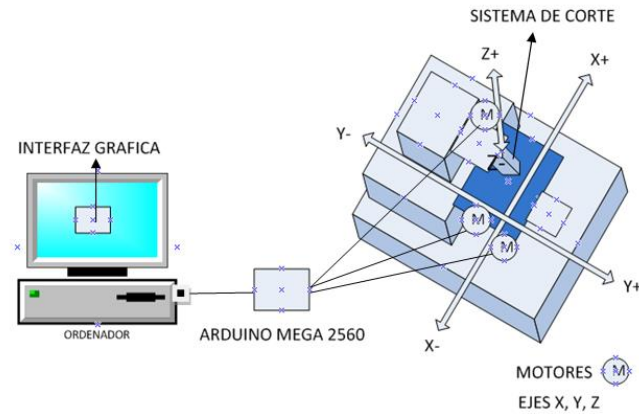


Fig. 4.3. Esquema del sistema electrónico para corte de cuero

El diseño del sistema tendrá el siguiente proceso como se muestra en la fig. 4.4

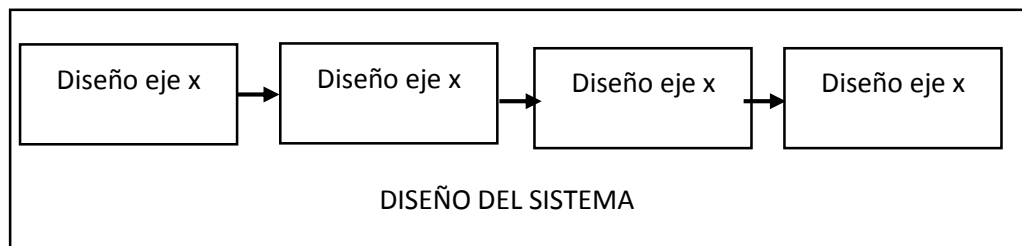


Fig. 4.4 Esquema de proceso del Diseño del Sistema

4.3.1 Diseño del eje x

En la figura 4.5 se muestra el esquema del carro en X, este consta de un soporte deslizante sobre el cual se colocará el mecanismo de corte.

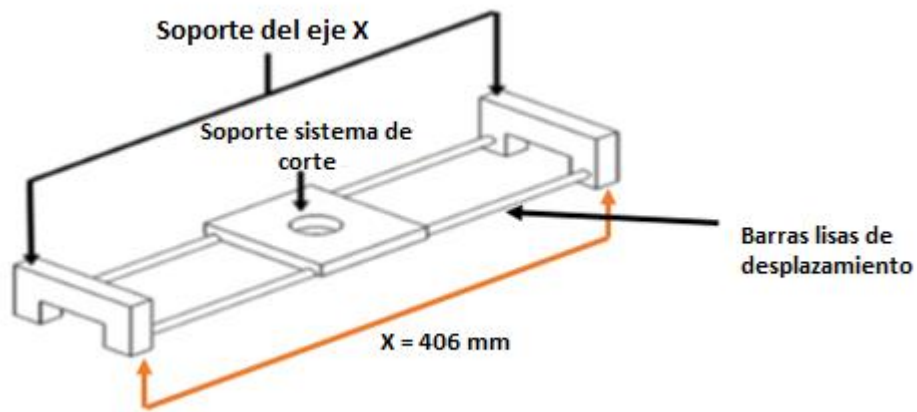


Fig. 4.5. Soporte - Eje X

El peso aproximado que soportará el eje X es de 20.7 N como se muestra en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Peso aproximado del Mecanismo del Eje X

Elemento	Masa(Kg)	Peso(N)
Base	1.350	13.24
Motor	0.365	3.58
Piezas plásticas	0.096	0.94
1Rodamiento	0.004	0.03
Rueda dentada	0.007	0.07
Tornillería	0.287	2.82
Total		20.69

Por lo tanto cada eje guía X soportará 10.35 N. De acuerdo a las condiciones físicas de diseño de la estructura se selecciona ejes con una longitud de

$$L_X = 406mm$$

Con la ayuda del diagrama de cuerpo libre de la figura 4.6, se procede a realizar la sumatoria de fuerzas (Ecuación 4.1) y momentos (Ecuación 4.2) [58]:

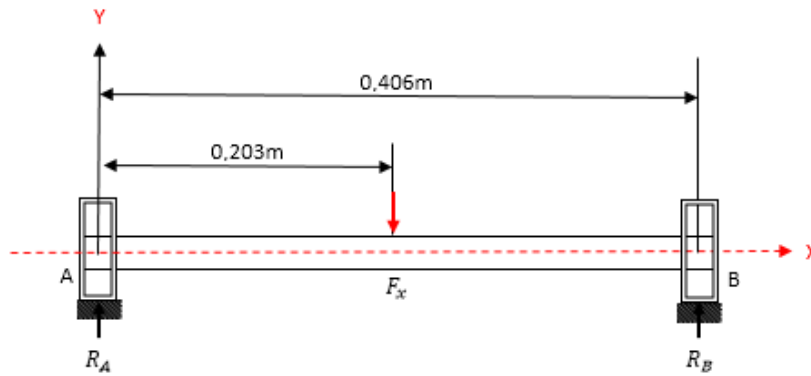


Fig. 4.6. Diagrama de cuerpo libre en el eje X

$$\sum Fy = 0 \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$R_A + R_B - F_X = 0$$

$$R_A + R_B = 10,35N$$

$$\sum M_{A=0} \quad \text{Ec. 4.2}$$

$$(-0,203m) * (F_X) + (0,406m) * (R_B) = 0$$

$$(-0,203m) * (10,35N) + (0,406m) * (R_B) = 0$$

$$R_B = 5,175N$$

$$R_A = F_X - R_B$$

$$R_A = 5,175N$$

El momento flector máximo ocurre en el punto medio de la viga circular AB y viene dado por [58]:

$$M_X = \frac{F_X * L_X}{4} \quad \text{Ec. 4.3}$$

Donde:

M_X : Momento máximo en X

F_X : Fuerza aplicada

L_X : Longitud del eje

$$M_X = \frac{(10,35N) * (0,406m)}{4}$$

$$M_X = 1,05Nm$$

Con la ayuda del software MDSolids se procede a comprobar la fuerza cortante y momento flector, así como también a graficar sus respectivos diagramas:

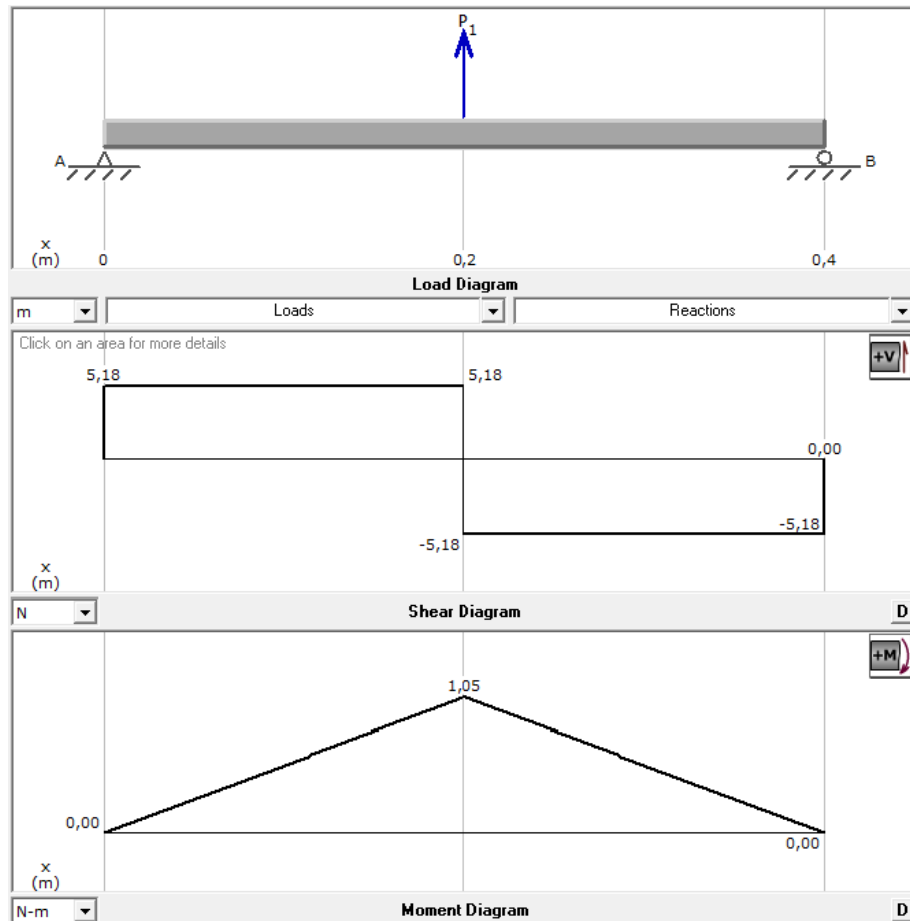


Fig. 4.7 Carga, fuerza cortante y momento flector en el Eje X

Según Mitchell con el valor del momento máximo encontrado se realiza el cálculo para determinar el diámetro mínimo del eje para cargas estáticas [59]:

$$d \geq \left(\frac{32 * N * M}{\pi * S_Y} \right)^{\frac{1}{3}} \quad Ec. 4.4$$

Donde:

d: Diámetro del eje

N: Factor de Seguridad =2

Sy: Resistencia de fluencia del acero =205 MPa (Anexo VIII)

M: Momento Flexionante =1,05 Nm

$$d_x \geq \left(\frac{32 * 2 * 1.05 Nm}{\pi * 205 MPa} \right)^{1/3}$$

$$d_x \geq 4.71 mm$$

Para evitar posibles deformaciones en el eje se opta por un diámetro mayor, garantizando de esta manera el correcto funcionamiento del mecanismo X. Por lo tanto el diámetro del eje X seleccionado es $d_x = 8 mm$

Para establecer la deformación máxima en el eje X, se lo considera como una viga con apoyos fijos con carga central y se calcula con la siguiente ecuación [60]:

$$Y_{max} = -\frac{F_x I_x^3}{192 E I_x} \quad Ec. 4.5$$

Donde:

y_{max}: Deflexión máxima en el eje

F_x: Fuerza ejercida en cada eje X =10,35 N

l_x: Longitud del eje X =0,406m

E: Módulo de elasticidad del acero =200GPa [61]

I_x: Momento de inercia de la sección circular del eje

$$I_x = \frac{\pi * d^4}{64} \quad Ec. 4.6$$

$$I_x = \frac{\pi * (0.008m)^4}{64}$$

$$I_x = 2.01 \times 10^{-10} m^4$$

$$Y_{max1} = -\frac{(10.35N)x(0.406m)^3}{(192)x(200GPa)x(2.01x10^{-10}m^4)}$$

$$Y_{max1} = -8.9x10^{-5}m$$

$$Y_{max1} = -0.089\text{ mm}$$

Rodamiento para el eje x

Los rodamientos a emplear deben ser los adecuados para el movimiento lineal. Por lo tanto los rodamientos seleccionados son los rodamientos lineales (Capítulo II, sección 2.2.12). De acuerdo al diámetro del eje X seleccionado se tiene que las dimensiones del rodamiento lineal para este diámetro son:

Tabla 4.11 Dimensiones del Rodamiento Lineal LM8UU

Rodamiento lineal de bolas		
Diámetro del eje	Diámetro exterior	Longitud
8mm	15mm	24mm

Fuente: SKF [62]

Los rodamientos lineales que cumplen con estas dimensiones son del tipo LM8UU (Anexo IX), estos encajan perfectamente en el eje, brindando una fricción mínima, alta precisión, elevadas velocidades de traslación y rangos de temperaturas de -30°C a +180°C.

4.3.2 Diseño del soporte para el sistema de corte

La geometría del soporte se diseñó de manera que la base, el motor y los demás elementos del mecanismo puedan estar montados sobre este, también debe permitir el paso de una correa dentada para el movimiento sobre el eje X.

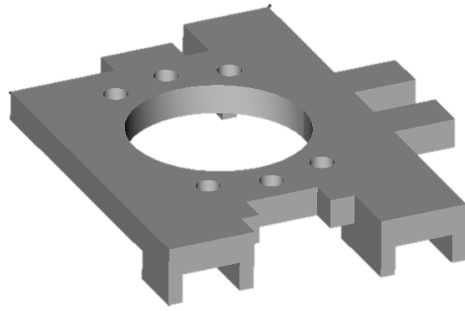


Fig. 4.8. Soporte para el sistema de corte en el eje X

Para el diseño del soporte del mecanismo se considera el peso que soporta este elemento, producido por el motor y la base; se toma también la masa de la pieza entonces:

$$F_{SE} = 20.7N$$

Donde:

F_{SE} : Peso total del sistema de corte

L_e : Longitud del soporte = 0,090m

Idealizando a este soporte como una viga con carga puntual, tenemos el siguiente diagrama de fuerzas:

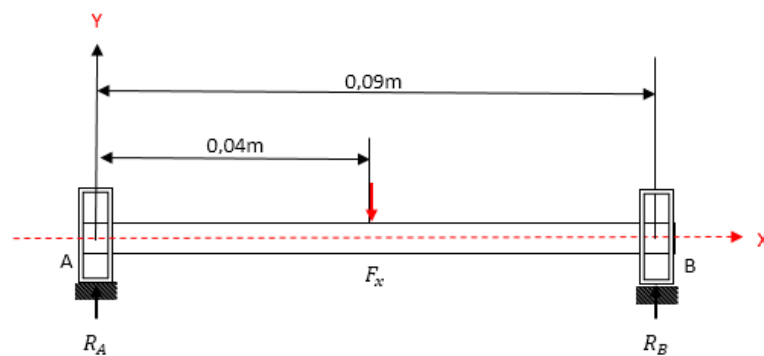


Fig. 4.9 Diagrama de cuerpo libre del soporte del sistema de corte

Realizando la sumatoria de fuerzas en Y (Ec. 4.1) y sumatoria de momentos en A (Ec. 4.2) se tiene que [63]:

$$R_A + R_B = 10.35N$$

El momento flector máximo se tiene mediante la ecuación 4.7:

$$M_x = R_A * l_A \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$M_x = (10.35N) * (0.045m)$$

$$M_x = 0.46Nm$$

Con la ayuda del software MDSolids se procedió a comprobar la fuerza cortante y momento flector, así como también a graficar sus respectivos diagramas:

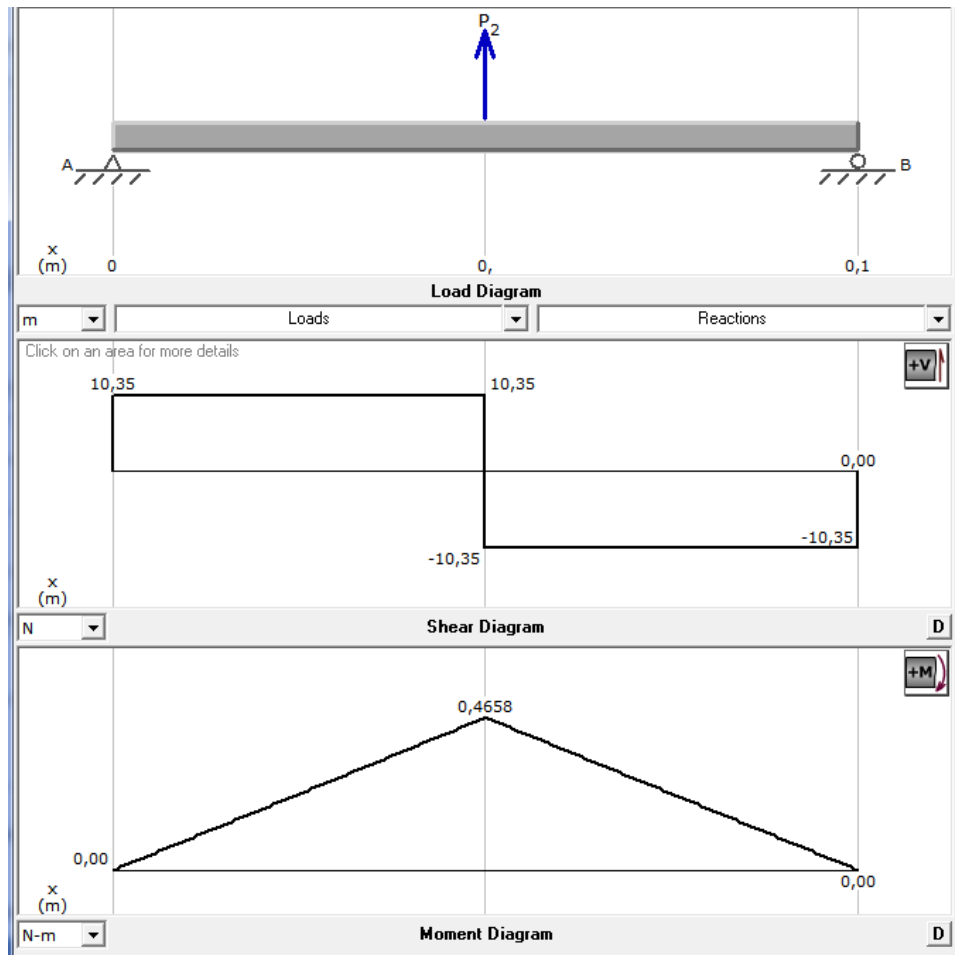


Fig. 4.10. Carga, fuerza cortante y momento flector en el Soporte

4.3.3 Diseño del eje y

Para el diseño del eje Y se procede de la misma manera que en el caso del eje X. En la figura 4.11 se muestra el esquema del mecanismo en Y.

