

1. Descripción del proyecto

2. Diseño mecánico y electroneumático

3. Construcción, pruebas y resultados

4. Conclusiones y recomendaciones

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

1.2 Levantamiento de información

1.3 Planteamiento del problema

1.4 Objetivos

1.5 Justificación

En 1950, surge FAME S.A. a raíz de la creación del taller especializado en la confección de prendas militares, con el propósito de atender la necesidad de uniformes para la Fuerza Terrestre. Con el tiempo, este taller se convierte en una división de la Dirección de Industrias del Ejército, conocida como DINE. En la actualidad, la empresa tiene como principal objetivo la fabricación y comercialización de calzado, indumentaria y equipamiento de campamento, destinados tanto al uso militar como industrial, con el propósito de satisfacer las demandas tanto de las Fuerzas Armadas como del mercado nacional.



Levantamiento de Información

Materia prima utilizada en la fabricación del calzado

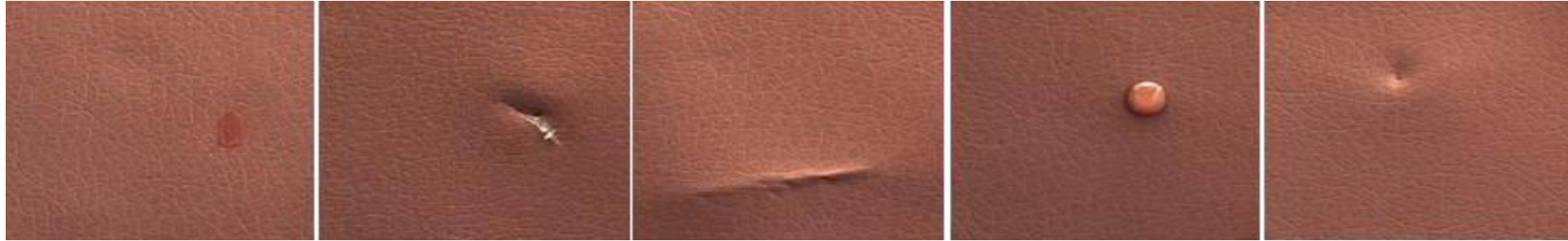


Estiramiento del cuero de forma manual



Planteamiento del problema

Anomalías presentes en el cuero

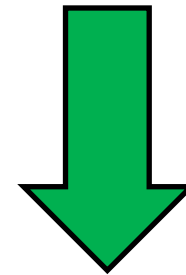


Banda de cuero después del control de calidad

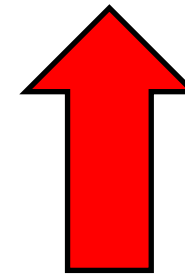


Factores en la producción de calzado

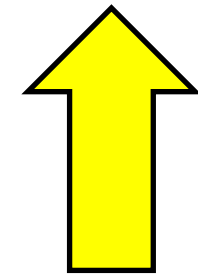
Exposición
del cuero



Tiempo



Lesiones



Objetivo General

Diseñar, construir e implementar un sistema de estiramiento de cuero semiautomático para exponer anomalías en la materia prima mediante un sistema mecatrónico en el área de producción de calzado de la empresa FAME S.A. del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Objetivo Específicos

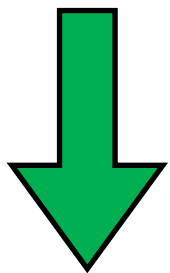
- Analizar los requerimientos de la empresa FAME S.A. y el control de calidad en el cuero para extraer datos sin afectar el funcionamiento del mismo y la normativa de diseño correspondiente.
- Investigar sobre los sistemas de estiramiento de cuero para control de calidad en la fabricación de calzado.
- Diseñar la estructura mecánica de la máquina estiradora de cuero, sus dimensiones y la distribución de los elementos.
- Diseñar el sistema eléctrico para el manejo mediante tablero de los componentes eléctricos y mecánicos de la máquina estiradora de cuero.

Objetivo Específicos

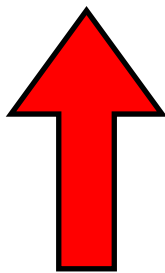
- Seleccionar los materiales mecánicos, eléctricos y neumáticos necesarios para la construcción.
- Construir la estructura mecánica de la máquina estiradora de cuero según los datos obtenidos en la fase de diseño.
- Implementar un sistema de control mediante un PLC para constituir el proceso.
- Validar la hipótesis a través de pruebas experimentales y herramientas estadísticas.

El sistema de estiramiento semiautomático de cuero se justifica debido a que permite resolver los problemas existentes en la empresa FAME S.A., haciendo uso de la automatización de procesos que en principio se los realiza de manera artesanal por el personal de la empresa con la finalidad de reducir tiempos de producción, obtener productos de calidad y mejorar condiciones laborales de los trabajadores.

