



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MATERIAL TIFLOTÉCNICO QUE FACILITE LA IMPRESIÓN DE INFORMACIÓN EN SISTEMA BRAILLE A NIÑOS DE LA UNIDAD EDUCATIVA ESPECIALIZADA DE NO VIDENTES DE COTOPAXI”

Paola Maribel Llamuca Torres
Raquel Estefania Fernández Martínez

2015

OBJETIVOS

General

- ✓ Diseñar y construir material tiflotécnico que facilite la impresión de información en sistema Braille a niños de la Unidad Educativa Especializada de No Videntes de Cotopaxi

Específico

- ✓ Recopilar información acerca de la discapacidad visual y los diferentes métodos para un correcto aprendizaje del Sistema Braille.
 - ✓ Establecer parámetros de diseño para la impresora, bajo la entrevista directa con el personal encargado en la educación de las personas con discapacidad visual.
 - ✓ Implementar el sistema electrónico y mecánico que permitirá la impresión en sistema Braille, tomando en cuenta el tipo de comunicación que se establecerá con la PC.
 - ✓ Realizar pruebas para verificar la calidad de impresión y el cumplimiento de todos los requerimientos y normas del sistema Braille.
-

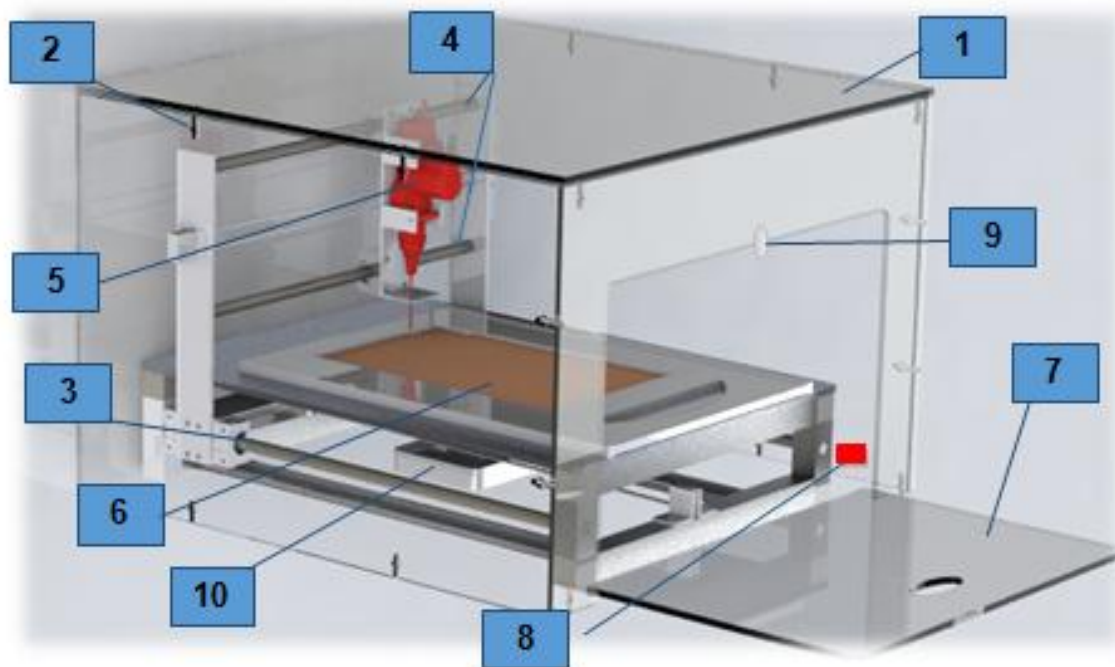


METAS

- ▶ Investigar del funcionamiento de las diferentes impresoras braille.
- ▶ Establecer parámetros de diseño, sistemas para el funcionamiento y herramientas óptimas para la impresión.
- ▶ Diseñar la parte mecánica y simulación en el software CAD
- ▶ Diseñar la parte eléctrica - electrónica y software.
- ▶ Seleccionar materiales acorde al diseño establecido
- ▶ Construir las piezas y obtener los materiales necesarios.
- ▶ Ensamblar los sistemas.
- ▶ Someter a pruebas y observar resultados.



RESUMEN



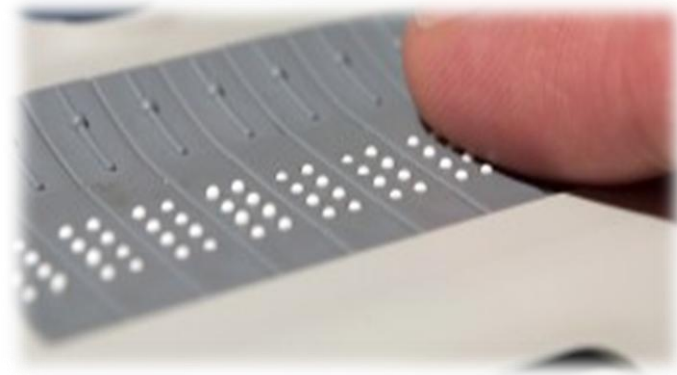
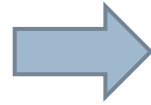
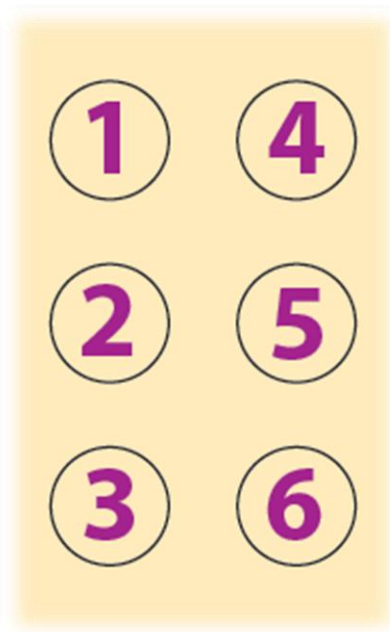
1. Carcasa de acrílico.
 2. Tornillos de acople.
 3. Ejes de desplazamiento en Y.
 4. Ejes de desplazamiento en X.
 5. Sistema percutor.
 6. Bandeja porta papel.
 7. Tapa frontal.
 8. Botón ON/OFF.
 9. Seguro para cierre de tapa frontal.
 10. Tarjetas electrónicas.
-



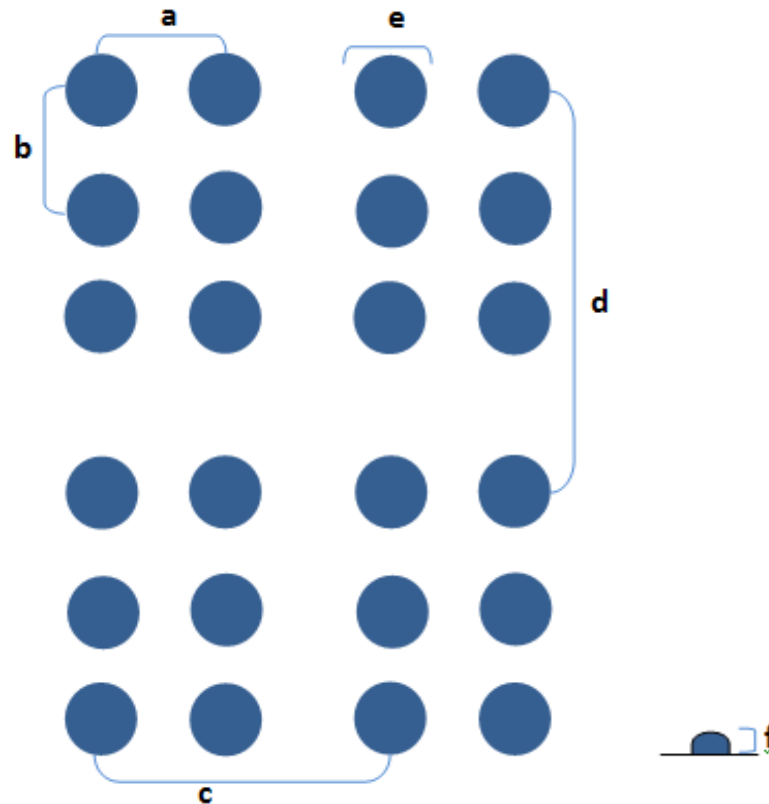


Capítulo I
ESTADO DEL ARTE

Sistema Braille



Dimensiones del Sistema Braille



	a	b	c	d	e	f
Medidas (mm)	2,5-2,6	2,5-2,6	6-6,1 mm	10-10,8	1,2-1,4	0,2-0,65



Caracteres Braille



a b c d e f g h i j



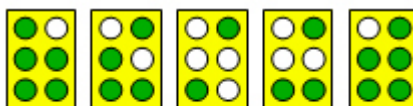
k l m n o p q r s t



u v x y z



ñ ü w



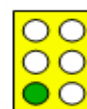
á é í ó ú



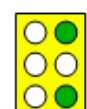
, ; : división ¿? ¡! = “ ”



guión



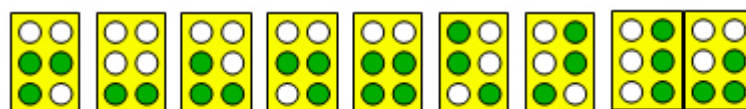
punto



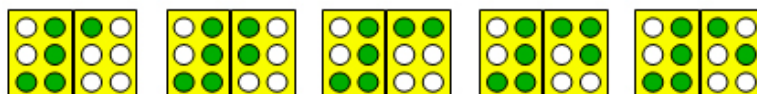
Signo de
mayúscula



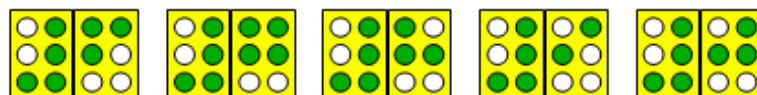
Signo de número



+ - x : = () %



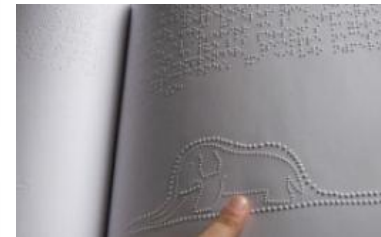
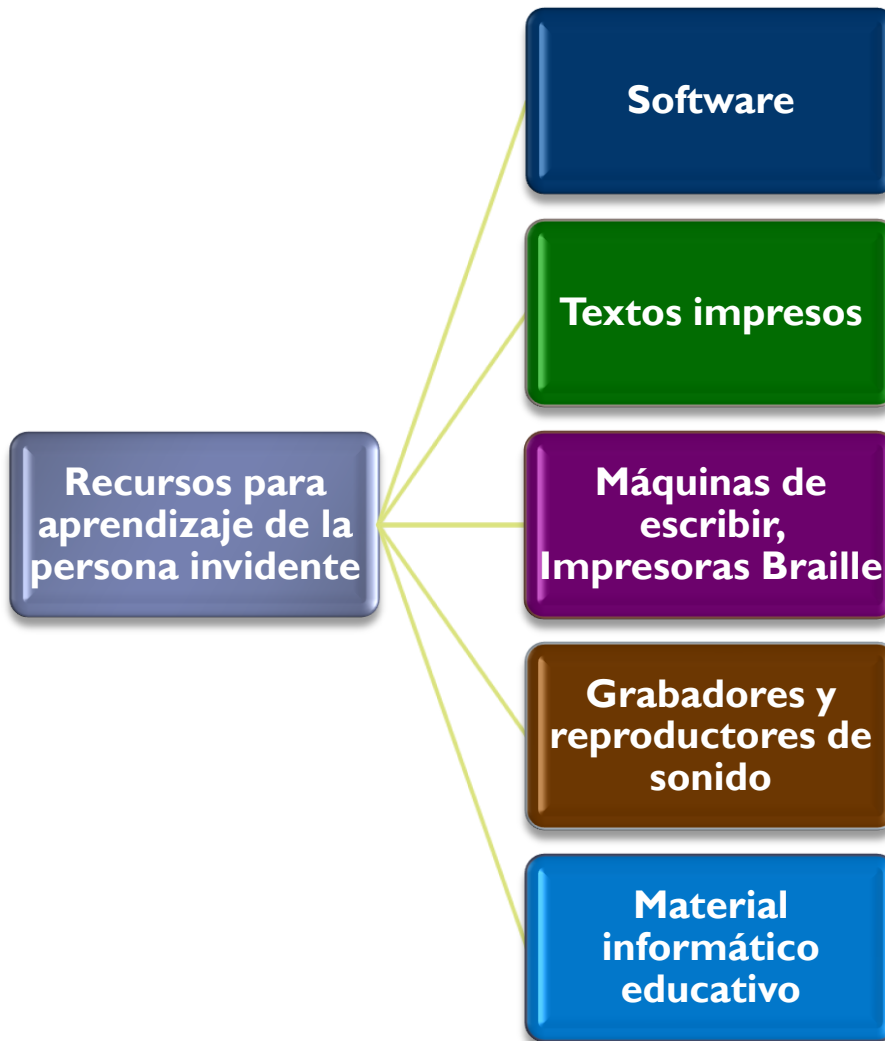
1 2 3 4 5



6 7 8 9 0



Material Tiflotécnico



Impresoras Braille

Características:

- Impresión de 100 CPS aproximadamente 300 hojas por hora

- Impresión doble cara

- Comunicados por respuesta de voz

- Manejo de gráficos

- Puertos: USB, Red, Centronics, Serial.

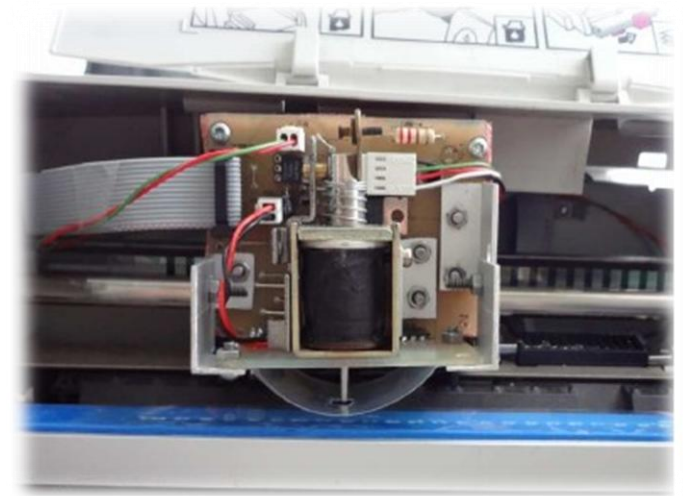
- Imprime tanto en 6 como 8 puntos Braille.