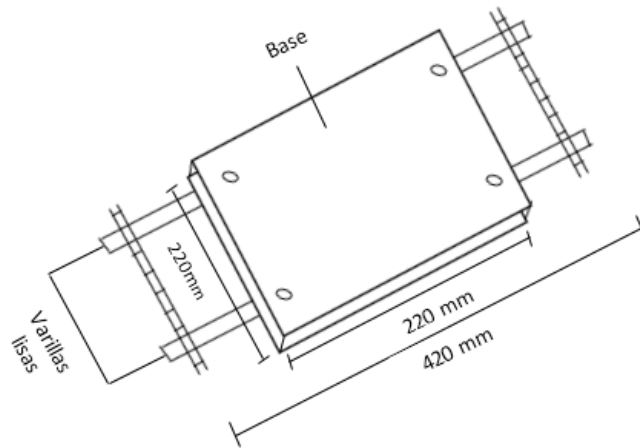


Fig. 4.11. Soporte - Eje Y

El peso total estimado que soportará el eje Y se describe en la tabla 4.9:

Tabla 4.12. Peso aproximado del mecanismo

Elemento	Masa (Kg)	Peso (N)
Base	2.109	20.70
Sujeción especial	0.371	3.64
Motor	0.365	3.58
Piezas plásticas	0.108	1.06
Tornillería	0.250	2.45
Total		52.12

El peso total aproximado del mecanismo en el eje Y es de 52,12 N, pero debido a que este mecanismo estará formado por dos ejes el peso total se divide para dos,

siendo 26,06 N el peso en cada eje. Por condiciones físicas del tamaño de la máquina la longitud del eje es $L_y=0,420m$.

El cálculo para hallar el diámetro del eje Y se lo realiza de igual forma que se lo hizo para el eje X, realizando la sumatoria de fuerzas en Y (Ecuación 4.2) y la sumatoria de los momentos (Ecuación 4.3), tenemos que el momento flector máximo (Ecuación 4.4) es igual a [64]:

$$R_A = R_B = 13.03 \text{ N}$$

$$M_y = 2.74 \text{ Nm}$$

Mediante el software MDSolids se comprobó la fuerza cortante y momento flector calculado, de igual manera se obtiene sus respectivos diagramas:

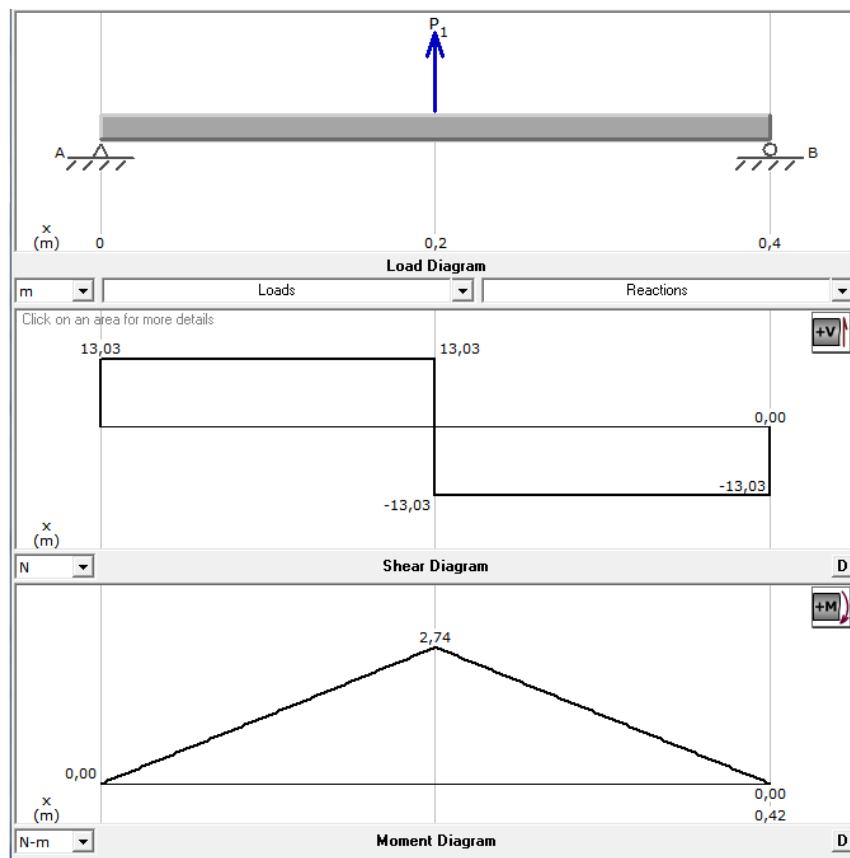


Fig. 4.12. Carga, fuerza cortante y momento flector en el Eje Y

Con el momento máximo M_y y el factor de seguridad $N=2$, se calcula el diámetro del eje Y con la ecuación 4.4 [65]:

$$d_y \geq \left(\frac{32 * 2 * 2.74 Nm}{\pi * 205 MPa} \right)^{1/3}$$

$$d_y \geq 6,4 \text{ mm}$$

Entonces se selecciona el diámetro inmediato superior, dando un diámetro $d_y=8 \text{ mm}$, igual al del eje X. De forma similar que el eje X, para calcular la flexión máxima en el eje Y se utiliza la ecuación 4.8 [66]:

$$Y_{max2} = - \frac{F_x I_x^3}{192 E I_x} \quad \text{Ec. 4.8}$$

Donde:

F_y : Fuerza ejercida en cada eje Y = 26,06 N

l_y : Longitud del eje Y = 0,420 m

E : Módulo de elasticidad del acero = 200 GPa [20]

$I_y=I_x$: Momento de inercia de la sección circular del eje

$$Y_{max2} = - \frac{(26.06 N) x (0.420 m)^3}{(192) x (200 GPa) x (2.01 x 10^{-10} m^4)}$$

$$Y_{max2} = -0.25 \text{ mm}$$

Rodamientos para el eje y

Como el diámetro seleccionado para el eje Y es igual al diámetro del eje X, se utilizará los mismos rodamientos seleccionados para el eje X, los cuales son: LM8UU.

4.3.4 Diseño del Sistema de Transmisión en X-Y

El desplazamiento lineal en los ejes X y Y se realiza mediante un sistema de transmisión Poleas - correa de sincronización. Las fuerzas que intervienen se muestran en la figura 4.13:

Variable	Descripción
Mov	Movimiento
W	trabajo
f_r	Fuerza de rozamiento
N	normal
F	fuerza

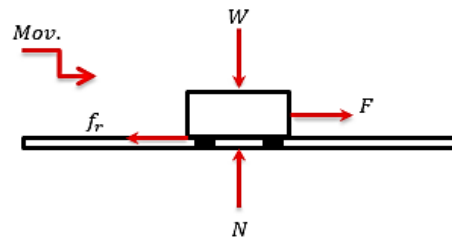


Fig. 4.13 Diagrama de cuerpo libre en los ejes X-Y

Según Meriam para poder calcular la fuerza necesaria para mover el mecanismo en X y el mecanismo en Y se utiliza la ecuación de la energía (Ecuación 4.9) [64]:

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2 \quad Ec. 4.9$$

$$W = Fd \quad Ec. 4.10$$

$$F = F - fr \quad Ec. 4.11$$

$$fr = \mu k * N \quad Ec. 4.12$$

$$N = m * g \quad Ec. 4.13$$

Donde:

Ec: Energía cinética que se consume

W: Trabajo

m: Masa de los mecanismos

v: Velocidad de corte = 50mm/s (Anexo XII)

F: Fuerza requerida para el movimiento

fr: Fuerza de rozamiento entre el eje y el rodamiento lineal

d: Distancia entre poleas

N : Fuerza normal al eje

g : Gravedad $=9,81m/s^2$

μk : Factor de fricción entre el rodamiento y el eje de acero

De la ecuación 4.9 y 4.3 se tiene que la fuerza requerida para el movimiento que es:

$$F = N * \left(\frac{v^2}{2 * d * g} + fr \right) \quad Ec. 4.14$$

El coeficiente de fricción para las guías de acero que deslizan en los rodamientos de acero es $\mu k=0,18$ (Tabla 4.13).

Tabla 4.13. Coeficientes de fricción entre cojinete y eje

Superficie en contacto	Mk
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo(patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma(neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Correa de cuero(seca)sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronces sobre acero	0.18

Para movilizar el mecanismo en el eje X se tiene que la fuerza normal que actúa en el eje es $Nx=20,7N$ y la distancia entre poleas es $dx=0,406 m$. Por lo tanto la fuerza requerida para el movimiento del mecanismo en X es:

$$F_x = N_x * \left(\frac{v^2}{2 * dx * g} + fr \right) \quad Ec. 4.15$$

$$F_x = 20.7N * \left(\frac{(0.05m/s)^2}{2 * 0.406m * 9.81m/s^2} + 0.18 \right)$$

$$F_x = 3.73N$$

Mientras que para movilizar el mecanismo en el eje Y con $N_y=52,12 \text{ N}$ y $dy=0,420 \text{ m}$ se tiene:

$$F_y = N_y * \left(\frac{v^2}{2 * dy * g} + fr \right) \quad Ec. 4.16$$

$$F_y = 52.12N * \left(\frac{(0.05m/s)^2}{2 * 0.343m * 9.81m/s^2} + 0.18 \right)$$

$$F_y = 9.39N$$

Para calcular el torque y la potencia del motor requerido por el sistema se realiza el análisis en el diagrama del sistema de transmisión polea-correa mostrado en la figura 4.14:

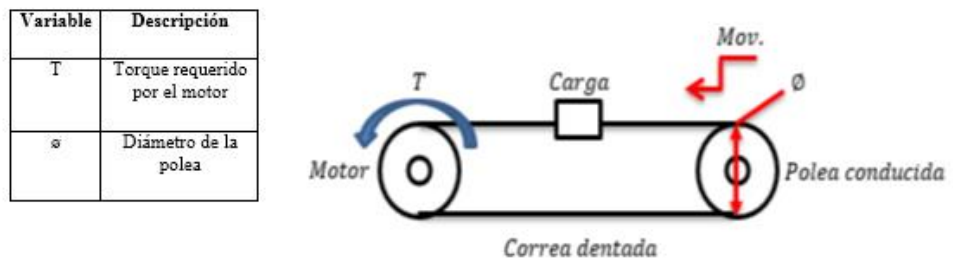


Fig. 4.14. Diagrama del sistema de poleas en los ejes X-Y

Para establecer el torque requerido por el motor en este sistema se usa el diagrama de cuerpo libre de la figura 4.15:

Variable	Descripción
F	Fuerza requerida para el movimiento
F _y	Fuerza requerida para el movimiento en y
F _x	Fuerza requerida para el movimiento en x
T	Torque requerido por el motor

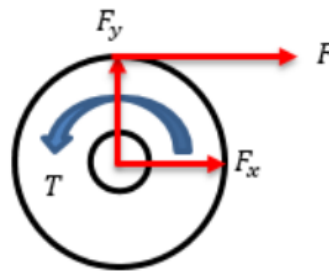


Fig. 4.15: Diagrama de cuerpo libre Polea – Motor

Para determinar el torque requerido por el motor se toman las siguientes consideraciones:

- Peso de la banda despreciable
- Inercia de poleas mínima
- No existe deslizamiento de la banda

De los diagramas de las figuras 4.13 y 4.14 se determina que:

$$T = F * r \quad \text{Ec. 4.17}$$

Donde:

T: Torque requerido por el motor

r: Radio de la polea

F: Fuerza requerida para el movimiento

Para el radio de las poleas, se considera un diámetro igual a 22,4mm (Tabla 4.11) y aplicando la ecuación 4.17 se tiene que:

$$r = \frac{D}{2} \quad \text{Ec. 4.18}$$

$$r = 22.4 \frac{mm}{2} = 0.0112m$$

$$Tx = (3.73N) * (0.0112m)$$

$$Tx = 0.041Nm$$

$$Ty = (9.39N) * (0.0112m)$$

$$Ty = 0.11Nm$$

Tomando como referencia el torque calculado en mecanismo del eje Y, que es él que requiere mayor torque, se puede observar que el motor seleccionado se puede usar sin ningún problema en los sistemas X y Y, ya que el torque de este motor es de 0.55 Nm, cumpliendo con la siguiente condición:

$$T_{requerido} \ll T_{motor} \quad Ec. 4.19$$

$$0.11Nm \ll 0.55Nm$$

La potencia requerida vendrá dada por la ecuación 4.20 [65]:

$$P = T * w \quad Ec. 4.20$$

$$w = \frac{v}{r} \quad Ec. 4.21$$

Donde:

ω : Velocidad angular

v : Velocidad lineal = 50 mm/s

r : Radio de la polea = 11,2 mm

Mediante la ecuación 4.21 se tiene que la velocidad angular es igual a:

$$w = \frac{50mm/s}{11.2 mm}$$

$$w = 4.46 rad/s$$

Ahora obtenemos la potencia con la ecuación 4.20:

$$p = (0,11Nm) \times (4,46 \text{ rad/s})$$

$$p = 0,49 \text{ W}$$

Por lo tanto cumple con la siguiente condición:

$$P_{requerida} \ll P_{motor} \quad \text{Ec.4.22}$$

$$0,49 \text{ W} \ll 6,3 \text{ W}$$

Esta es la potencia requerida por el motor para cumplir con los requisitos del sistema, y de acuerdo con la potencia que brinda se selecciona como motor para el sistema de transmisión en los ejes “X”, “Y” y “Z”, ya que este motor es suficiente para realizar tal movimiento.

Poleas dentadas

Las poleas dentadas seleccionadas son las Poleas GT2 (Tabla 4.14) ya que resultan ser las más idóneas para el sistema de transmisión debido a su diseño orientado para movimientos bidireccionales. Además estas utilizan un perfil de diente redondeado que garantiza que el diente de la correa se adapte suavemente y con precisión en el surco de la polea. Las dimensiones de la polea GT2 seleccionada se muestra en el Anexo G-1.

