



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECATRÓNICA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO:
INGENIERO EN MECATRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PLEGADORA DE
CANAL PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LETRAS
ACANALADAS PARA LA EMPRESA IDEART UBICADA EN AMBATO**

AUTOR: LOAIZA JIMÉNEZ, CARLOS LEOVALDO

DIRECTORA: ING. CONSTANTE PRÓCEL, PATRICIA NATALY



CONTENIDO

- 1 Objetivos
- 2 Hipótesis
- 3 Marco Teórico
- 4 Diseño
- 5 Implementación
- 6 Pruebas y resultados
- 7 Validación de la Hipótesis
- 8 Conclusiones y recomendaciones

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina plegadora de canal para incrementar la producción de letras acanaladas para la empresa IDEART en la ciudad de Ambato

OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1

Diseñar la estructura mecánica de la plegadora en función a normativa vigente

2

Seleccionar los componentes eléctricos y electrónicos con base a las necesidades establecidas

3

Construir la máquina plegadora y realizar pruebas de funcionalidad de los componentes mecánicos y eléctricos

4

Implementar un sistema de control numérico computarizado a los actuadores de la máquina plegadora de canal

5

Usar una interfaz de usuario para monitoreo y operación de la máquina plegadora de canal

HIPÓTESIS

¿Es posible mediante una máquina plegadora de canal incrementar la producción de letras acanaladas en la empresa IDEART ubicada en la ciudad de Ambato?

Variable independiente

- Máquina plegadora de canal

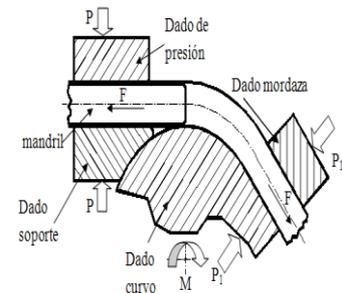
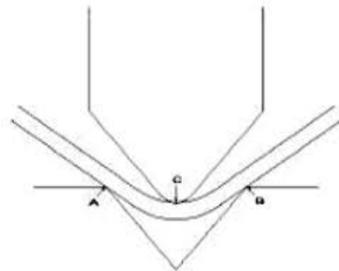
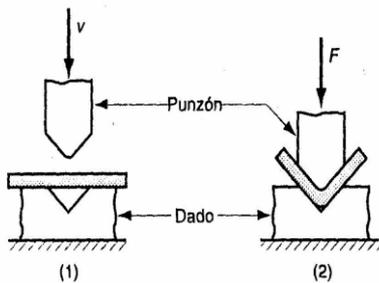
Variable dependiente

- Incremento de la producción de letras acanaladas

MARCO TEÓRICO

Técnica de doblado de metales

El doblado es un proceso de manipulación del metal, el cual se basa en la aplicación de una fuerza a una lámina de metal para doblarla con la forma y el ángulo deseado. Existen varias técnicas de doblado de metal, las cuales se clasifican dependiendo de la fuerza que se va aplicar en el proceso, como lo son: técnica de doblado en V, técnica de doblado por compresión, técnica de doblado parcial o de borde, técnica de doblado por estampación y técnica de doblado por arrastre. (Cortés, 2013)



MARCO TEÓRICO

Máquina plegadora

Una máquina plegadora es aquella que realiza el proceso de doblado de una pieza, lo cual se logra con precisión a través del uso de herramientas especializadas aplicando fuerzas y moldes específicos dependiendo de la forma de la pieza final. Dependiendo del diseño de la máquina y de los requisitos específicos para la tarea, el doblado se lo puede realizar mediante el uso de diferentes fuerzas motrices como mecánicas, hidráulicas, servoelectricas o neumáticas. (ADHMT, 2022)



MARCO TEÓRICO

Máquina plegadora de letras acanaladas

La plegadora o dobladora de letras acanaladas es un tipo de máquina que es totalmente automatizada y que actualmente es muy usada dentro de la producción suave y sencilla de los bordes de letras y letreros en 3D, es decir, con letras acanaladas que pueden ser sin borde, iluminadas o invertidas y que además son fabricadas con diferentes tipos de metales como perfiles de acero galvanizado, aluminio o cobre. (VariSigns, 2021)