Descripción de Impresoras Braille y Mecanismos Relacionados

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA IMPRESORA BRAILLE

Julio Camino y Liliana Ligña - Escuela Politécnica Nacional



IMPRESORA BRAILLE

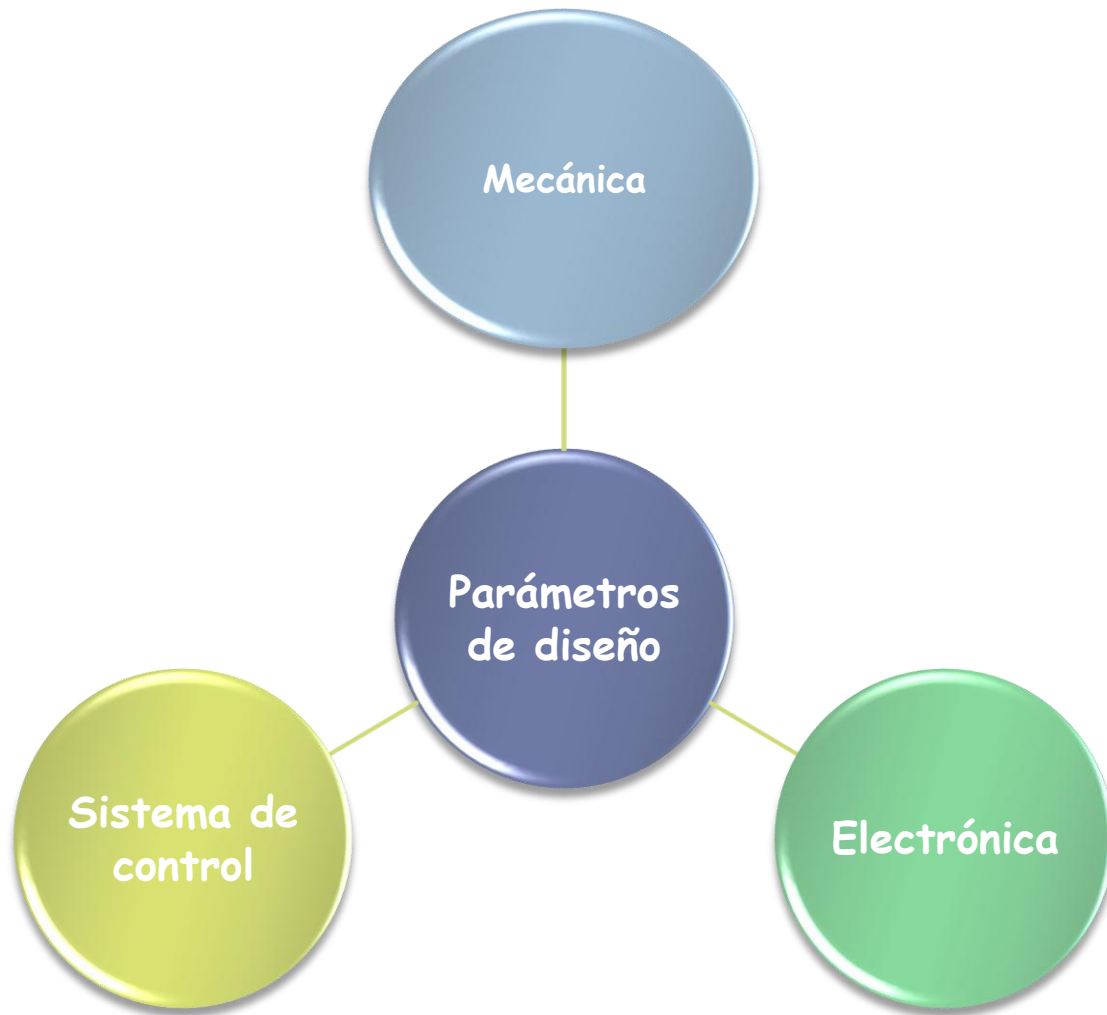
Chiconi, Giménez, Heis y Lázzari – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Nicolas, Buenos Aires



Capítulo II

ANÁLISIS, SELECCIÓN Y DISEÑO

Análisis y Selección





MECÁNICA



ANÁLISIS Y SELECCIÓN

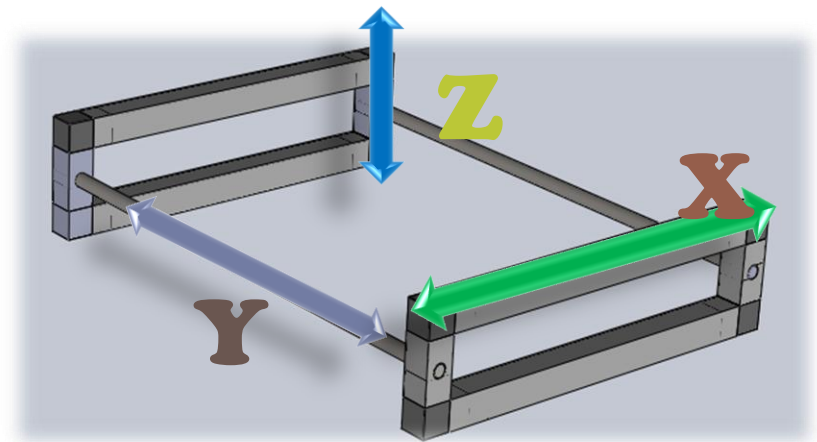
Sistema de Desplazamiento

▶ **SELECCIÓN:**

▶ DESPLAZAMIENTO EN
LOS EJES XYZ ✓

▶ DESPLAZAMIENTO EN
LOS EJES XZ

- Velocidad de impresión
- Tiempo de impresión
- Precisión en el recorrido de los ejes



Sistema de Guiado

- ▶ EJES CILÍNDRICOS ✓
- ▶ GUIAS LINEALES

- ▶ **SELECCIÓN:**

- Movimiento lineal
- Baja fricción
- Capacidad de carga
- Precisión



Mecanismo de Transmisión

- ▶ BANDA Y POLEA DENTADA ✓
- ▶ HUSILLO DE BOLAS
- ▶ PIÑÓN-CREMALLERA

▶ **SELECCIÓN:**

- Velocidad
- Precisión
- Potencia



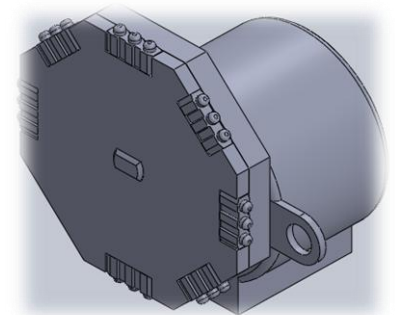
Sistema Percutor

Mecanismo de transmisión

- ▶ HUSILLO DE BOLAS
- ▶ SOLENOIDE 
- ▶ PIÑÓN CREMALLERA ✓

Punzón

- ▶ Un punzón ✓
- ▶ Una matriz de punzones



Sistema Percutor

- Calidad de punto uniforme
- Dimensiones de la matriz Braille
- Tiempo de percusión



ELECTRÓNICA

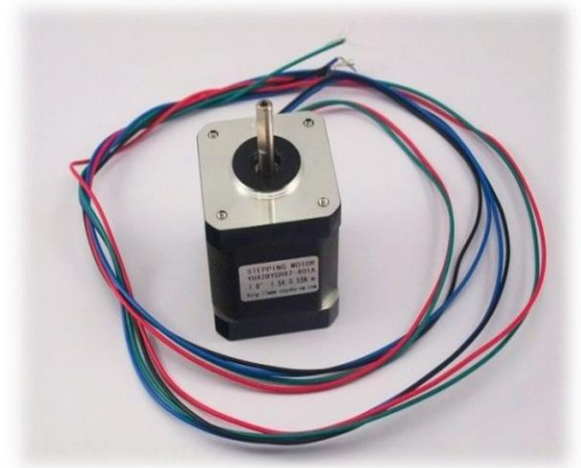
ANÁLISIS Y SELECCIÓN

Actuador

- ▶ MOTOR PASO A PASO ✓
- ▶ SERVOMOTOR

▶ **SELECCIÓN:**

- Precisión
- Tamaño
- Costos



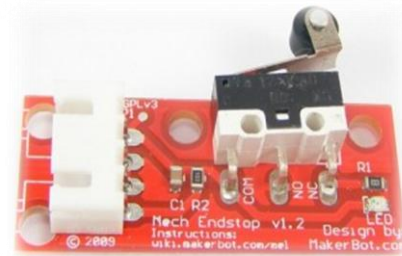
Sensores de Distancia

▶ **SELECCIÓN:**

▶ **SENSORES ULTRASÓNICOS**

▶ **SENSORES DE CONTACTO** ✓

- Eficiencia
- Fácil montaje
- Sencillo acondicionamiento



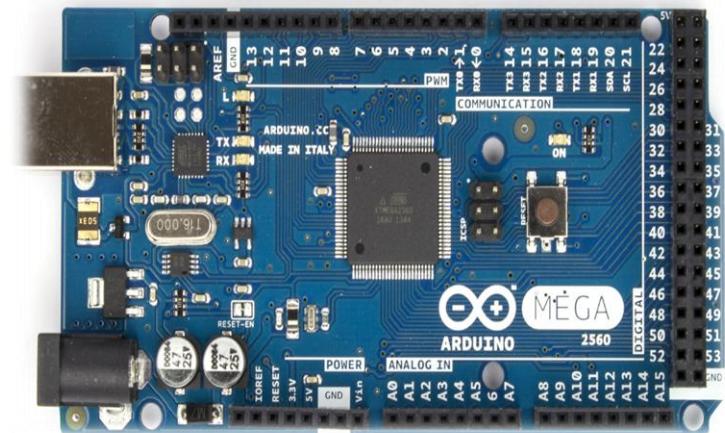
Tarjeta de Control

▶ TARJETA PINGÜINO

▶ TARJETA ARDUINO ✓

▶ **SELECCIÓN:**

- Compatible con varias plataformas
- Extensiones para comunicación
- Número de entradas, salidas
- Memoria de programación



SISTEMA DE CONTROL

ANÁLISIS Y SELECCIÓN

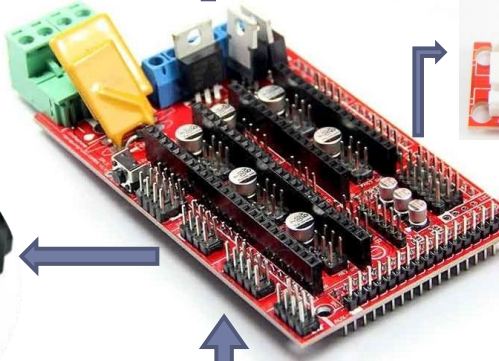
Integración Electrónica y Sistema de Control

**DRIVERS
POLOLU A4988**



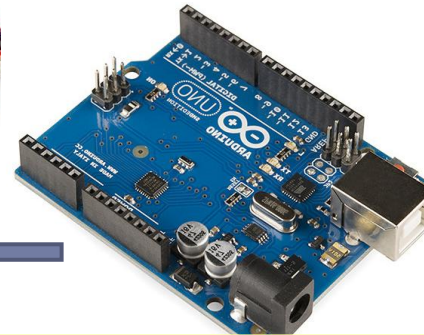
**MOTOR PAP
BIPOLAR**

RAMPS 1.4



**SENSORES DE
CONTACTO**

S. PERCUTOR



**ARDUINO
MEGA 2560**

Control
a Lazo
Abierto



Software

- ▶ JAVA
 - ▶ QT Creator ✓
- ▶ **SELECCIÓN:**
 - ▶ Factibilidad de desarrollo de aplicaciones ejecutables
 - ▶ Código de programación sencilla



Diseño Mecatrónico

Diseño
Mecánico

Diseño
Electrónico

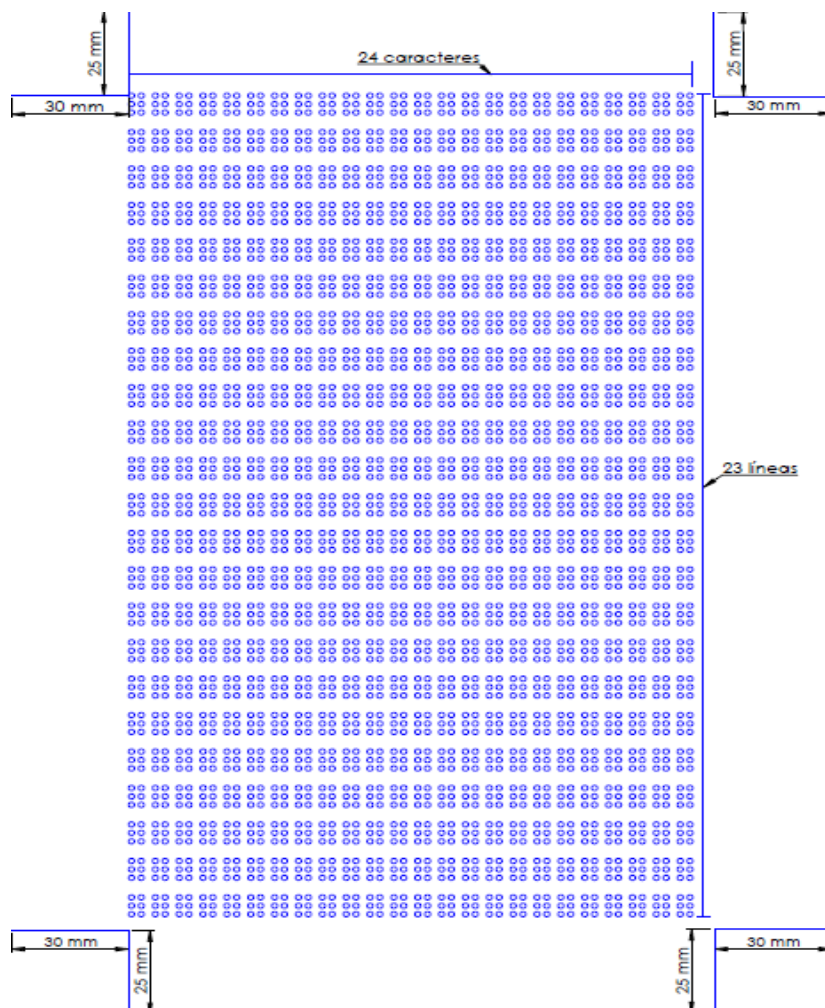
Diseño de
Software



MECÁNICO

DISEÑO MECATRÓNICO

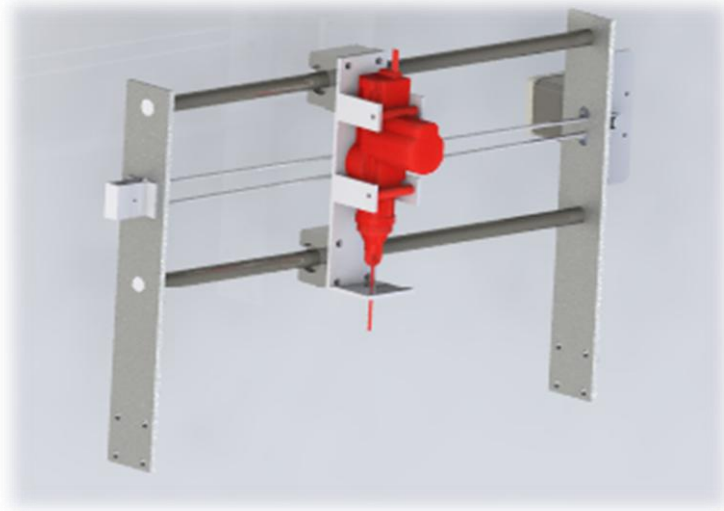
Área de Trabajo



Margen Normal A4

Superior:	2.5 cm
Inferior:	2.5 cm
Izquierda:	3 cm
Derecha:	3 cm

Cabezal de Impresión



$$L = W \cdot g$$

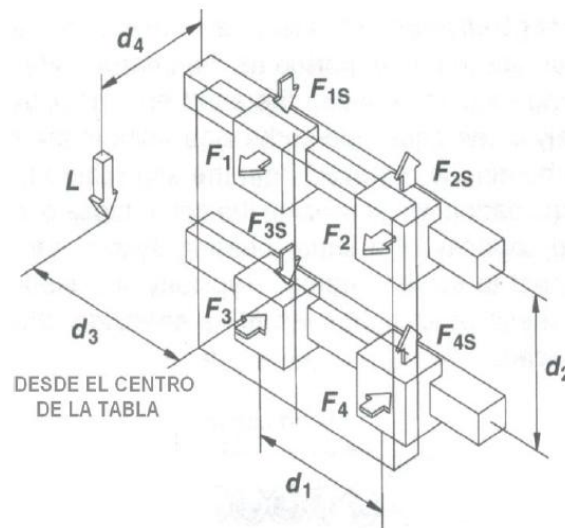
$$L = 31,2N$$

Diseño del Eje (X)

$$F_1 = L \left(\frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_3 = -L \left(\frac{d_4}{d_2} \right)$$