Tabla 4.14. Características de la Polea GT2

Características	GT2
Paso métrico	2mm
Numero de dientes	36
Diámetro	22.4mm

Correas dentadas

Las correas sincrónicas se seleccionan a partir de las poleas GT2 seleccionadas anteriormente. Las ventajas de este tipo de correas es que tiene una mínima tolerancia a la desalineación, bajo nivel de ruido y no es tan necesario el control de tensado. Además de tener ausencia total de deslizamiento, no necesita lubricación, no se alargan, ni deslizan y, en consecuencia, transmiten potencia con una relación constante de velocidad angular. En la figura 4.16 se muestra la forma de esta correa



Fig. 4.16. Correa Síncrona GT2

Fuente: Mootio [67]

4.3.5 Diseño del Mecanismo Z

Volumen máximo del modelo cortado

De acuerdo a la base de deposición diseñada, se estableció que el área máxima de corte es de 150mm x 150mm. Y según las condiciones físicas de la estructura diseñada se puede cortar hasta una altura máxima de 3 mm. Por lo tanto el volumen máximo de las piezas cortadas de cuero es de:

$$\begin{aligned}v_{\text{máx}} &= l \times l \times l \\v_{\text{máx}} &= 150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 3\text{mm} \\v_{\text{máx}} &= 6,7 \times 10^4 \text{ mm}^3 = 6,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 4,09 \text{ in}^3\end{aligned}$$



Fig. 4.17: Volumen máximo del modelo cortado

Fuente: 123RF [68]

Diseño del Eje Z

Se tomó como referencia el diseño de la Prusa 2 para el eje Z el cual estará formado por un mecanismo Tornillo-Tuerca. Este eje también estará constituido por dos ejes guías de igual diámetro que los ejes “X” y “Y”. La figura 4.18 muestra el esquema simplificado de la forma en la que estarán ubicados los ejes y la base en Z:

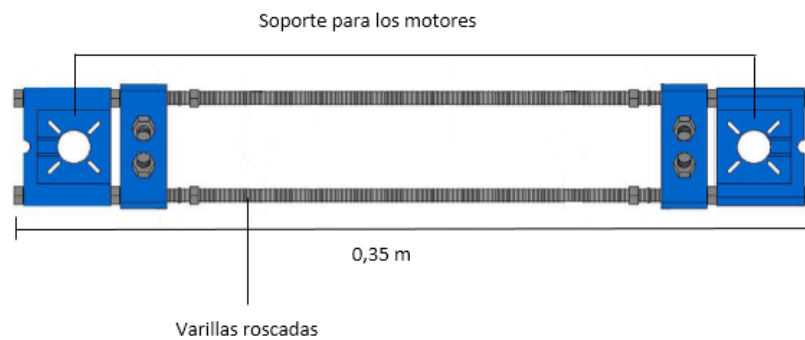


Fig. 4.18: Soportes - Eje Z

Fuente: Impresora3D [70]

El peso total a soportar el eje Z de describe en la tabla 4.15:

Tabla 4.15. Peso aproximado del Mecanismo Z

Elemento	#	Masa(kg)	Peso (N)
Modelo cortado	1	9.00	88.29
Base	1	1.07	10.46
Tornillería	-	0.25	2.45
Sistema de corte	1	0.70	6.87
Total		11.02	108.07

4.3.5 Control de los motores paso a paso

Para controlar el desplazamiento y velocidad de los motores se envían pulsos a diferentes frecuencias a la tarjeta de control. Los pulsos se envían mediante señales PWM a frecuencias que varían dependiendo de la velocidad requerida

Para determinar las frecuencias de operación del motor de acuerdo a su velocidad, se realiza la siguiente operación [69]:

$$Freq. motor = velocidad angular * pasos por revolución \quad Ec. 4.27$$

Donde:

velocidad angular = velocidad angular a la que se desea operar el motor

pasos por revolución = número de pasos que necesita el motor para dar una vuelta

Los pasos por revolución se determinan mediante la resolución del motor, aplicando:

$$pasos por revolución = \frac{360^\circ}{Resolución} \quad Ec. 4.28$$

Como el motor tiene una resolución de 1.8 grados, se tiene:

$$pasos por revolución = \frac{360^\circ}{1.8^\circ} = 200^\circ$$

Entonces el motor opera a 200° a paso completo. De igual forma se determinan los micropasos:

$$pasos por resolución_{\frac{1}{2}paso} = \frac{360^\circ}{\frac{1.8^\circ}{2}} = 200$$

$$pasos por resolución_{\frac{1}{4}paso} = \frac{360^\circ}{\frac{1.8^\circ}{4}} = 800$$

$$pasos \text{ por resolución }_{a_{\frac{1}{8}}paso} = \frac{360^{\circ}}{\frac{1.8^{\circ}}{8}} = 1600$$

$$pasos \text{ por resolución }_{a_{\frac{1}{16}}paso} = \frac{360^{\circ}}{\frac{1.8^{\circ}}{16}} = 3200$$

Para controlar el desplazamiento de cada uno de los motores en sus respectivos ejes se realiza el cálculo de los pasos por milímetro mediante las siguientes ecuaciones:

Pasos por milímetro en los Ejes X-Y

$$pasos_{por_mm} = \frac{P_{por_rev_motor} * Micropasos_{del_drover}}{P_{de_la_correa} * Número_{de_dientes_polea}} \text{ Ec. 4.29}$$

Donde:

$$Pasos_{por_rev_motor} = 200$$

$$Micropasos_{del_driver} = 16$$

$$Paso_{de_la_correa} = 2 \text{ (Anexo X)}$$

$$Numero_{de_dientes_polea} = 36 \text{ (Anexo XI)}$$

$$pasos_{por_mm} = \frac{200 * 16}{2 * 36} = 44.445$$

Pasos por milímetro en el Eje Z

$$pasos_{por_mm} = \frac{P_{por_rev_motor} * Micropasos_{del_drover}}{P_{de_la_rosca_tornillo}} \text{ Ec. 4.30}$$

Donde:

$$Paso_{de_la_rosca_del_tornillo} = 1,95 \text{ mm}$$

$$pasos_{por_mm} = \frac{200 * 16}{1.95} = 1641.03$$

Control de Finales de Carrera

Para controlar los finales de carrera se aplica un on/off, donde los sensores de posición indican la posición Home($x=0$, $y=0$, $z=0$) en cada eje. Las entradas obtenidas son señales de cero lógico (sensor desactivado) y uno lógico (sensor activado), la tarjeta de control recibe la señal y la procesa para cumplir con las condiciones y empezar con el proceso de cortado de cuero.

4.3.6 Diseño del sistema de corte

El sistema de corte se divide en tres partes:

- Porta cuchilla
- Cuchilla
- Adaptador para soporte del eje x

Porta cuchilla

La porta cuchilla se diseñó en base a los siguientes requerimientos:

- Longitud corta debido al tamaño del prototipo y a la zona de corte del cuero
- Sujeción fija y removible para cuchilla
- Material resistente
- Seguro giratorio

En la Fig. 4.19 Se muestra un esquema de la porta cuchilla la cual consta de un seguro giratorio en la parte superior, sujeción fija y removible en la parte inferior, una longitud corta adaptada a las dimensiones de la estructura de la cortadora.



Fig. 4.19 Porta cuchillas del Sistema de corte




El material del cual está construido es acero fundido cuyas características son las siguientes:

- Fundición aplicada en varias industrias
- Resistencia moderada
- Tenacidad
- Resistencia a la corrosión en ciertas aplicaciones
- Moldeable
- Costos moderados

Selección de la cuchilla

Para la cuchilla se realizó un estudio sobre las cuchillas para plotters, las cuales tienen pequeñas longitudes, ángulos de corte de 30° , 45° y 60° , están construidas de acero fundido de alta calidad. Su funcionamiento está comprobado en cortes de precisión, pero su diseño es propiedad del autor y no se puede duplicar sus cálculos. Los diferentes tipos y estilos de cuchillas se muestran en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Tipos de cuchillas para plotters

CUCHILLA	Característica 1 Angulo de corte	Característica 2 Material
	30°	Acero
	45°	Acero
	60°	Acero

Fuente: Secabo [71]

Se seleccionó la Cuchilla cerámica para corte de material reflectivo por su ángulo de 60° de corte profundo, alta precisión a 15° de ángulo de corte y por ser la única cuchilla que tiene offset, este es un desplazamiento de corrección en decimas de milímetros que se realiza para ubicar la punta de la cuchilla en el eje de corte como se muestra en la Fig. 4.20



Fig. 4.20 Desplazamiento offset de la cuchilla

Las medidas de la cuchilla se muestran en la Fig. 4.21

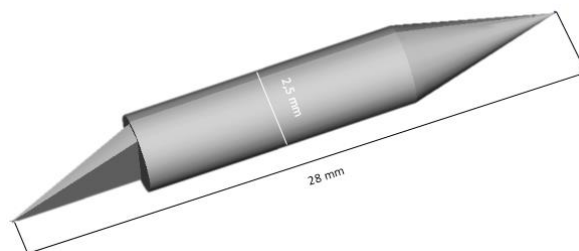


Fig. 4.21 Medidas de la cuchilla



Fig. 4.22 Sistema de corte (porta cuchilla, cuchilla de 60° de corte)

Adaptador para soporte del eje x

Para que el Sistema de corte se sujete al eje x, es necesario un adaptador como se muestra en la Fig. 4.23 que mantenga la estabilidad al momento de mover los motores para el proceso de corte de cuero.

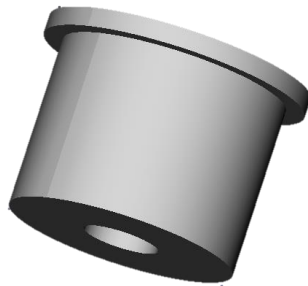


Fig. 4.23 Adaptador para el Sistema de corte

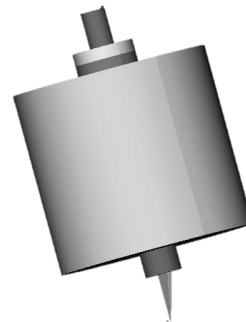


Fig. 4.24 Adaptador conjuntamente con el Sistema de corte

4.3.7 Elaboración de la estructura del sistema electrónico

Estructura del Sistema Electrónico

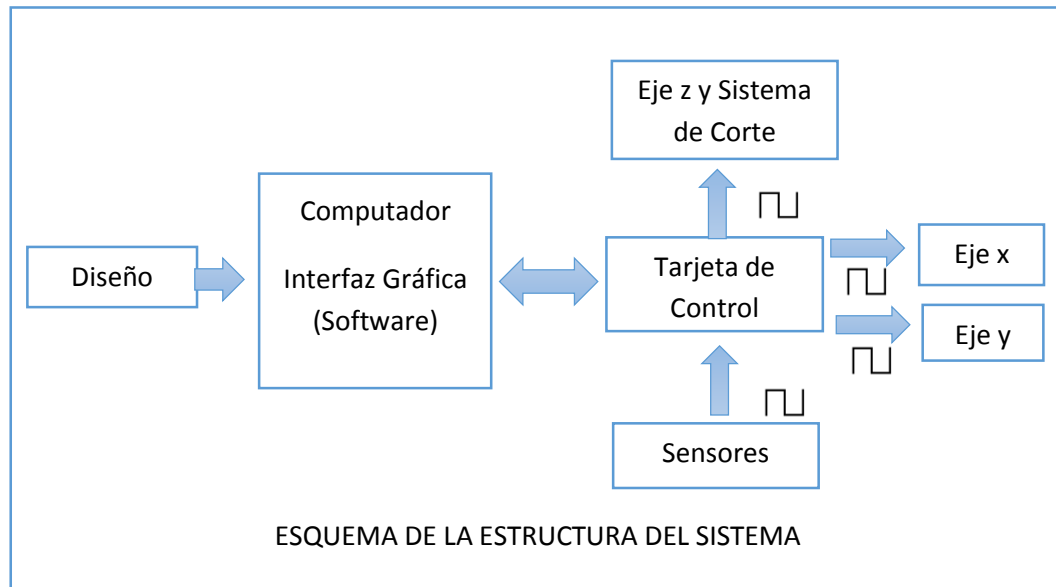


Fig. 4.25 Estructura del Sistema Electrónico

La estructura parte desde el diseño de la pieza del cuero en AutoCAD, para ser procesado por software y este lo transforma a G-Code comunicándose con la tarjeta de control la cual mediante pulsos PWM recibe y envía información para realizar el proceso de corte.

Diagrama de cables del sistema electrónico

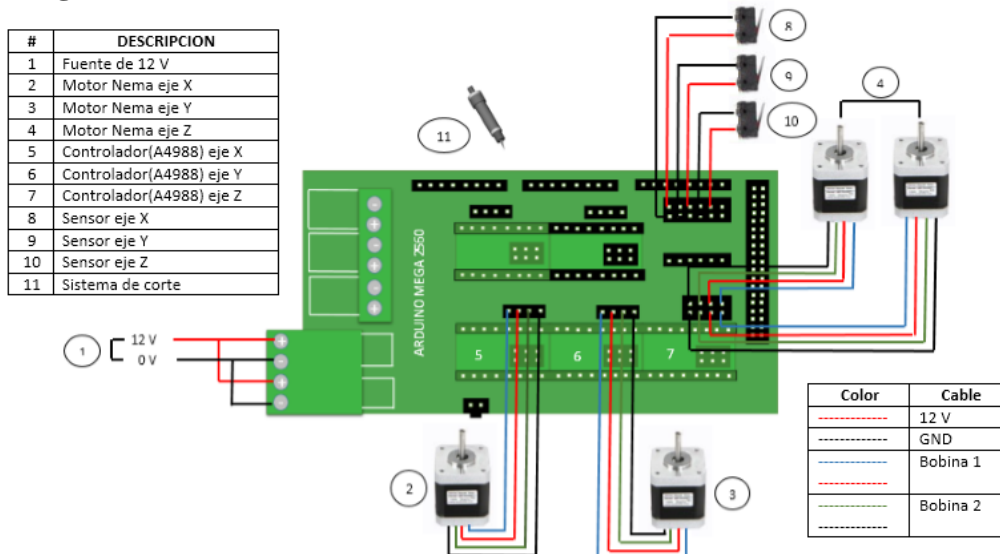


Fig. 4.26 Diagrama de cables del Sistema Electrónico

Se tiene la tarjeta arduino de control conjuntamente con la RAMPS 1.4 y los controladores A4988. Se tiene los elementos del sistema interconectados con la tarjeta arduino de control como son:

- 4 motores Nema 17
- 1 sistema de corte
- 3 finales de carrera

Diseño final del sistema electrónico de corte de piezas de cuero

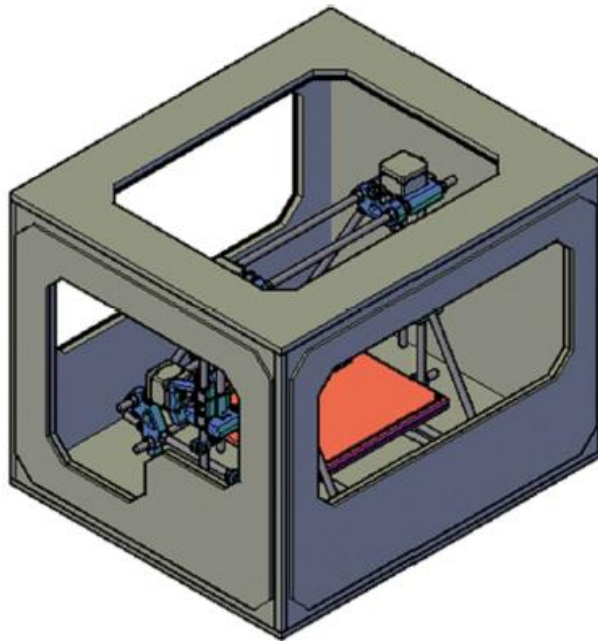


Fig. 4.27. Diseño final del sistema electrónico

El diseño está estructurado del material triplex, debido a que este material no produce vibraciones con lo cual brinda mayor estabilidad al prototipo

4.3.8 Rediseño del módulo de control para el sistema electrónico utilizando Hardware libre

El sistema de control que gobierna el sistema mecánico está basado en un sistema informático que a través de un software maestro envía información a un segundo sistema electrónico correspondiente a una tarjeta de control, un driver para el control de los motores; los sensores hacen la retroalimentación.