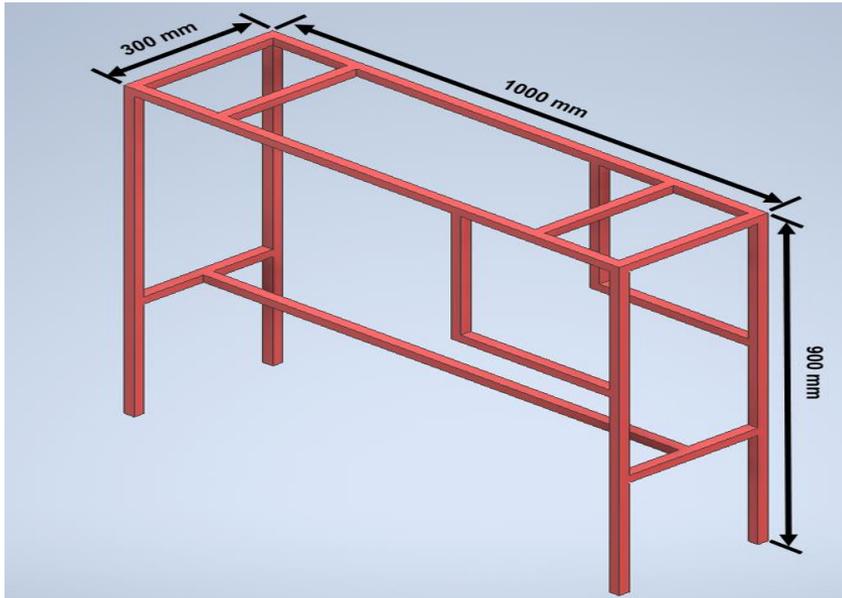
DISEÑO

N°	Sistema	Subsistema	Elementos
1	Sistema mecánico	Estructura	Estructura mecánica
		Sistema de plegado	Eje X Eje Z Eje A
2	Sistema electrónico y control	Sistema de control	Actuadores Drivers Microcontrolador Fuente de alimentación
3	Sistema de generación de trayectorias	Generador de trayectorias	Software



DISEÑO

Estructura mecánica

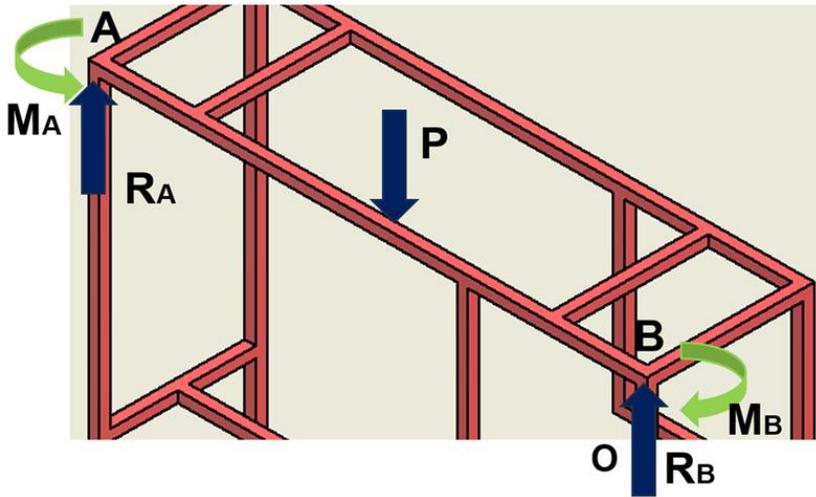


ACERO ASTM A36

Propiedad	Valor
Resistencia máxima S_{μ}	400 MPa
Resistencia a la cadencia S_y	280 MPa
Módulo de Elasticidad E	200 GPa
Elongación	21 %

DISEÑO

Estructura mecánica



$$\sigma_d = \frac{Sy}{2}$$

$$\sigma_d = \frac{280}{2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 140 \text{ MPa}$$

$$M_A = M_B = \frac{PL}{8}$$

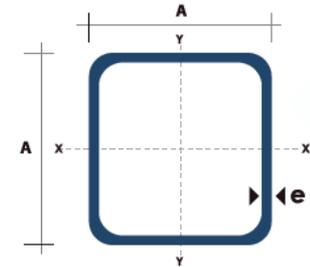
$$R_A = R_B = \frac{P}{2}$$

$$M_A = M_B = \frac{(49.05 \text{ N})(1 \text{ m})}{8}$$

$$M_A = M_B = 6.13 \text{ Nm}$$

$$R_A = R_B = \frac{49.05}{2} \text{ N}$$

$$R_A = R_B = 24.525 \text{ N}$$



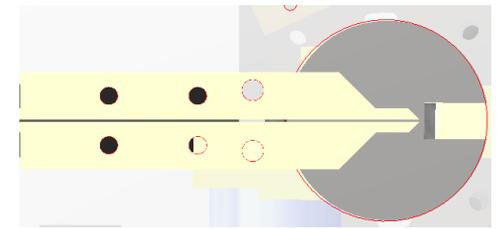
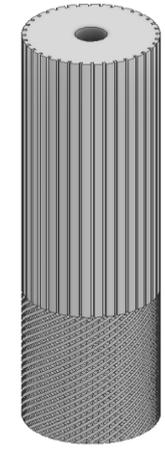
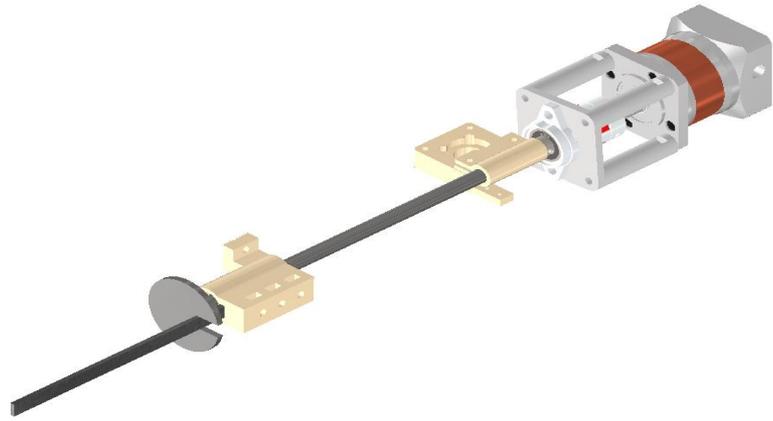
$$I = 492 \text{ mm}^4$$

$$S = 98.4 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_c = 62.297 \text{ MPa}$$