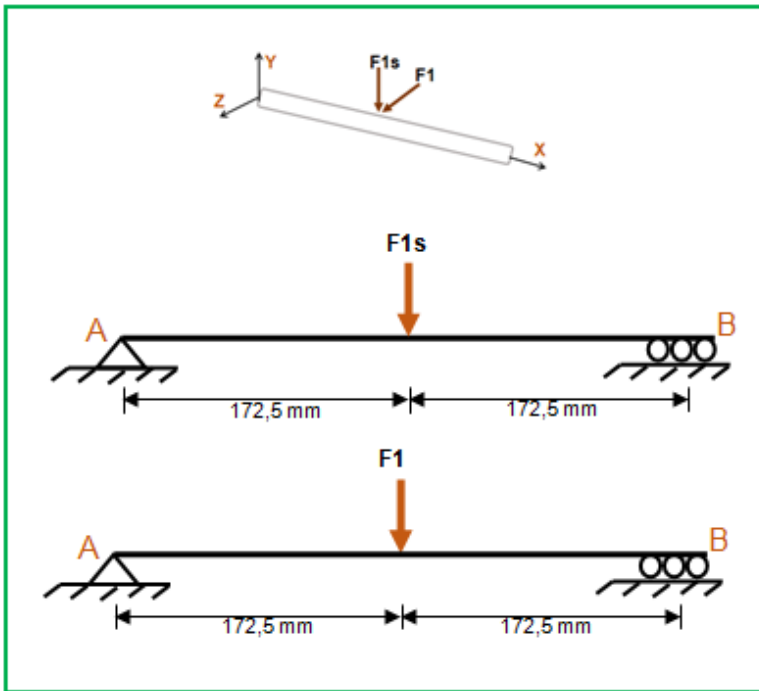
$$F_{1s} = F_{3s} = \frac{L}{2}$$



$$F_1 = 13,9 N$$

$$F_3 = -13,9 N$$

$$F_{1s} = F_{3s} = 15,6 N$$



Momento Máximo Resultante

$$M_{\max} = \sqrt{(M_{\max(y)})^2 + (M_{\max(z)})^2}$$

$$M_{\max} = 1,8 \text{ Nm}$$

Diámetro del EJE (X)

$$d \geq \sqrt[3]{\left(\frac{32 \cdot N M_{\max}}{\pi \cdot S_y}\right)}$$

$$d \geq 6 \text{ mm}$$

Datos:

Material	Acero Plata
Resistencia a la cedencia	Sy= 205 MPa
Factor de Seguridad	N=2
Momento Máximo	Mmax= 0,428 Nm



Esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} \quad \sigma_d = 102.5 \text{ MPa}$$

Esfuerzo permisible

$$\sigma' < \sigma_d$$

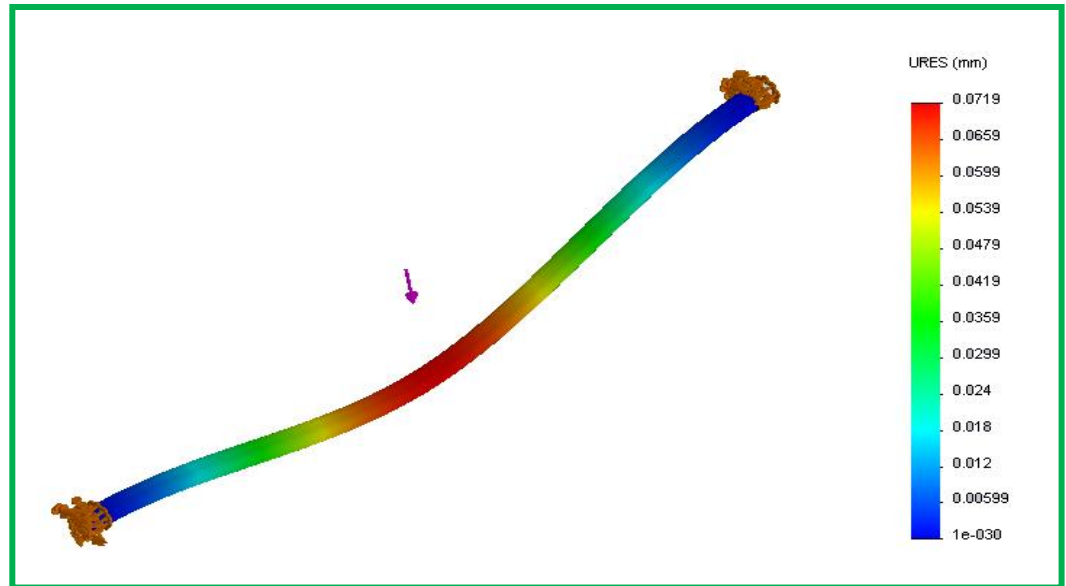
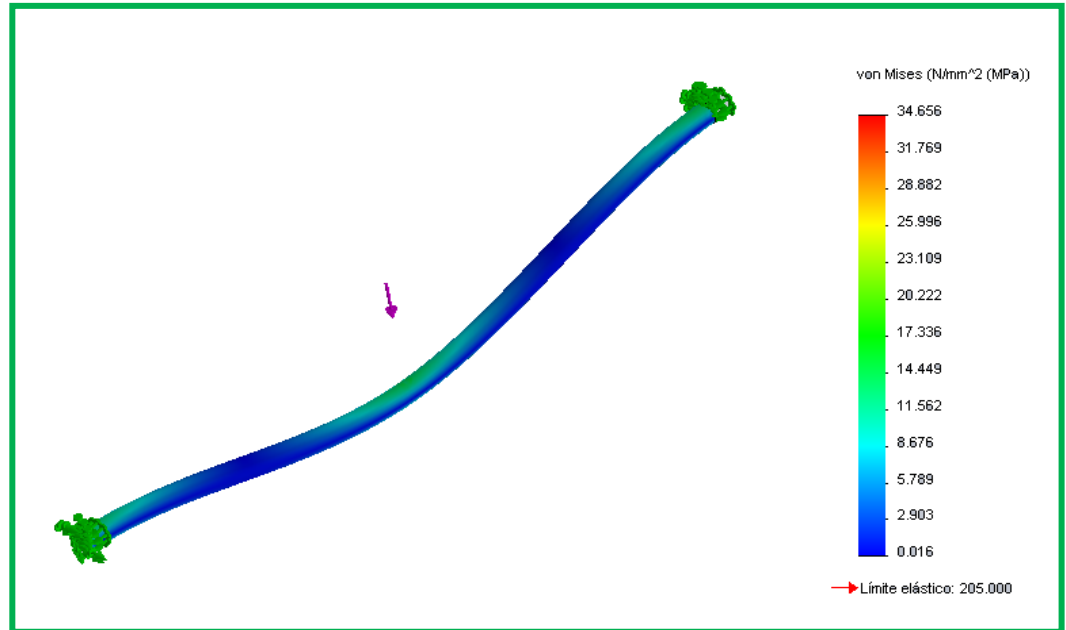
$$34,656 \text{ MPa} < 102.5 \text{ MPa}$$

Deformación Máxima

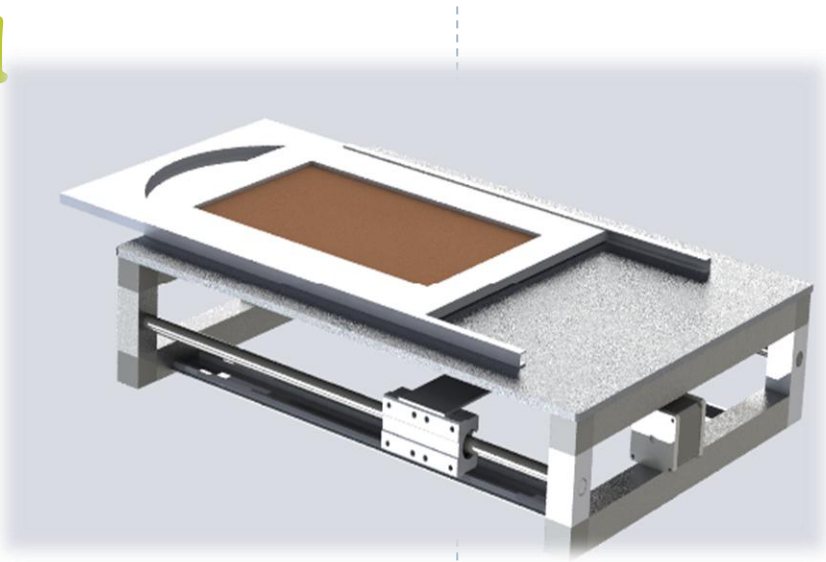
$$y_{max} = -\frac{F \cdot l^3}{192EI_x}$$

$$y_{max} = -0,015 \text{ mm}$$

$$y_{max} = -0,0719 \text{ mm}$$



Base del Cabezal de Impresión



Diseño de Ejes (Y)

Datos:	
Material	Acero Plata
Resistencia a la cedencia	$S_y = 205 \text{ MPa}$
Factor de Seguridad	$N=2$
Momento Máximo	$M_{max} = 1,13 \text{ Nm}$

Fuerza Aplicada

$$F = 20,60 \text{ N}$$

Diámetro del eje

$$d \geq \sqrt[3]{\left(\frac{32 \cdot N M_{max}}{\pi \cdot S_y}\right)}$$

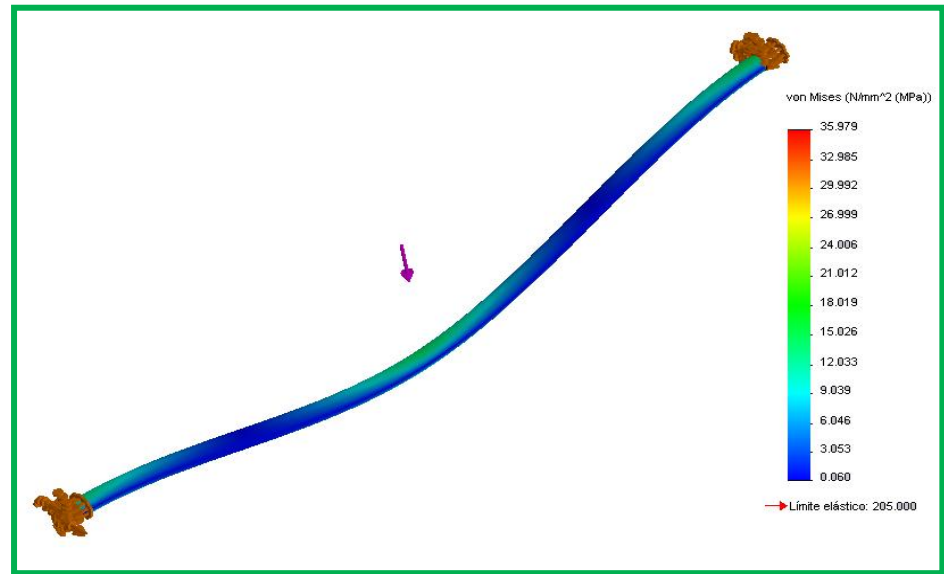
$$d \geq 5 \text{ mm}$$



Esfuerzo permisible

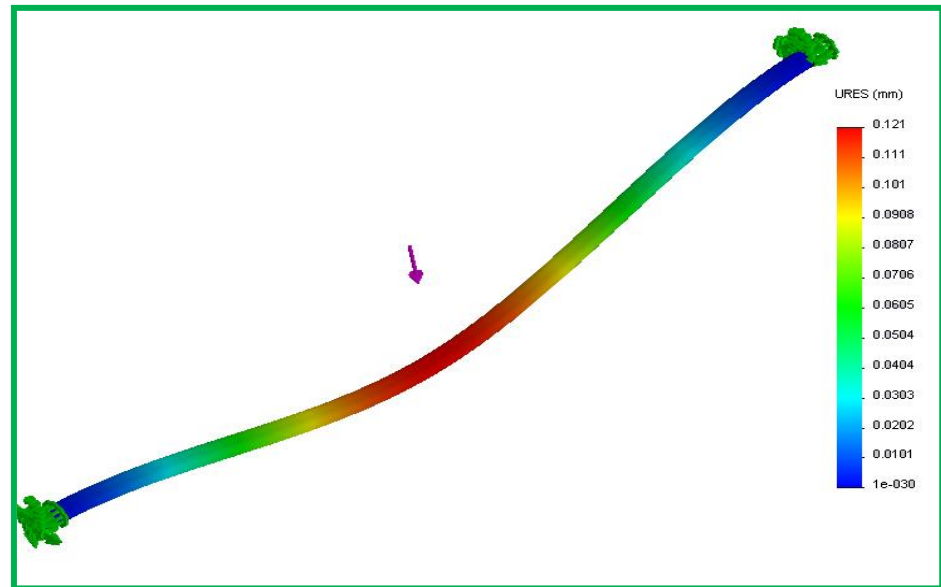
$$\sigma' < \sigma_d$$

$$35,97MPa < 102.5MPa$$

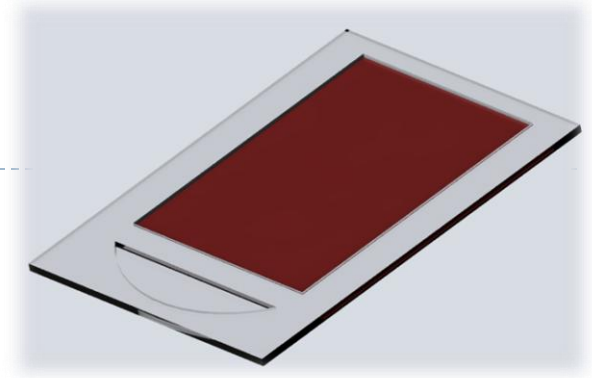


Deformación Máxima

$$y_{max} = -0,121mm$$



Bandeja de impresión



Datos:

Material	Acrílico
Resistencia a la cedencia	$S_y = 110 \text{ MPa}$
Factor de Seguridad	$N=2$
Fuerza	24,5 N

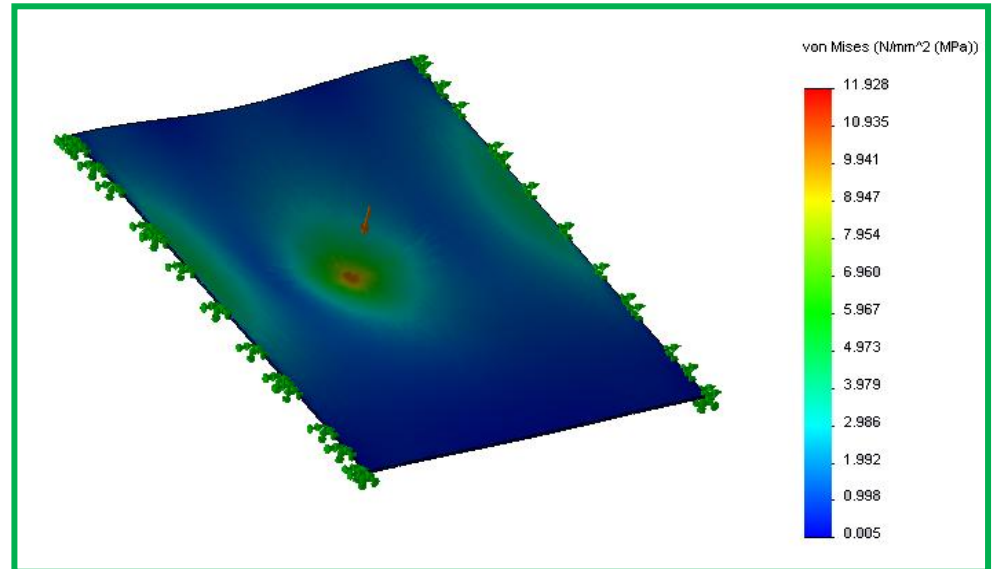
Esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = 55 \text{ MPa}$$