En este paso se procedió a modificar la tarjeta arduino de control.

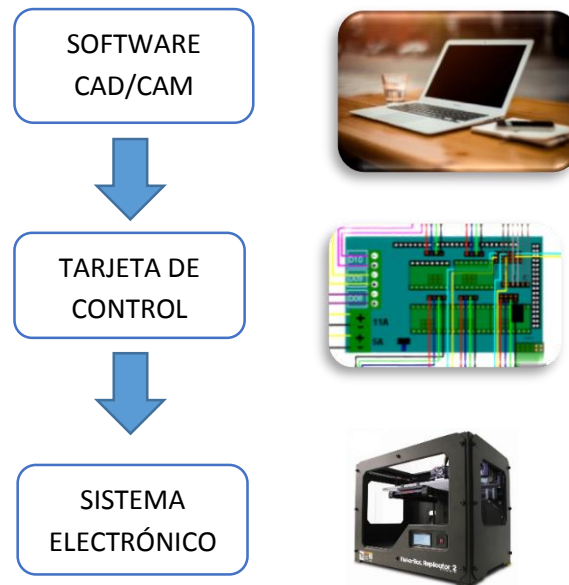


Figura. 4.28 Esquema general de control del sistema electrónico

4.3.9 Diagramas de flujo para el control del Sistema Electrónico

Para los diagramas de flujo se tomó los procesos más importantes como son:

- Programa Principal
- Proceso automático
- Proceso manual
- Proceso del software

Programa principal

DATOS:	
Variable	DESCRIPCION
TC	Tarjeta de control
CS	Comunicación serial
ID	Entradas digitales
IA	Entradas analógicas
CA/D	Conversor analógico
LLP	Llamado de Librería (Esprínter)
EX	Eje x
EY	Eje y
EZ	Eje z
SC	Sistema de corte
SL	Software libre
CS	Comunicación serial
PD	Procesamiento de datos
CS	Comunicación con el sistema
CC	Corte de piezas de cuero

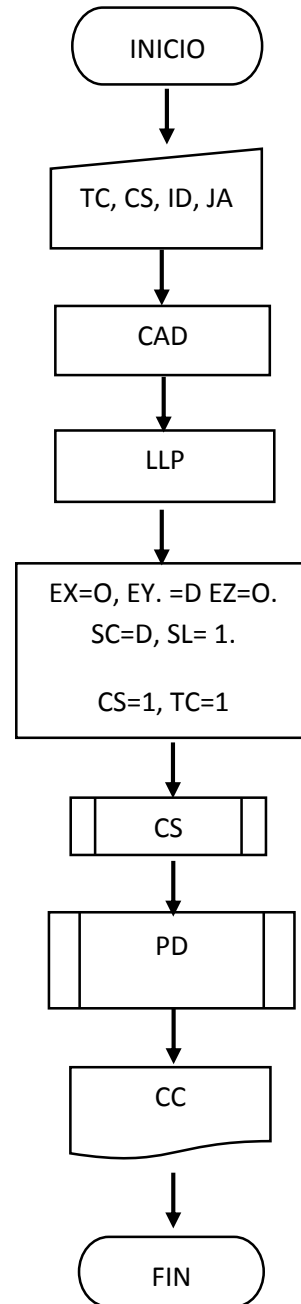


Fig. 4.29. Diagrama de flujo del Programa Principal

El proceso del programa principal empieza con la configuración manual de elementos tales como: tarjeta de control, comunicación serial, entradas digitales y analógicas, luego llega a un proceso de conversión análogo/digital y al llamado de la librería Sprinter la cual permite tener una comunicación con el software, como cuarto paso inicializamos los ejes del sistemas, el sistema de corte, comunicación serial, el software libre. Una vez inicializadas las variables se empieza a procesar los datos, se comunica con el sistema y realiza el corte de las piezas en cuero.

Proceso Automático

DATOS:	
VARIABLE	DESCRIPCION
PA	Archivo CAD
PG	Procesamiento G- code
ASC	Activación sistema de corte
CI	Condiciones iniciales
EC	Ejes de coordenadas
PC	Proceso de corte
FC	Finalización de corte
DS	Desactivación de sistema de corte
CC	Corte de piezas de cuero

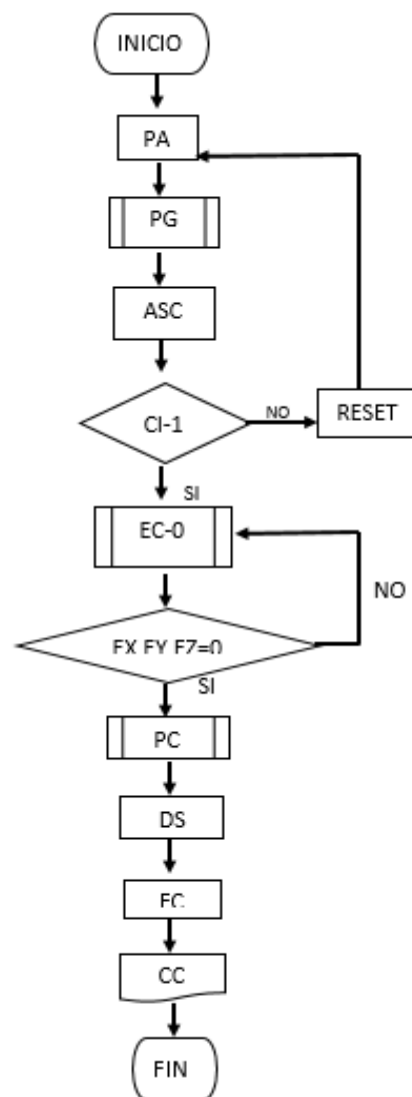


Fig. 4.30. Diagrama de flujo del sistema electrónico en modo automático

El sistema electrónico se lo puede manejar en dos formas: Automáticamente y manualmente. La forma automática es el objetivo central, su proceso es el siguiente: una vez definido el modelo para las piezas de calzado se lo representa en AutoCAD este modelo se lo guarda en extensión .stl y se realiza un procesamiento G-Code el cual activa el sistema de corte y desplaza los ejes a coordenadas inicial (0, 0,0), una comprobado estas condiciones realiza el proceso de corte, lo finaliza desactivando el sistema de corte y la pieza se cuero esta lista para usarse

Proceso Manual

DATOS:	
VARIABLE	DESCRIPCION
IC	Ingreso de comando (G- code)
LD	Lectura de datos
ED	Escritura de datos
V	Valores iniciales
PC	Proceso de corte
CC	Corte de piezas de cuero

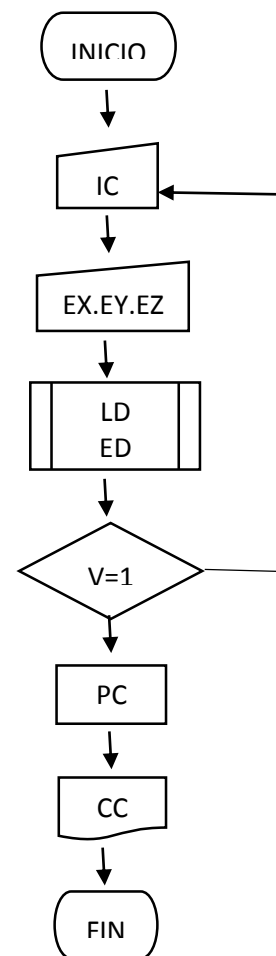


Fig. 4.31. Diagrama de flujo del Sistema Electrónico en modo manual

El sistema cuenta con la posibilidad de realizar el corte de piezas de cuero en forma manual gracias al G-code, este método se los utiliza para comprobar el funcionamiento del sistema o en caso que exista algún percance como fallos en la interfaz con el CAD de diseño, procesado erróneo en G-Code en el sistema

electrónico. El proceso es el siguiente: se ingresa los comando en lenguaje G-Code, se ingresa los valores de los ejes del sistema, el programa lee y escribe los datos, realiza una verificación para proceder con el sistema de corte y terminar con las piezas de cuero cortada

Proceso del Software

DATOS:	
VARIABLE	DESCRIPCION
MC	Modelo CAD
F	Fichero. Stl
EP	Entorno Pronterface
PG	Procesamiento G-code
CT	Comunicación de tarjeta de control
PC	Proceso de corte
CC	Corte de pieza de cuero

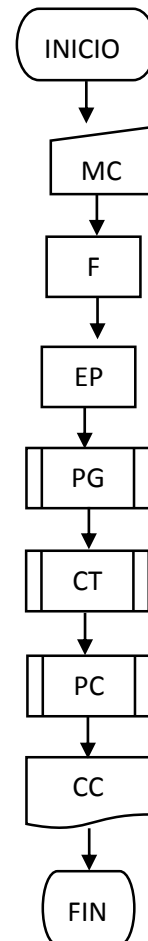


Fig. 4.33. Diagrama de flujo proceso de funcionamiento del software para el corte (Pronterface)

Pronterface recibe datos desde AutoCAD con extensión .stl, lo abre en entorno Pronterface, lo procesa en G-Code, se comunica con la tarjeta de control que controla al sistema mecánico y este realiza el proceso de corte.

Diagramas de conexión entre Arduino Mega 2560 y controladores de motores pasó a paso.

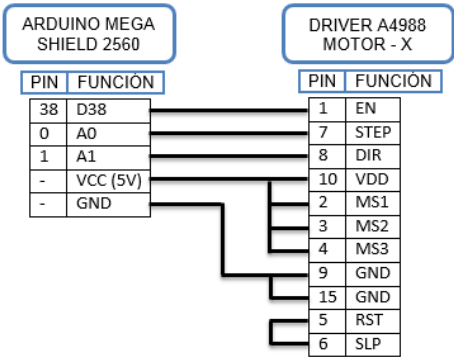


Fig. 4.34 Conexión Arduino Mega y driver A4998 (Eje x)

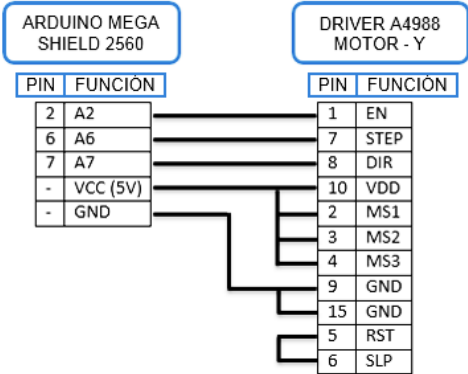


Fig. 4.35 Conexión Arduino Mega y driver A4998 (Eje Y)

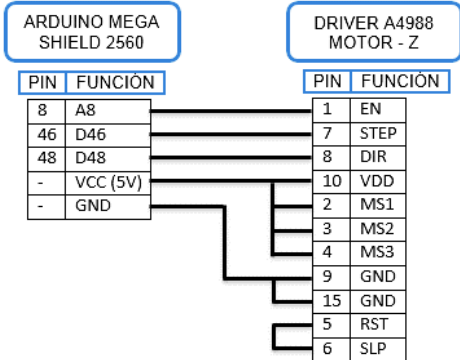


Fig. 4.36 Conexión Arduino Mega y driver A4998 (Eje Z)

Los controladores A4988 son los encargados de dar paso a la corriente necesaria mediante pulsos que reciben desde la tarjeta arduino y la dirigen a los motores de cada eje, permitiendo su movimiento con el debido control del torque de acuerdo a la fuerza requerida.

Diagrama de conexión entre Arduino-Mega 2560 y Finales de Carrera

Los finales de carrera envían una señal en alto a las entras digitales de la placa controladora cuando cada uno de los ejes llega a su posición Home.

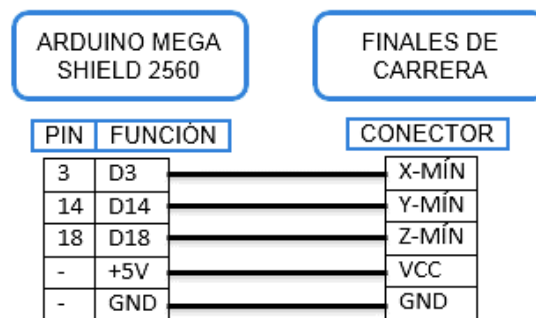


Fig. 4.37. Conexión Arduino Mega y Finales de carrera X-Y-Z

4.3.10 Selección y programación del controlador basado en Software Libre

Sistema Informático

Por medio de este sistema se interpreta la geometría de la pieza a cortar, que en un principio es diseñada en un software CAD. Este tipo de software permite guardar el archivo en una extensión estándar de prototipado rápido STL.

Al convertir a este formato se genera una malla de pequeños triángulos sobre las superficies para definir la forma de la pieza. Posteriormente el archivo .STL es cargado por un software (Pronterface), para el control del sistema.

Éste software permite la conversión del archivo .STL a código G que ubica los nodos de cada triángulo en coordenadas absolutas, especial para el corte del cuero,

además configura diversas variables como el tiempo de inicio para puesta a punto, retroceso de cada eje, el inicio, paradas.

Software de comunicación y control

Según los requerimientos de usuario se necesita un software con una interface gráfica de fácil manejo, compatible con Sistemas Operativos Windows y con tarjetas de control de tecnología arduino para lo cual se planteó criterios como:

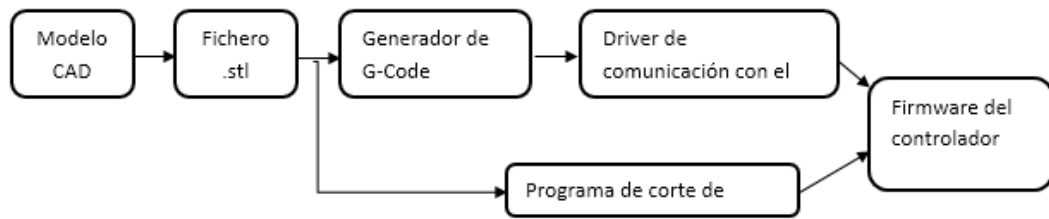
- Compatibilidad con sistemas operativos
- Compatibilidad con tarjetas de control
- Extensión
- Drivers
- Costos

De los datos previamente analizados se seleccionó Pronterface ya que presenta todas las características necesarias para el presente sistema.