DISEÑO

Sistema mecanismo actuador y eje Z



DISEÑO

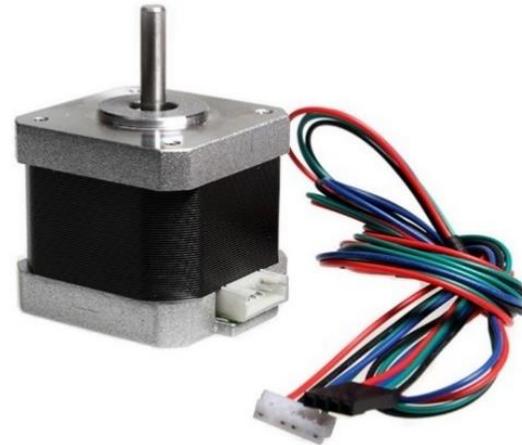
Selección de los motores

Eje Z

Eje A



Eje X



DISEÑO

Selección de los drivers y tarjeta de control

Driver TB6600

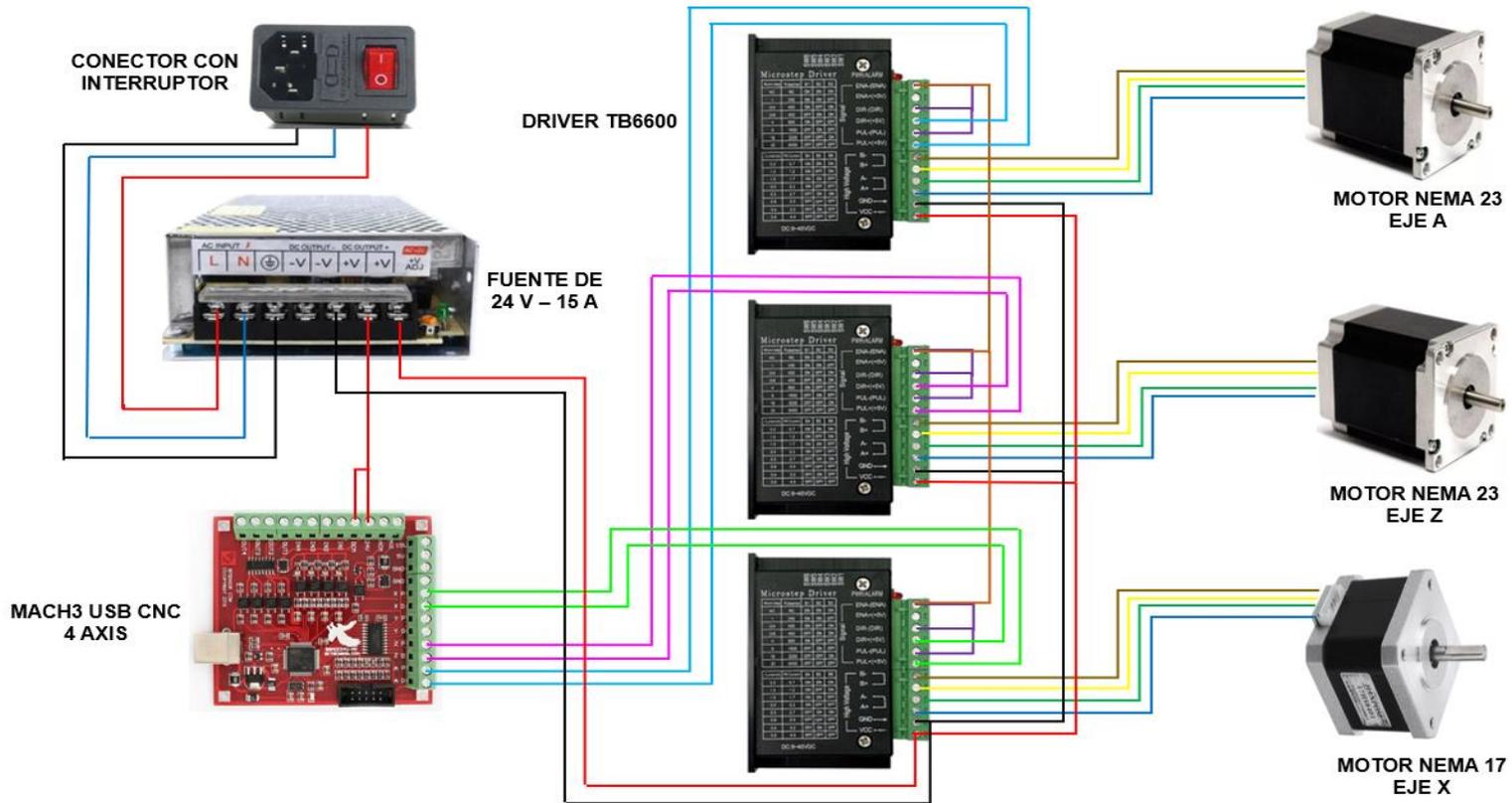


Mach3 USB 4 ejes 100kHz



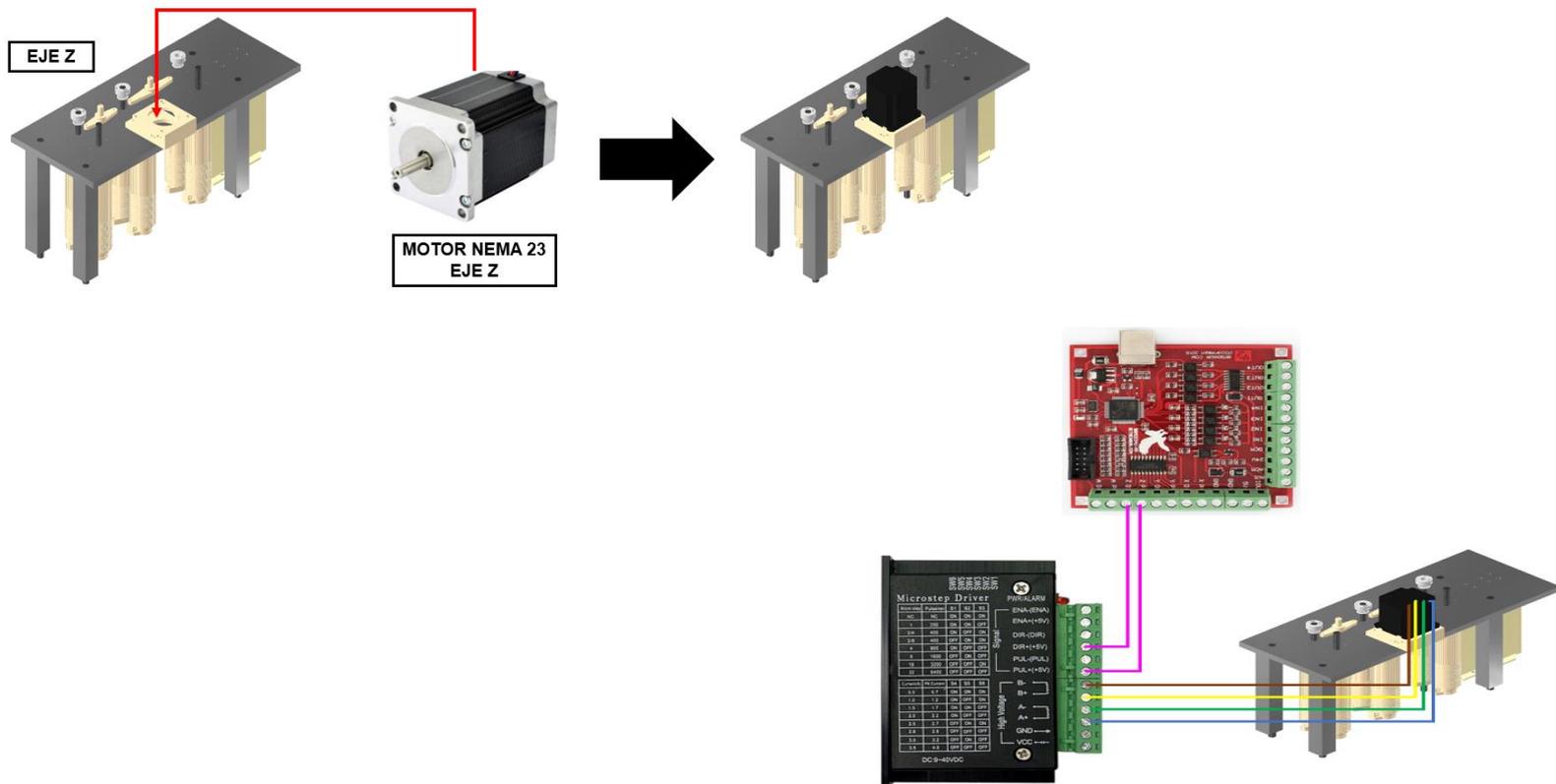
DISEÑO

Conexión de los componentes



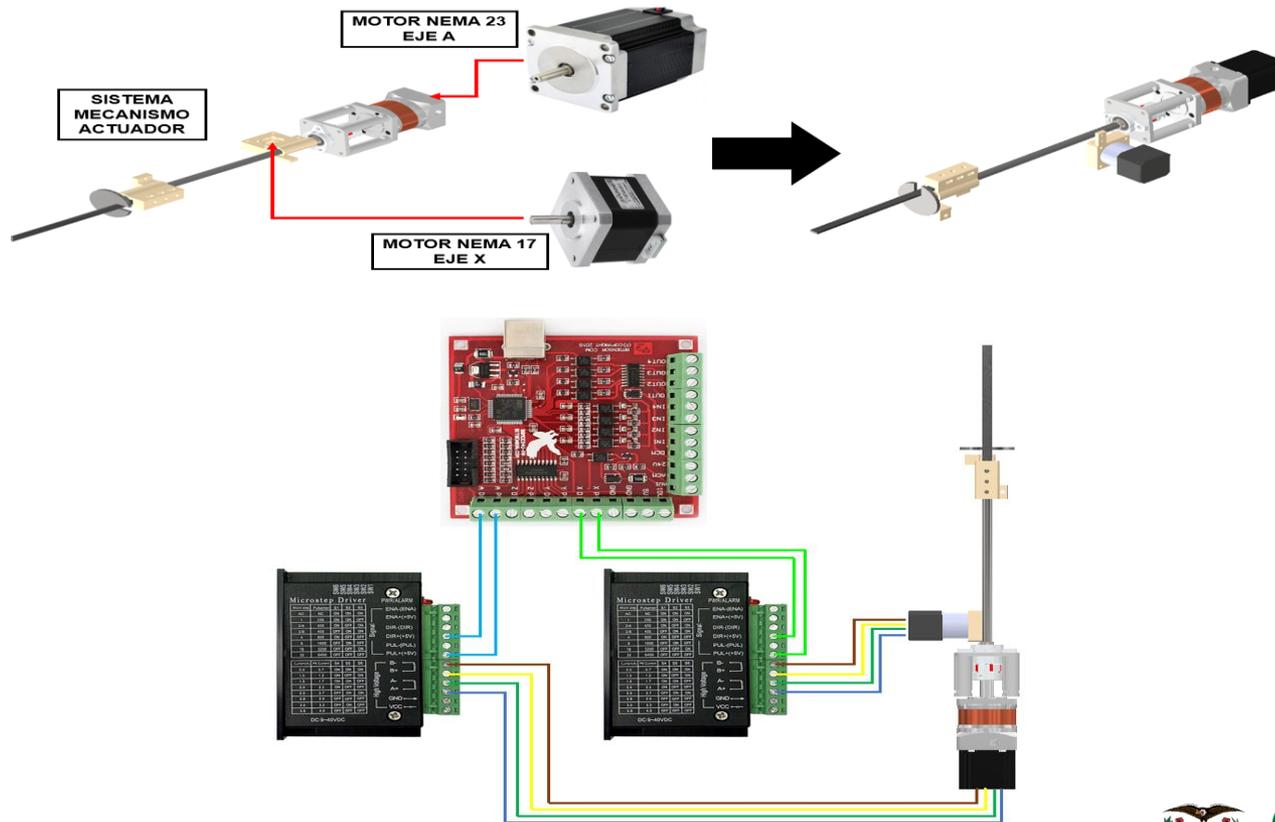
IMPLEMENTACIÓN

Implementación de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos



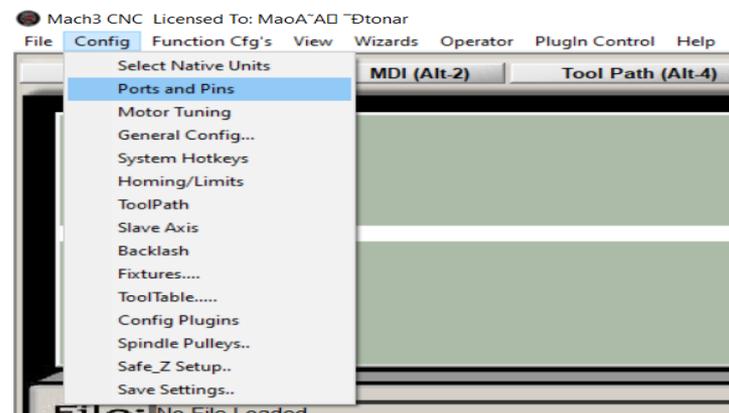
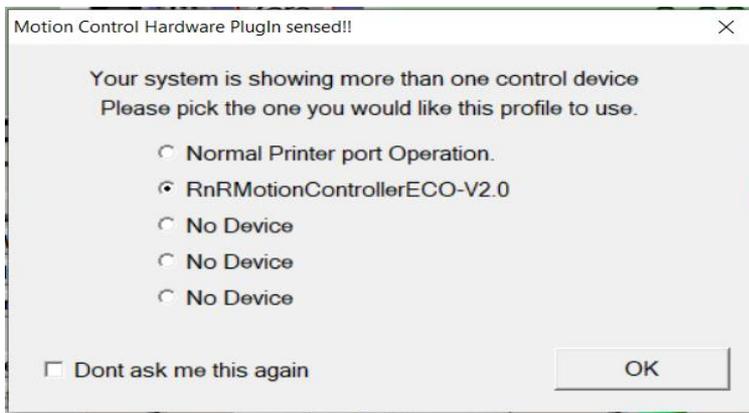
IMPLEMENTACIÓN

Implementación de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos



IMPLEMENTACIÓN

Configuración de los motores



IMPLEMENTACIÓN

Configuración de los motores

Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

Port #1
 Port Enabled
 Port Address
 Entry in Hex 0-9 A-F only

Port #2
 Port Enabled
 Port Address
 Entry in Hex 0-9 A-F only
 Pins 2-9 as inputs

OR

MaxNC Mode
 Max CL Mode enabled
 Max NC-10 Wave Drive
 Program restart necessary

Restart if changed
 Sherline 1/2 Pulse mode.
 ModBus Input/Output Support
 ModBus Plugin Supported.
 TCP Modbus support
 Event Driven Serial Control
 Servo Serial Link Feedback

Kernel Speed
 25000Hz 35000Hz 45000Hz 60000Hz
 65000Hz 75000Hz 100kHz
 Note: Software must be restarted and motors retuned if kernel speed is changed.