Esfuerzo permisible

$$\sigma' < \sigma_d$$

$$11,92 \text{ MPa} < 55 \text{ MPa}$$



Vida Útil del Sistema Percutor

Número aproximado de operaciones del percutor (N_o) = 100000

Número de puntos máximos por hojas (N_p) = 3312

N_i = Número de hojas impresas



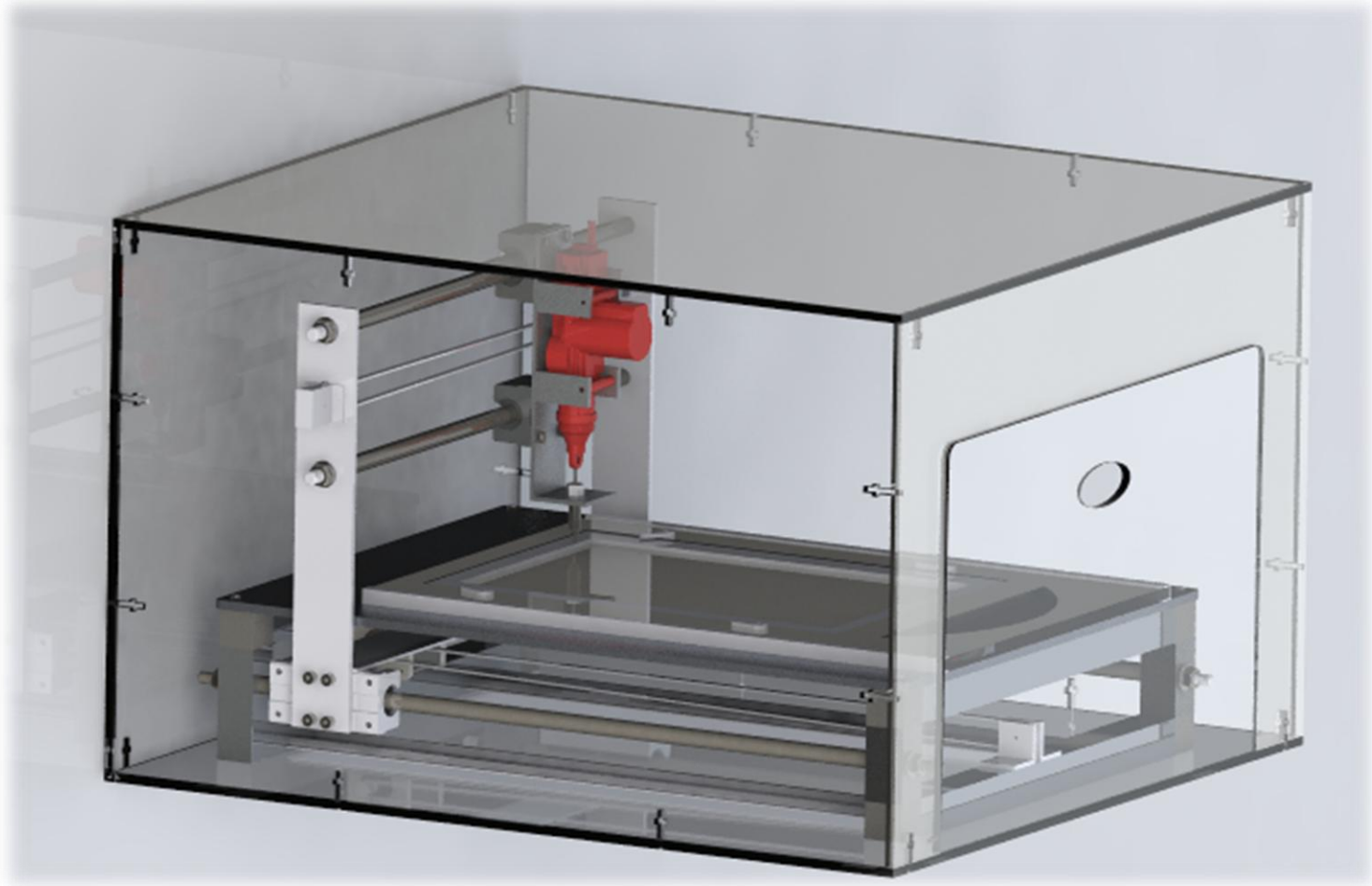
$$N_i = \frac{N_o}{N_p}$$

$$N_i = \frac{100000}{2880}$$

$$N_i = 31 \text{ Hojas}$$



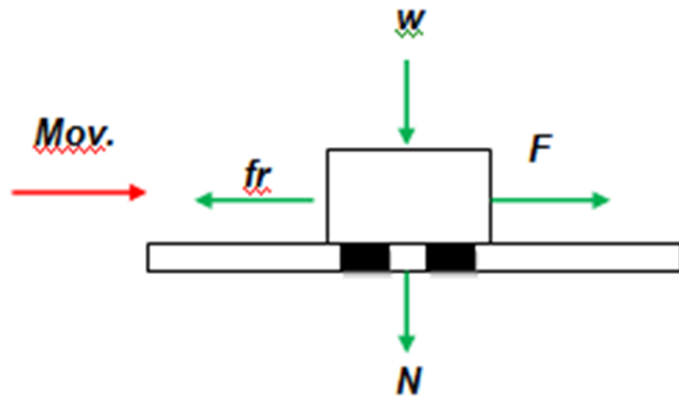
Diseño de la Carcasa



ELECTRÓNICO

DISEÑO MECATRÓNICO

Cálculo para Selección de Motores Paso A Paso

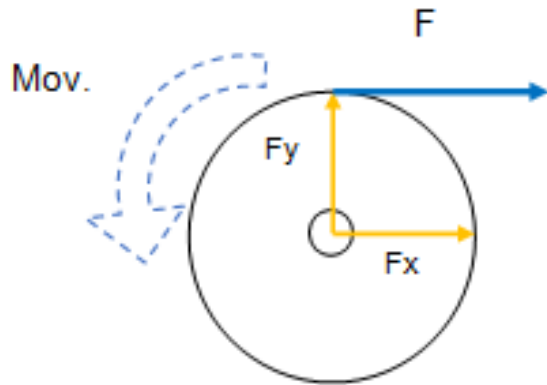


Fuerzas Eje X y Y

$$F = N * \left(\frac{v^2}{2 * d * g} + u_k \right)$$

$$F_x = 10,5 [N]$$
$$F_y = 3,85 [N]$$

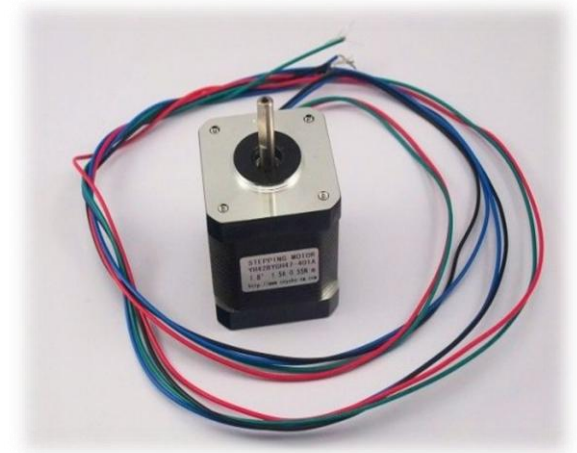
Torque



$$T = F * r$$

$$T_x = 0.20 [N.m]$$

$$T_y = 0.096 [N.m]$$



Cálculo de pasos para los motores

Modo (μP)	Cantidad de Pasos x Revolución
1	200
2	400
4	800
8	1600
16	3200

$$Dientes_Polea = 16$$

$$Milímetros_Entre_Dientes = 2mm$$

$$Pasos_X_Milímetro = \frac{Pasos_X_Revolución}{Milímetros_X_Revolución}$$

$$Pasos_X_Milímetro = 100pasos/mm$$



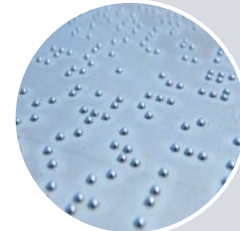
Sistema de Control



*Aplicación
de
Escritorio*



*Tarjeta
Arduino*



*Impresión
de
caracteres
Braille*





Capítulo III

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

Implementación

IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA MECÁNICO

IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA ELÉCTRICO

IMPLEMENTACIÓN DE LA
INTERFAZ DE USUARIO



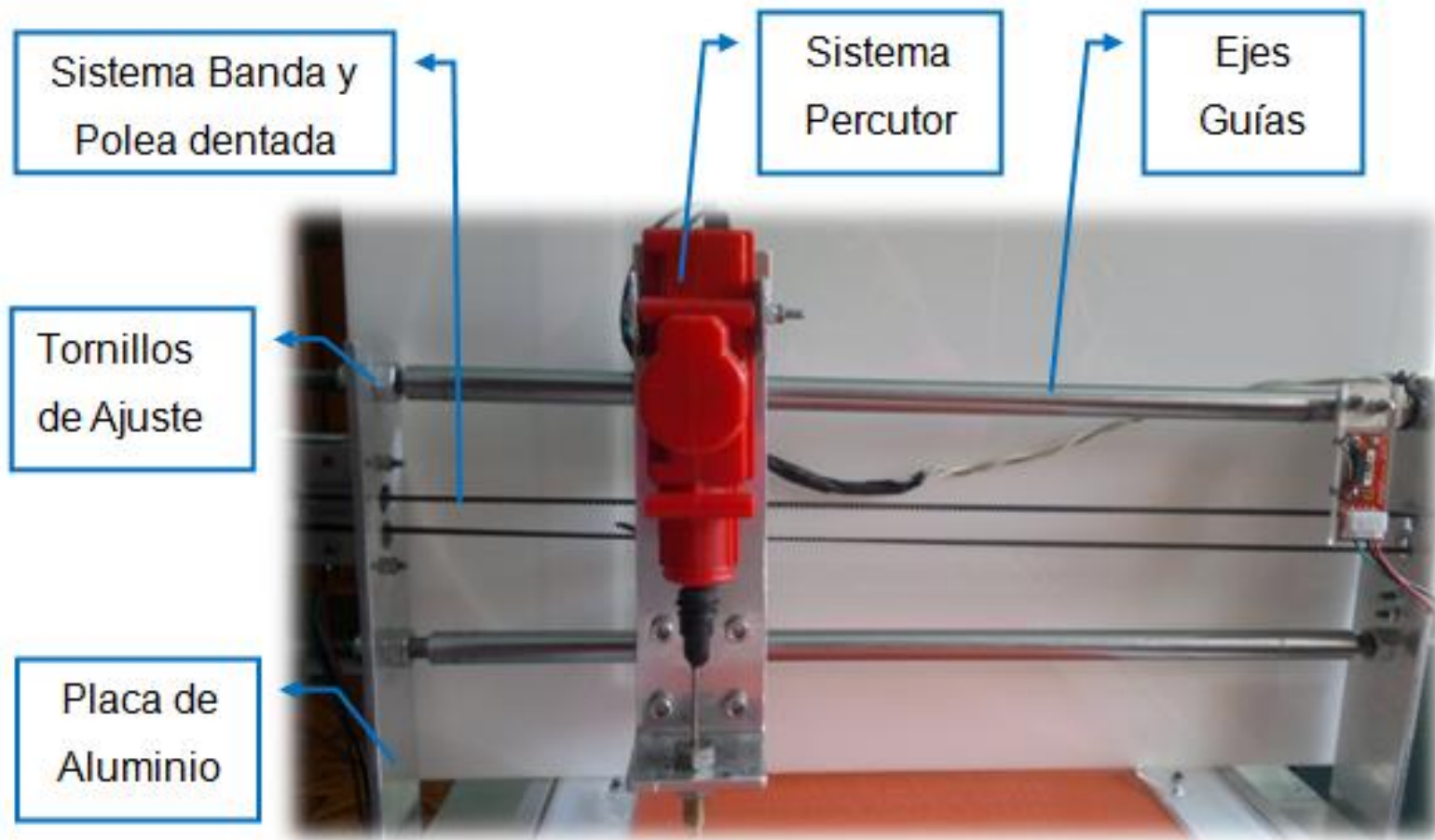


MECÁNICO

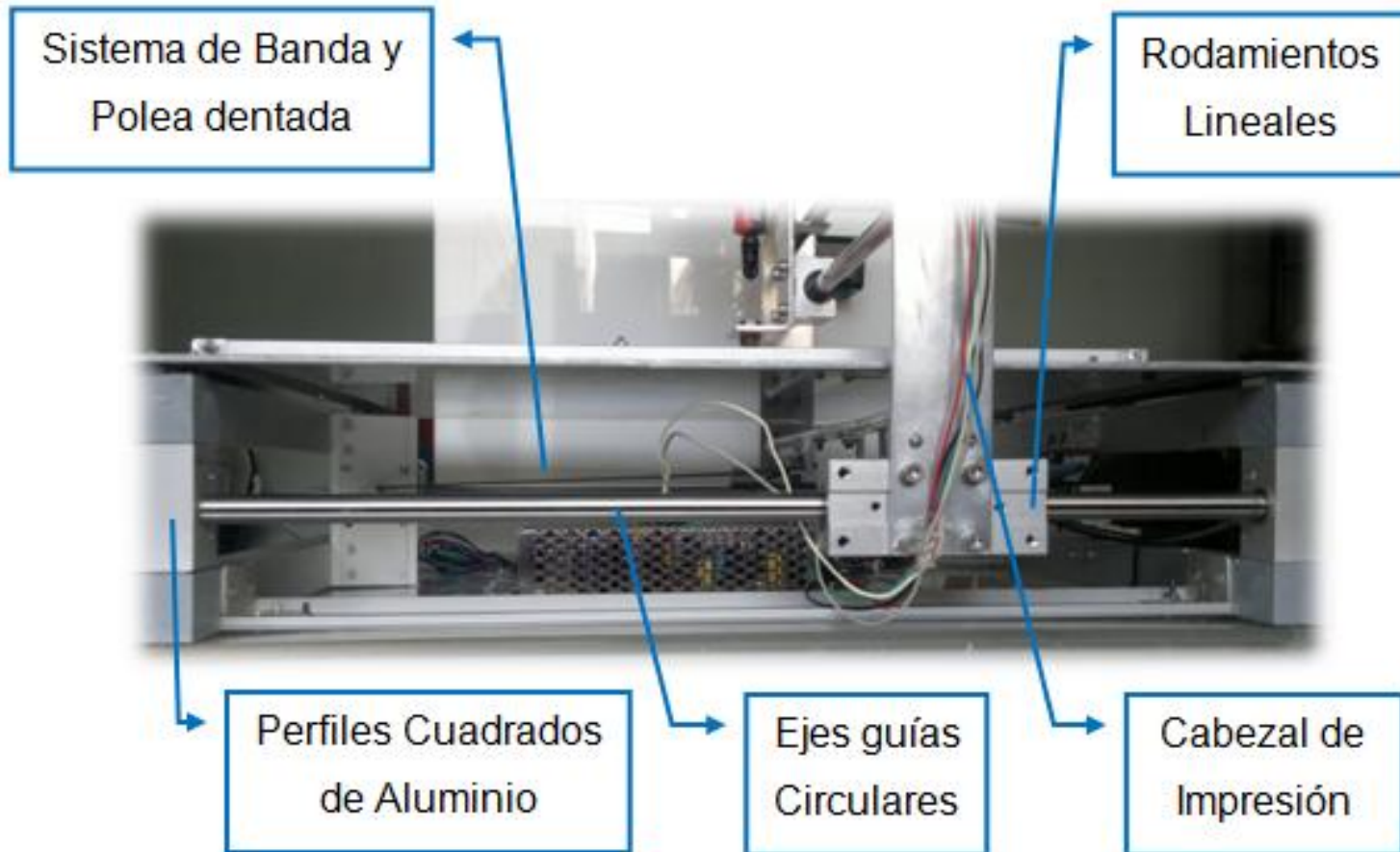


DISEÑO MECATRÓNICO

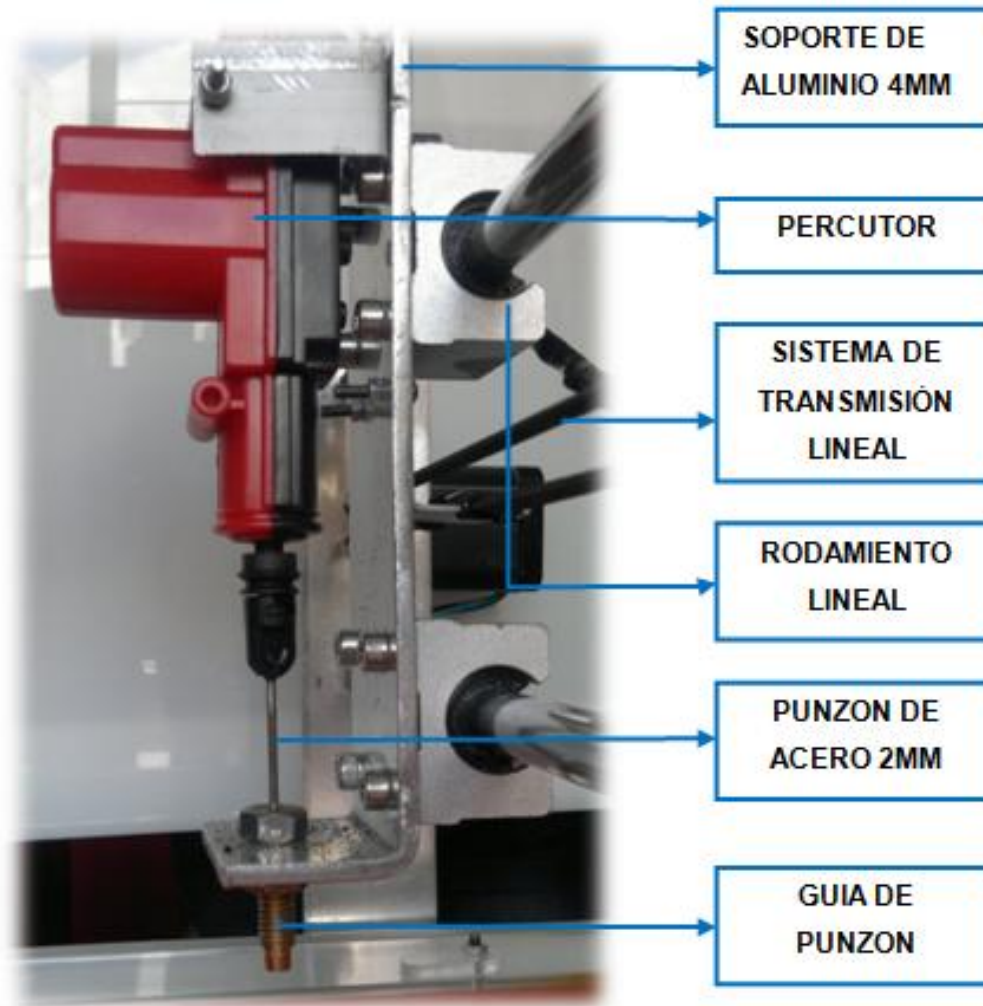
Implementación del Eje X



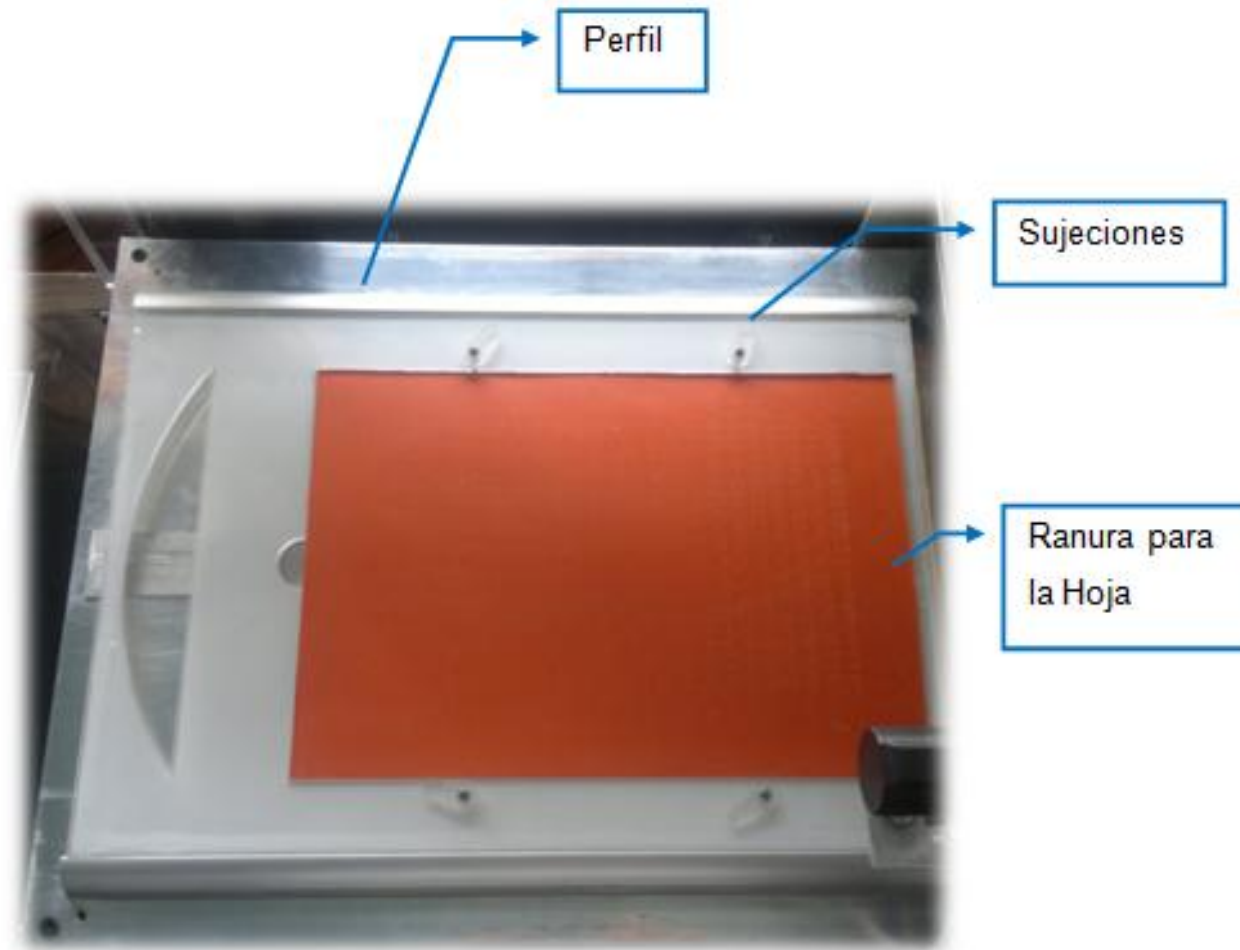
Implementación del Eje Y



Implementación del Sistema Percutor



Implementación de la Bandeja de Impresión

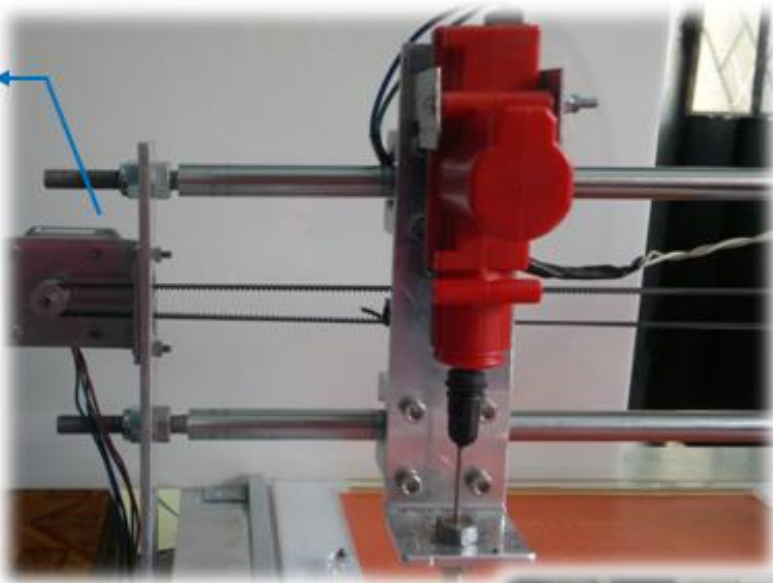


ELECTRÓNICO

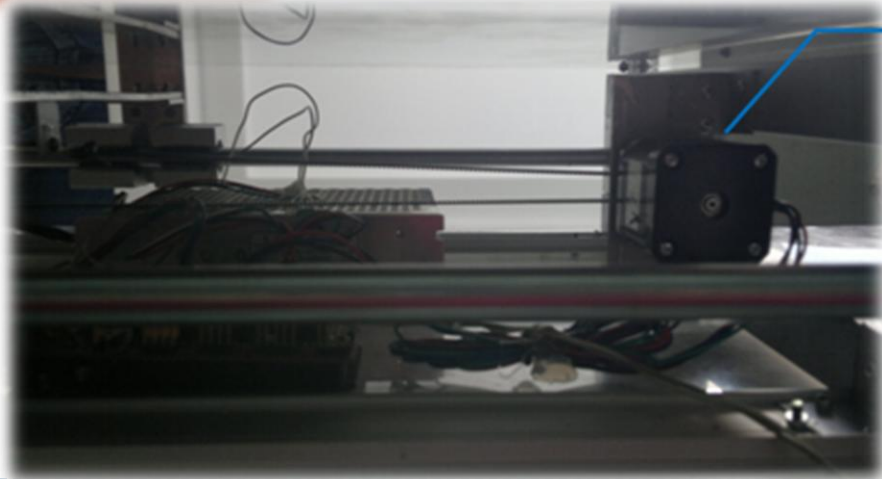
DISEÑO MECATRÓNICO

Implementación de los Motores Paso a Paso

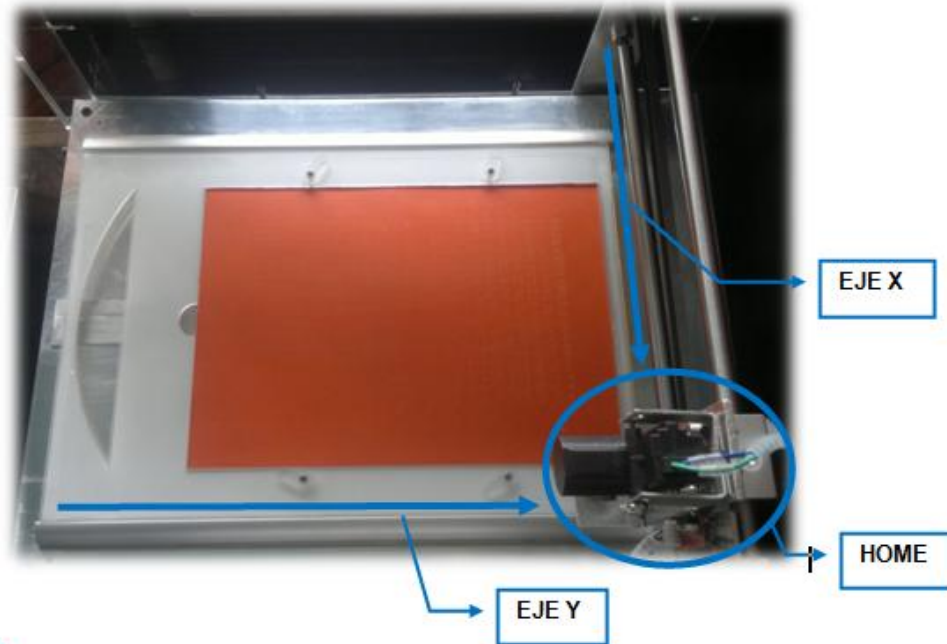
Motor
(Eje X)