Tabla 4.17 Características de Pronterface

Característica	Pronterface
Interfaz	Gráfica
Compatibilidad	Linux, Ubuntu, Windows xp, windows 7
Tarjeta de control	Arduino
Drivers	Existentes
Código	G-code
Extensión	.stl
Licencia	Libre

En el siguiente diagrama se describe el proceso que debe seguir el software Pronterface para el corte de cuero:



El proceso tendrá el siguiente orden:

- El modelo de corte de cuero será diseñado en la herramienta AutoCAD.
- El diseño será guardado en formato .stl
- El entorno Pronterface abre el formato .stl, lo procesa y envía en G-Code
- Comunicación entre la parte electrónica y el Software
- El Sistema Electrónico realiza el corte que recibió en G-Code desde el Pronterface

Configuración

Pronterface al ser Software de licencia libre su instalación en Linux y Debían toma menos tiempo, en el presente proyecto se lo realiza en Windows 7 por lo que se necesita las siguientes dependencias indicadas en la Tabla 4.15 Junto a su descripción y función:

Tabla 4.18 Dependencias para instalación de Pronterface en Windows 7

Dependencia	Descripción
Python	Desarrollado como proyecto de código abierto, permite ejecutar programas de Linux en Windows 7 como por ejemplo extensiones .py
PySerial	Este módulo encapsula el acceso al puerto serie
Pyreadline	Paquete readline de python
Argparse	Se instala por defecto con python
wxPython	Características especiales de python
Pyglet	Ventana multiplataforma y biblioteca multimedia para python
Numpy	Utilizado para la vista 3D del software
Pycairo	Biblioteca gráfica de python
Cairosvg	Biblioteca gráfica de python
DBus	Sistema de comunicación entre procesos para aplicaciones de software con el fin de comunicarse entre si

Una vez instalado las dependencias, se abre el entorno Pronterface y se procede a configurar los principales datos como selecciona el puerto y se define la velocidad basándose en la tabla 4.16 Y en la fig. 4.38

Tabla 4. 19. Tabla de seleccionamiento de velocidad de los motores paso a paso

Velocidad	Respuesta del motor
2400	Motor sin movimiento
9600	Motor sin movimiento
19200	Motor sin movimiento
38400	Motor con movimiento leve
57600	Motor con movimiento leve
115200	Motor con movimiento normal
250000	Motor con movimientos demasiados rápidos

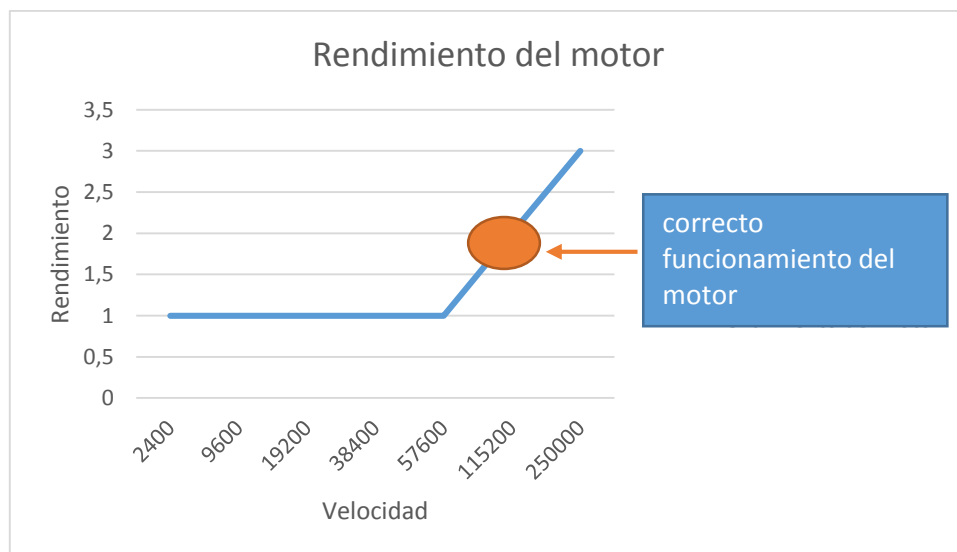


Fig. 4.38 Rendimiento del motor con la velocidad de Pronterface

En este caso la velocidad 115200 resulta ser la más apta para el Sistema

4.4 Implementación del sistema

Una vez realizados los cálculos de diseño y selección de materiales, se procede a la fabricación del sistema electrónico.

4.4.1 Construcción del eje X

El mecanismo del eje X consta de dos ejes guías paralelos, en el cual va montado el sistema de corte por medio de cuatro rodamientos lineales (Figura 4.39), el sistema de corte se desplaza a través de éste mediante de un sistema poleas-correa, la correa se encuentra fija en el soporte y las poleas están acopladas en cada soporte lateral del eje X. En uno de los soportes laterales se halla acoplado el motor X.

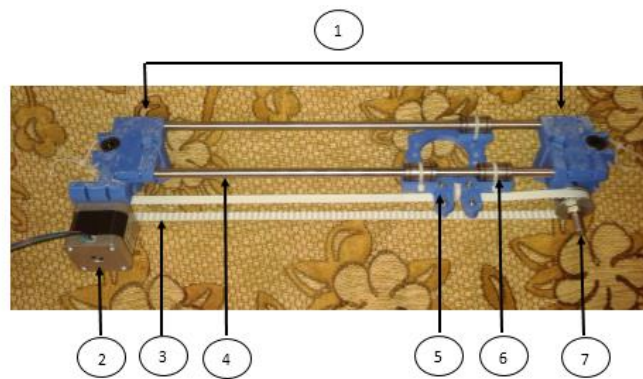


Fig. 4.39. Construcción del eje X

Los elementos se describen a continuación en la siguiente Tabla 4. 20

Tabla 4.20 Elementos del eje X

#•	Elemento
1	Soportes laterales
2	Motor paso a paso
3	Correa dentada
4	Barras del eje X
5	Base del Sistema de corte
6	Rodamiento lineal
7	Polea dentada

Proceso de construcción

1. Se colocó los rodamientos lineales en la base del sistema de corte
2. Se insertó las barras lisas en los soportes laterales y por medio de los rodamientos lineales
3. Se colocó el motor Nema 17 en lado izquierdo y la polea en el lado derecho de los soportes laterales del eje.
4. Se colocó la correa dentada que atraviesa el motor Nema 17 y la polea dentada. Luego la aseguramos en la base del sistema de corte

4.4.2 Construcción del eje Y

El mecanismo del eje Y consta de dos ejes guías paralelos, los cuales se fijan en los soportes frontal y posterior de la estructura, en este se encuentra la base de deposición del material y tiene la función de desplazar el material por medio de rodamientos lineales encajados en la base. El movimiento del mecanismo Y se realiza mediante un sistema de polea, la polea se encuentra en la parte posterior y el motor en la parte frontal de la estructura como se indica en la Fig.4.40

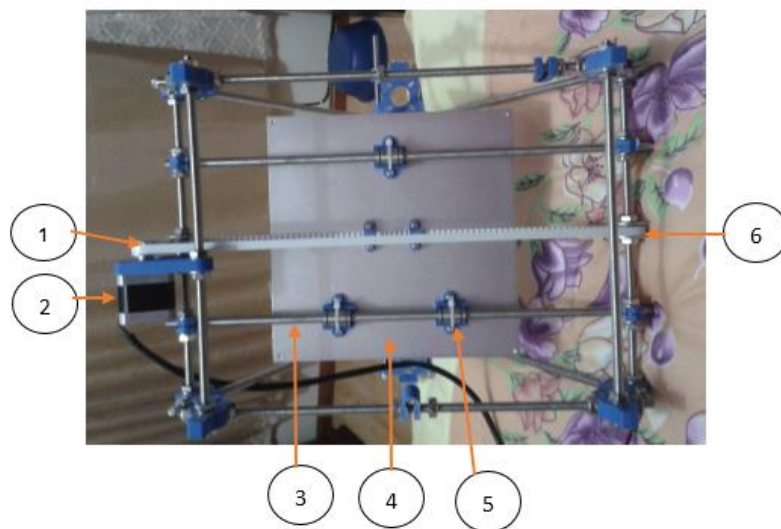


Fig. 4.40 Construcción del eje Y

Los elementos se describen a continuación en la siguiente Tabla 4.21

Tabla 4.21 Elementos del eje

#	Elemento
1	Correa dentada
2	Motor paso a paso
3	Barras del eje y
4	Base de deposición del material
5	Rodamiento lineal
6	Polea dentada

Proceso de construcción:

1. Se colocó las barras lisas con sus rodamientos lineales, la polea en la parte posterior y el motor con un soporte en la parte frontal de la estructura basándonos en un plano diseñado con anterioridad
2. Se taladró la base para colocar el soporte de los rodamientos y para asegurar la correa dentada
3. Se colocó la base sobre los rodamientos lineales y las barras lisas
4. Se aseguró la correa dentada a la base

4.4.3 Construcción del eje Z

El mecanismo del eje Z consta de dos soportes laterales en el cual van los motores Nema 17, su función es el movimiento del eje x de arriba hacia abajo de tal manera que la cortadora descienda al momento del corte y ascienda una vez terminado facilitando al usuario la retirada de las piezas cortadas e incorporación de una nueva para seguir con el proceso, como se indica en la Fig.4.41

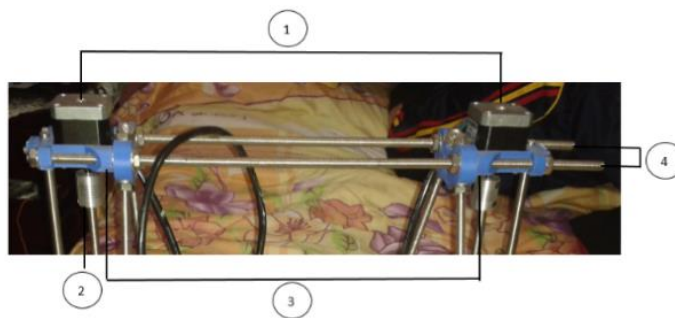


Fig. 4.41. Construcción del eje Z

Los elementos se describen a continuación en la siguiente Tabla 4. 21

Tabla 4.21 Elementos del eje Y

#•	Elemento
1	Motor paso a paso
2	Acoplador eje x
3	Soportes laterales
4	Barras roscadas

Proceso de construcción:

1. Se colocó los soportes laterales en los extremos de las varillas roscadas
2. Se ubicó los motores en los extremos laterales
3. Se ajustó el acoplador entre la punta del motor y la varilla del eje x

4.4.4. Acoplamiento de la interface con el sistema electrónico basado en software libre

Para el acoplamiento se utiliza una interfaz de comunicación serial enviando un bit a la vez de manera secuencial como se indica en la figura 4.42

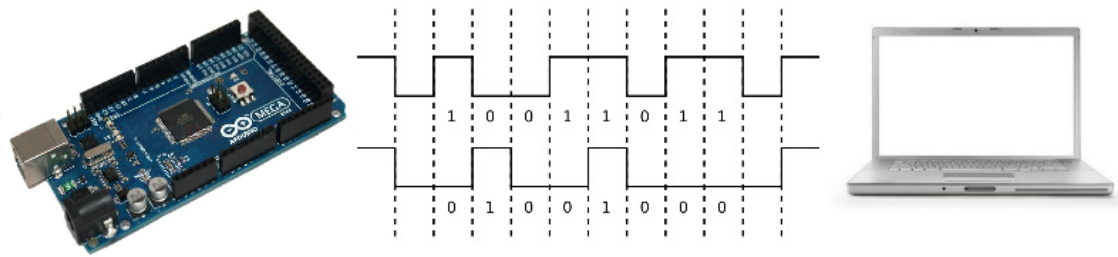


Fig.4.42 Comunicación de la interface con el Sistema Electrónico

Para enlazar la PC y el arduino se usa un conversor de USB a TTL que viene incluido en el Arduino Mega 2560 el cual se indica la fig. 4.43.



Fig. 4.43 Conversor USB a TTL

4.4.5 Ensamblaje de los componentes del Sistema Electrónico



Fig. 4.44. Prototipo terminado

Para el ensamblaje se tomó como referencia la estructura de la Prusa 2 tomando en cuenta las siguientes características:

- Su estabilidad está comprobada por varios usuarios alrededor del mundo
- Es la estructura más económica actualmente
- Posee buena rigidez debido a su que está hecha de acero y unión triada
- No requiere mayor mantenimiento
- Usa materiales estándar en su mayoría, no requiere de muchos métodos de fabricación y la información de construcción está disponible
- Es fácil de montar, no toma mucho tiempo su ensamblaje

Proceso de ensamblaje

1. Se ensambló el eje y
2. Se ensambló el eje z
3. Se ensambló el eje x
4. Se colocó el sistema de corte en el soporte del eje x
5. Se colocó los finales de carrera para que los ejes lleguen al estado Home(0, 0.0)
6. Se ensambló la base de sujeción en el eje y
7. Se dió la necesidad de sujetar el cuero a la base que tenga una correcta adaptabilidad y no se levante al momento del corte.
8. La estructura es colocada en una carcasa hecha de triplex de 9 mm

4.5 Pruebas y corrección de errores

Para las pruebas y corrección de errores se realizó el siguiente proceso:

4.5.1 Pruebas del sistema mecánico

Finalizando la implementación del sistema mecánico y de control se procede a efectuar las pruebas de funcionamiento, así como la calibración de los mecanismos “X”-“Y”-“Z” y el movimiento de los mismos a través de los motores, observando que estos no tengan atascamientos o ruidos extraños. Estas pruebas se las realiza con la ayuda del software pronterface.

Al momento de mover los ejes del sistema electrónico mediante pronterface se escucha ruidos extraños en los motores, incluso el motor del eje y no tiene movimiento debido a que no existe el suficiente paso de corriente.

Calibración de los controladores de los motores

Determinado la distribución de terminales en los motores y verificadas las conexiones de alimentación, se calibra la corriente de los controladores como se muestra en la Ec. 4. 30 de los motores para la cada uno de los ejes, girando los potenciómetros hasta encontrar las condiciones óptimas de operación.

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{V_{ref}}{8 * R_s} \quad Ec. 4.31$$

Donde

Imáx: corriente máxima en el controlador

Vref: Voltaje de referencia (voltaje medido entre GND y el potenciómetro)

Rs: Resistencia de sensibilidad=0,2 Ω

Para los ejes X-Y se ajustó a una corriente de:

$$I_{X-Y} = \frac{0,323}{8 * 0,2 \Omega} = 200 \text{ mA}$$

Para el controlador de los motores en el eje Z se ajustó a:

$$I_Z = \frac{0,5}{8 * 0,2 \Omega} = 312 \text{ mA}$$

Desplazamiento de los mecanismos en los ejes X, Y, Z

Primero observamos que exista comunicación entre el software Pronterface y el Sistema Electrónico como se observa en la Fig. 4.45

```
Connecting...
start
Printer is now online.
ok T:5 B:0
```

Fig. 4.45 Conexión entre Pronterface y sistema electrónico

La verificación del movimiento de los ejes “X”, “Y”, “Z”, se realiza mediante el JOG de las interfaces de trabajo, como se observa en la figura 4.46, para comprobar que los ejes se mueven de manera correcta en la dirección seleccionada.