Aceptar Cancelar Aplicar

Engine Configuration... Ports & Pins

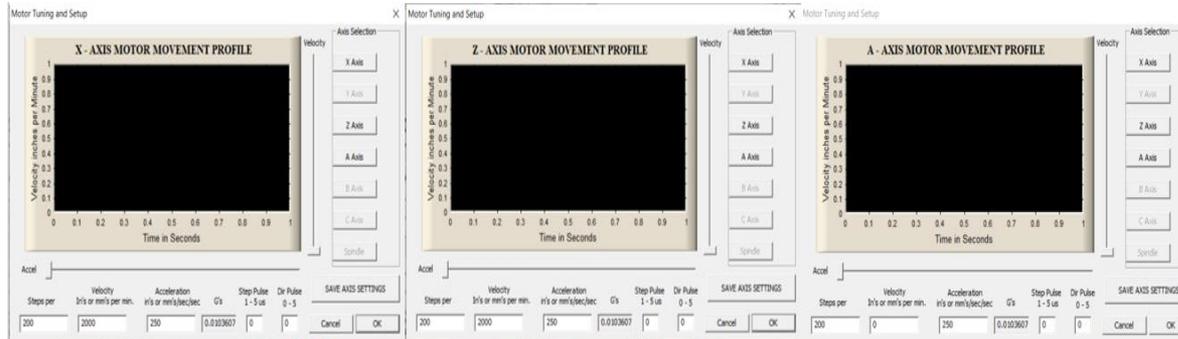
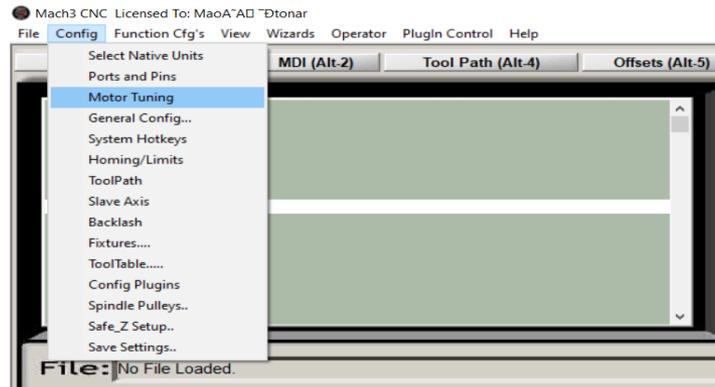
Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

Signal	Enabled	Step Pin#	Dir Pin#	Dir LowActi...	Step Low A...	Step Port	Dir Port
X Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	2	6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
Y Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	3	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
Z Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	4	8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
A Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	5	9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
B Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
C Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Spindle	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0