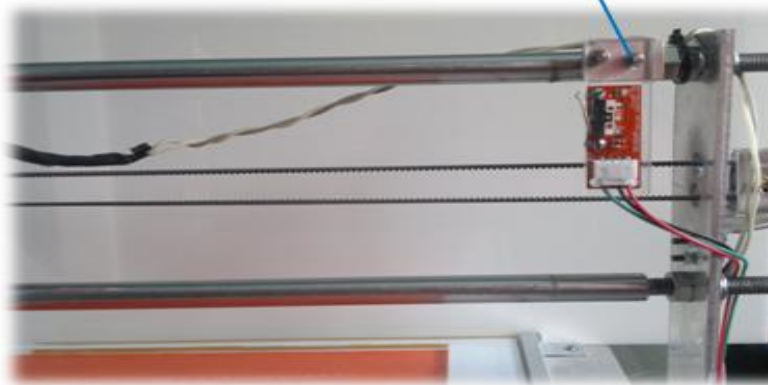
Motor
(Eje Y)



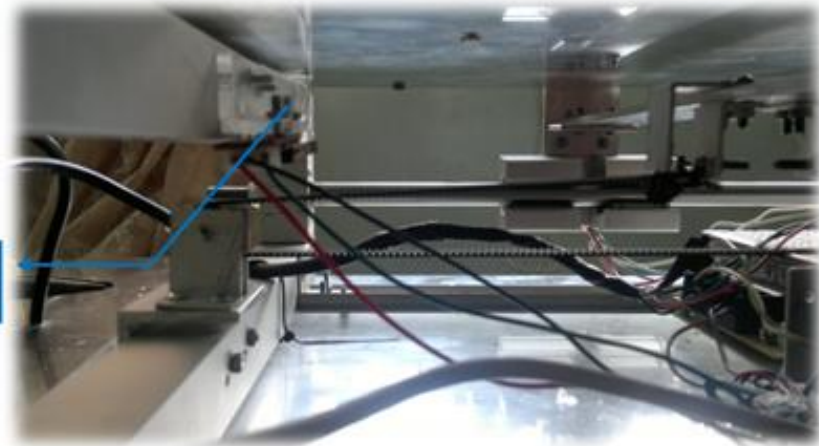
Implementación de los Sensores de Contacto



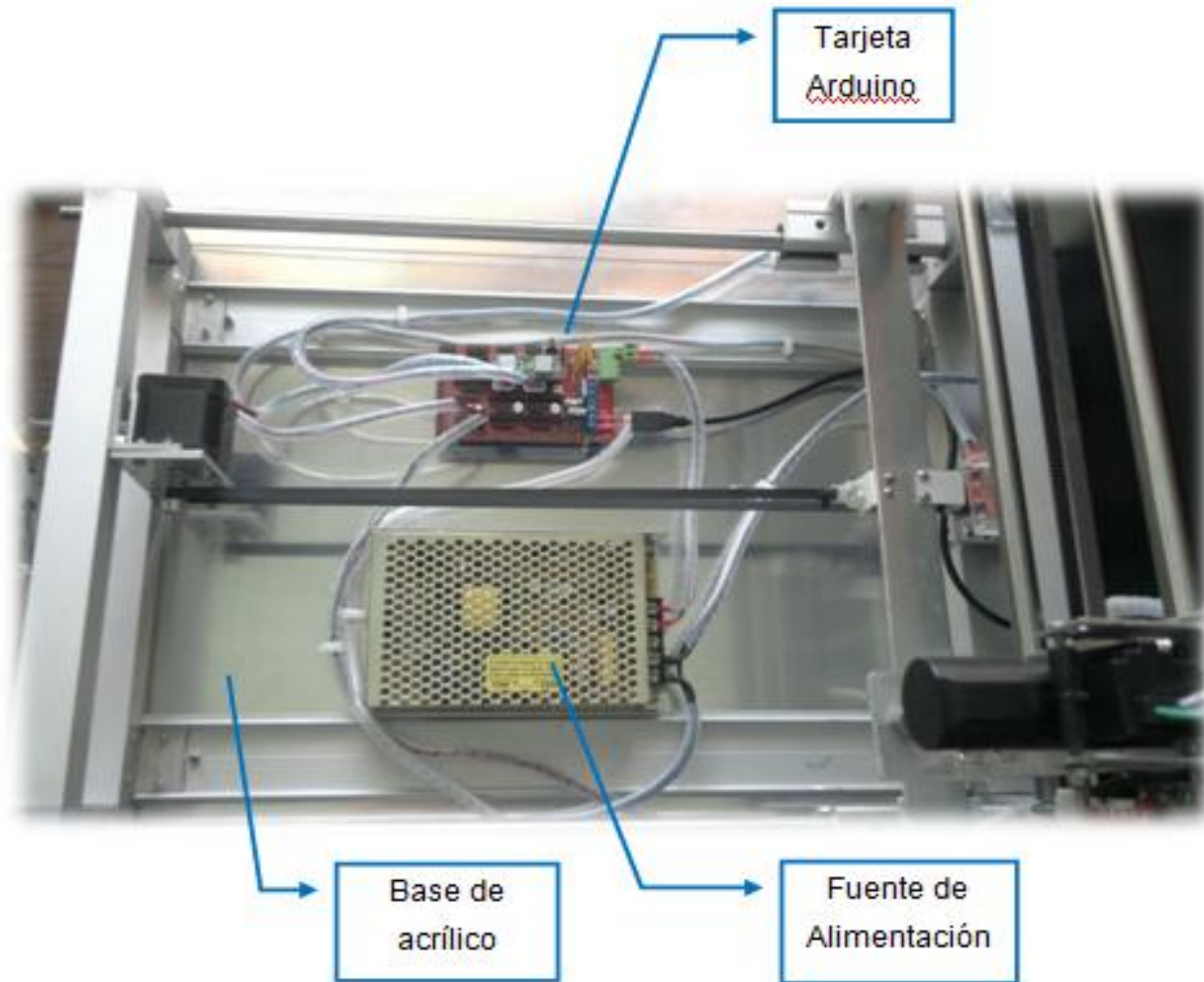
Sensor (Eje X)



Sensor (Eje Y)



Implementación de las Tarjetas Electrónicas

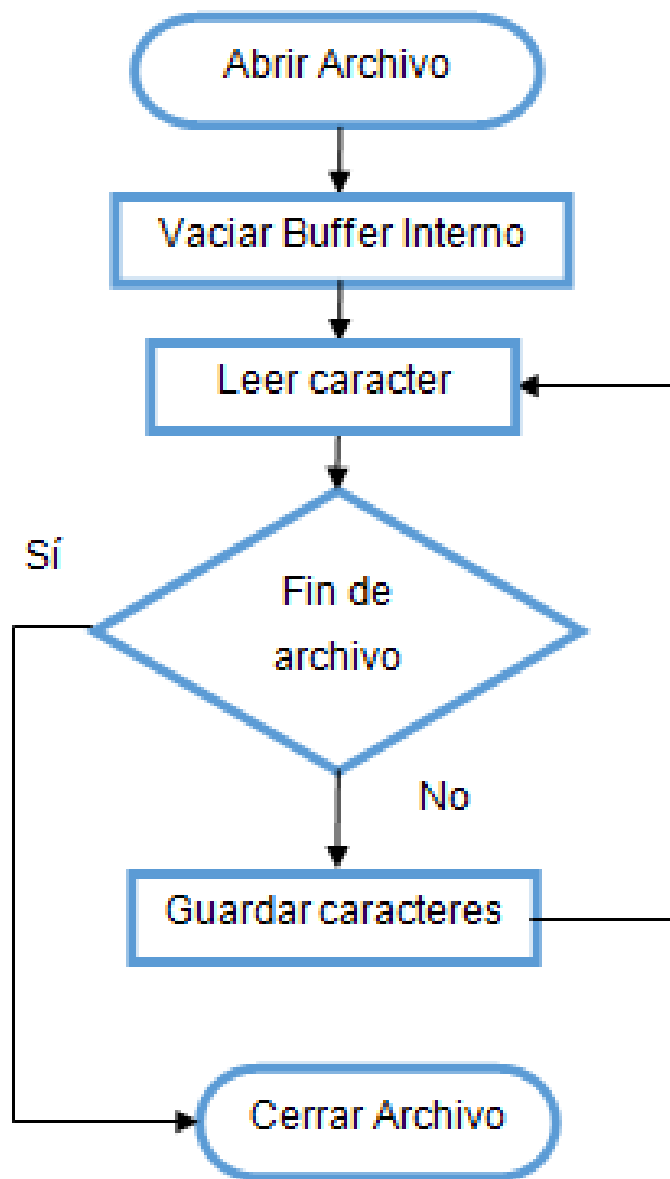


Ensamble Final

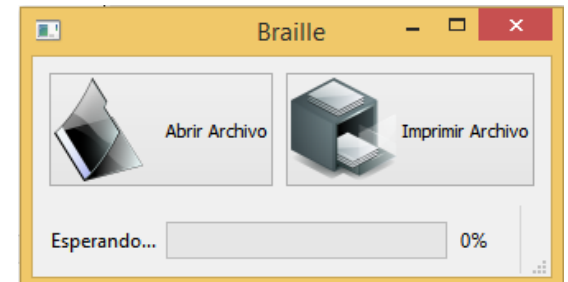


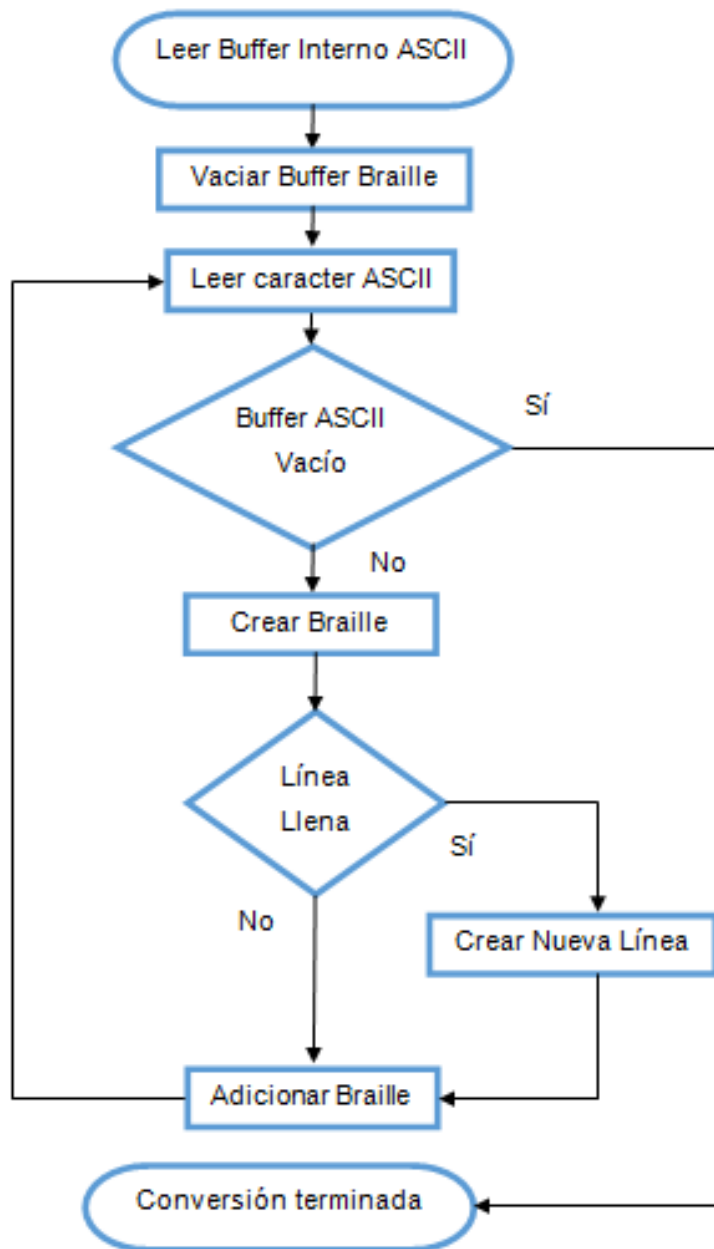
INTERFAZ DE USUARIO

DISEÑO MECATRÓNICO



Cargar Documento con Extensión .Txt.