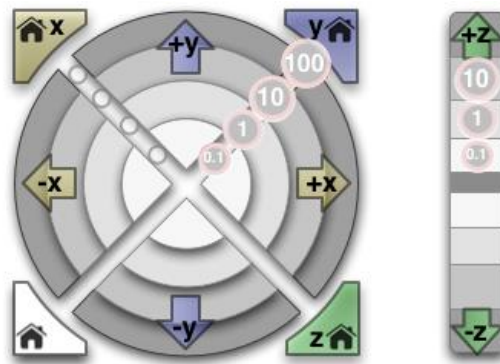


Fig. 4.46 JOG de Pronterface

4.5.2 Realización de pruebas de funcionamiento

Una vez calibrado los ejes y comprobado la comunicación entre Pronterface y el Sistema electrónico, comprobamos el funcionamiento del prototipo en base al siguiente procedimiento:

- Se diseñó en FreeCAD 3 modelos distintos como se muestran en las fig. 4.47, 4.48, 4.49 Y los guardamos en formatos .STL



Fig. 4.47 Diseño pieza 1



Fig. 4.48 Diseño pieza 2



Fig. 4.49 Diseño pieza 3

- Desde el entorno Pronterface se abre el archivo y se manda a procesar
- Primero se realizó el movimiento de los ejes sin la necesidad de la cuchilla como se muestra en la Fig. 4.50



Fig. 4.50 Movimiento de los ejes

- Luego se colocó el final de carrera del eje z de manera que la cuchilla llegue a la base como se muestra en la fig. 4.51

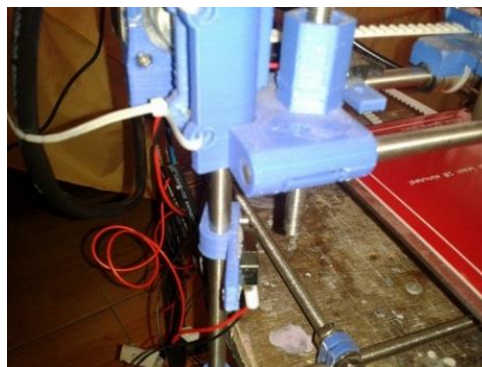


Fig. 4.51 Final de carrera en el eje z

- Se colocó la base de sujeción especial con el cuero y se asegura a la base del sistema electrónico

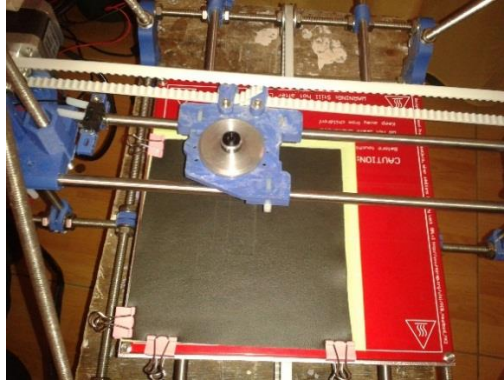


Fig. 4.52 Cuero en la base de sujeción

- Se acciona el Sistema Electrónico desde el Pronterface para realice el proceso de corte

Resultados:

Los resultados se muestran en la fig. 4.53

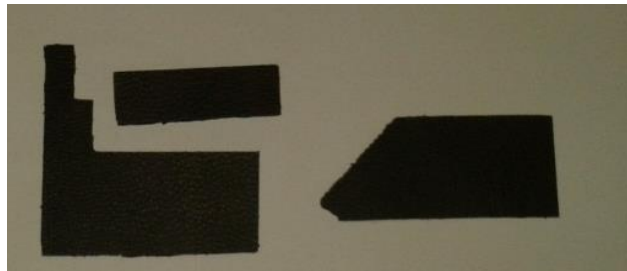
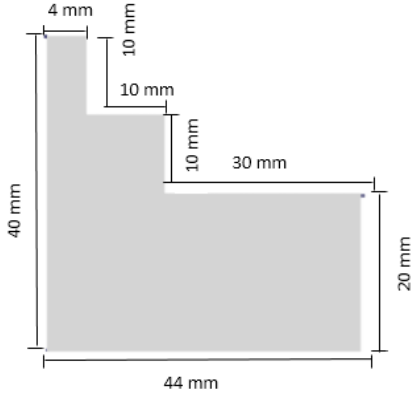
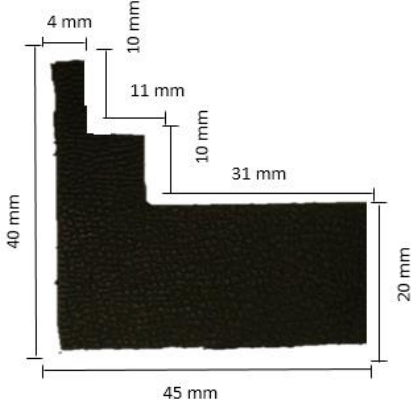
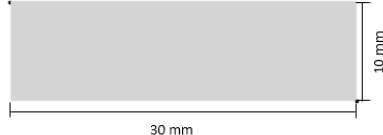

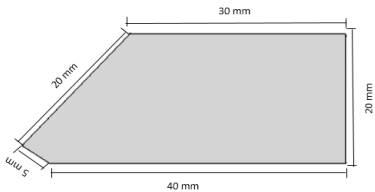
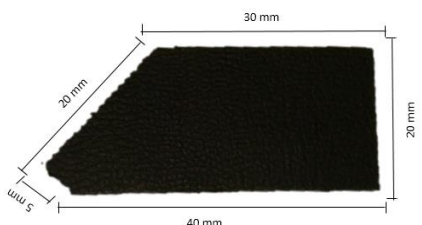


Fig. 4.53 piezas de cuero cortada

Luego de la obtener las piezas de cuero cortadas se procede a medir y comparar los valores con los de diseño

Tabla. 4.22 Tabla de resultados

Piezas	Datos diseñados	Datos reales
1		
2		
3		

4.6 Evaluación:

Determinación de la validez del sistema electrónico de corte mediante resultados obtenidos previamente

Después de realizar las pruebas de funcionamiento del Sistema Electrónico, se efectuó el corte de 3 piezas tomando sus medidas como mínimo 2 veces y se analizó los resultados:

Pieza de cuero 1

Perímetro de la pieza diseñada

$$\begin{aligned}P(mm) &= l + l + l + l + l + l + l + l & Ec. 4.32 \\P(mm) &= 4 + 10 + 10 + 10 + 30 + 20 + 44 + 40 \\P(mm) &= 168\end{aligned}$$

Perímetro de la pieza cortada

$$\begin{aligned}P(mm) &= l + l + l + l + l + l + l + l \\P(mm) &= 4 + 10 + 11 + 10 + 31 + 20 + 45 + 40 \\P(mm) &= 171\end{aligned}$$

Posteriormente se determina los resultados para cada opción en porcentajes usando las siguientes ecuaciones:

$$x = \frac{\text{perímetro de la pieza cortada} \times 100\%}{\text{perímetro de la pieza diseñada}} \quad Ec. 4.33$$

Donde:

x = Porcentaje de diferencia entre las mediciones de las piezas

$$\begin{aligned}x &= \frac{171 \times 100\%}{168} \\x &= 101.79\%\end{aligned}$$

$$e = \% \text{ obtenido} - 100\% \quad Ec. 4.34$$

Donde:

e = error del Sistema Electrónico

$$\begin{aligned}e &= 101.79\% - 100\% \\e &= 1,79\% \text{ de error}\end{aligned}$$

Pieza de cuero 2

Perímetro de la pieza diseñada

$$\begin{aligned}P(mm) &= l + l + l + l \\P(mm) &= 10 + 30 + 10 + 30 \\P(mm) &= 80\end{aligned}$$

Perímetro de la pieza cortada

$$\begin{aligned}P(mm) &= l + l + l + l \\P(mm) &= 10 + 31 + 10 + 31 \\P(mm) &= 82\end{aligned}$$

Posteriormente se determina los resultados para cada opción en porcentajes usando las siguientes ecuaciones:

$$x = \frac{\text{perímetro de la pieza cortada} \times 100\%}{\text{perímetro de la pieza diseñada}}$$

Donde:

x = Porcentaje de diferencia entre las mediciones de las piezas

$$\begin{aligned}x &= \frac{82 \times 100\%}{80} \\x &= 102.5\%\end{aligned}$$

$$e = \% \text{ obtenido} - 100\%$$

Donde:

e = error del Sistema Electrónico

$$\begin{aligned}e &= 102,5\% - 100\% \\e &= 2,5 \% \text{ de error}\end{aligned}$$

Pieza de cuero 3

Perímetro de la pieza diseñada

$$\begin{aligned}P(mm) &= l + l + l + l + l \\P(mm) &= 20 + 5 + 40 + 20 + 30 \\P(mm) &= 115\end{aligned}$$

Perímetro de la pieza cortada

$$\begin{aligned}P(mm) &= l + l + l + l + l \\P(mm) &= 20 + 5 + 40 + 20 + 30 \\P(mm) &= 115\end{aligned}$$

Posteriormente se determina los resultados para cada opción en porcentajes usando las siguientes ecuaciones:

$$x = \frac{\text{perímetro de la pieza cortada} \times 100\%}{\text{perímetro de la pieza diseñada}}$$

Donde:

x = Porcentaje de diferencia entre las mediciones de las piezas

$$\begin{aligned}x &= \frac{115 \times 100\%}{115} \\x &= 100\%\end{aligned}$$

$$e = \% \text{ obtenido} - 100\%$$

Donde:

e = error del Sistema Electrónico

$$\begin{aligned}e &= 100\% - 100\% \\e &= 0 \% \text{ de error}\end{aligned}$$

Para determinar la eficiencia total del Sistema Electrónico se calcula el error total mediante la siguiente ecuación:

$$P_T = \frac{e1 + e2 + e3}{\# \text{ errores}} \quad \text{Ec. 4.35}$$
$$P_T = \frac{1.79\% + 2.5\% + 0\%}{3}$$
$$P_T = 1,43\%$$

Luego de obtener los resultados se determina que el sistema electrónico tiene un error menor al 5% en los cortes realizados, dicho error está permitido dentro del límite de fallas en cortes ya que son poco notorios al momento de armar el calzado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la investigación se concluyó que puede existir un error máximo al 5% en el corte de piezas de cuero, el cual resulta despreciable y nada notorio al momento de armar el calzado.
- El prototipo se basa en un sistema de coordenadas (X, Y, Z), el mismo que gracias a su movimiento en 3 direcciones nos permiten la ejecución de cortes rectos, oblicuos y escalonados cumpliendo así los requerimientos de cortes de piezas para calzado.
- La tarjeta de control arduino controla el movimiento de los ejes del sistema mecánico mediante pulsos PWM a distintas frecuencias según la especificación del programa que por defecto un 85% de los procesos es 16 MHz.
- El sensor de posición del eje z está ubicado a 5mm de la base, limitando el avance de la cuchilla hacia la base, existiendo el contacto necesario para que la cuchilla realice el proceso de corte. La distancia se determinó mediante mediciones con un calibrador.

- El JOG de Pronterface tiene limitación al momento de moverse en los ejes del sistema por lo que se implementó código de programación G-Code para que los carros de los ejes se desplacen con mayor exactitud dentro del rango de 0-150 mm.
- El cuero para ser cortado necesita una base de sujeción acorde a su adaptabilidad y una cuchilla con un grado de filo de 15°, esto produce un corte de 60° de profundidad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar el mantenimiento preventivo del sistema realizando, especialmente en las poleas y correas ya que sus dientes de garre se desgasta provocando que no exista movimiento en los ejes.
- Para la selección del motor se debe tener en cuenta el peso y fuerza máximo de cada mecanismo de los ejes, de tal forma que el torque sea el adecuado y el funcionamiento de los motores pueda ser óptimo dentro del sistema.
- Se recomienda una fuente que genere la suficiente corriente requerida por el sistema. Para evitar daños tanto en los motores como en la placa de control.
- Se recomienda tener una buena sujeción en la base ya que el cuero puede levantarse provocando montaduras, cortes no deseados y por ende desperdicio del material.

Bibliografía:

- [1] EL MERCADO MUNDIAL DE CALZADO 2013, [en línea] consultado el, 12 de septiembre, 2014, disponible en: <http://www.prospecta.mx/pdf/340.pdf>
- [2] Global Industry Analysts, 2011, Breve Análisis de la industria del Calzado a nivel global [en línea], consultado el 19, de septiembre del 2013, disponible en: <http://www.prospecta.mx/pdf/1161.pdf>
- [3] Rojas A, Máquinas Automáticas para el Corte de Cuero, [en línea], consultado el 30, de octubre, disponible en: http://www.revista-mm.com/ediciones/rev67/maquinaria_cuero.pdf
- [4] Ministerio de industrias y productividad 2014, [en línea] BP. 126 – El MIPRO promueve la innovación del calzado en el austro ecuatoriano, [fecha de consulta: 20 de septiembre del 2014], disponible en: <http://www.industrias.gob.ec/bp-126-el-mipro-promueve-la-innovacion-del-calzado-en-el-austro-ecuatoriano/>
- [5] Rodríguez, I; Ortiz, A. 2009, Planta de producción de calzado deportivo para uso casual, [en línea], consultado el 27 de octubre, disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/221/1/93497.pdf>
- [6] Lugmania C. y Vásquez W., Febrero, 2015, “Diseño y Construcción de un prototipo de cortadora por láser de dióxido de carbono con control numérico computarizado para el Laboratorio CNC de la ESPE extensión Latacunga”, Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga.
- [7] Freire M. y García T., Octubre, 2007, “Diseño y Construcción de una cortadora de fomix”, Escuela Politécnica Nacional.
- [8] Acuña F. y Sánchez W., 2005, “Diseño y Construcción de un prototipo de una Máquina Taladradora de Control Numérico Computarizado”, Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga.
- [9] Sbrayson, Maluniu, cjurteaga [en línea] Cómo curtir piel consultado el 22 de agosto 2014 disponible en: <http://es.wikihow.com/curtir-piel>

[10] GEA, 2015, [en línea], consultado el: 12 de Noviembre del 2014. Disponible en: http://www.geaconsultores.com/curtiembres_1.php

[11] RUAVINTAGE.COM [en línea] disponible en:
<https://bolsosdehombre.wordpress.com/2014/06/17/tipos-de-cuero/>

[12] Conocimiento técnico de materiales, 14 de agosto, 2014, Publicado por, Armando Saldaña; Roberto Muñoz, Disponible en:
<http://web.ciatec.mx/varios/asotelo/archivos/MATERIALES%20PARA%20CORTE%20Y%20FORRO%20CEINNOVA%202011.pdf>

[13] El curtido de pieles, 15 de Agosto, 2014, publicado por Silvia Barretto, Disponible en:
<http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Tecnicas%20Indumentarias%20II/unidad%20N%20%BA%206/EL%20CURTIDO%20DE%20PIELES.doc>

[14] El mundo de los zapatos, 16 de Agosto, 2015, publicado por László Vass y Magda Molnár, Disponible en:
<http://www.cueronet.com/zapatos/recurtido.htm>

[15] Timothy J, 2006, Electrónica industrial moderna, quinta edición, México DF, México: PEARSON EDUCACIÓN pag.358

[16] Pérez E, Acevedo J, Silva C, Quiroga J, 2009, Autómatas programables y sistemas de automatización, México DF, México: MARCOMBO, S. A. pág. 650

[17] Zúmbame V., Febrero, 2010, “Diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de medición posicionamiento de la cuchilla de una CIZALLA SEYBOLD, para la imprenta CADALF”, Universidad Técnica de Ambato

[18] Sistemas Electrónicos, [en línea] disponible en:
<http://blog.educastur.es/tecnoaller/files/2011/02/apuntes-e-analogica.pdf>

[19] Benjamín C, 2011, Sistemas de control automático, México DF, México: Prentice – Hall Hispanoamericana Pág. 9,10

[20] Sánchez A, (2006), Instrumentación y control avanzado de procesos, España, Madrid: Díaz de Santos, S.A, Pág. 345

[21] García S. y Rodríguez G., 2011, "Desarrollo e Implementación de un sistema informático de seguridad basado en circuito cerrado de cámaras CCTV con acceso remoto WEB-WAP, tarjetas inteligentes (RFID) y software para el control de acceso al centro de cómputo de la universidad técnica de Manabí", Universidad Técnica de Manabí.

[22] Rodas, D., 1994, Sistemas de Microprocesadores para control de una impresora, EPN.

[23] Electrónica estudio [en línea], disponible en:
<http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>

[24] Quiñones J., Enero, 2011, "Diseño de controladores digitales en FPGA para aplicaciones de realidad virtual", Instituto Politécnico Nacional

[25] EPGA, 2007 [en línea] disponible en: http://reinaldo-noelia-fpga.blogspot.com/2007/12/fpga_4670.html

[26] ARDUINO. Arduino. [Documento HTML]. <http://www.arduino.cc/es>. ARDUINO. "Arduino". [Documento HTML]. 4 de agosto del 2012.