Aceptar Cancelar Aplicar

IMPLEMENTACIÓN

Configuración de los motores



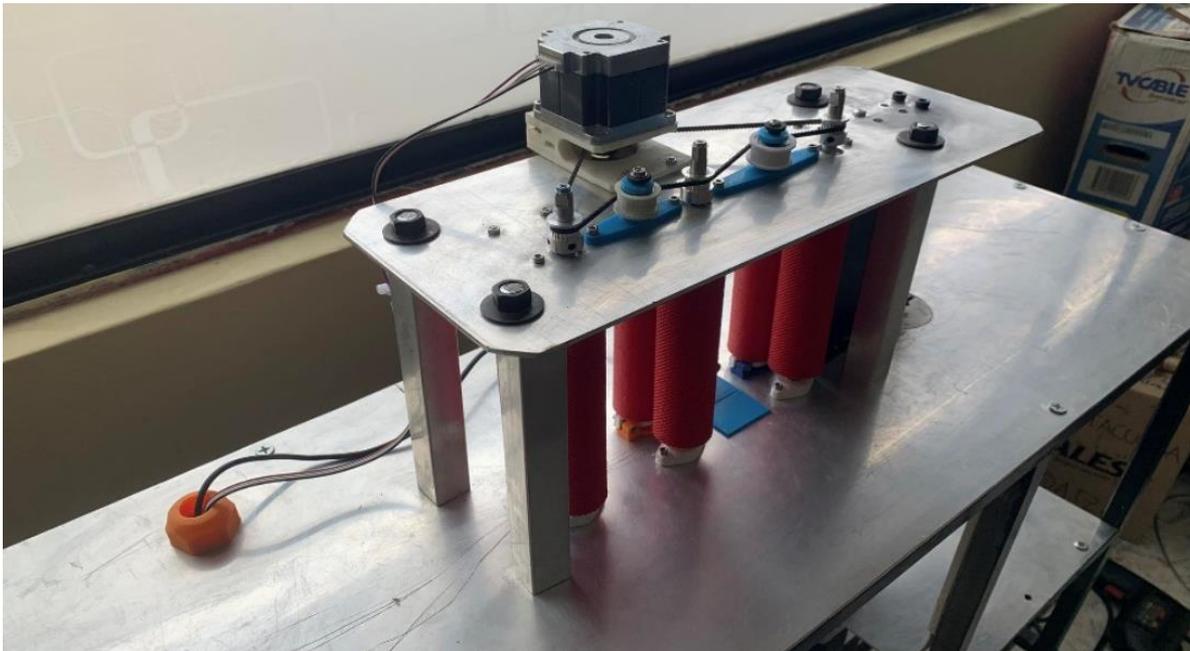
IMPLEMENTACIÓN

Montaje de la máquina



IMPLEMENTACIÓN

Montaje de la máquina



IMPLEMENTACIÓN

Montaje de la máquina



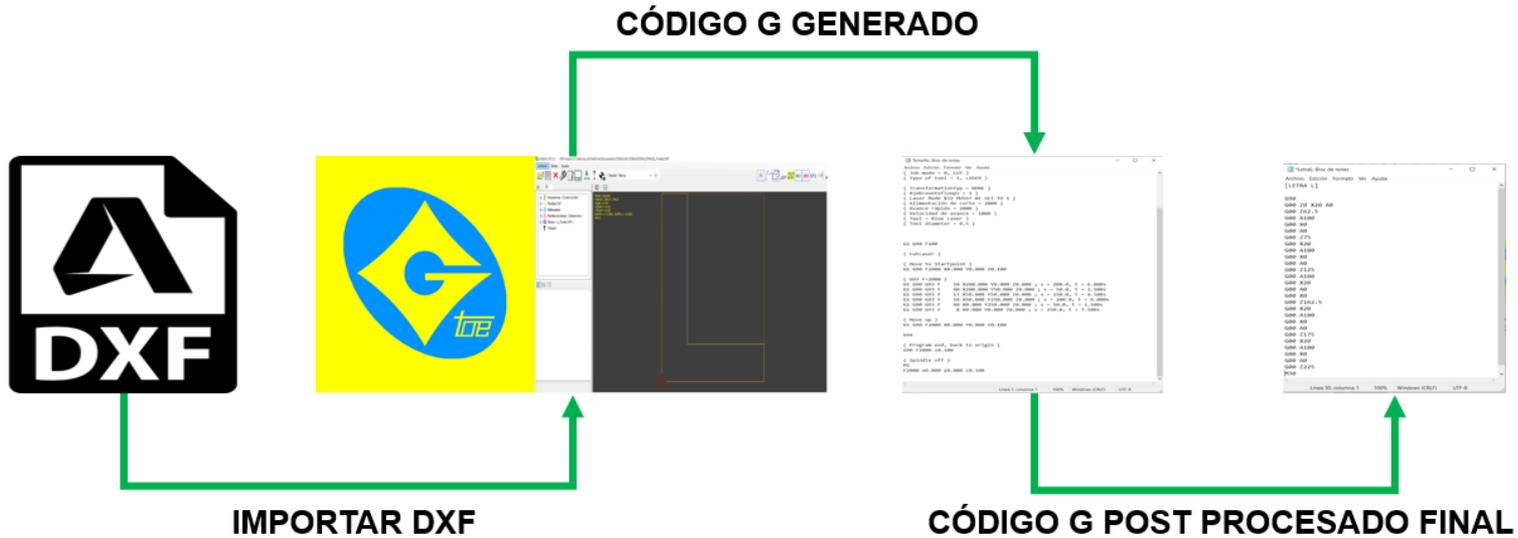
IMPLEMENTACIÓN

Montaje de la máquina



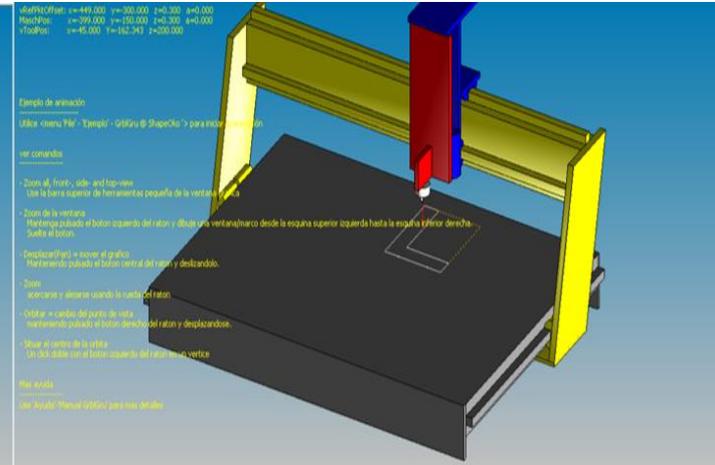
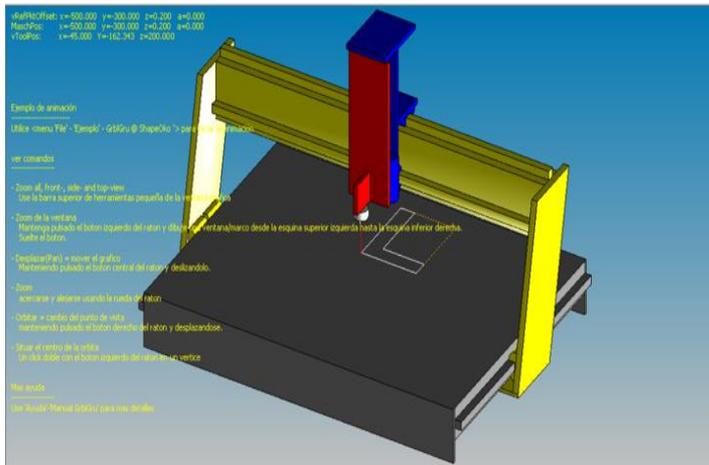
PRUEBAS Y RESULTADOS