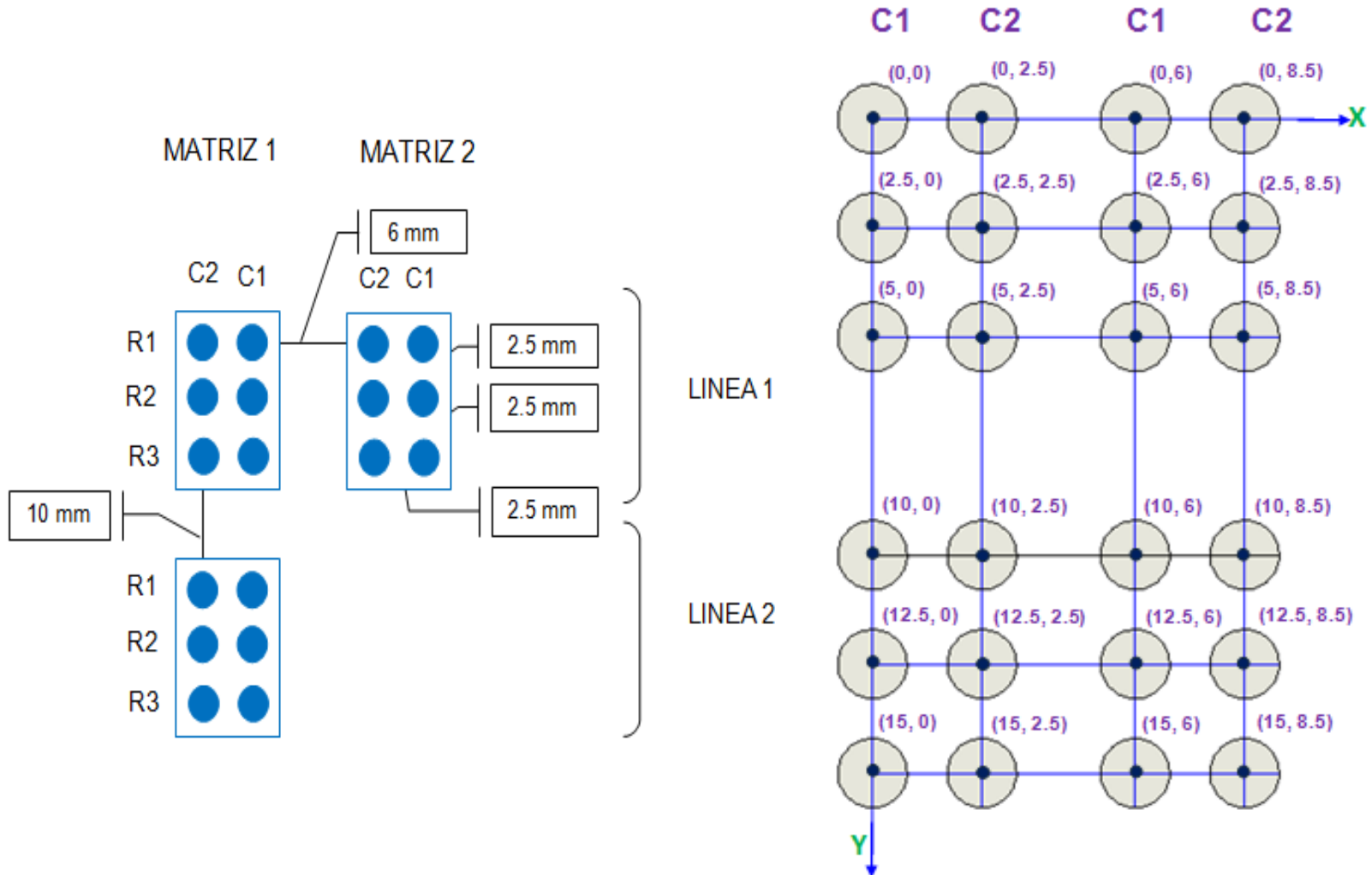




Conversión de Caracteres ASCII A Braille



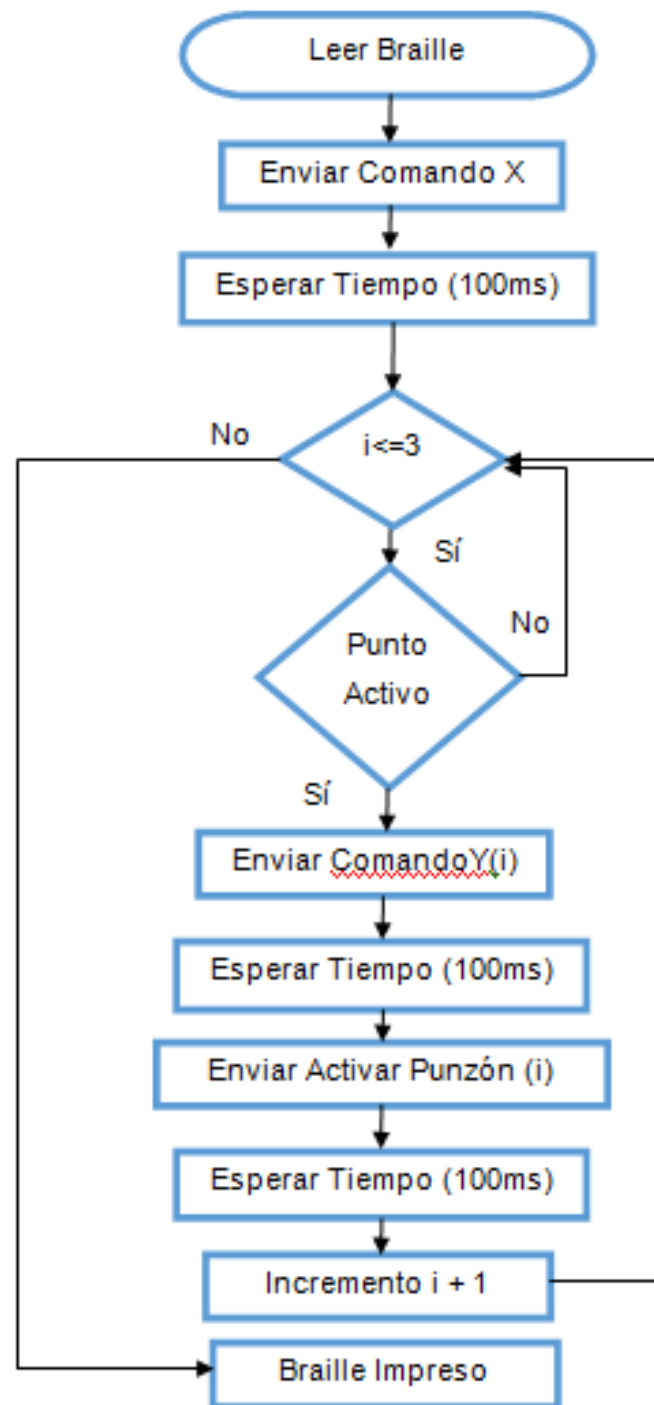
Análisis de Desplazamiento en Ejes



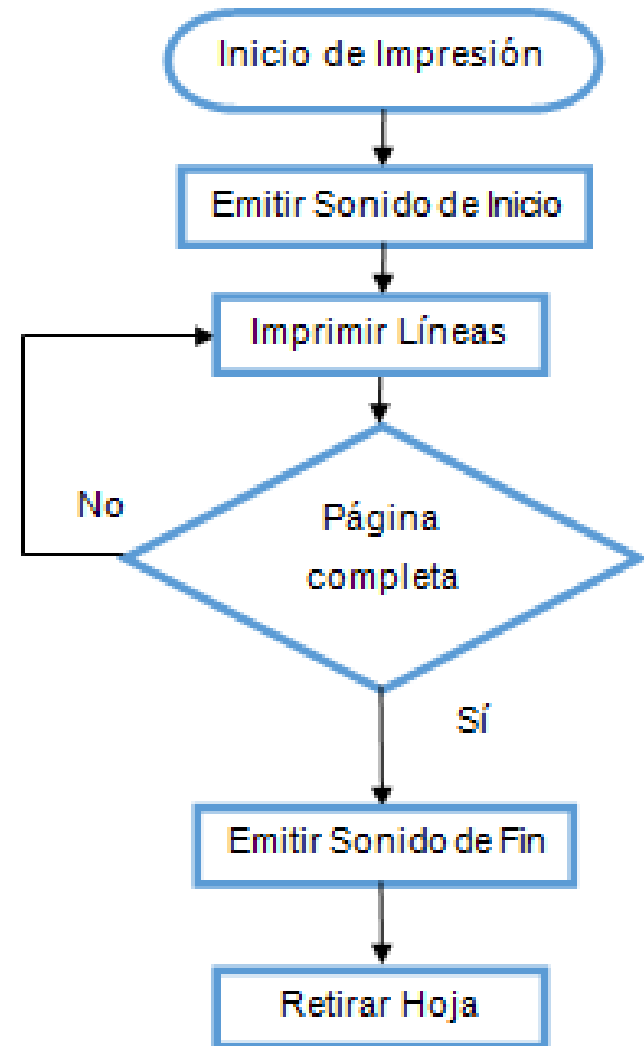
Envío de Comandos a la Tarjeta de Control Arduino

COMANDO = IDENTIFICADOR + VALOR + DELIMITADOR

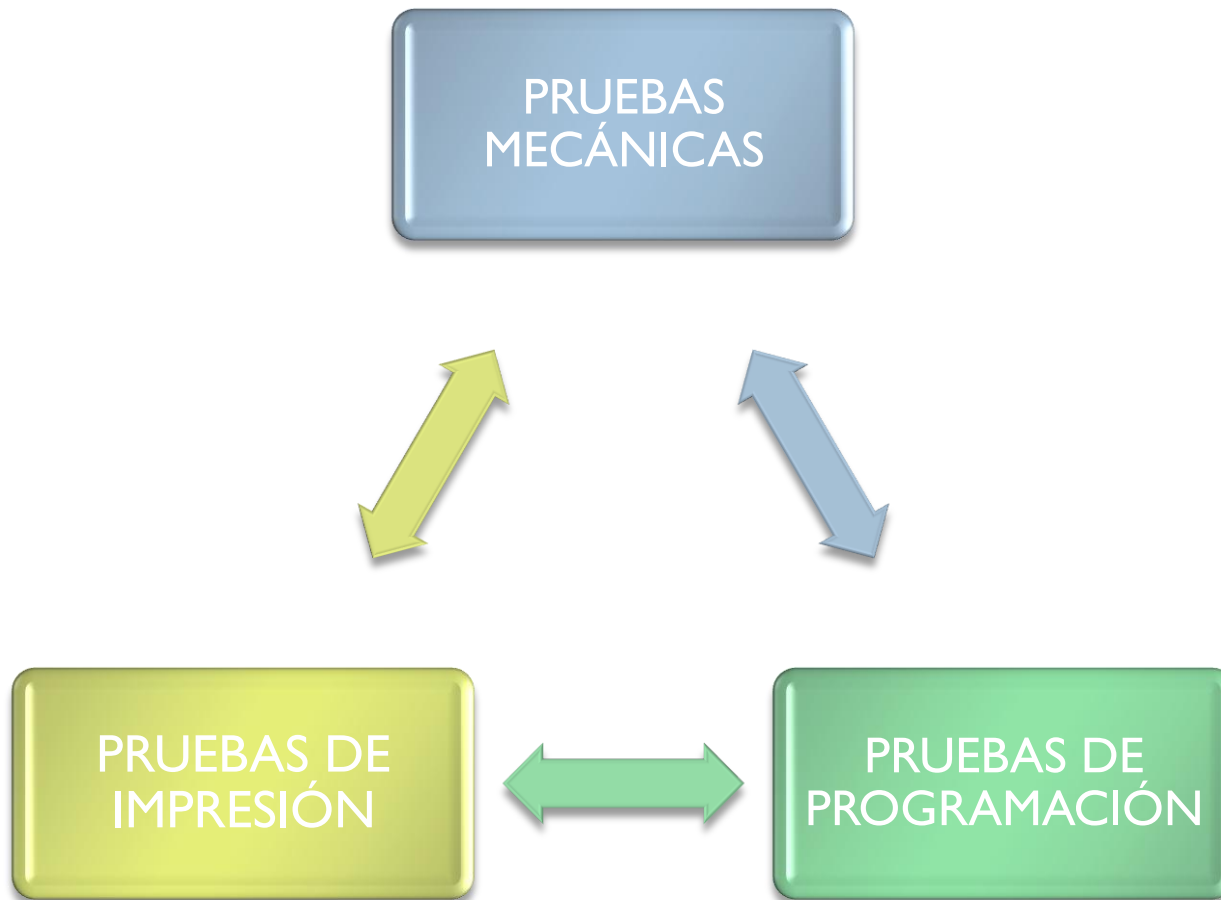
Comando= X2.5, Y2.5, ZI



Notificación Mediante Sonidos



Pruebas



MECÁNICAS

PRUEBAS

DESPLAZAMIENTO EN EJES

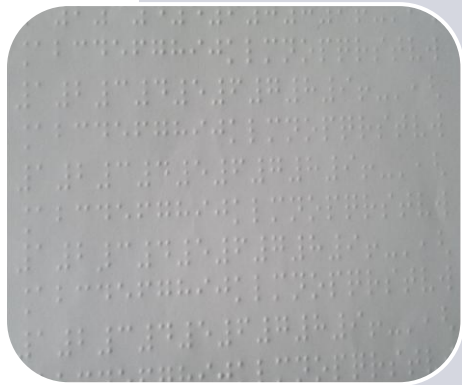
Desplazamiento ejecutado (mm)	Desplazamiento medido (mm)	Error Absoluto (mm)
50	49,8	0.2
100	99,8	0.2
150	149,7	0.3
200	199,5	0.3
250	249,6	0.4
300	299,5	0.5

CORRECCIÓN DE BANDAS Y POLEAS DENTADAS



[dreamstime.com](https://www.dreamstime.com)

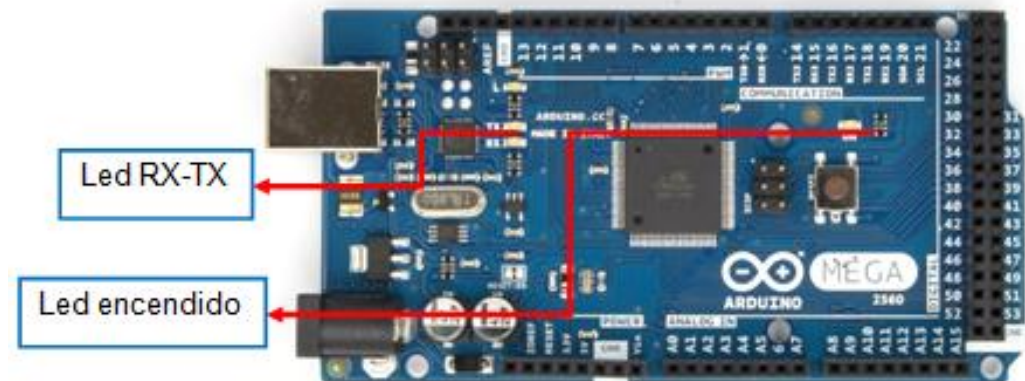
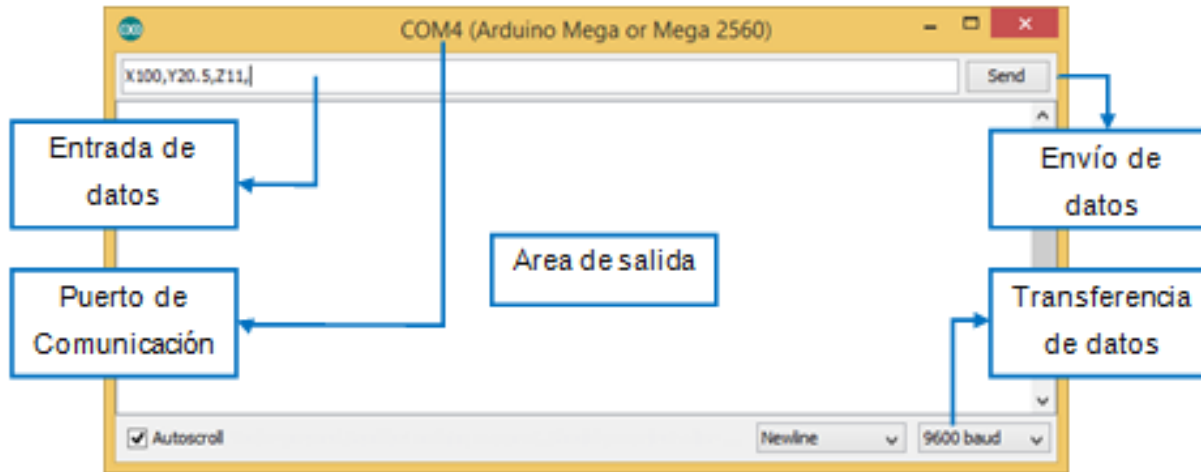
Ajuste de Relieve