[27] Tapia C. y Manzano H., Octubre, 2013, "Evaluación de la plataforma arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal", Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

[28] Arduino uno [en línea] Disponible en:
<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

[29] Arduino mega [en línea] Disponible en:
<http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>

[30] Arduino Fio [en línea] disponible en:
<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardFio>

- [31] Elegir Impresora 3D [en línea] disponible en: http://wiki-es.bcndynamics.com/elegir_impresora_3d
- [32] DMOS Microstepping Driver with Translator And Overcurrent Protection [en línea] disponible en: https://www.pololu.com/file/download/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_translator.pdf?file_id=0J450
- [33] Pololu A4988 Stepper Driver with Heatsink Kit [en línea] disponible en: <https://ultimachine.com/content/pololu-a4988-stepper-driver-heatsink-kit>
- [34] Creus Solé, A. (2008). Neumática e Hidráulica. España: Marcombo
- [35] Manzano L. y Suarez D., 2013, “DISEÑO, AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA OVILLADORA ELECTRO HIDRÁULICA DE CUERDA POLÍMERO PLÁSTICA PARA LA EMPRESA INDUCUERDAS LTDA”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- [36] J. Llinares y A. Page, Electromagnetismo y semiconductores, Universidad Politécnica de Valencia: Reproval.
- [37] Addario M., Instalaciones Eléctricas y Automatismos, Abreadorunes, pag. 170
- [38] PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO [en línea] disponible en: <http://www.iesleonardo.info/ele/pro/CURSO%202002-2003/Juan%20Carlos%20de%20Pedro%20Ramos/motores%20paso%20a%20paso.htm>
- [39] G. Zabala, «Robótica,» User Powers, nº 20, pp. 135-139.
- [40] A. Díaz y Raigoso, Sistemas de regulación y control, Primera ed., Barcelona: Marcombo, 2011.
- [41] Mecanismos de transmisión del movimiento. [En línea] disponible en: <http://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmission-del-movimiento/>

[42] Rodamientos, [en línea] disponible en: http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material_clase/ocw_rodamientos1

[43] Rodamientos Lineales, [en línea], disponible en:
http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/mx_es/Rodamientos.LR.pdf

[44] Rodamientos Lineales, [en línea], disponible en:
<http://www.rodacenter.cl/index.php/es/rodamientos-lineales>

[45] LME-UU Linear Motion Ball Bearing, [en línea], disponible en:
<http://zjlinearbearing.com/1-1-2-linear-motion-ball-bearing.html>

[46] Pronterface, [en línea], disponible en:
<http://replicatorwarehouse.com/pronterface/>

[47] Software Testing- Reprap Prusa Mendel Computer Setup Instruvtions, [en línea, disponible en: <http://www.nextdayreprap.co.uk/software-testing-reprap-prusa-mendel-computer-setup-instructions/>

[48] Netfabb, [en línea], disponible en:
<http://www.netfabb.com/downloadcenter.php?basic=1>

[49] Trouble with units when importing SVGs for extrusión, [en línea], disponible en: <http://blenderartists.org/forum/showthread.php?328896-Trouble-with-units-when-importing-SVGs-for-extrusion>

[50] ReplicatorG, un software libre para la impresión 3D [en línea], disponible en:<http://oshl.edu.umh.es/2014/06/11/replicatorg-un-software-libre-para-la-impresion-3d/>

[51] STERWES, [en línea], Disponible en:
<http://rasterweb.net/raster/tag/replicatorg/>

[52] Tipos de sensores, [en línea], disponible en:
<https://sites.google.com/site/sensoresmarlennemac/tipos-de-sensore>

[53] Labarta J, Automatismos Industriales, España- Madrid, primera edición, DONOSTIARRA; S: A pag., 124-128

- [54] Interruptor final de carrera, [en línea], disponible en: <http://robocontro.wikispaces.com/Interruptores+Final+De+Carrera>
- [55] Nasimba, J., 2011, “diseño e implementación de un arrancador electrónico para el motor dc, baldor cdp3440, para realizar prácticas, en el laboratorio de máquinas eléctricas, fie”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
- [56] Rodas. a., diciembre, 2012, “diseño, construcción y programación de una máquina de control numérico aplicada al prototipado rápido de modelado por deposición fundida de material para el laboratorio de Mecatrónica de la universidad internacional del ecuador”, universidad internacional del ecuador
- [57] Products for usb sensing and control [en línea], disponible en: http://www.phidgets.com/products.php?product_id=3302
- [58] Buffa W, “Física”, México 2003, Quinta Edición, Pág. 118-120
- [59] Shigley, J., & Mitchell, L. (1999). Diseño en Ingeniería Mecánica. Mexico: McGraw-Hill Companies, Inc. Pág.730
- [60] Budynas, R., & Nisbett, K. (2000). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México: McGrawHill. Pág.999
- [61] Goodfellow. (2008). Acero Inoxidable – AISI 304. Recuperado el 15 de Junio de 2013, desde <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html>
- [62] SKF, 2007, Unidades y requerimientos disponibles para ejes, disponible en <http://www.skf.com/binary/tcm:12-68770/4182ES/index.html>
- [63] Goodfellow. (2008). Acero Inoxidable – AISI 304. Recuperado el 15 de Junio de 2013, desde <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html>
- [64] Meriam, J. (2000). Dinámica. España: Reverté, S.A.Pág.403

[65] DBR-Automation. (2013). Tecnología Lineal Rexroth. Recuperado el 20 de Junio de 2013, desde

http://www.dbrautomation.com/tecnologia_lineal_rodamientos.html

[66] Shigley, J., & Mitchell, L. (1999). Diseño en Ingeniería Mecánica. Mexico: McGraw-Hill Companies, Inc. Pág.730

[67] disponible en: http://www.mootio-components.com/polea-diametro-interior-3493mm_ref_000695.html#.VWgJC89_Oko

[68] Thomas Hecker, Cuero Nubuck, disponible en:

http://es.123rf.com/profile_hectho

[69] Acuña Fausto, Latacunga, “Diseño de un Prototipo de una Máquina taladradora de control numérico computarizado”, Escuela Politécnica del Ejercito.

[70] Impresoras, Impresoras3Ddisponible en:

<https://impresoras3dblog.wordpress.com/tag/impresora-3d/>

[71] Secabo, Manual de instrucciones para plotters, disponible en:

http://download.secabo.com/es/secabo_CIII.pdf

ANEXOS

ANEXO I

ENCUESTA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Objetivo: Estudio sobre la necesidad de implementar un sistema electrónico en la sección de corte de piezas de cuero para la confección de calzado

1. En su empresa la sección de corte de piezas de cuero tiene un proceso:

Artesanal	()
Industrial	()
Artesanal – industrial	()

2. ¿Qué tipo de cuero es el que se utiliza con mayor frecuencia?

Cuero liso	()
Reno	()
Cuero esmaltado	()
Nubuck	()
Gamuza	()

3. ¿Para un buen corte la adaptabilidad del cuero es indispensable?
- Esta de acuerdo ()
- No está de acuerdo ()
- Quizás ()
4. ¿Cuál es el tiempo promedio que se tarda en realizar los cortes para una docena de zapatos?
- 30 minutos ()
- Entre 30 y 60 minutos ()
- Más de 1 hora ()
5. ¿Cuánto invierte mensualmente en mano de obra para la sección de corte de cuero?
- 200-300 dólares ()
- 300-400 dólares ()
- 400-500 dólares ()
6. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de pérdidas mensuales para la empresa con el desperdicio de materiales desechables y cuero mal utilizado?
- 2-5% ()
- 5-10% ()
- 10-20% ()
7. Considera importante automatizar la sección de corte de cuero para reducir tiempo y dinero
- Esta de acuerdo ()
- No está de acuerdo ()
- Quizás ()

ANEXO II

RESULTADOS ENTREVISTA

Pregunta/Respuesta	Trabajador 1	Trabajador 2
Podría indicarnos su nombre y el de la Fábrica en la cual trabaja	Me llamo Nelly Flores trabajo en la Fabrica Gusmar	Laura Villena trabajo en la fábrica LIWI
En que sección se encuentra trabajando actualmente	Trabajo en el área de corte	Trabajo en el área de corte
Cuantos años se encuentra laborando en esta sección	Me encuentro laborando 18 años en la fabrica	Unos 4 años
Que tipos de cuero utiliza y cuál es el más usual	Se usa varios tipos de cuero, los cueros son seleccionados por el diseñador y yo solo me encargo de cortarlo	Se utiliza bastante el gamuza y el Nubuck
Cuáles son las características más usuales del cuero	El grosor, la rigidez aunque tienen mucho parecido los cueros	Al momento de cortar no nos fijamos en las características
Qué materiales ocupa en la sección de corte	Una cuchilla desechable para cortar y modelos de lata igualmente desechables	Una chaveta y moldes de metal
Cuánto tiempo se demora en cortar las piezas de cuero	Una hora aproximadamente	Según el modelo, un poco más de una hora
Existen desperdicios de material en su sección	Si existen especialmente si viene mal los moldes de los modelos	Si especialmente cuando no se conoce bien el trabajo
Que le parece la idea de un sistema electrónico que realice los cortes de las piezas de cuero automáticamente	Una gran idea, ayudaría a producir más pero me quitaría el empleo	Sería mucho mejor si la máquina hiciera sola

ANEXO III

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS NEMA 17 /3.2 KG/CM

Stepper Motor NEMA 17

This document describes mechanical and electrical specifications for PBC Linear stepper motors; including standard, hollow, and extended shaft variations.

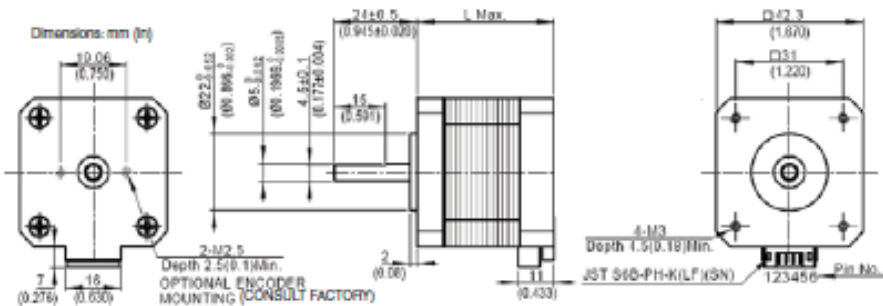


Standard shaft motor shown.

Phases	2
Steps/Revolution	200
Step Accuracy	±5%
Shaft Load	20,000 Hours at 1000 RPM
Axial	25 N (5.6 lbs.) Push
	65 N (15 lbs.) Pull
Radial	29 N (6.5 lbs.) At Flat Center
IP Rating	40
Approvals	RoHS
Operating Temp	-20° C to +40° C
Insulation Class	B, 130° C
Insulation Resistance	100 MegOhms

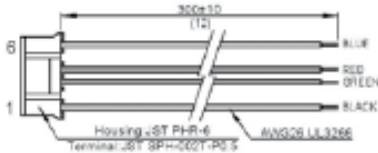
Description	Length	Mounted Rated Current	Mounted Holding Torque	Winding Ohms	Detent Torque	Rotor Inertia	Motor Weight
(Stack)	"L" Max	Amps	Nm oz-in Typ.	+10% @ 20°C Typ.	mNm oz-in	g cm2 oz-in2	kg lbs
Single	33.6 mm (1.57 in)	2	0.48 68	1.04 2.2	15 2.1	57 0.31	0.28 0.62
Double	48.3 mm (1.90 in)	2	0.63 89	1.3 2.9	25 3.5	82 0.45	0.36 0.79
Triple	62.6 mm (2.47 in)	2	0.83 120	1.46 3.8	30 4.2	125 0.67	0.5 1.3

*All standard motors have plug connector. Consult factory for other options.



Standard shaft dimensions shown. All other dimensions apply to hollow and extended shaft options.

Dimensions: mm (In)
4 Lead Connector, PBC Part#6200490
(Consult factory for optional motor connectors)



ANEXO IV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FUENTE S-350-12



■ Features :

- AC input range selectable by switch
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Forced air cooling by built-in DC fan
- PWM control and regulated
- Built-in cooling Fan ON-OFF control
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 25KHz
- Low cost
- 1 year warranty

SPECIFICATION

MODEL		S-350-5	S-350-7.5	S-350-12	S-350-13.5	S-350-15	S-350-24	S-350-27	S-350-36	S-350-48
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V	7.5V	12V	13.5V	15V	24V	27V	36V	48V
	RATED CURRENT	50A	40A	29A	25.8A	23.2A	14.6A	13A	9.7A	7.3A
	CURRENT RANGE	0 ~ 50A	0 ~ 40A	0 ~ 29A	0 ~ 25.8A	0 ~ 23.2A	0 ~ 14.6A	0 ~ 13A	0 ~ 9.7A	0 ~ 7.3A
	RATED POWER	250W	300W	348W	348.3W	348W	350.4W	351W	349.2W	350.4W
	RIPPLE & NOISE (max.) <small>Note 2</small>	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	240mVp-p	240mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	4.5 ~ 5.6V	6 ~ 9V	10 ~ 13.2V	12 ~ 15V	13.5 ~ 18V	20 ~ 26.4V	26 ~ 32V	32 ~ 40V	41 ~ 56V
	VOLTAGE TOLERANCE <small>Note 3</small>	±2.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION	±1.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
INPUT	SETUP, RISE TIME	200ms, 50ms at full load								
	HOLD UP TIME (Typ.)	20ms at full load								
	VOLTAGE RANGE	90 ~ 132VAC / 180 ~ 264VAC by switch 254 ~ 370VDC								
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz								
	EFFICIENCY (Typ.)	73%	76%	74%	79%	78%	81%	82%	83%	83%
	A/C CURRENT (Typ.)	6.5A/115VAC 4A/230VAC								
	INRUSH CURRENT (Typ.)	50A/115VAC 50A/230VAC								
	LEAKAGE CURRENT	<3.5mA / 240VAC								
	PROTECTION	OVERLOAD	105 ~ 135% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed							
OVER VOLTAGE		5.75 ~ 6.75V 9.4 ~ 10.9V 13.8 ~ 16.2V 15.5 ~ 18.2V 18 ~ 21V 27.6 ~ 32.4V 33.7 ~ 39.2V 40.5 ~ 46.5V 57.6 ~ 67.2V Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed								
FUNCTION	FAN ON/OFF CONTROL	RTH3≥50°C FAN ON, ≤45°C FAN OFF, ≥80°C output shut down (5 ~ 7.5V) RTH3≥55°C FAN ON, ≤50°C FAN OFF, ≥85°C output shut down (12 ~ 48V)								
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60°C (Refer to "Derating Curve")								
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing								
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH								
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)								
SAFETY	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes								
	WITH STAND VOLTAGE	I/P-O/P:1.5KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC								
OTHERS	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH								
	MTBF	234,3K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)								
	DIMENSION	215*115*50mm (L*W*H)								
NOTE	PACKING	1.07Kg; 12pcs/13.5Kg/0.92CUFT								
		1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair wire terminated with a 0.1uF & 47uF parallel capacitor. 3. Tolerance : Includes set up tolerance, line regulation and load regulation.								