Prueba de la trayectoria



PRUEBAS Y RESULTADOS

Prueba de la trayectoria



PRUEBAS Y RESULTADOS

Prueba de calidad y velocidad



PRUEBAS Y RESULTADOS

Prueba de calidad y velocidad

N°	Letra	Tiempo (s)
1	A	193
2	B	212
3	C	185
4	D	167
5	E	243
6	F	209
7	G	303
8	H	219
9	I	191
10	J	174
11	K	295
12	L	166

N°	Letra	Tiempo (s)
13	M	318
14	N	276
15	O	109
16	P	188
17	Q	322
18	R	274
19	S	297
20	T	208
21	U	177
22	V	211
23	W	345
24	X	324
25	Y	289
26	Z	291

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

H_0 : La máquina plegadora no aumenta la producción de letras acanaladas en la empresa IDEART ubicada en Ambato

H_1 : La máquina plegadora aumenta la producción de letras acanaladas en la empresa IDEART ubicada en Ambato

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Dato	Satisface	No Satisface	Total
Con máquina plegadora de letras	12	2	14
Sin máquina plegadora de letras	5	1	6
Total	17	3	20

Dato	Satisface	No Satisface
Con máquina plegadora de letras	11.9	0.9
Sin máquina plegadora de letras	11.9	0.9

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

$$\chi^2 = \frac{(12 - 11.9)^2}{11.9} + \frac{(2 - 0.9)^2}{0.9} + \frac{(5 - 11.9)^2}{11.9} + \frac{(1 - 0.9)^2}{0.9}$$

$$\chi^2 = 0.001 + 1.344 + 4.001 + 0.111$$

Chi-cuadrado $\rightarrow \chi^2 = 5.357$

$$v = (f - 1)(k - 1)$$

$$v = (2 - 1)(2 - 1)$$

Grados de libertad $\rightarrow v = 1$

$$\chi^2 = 5.357$$

$$\chi_{\text{tabla}}^2 = 3.8415$$

$$\chi^2 > \chi_{\text{tabla}}^2$$

$$5.357 > 3.8415$$

v/d	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4602	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3507
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8707	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403

Por lo tanto, como el valor de chi cuadrado calculado es mayor que el de la tabla, se determina que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa

CONCLUSIONES

- ❑ Se diseñó y construyó una máquina plegadora de letras acanaladas de 1000 x 300 x 900 mm de dimensiones que está conformado por un sistema mecánico, sistema eléctrico y electrónico y un sistema de generación de trayectorias la cual contribuye en el aumento de la producción de letras 3D o letras acanaladas en la empresa IDEART.
- ❑ Se diseñó la estructura mecánica de la máquina plegadora con base a la norma NTE INEN 1641 MUEBLES DE OFICINA, ESCRITORIOS Y MESAS para determinar la altura que tiene la máquina, en donde al ser una mesa de altura fija se concluyó que es de tipo C y puede tener una altura de hasta 1050 mm. Para el material de la máquina, se utilizó la norma NTE INEN 2415 TUBOS DE ACERO AL CARBONO PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES Y USOS GENERALES. REQUISITOS la cual, al especificar que se usa tubos de acero cuadrado, recomienda utilizar el material ASTM A36 para la fabricación de la estructura.



CONCLUSIONES

- ❑ Se construyó la máquina plegadora con los componentes seleccionados previamente y a continuación se realizó las pruebas de funcionalidad en donde se utilizó el software Mach3 de la tarjeta de control para ingresar código G manualmente y verificar que los componentes tanto mecánicos como eléctricos y electrónicos trabajan correctamente.
- ❑ Se implementó un sistema de control numérico computarizado a los actuadores de la máquina plegadora, es decir, al utilizar el software del microcontrolador Mach3 se realiza la sintonización de los motores en donde se configura la velocidad adecuada para cada actuador y mediante código G se controla la posición de cada uno.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda leer el manual de usuario de la máquina plegadora de letras antes de utilizarlo para conocer los debidos pasos que se deben seguir, las características y facilitar la interacción.
- ❖ Se recomienda hacer más uso de este tipo de máquinas debido a que ayudan y contribuyen a las empresas para facilitar ciertos procesos que pueden ser riesgosos además de optimizar el rendimiento de fabricación de los productos manufacturados por la empresa.



RECOMENDACIONES

- ❖ Antes de iniciar con el uso de la máquina, se recomienda verificar que los parámetros de los motores sean los correctos debido a que, si existe alguna variación de estos valores, la fuerza y velocidad de los motores cambiará y podría afectar al funcionamiento de la plegadora.
- ❖ Durante el funcionamiento de la máquina, se sugiere no dejar funcionando la máquina sin la supervisión de ningún operario, debido a que durante el plegado de la lámina puede existir alguna colisión del material lo que provocaría un desajuste en la extrusión y la calidad de la letra estaría perjudicada.

GRACIAS