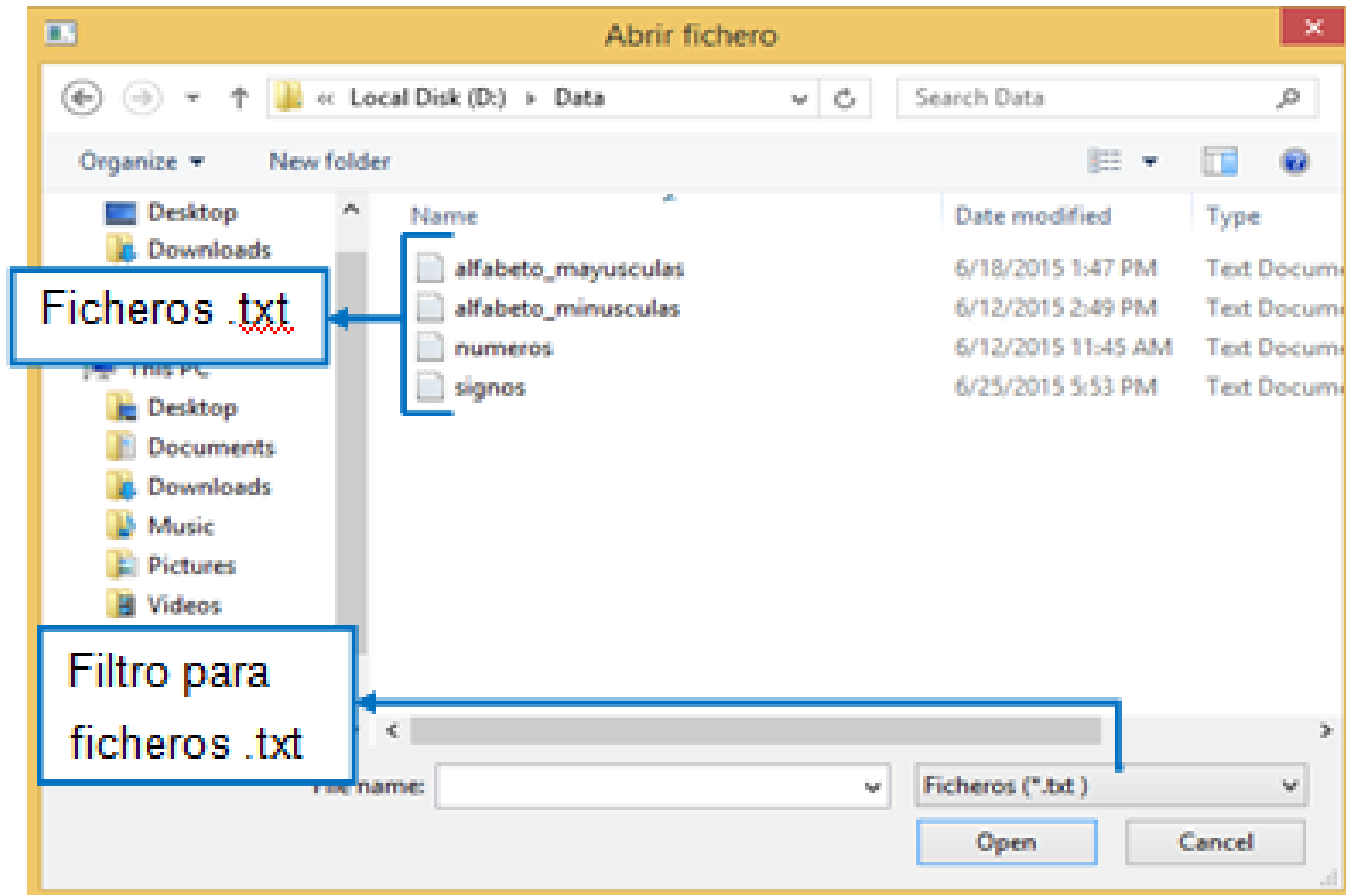
PROGRAMACIÓN

PRUEBAS

Tarjeta de Control

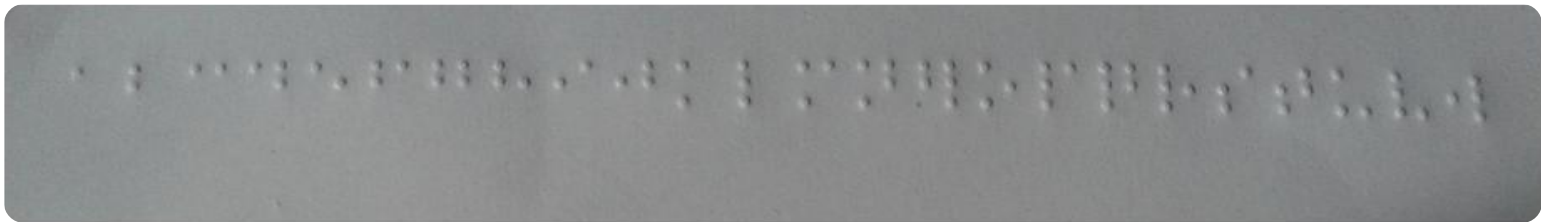


Interfaz de Usuario



► Ficheros .TXT

Pruebas de Impresión



Validación de Hipótesis

¿Mediante la construcción de material tiflotécnico en sistema Braille se facilitará la impresión de documentos a los niños de la Unidad Educativa Especializada de No videntes de Cotopaxi?



Validación de Hipótesis



Frecuencia Observada

TIPO DE PAPEL	ALTO	MEDIO	BAJO	TOTAL
CARTULINA	1	2	0	3
BOND	0	0	3	3
PERGAMINO	3	0	0	3
TOTAL ESTUDIANTES	4	2	3	9

PRUEBA DEL CHI CUADRADO

- ▶ **Hipótesis Nula (H0):** La calidad de punto Braille no es perceptible por la persona con discapacidad visual.
- ▶ **Hipótesis de Trabajo (H1):** La calidad de punto Braille es perceptible por la persona con discapacidad visual.

Frecuencia Esperada

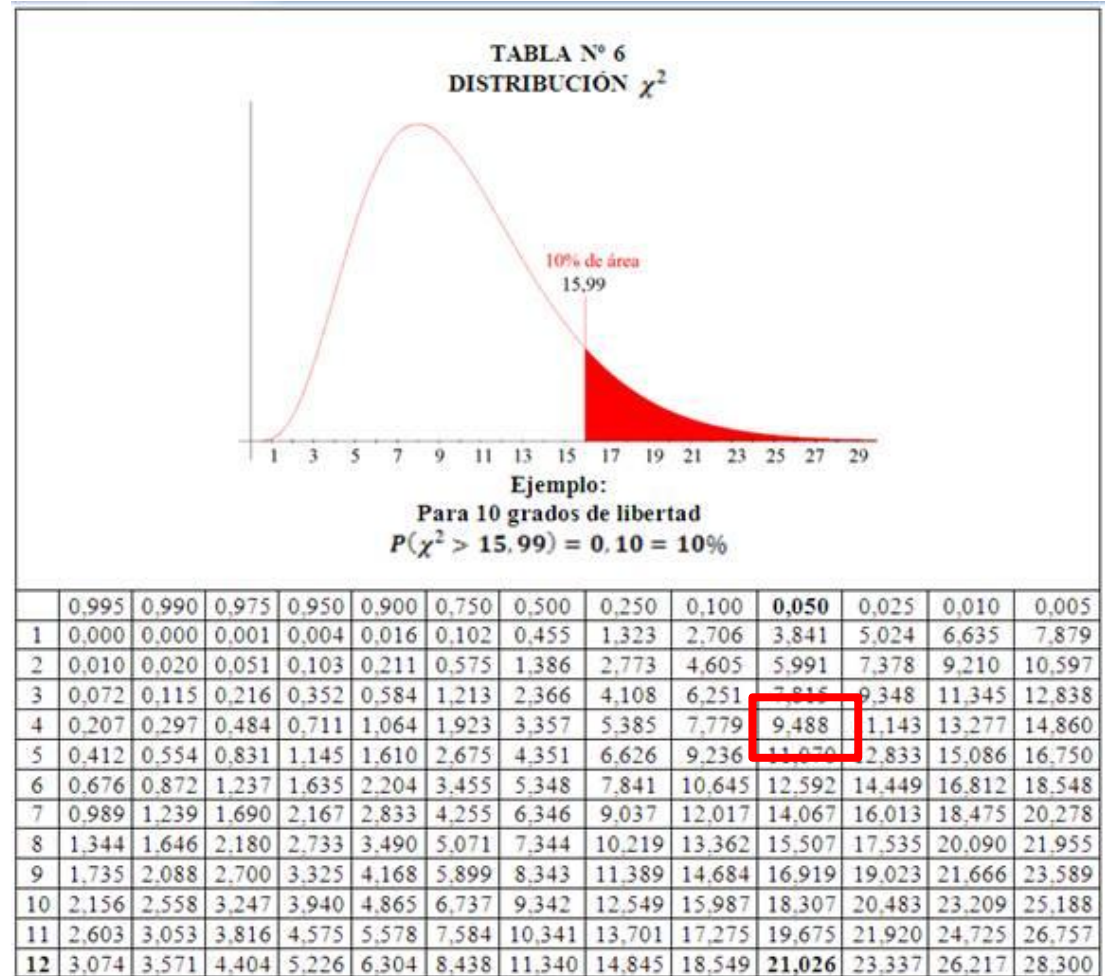
TIPO DE PAPEL	ALTO	MEDIO	BAJO	TOTAL
CARTULINA	1,33	0,67	1	3
BOND	1,33	0,67	1	3
PERGAMINO	1,33	0,67	1	3
TOTAL ESTUDIANTES	4	2	3	9

Prueba de Chi Cuadrado

LETRAS	ALTO	MEDIO	BAJO
CARTULINA	0,083	2,67	1
BOND	1,33	0,67	4
PERGAMINO	4	0,67	1
TOTAL	3,5	4	2,8
CHI CUADRADO $\chi^2 = 13,5$			
Grados de Libertad GD = $(i - 1) * (j - 1)$ GD = 4			

PRUEBA DEL CHI CUADRADO

- ▶ **Hipótesis de Trabajo (H1):** La calidad de punto Braille es perceptible por la persona con discapacidad visual.



COSTO BENEFICIO

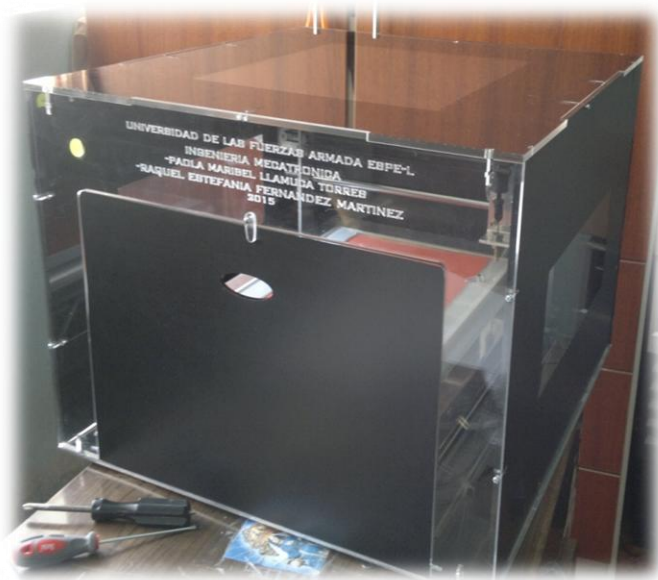
ANÁLISIS DE COSTOS

Costo del Proyecto

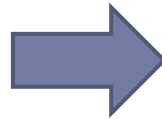
	Descripción	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	Ejes de acero plata	4	15	60
2	Rodamientos lineales	6	18	72
3	Correas dentadas	2	4	8
4	Poleas dentadas	4	3	12
5	Motores paso a paso	2	25	50
6	Aluminio	1	20	20
7	Acrílico	1	200	200
8	Tarjeta Arduino	1	70	70
9	Tarjeta Ramps 1.4	1	50	50
10	Drivers POLOLU	2	10	20
11	Fuente de Poder	1	30	30
12	Elementos mecánicos	1	250	250
13	Elementos Electrónicos	1	100	100
14	Impresiones en 3D	4	20	80
15	Cortes en impresora laser	17	12	204
	TOTAL			1226



Costo Beneficio



\$ 1226



\$ 6000+45%=\$8700



Capítulo IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ▶ Se logró diseñar y construir material tiflotécnico que facilite la impresión de información en sistema Braille a niños de la Unidad Educativa Especializada de No Videntes de Cotopaxi.
- ▶ La impresora Braille imprime caracteres básicos Braille, es decir, alfabeto en letras minúsculas y mayúsculas, números, operadores matemáticos, caracteres especiales de tildado, signos de puntuación.
- ▶ Mediante la implementación del cabezal con desplazamiento en los ejes X, Y y Z, se logró la impresión de 24 caracteres y 23 líneas por hoja, en un tiempo estimado de un minuto por línea (23 minutos), lo cual es un tiempo aceptable con respecto a impresoras implementadas.
- ▶ La interfaz gráfica se diseñó de forma simple, pero accesible para la persona no vidente, utilizando notificaciones audibles que brinde una fácil interacción con el usuario.
- ▶ Mediante pruebas se determinó que el papel más óptimo donde el punto Braille es más perceptible por la persona con discapacidad visual es el pergamino, ya que el relieve en este tipo de papel es más definido.



CONCLUSIONES

- ▶ Con la tarjeta Arduino Mega 2560 es posible realizar e implementar impresoras y máquinas de comportamiento similar, pues esta tecnología brinda las bibliotecas y funcionalidades necesarias para el control de dispositivos mecánicos como son los motores a pasos utilizados para el movimiento en los ejes y para la activación y desactivación de mecanismos percutores.
- ▶ Se demuestra las potencialidades del framework Qt 5.4.2 para el diseño de interfaces gráficas de usuario manera ágil y sencilla. Además de brindar las funcionalidades necesarias para cargar documentos con extensión .txt, definir el filtrado de extensiones, el manejo de errores, la gestión de mensajes y notificaciones, la manipulación y flexibilidad para la lectura de datos.
- ▶ La notificación por sonidos de voz se logró mediante el módulo QSound del framework Qt 5.4.2, lo que permite incorporar los ficheros de sonido a la solución e integrarlas al propio ejecutable de la aplicación final, brindando mayor integración y organización en los recursos utilizados. Esto evitó que se pierdan o muevan los ficheros de audio y puedan entonces ocurrir fallas por parte de la mala manipulación de usuario final o eliminaciones en el sistema.

RECOMENDACIONES

- ▶ Se considera necesario ampliar el espectro de caracteres Braille a imprimir para lograr una solución más completa y que posibilite la impresión de documentos de mayor calidad y profesionalidad.
- ▶ Dado que la solución es un diseño original, con materiales que presentan con el tiempo desgastes, es aconsejable dar mantenimiento y lubricación a los componentes con cierta frecuencia para prolongar el tiempo de vida de la misma, ya que es un factor que puede incidir en la calidad de la impresión.
- ▶ Implementar otros módulos e interfaces de comunicación mediante tecnologías más modernas y móviles como es el caso del Wifi y Bluetooth, permitiendo una mayor integración entre la impresora Braille y las nuevas herramientas y dispositivos de transferencia de datos.
- ▶ Tomar en cuenta siempre el voltaje del terminal al cual será conectada la impresora (110V- 130V) para evitar daños irreparables de los componentes que conforman.



RECOMENDACIONES

- ▶ Se debe extender la funcionalidad de cargar ficheros para poder abarcar otras extensiones de documentos, como .doc, .docx, .odt, .pdf, entre otras.
- ▶ Esperar la señal de sonido de fin de impresión antes de abrir y manipular la impresora, para evitar daños en el movimiento de los ejes y del punzón.
- ▶ El punzón al ser un dispositivo electromecánico, posee un tiempo de vida útil de hasta 100.000 pulsaciones, por lo que cada cierto tiempo se recomienda cambiarlo y evitar errores de impresión.
- ▶ Mejorar el tiempo de impresión con la implementación de un nuevo sistema percutor, para tener competitividad con impresoras comerciales.
- ▶ Implementación del arrastre de hojas por rodillo que permita la impresión de varias hojas en secuencia.



**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