ANEXO V

ACERO AISI 304

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)	
1. Descripción:	éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.
2. Normas involucradas:	ASTM A.276
3. Propiedades mecánicas:	Resistencia a la fluencia: 310 MPa (45 KSI) Resistencia máxima: 620 MPa (90 KSI) Elongación 30 % (en 50mm) Reducción de área 40 % Módulo de elasticidad: 200 GPa (29000 KSI)
4. Propiedades físicas:	Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)
5. Propiedades químicas:	0.08 % C mín 2.00 % Mn 1.00 % Si 18.0 – 20.0 % Cr 8.0 – 10.5 % Ni 0.045 % P 0.03 % S
6. Usos:	sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.
7. Tratamientos térmicos:	éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente
<small>NOTA: Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.</small>	

ANEXO VIII

RESISTENCIA DE FLUENCIA DEL ACERO= 205 MPA

Normas involucradas:	ASTM A108
Propiedades mecánicas:	Dureza 111 HB Esfuerzo de fluencia 205 MPa (29700 PSI) Esfuerzo máximo 380 MPa (55100 PSI) Elongación 25% Reducción de área 50% Módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI) Maquinabilidad 72% (AISI 1212 = 100%)
Propiedades físicas:	Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)
Propiedades químicas:	0.18 – 0.23 % C 0.30 – 0.60 % Mn 0.04 % P máx 0.05 % S máx

ANEXO IX

RODAMIENTO LM8UU

4 unidades/lote

Modelo: LM16LUU

Tamaño: diámetro interior 16mm * Diámetro exterior 28mm * Longitud 70mm

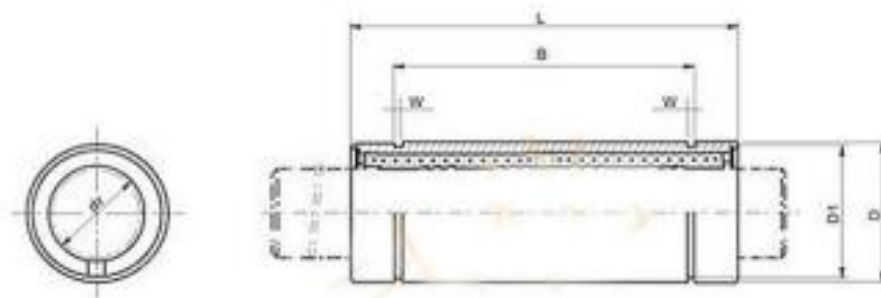
Solo peso: 145g

Linear bearing series

LM...LUU



Long type

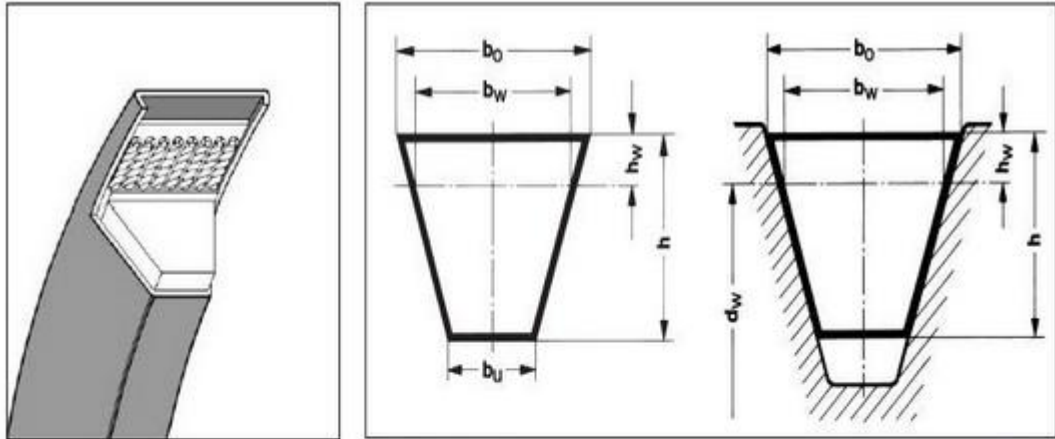


SI UNIT: 1N = 0.102kgf @ 12mm
 SI UNIT: 1N = 0.102kgf Unit:mm

LM...L Series		Main Dimensions (mm)										Basic load rating	
Model No.	Number of ball rows	Inscribed circle diameter	Outer diameter		Length		B		W	D1	Weight (g)	Nominal Dynamic load CN	Nominal Static load CoN
		d _i	Tolerance	D	Tolerance	L	Tolerance	B					
LM6LUU	4	6		12	0	15		27	1.1	11.4	16	324	529
LM8LUU	4	8	0	15	-13	16	-15		1.1	14.2	21	412	784
LM10LUU	4	10	-10	19		16	0	14	1.2	18	62	592	1100
LM12LUU	4	12		21	0	17	-0.3	16	1.3	20	80	657	1200
LM13LUU	4	13		23	-16	18		16	1.3	22	90	814	1570
LM16LUU	5	16		28		20		16	1.6	27	145	1230	2350
LM20LUU	5	20		32		20		16	1.6	30.5	160	1400	2750
LM25LUU	5	25	0	40	-19	22		18	1.95	38	240	1560	3140
LM30LUU	6	30		45		23		18	1.95	43	300	2490	5490
LM35LUU	6	35		52	0	25		18	2.1	49	395	2650	6470
LM40LUU	6	40	-15	60	-22	28	-0.4	21	2.1	57	510	3430	8040
LM50LUU	6	50		80		32		24	2.6	76.5	810	6080	15900
LM60LUU	6	60	0	90	-25	38		28	3.15	86.5	1100	7650	20900

ANEXO X

CORRE DENTADA GT2 DIMENSIONES



Belt dimensions

Fig. 2

Dimensional data

Table 5

Belt section	DIN symbol B.S./ISO symbol	SPZ SPZ	SPA SPA	SPB SPB	SPC SPC
Top belt width $b_0 \approx$	mm	9.7	12.7	16.3	22.0
Pitch width b_w	mm	8.5	11.0	14.0	19.0
Bottom belt width b_u	mm	4.0	5.6	7.1	9.3
Height of belt $h \approx$	mm	8	10	13	18
Pitch height $h_w \approx$	mm	2.0	2.8	3.5	4.8
Min. pulley pitch diameter $d_{w \min}^{(1)}$	mm	63	90	140	224
Max. flexing frequency $f_{B \max}$	s^{-1}	100	100	100	100
Max. belt speed v_{\max}	m/s	40	40	40	40
Weight per metre	kg/m	0.073	0.100	0.178	0.380
Range of pitch length $L_w^{(2)}$					
from	mm	512	647	1250	2000
to	mm	3550	4500	8000	12250
Length differential value from L_w $\Delta L = L_a - L_w$	mm	13	18	22	30

ANEXO XI

POLEA DENTADA GT2

Paso: T2.5

Dientes: 16

Brida: 2 lados

Orificio: 0.197 "(5.0mm)

Tornillo: 2 unids (M3) incluido

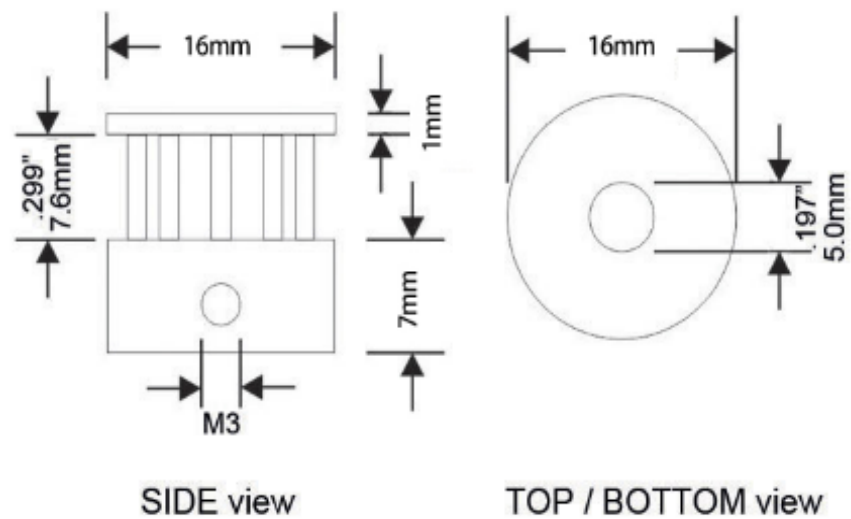
Material: aluminio

Ancho de la cinta: 6mm (el espacio es casi. 299 "(7.6mm). Al utilizar nuestra 6mm ancho correa, que tiene un mínimo de espacio libre en cada lado par un funcionamiento suave. Usted podría considerar una amplia correa de distribución, pero no es adviseable.)

Lista del paquete:

1x T2.5 Aluminio Polea de sincronismo

2x tornillo M3



ANEXO XII

ESPECIFICACIONES DE MÁQUINAS SIMILARES

Máquina	Volumen de trabajo <i>mm</i> ³	Volumen máquina <i>mm</i> ³	Velocidad de trabajo (<i>mm/s</i>)
Robo ED	254x254x203	430x280x450	30
Prusa 2	203x203x152	762x660x660	50
Cube 3D Printer	260x260x340	410x380x480	25
Rango	203x203x152 a 260x260x340	410x380x450 a 762x660x660	25 a 50

ANEXO XIV

G- CODE

Comando	Descripción
G00	Interpolación Lineal Rápida.
G01	Interpolación lineal a la velocidad programada en el registro F.
G02	Movimiento Circular en el sentido horario Feedrate.
G03	Movimiento Circular en el sentido anti-horario Feedrate.
G04	Es una demora o una pausa con un tiempo específico.
G17	Selección del Plano X-Y
G18	Selección del Plano X-Z
G19	Selección del Plano Y-Z
G40	Compensación anulada, o al centro de la línea de desplazamiento.
G41	Compensación a la Izquierda de la línea de desplazamiento.
G42	Compensación a la Derecha de la línea de desplazamiento.
G70	Unidad de Datos expresados en Pulgadas.
G71	Unidad de Datos expresados en Milímetros.
G90	Desplazamiento en Modo Absoluto.
G91	Desplazamiento en Modo Incremental o Relativo.

ANEXO XV

SOPORTE PARA SISTEMA DE CORTE (EJE X)



Fig. 1 Soporte vista frontal



Fig. 2 Soporte vista posterior

ANEXO XVI

ELABORACIÓN DEL SISTEMA



Fig. 3 Programación del sistema



Fig. 4. Probando los motores de los ejes



Fig. 5. Construcciones del sistema

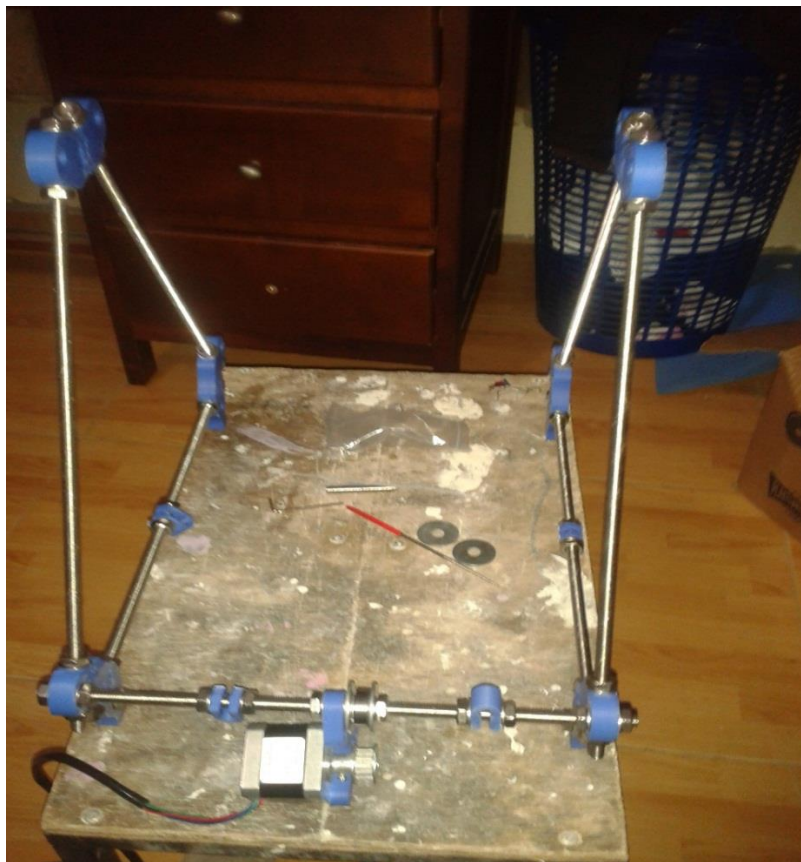


Fig.6 Construcción de la estructura

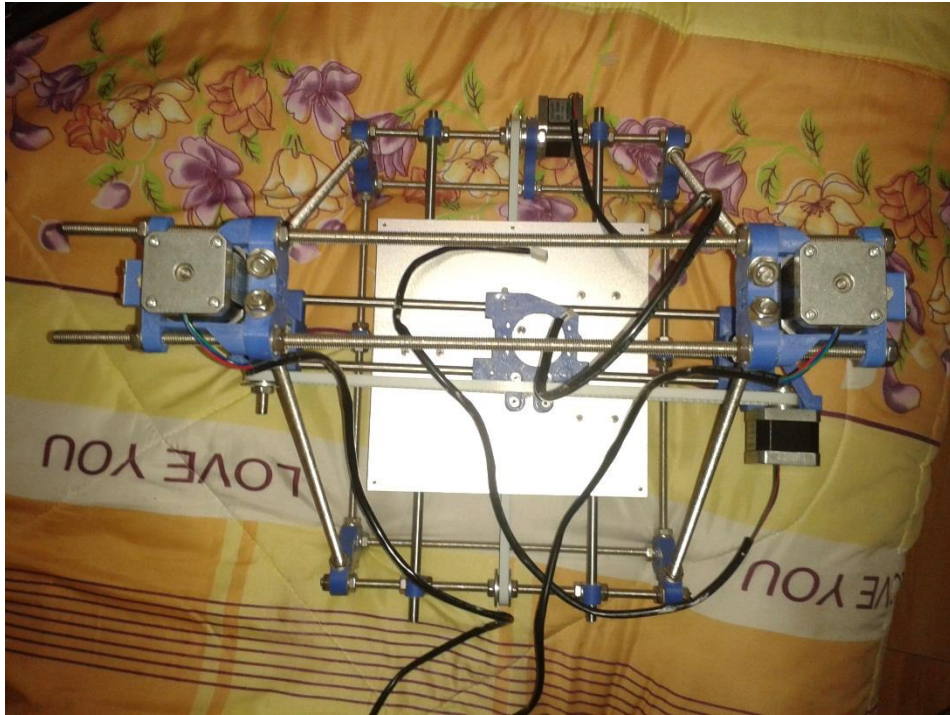


Fig. 7. Vista Interna



Fig. 8. Vista externa

ANEXO XVII

INSTRUCCIONES PARA LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA

1. Encender la PC.
2. Montar el cuero a cortar en la base de sujeción del sistema.
3. Revisar la alimentación, conexiones con la tarjeta de control, ningún cable debe estar suelto.
4. Revisar la comunicación entre el software y la tarjeta de control.
5. Presionar el interruptor de encendido del Sistema Electrónico.
6. Realizar el diseño gráfico en una herramienta gráfica de la pieza a cortar.
7. Guardar el archivo en extensión .stl
8. Abrir el programa Pronterface.
9. Pulsar el botón reset en el programa.
10. Pulsar los botones Home para que los carros de los ejes se desplacen al cero absoluto del sistema.
11. Importar el archivo, ir a File>import stl>load file>buscar y abrir el archivo diseñado, luego aceptar>colocar las velocidades de avance (115600).
12. Revisar, el archivo diseñado por el operador debe observarse en la pantalla principal de Pronterface.
13. Una vez concluido con los pasos anteriores pulsar el botón RUN para comenzar a cortar la pieza de cuero de acuerdo al diseño realizado.
14. Estar pendiente del corte, si se produce alguna anomalía pulsar el botón Reset/Stop o el pulsador de emergencia.
15. Una vez terminado el proceso retirar la pieza de cuero cortada y reemplazarla con una nueva.

ANEXO XVIII

NORMAS DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

LEA LAS SIGUIENTES INDICACIONES



ADVERTECIA

El presente Manual de Normas básicas tiene como objetivo principal la prevención y la eliminación de todo riesgo que pueda amenazar la seguridad y bienestar de los operarios. Lea detenidamente las siguientes indicaciones:



ATENCIÓN



No exponga el dispositivo a la lluvia, ni lo use cerca del agua o en lugares donde haya mucha humedad. No ponga recipientes que contengan líquido encima del dispositivo, ya que puede derramarse y penetrar en su interior.



Compruebe que la cuchilla tenga la distancia correcta entre la base y el filo para evitar que se atasque o se rompa al momento de cortar el cuero.



No exponga el instrumento a polvo o vibraciones excesivas, ni a temperaturas extremas para evitar que se dañe la tarjeta de control.



No ponga el dispositivo sobre superficies inestables, donde pueda caerse por accidente



En caso de ocurrir un doblamiento en el cuero durante de corte no introducir los dedos sino pulsar el paro de emergencia para desactivar la máquina y evitar posibles accidentes.

Para cambiar de cuchillas asegúrese de colocar el protector de la cuchilla para evitar cortarse.



Mantener fuera del alcance de los niños.



Lea completamente el manual antes de realizar la instalación del equipo.

ANEXO XIX

PLANOS DE CONSTRUCCION EJE Y