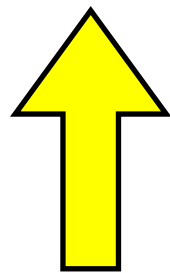
Exposición
del cuero



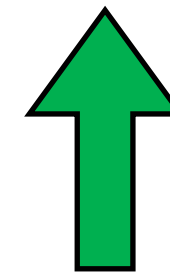
Tiempo



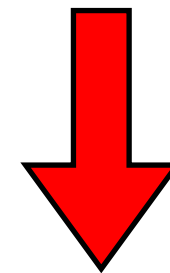
Lesiones



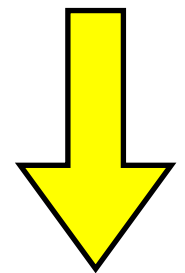
Exposición
del cuero



Tiempo



Lesiones



2.1 Matriz QFD

2.2 Identificación de la máquina a diseñar

2.3 Diseño mecánico

2.4 Diseño electroneumático

Necesidades del cliente

Núm.	Necesidad	Imp.
1	Facilidad de uso	4
2	Tamaño reducido	4
3	Operatividad con interrupciones mínimas o nulas.	5
4	Mantenimiento económico	4
5	Fácil mantenimiento	3
6	Modelo viablemente replicable	4
7	Consumo energético reducido	3
8	Funcionalidad programada	3
9	Estiramiento del cuero para evidenciar anomalías.	5
10	Cuidado integral del operario	5
11	Paro de emergencia en accidentes	4
12	Cuidado de la calidad del cuero en la manipulación	4
13	Económica fabricación	3
14	Diseño multifuncional para los tamaños de láminas de cuero más comunes en el mercado	4
15	Adaptación para un sistema de visión artificial	5
16	Base cilíndrica para estirar liso sin relieves que deterioren el cuero	3
17	Cumplimiento de normas de calidad ISO	5



Tecnificación de las necesidades del cliente

Núm.	Necesidades	Núm. Imp.	Métricas										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Facilidad de uso	4		○					Δ			●	
2	Tamaño reducido	4	●							●			
3	Operatividad con interrupciones mínimas o nulas.	5			○		●	Δ					
4	Mantenimiento económico	4		●		○							
5	Fácil mantenimiento	3		●	○								
6	Modelo viablemente replicable	4			●			●					
7	Bajo consumo energético	3				○					●		
8	Funcionalidad programada	3	Δ							●			
9	Estiramiento del cuero para evidenciar anomalías.	5	●	○		●							
10	Cuidado integral del operario	5	Δ				○		●				
11	Paro de emergencia en accidentes	4							●		Δ	●	
12	Cuidado de la calidad del cuero en la manipulación	4	Δ						●	○			
13	Económica fabricación	3				○		●					
14	Diseño multifuncional para los tamaños de láminas de cuero más comunes en el mercado	4	Δ		●								
15	Adaptación para un sistema de visión artificial	5	●			●				○			
16	Base cilíndrica para estirar liso sin relieves que deterioren el cuero	3	Δ						●	Δ			
17	Cumplimiento de normas de calidad ISO	5					○		●		○		
Ponderación Absoluta			145	90	96	120	75	68	189	93	46	81	1003
Ponderación Relativa			14.46	8.97	9.57	11.96	7.47	6.78	18.84	9.27	4.58	8.07	100
Importancia Relativa			2	6	4	3	8	9	1	5	10	7	

Grado de correlación (Cómo vs cómo)

Símbolo	Significado
++	Fuertemente positiva
+	Positiva
-	Negativa
--	Fuertemente Negativa

Grado de correlación (Qué vs cómo)

Relación	Símbolo	Valor
Fuerte	●	9
Media	○	3
Débil	Δ	1

Principales necesidades del cliente

- Estructura mecánica adecuada.
- Optimización de diseño CAD, eléctrico y neumático.
- Componentes eléctricos, neumáticos y mecánicos de fácil disponibilidad en el mercado



Identificación de la máquina a diseñar

Antes de diseñar la máquina que la empresa ha requerido se debe contemplar las principales partes que lo componen:



Número	Componente
1	Tambor de estiramiento
2	Prensas de sujeción
3	Estructura de la máquina
4	Gabinete Eléctrico
5	Botonera de operación
6	Gabinete Neumático
7	Reflectores de iluminación

Diseño de barras laterales.

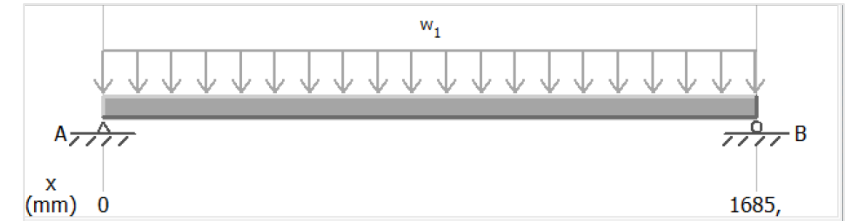
Donde:

$$L_{BarrasLM} = 1683.5 \text{ mm}$$

$$F_{BarrasLF} = 32.36 \text{ N}$$

$$F_{cuero} = 33 \text{ N}$$

$$F_y = 250 \text{ MPa}$$



$$M_{\text{máx}BarrasLM} = 13841.22 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

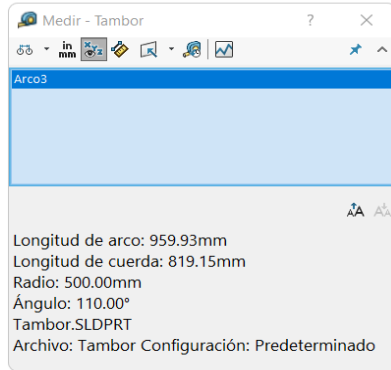
$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y} = \frac{6956.10 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}} = 28 \text{ mm}^3 \approx 0.0055 \text{ cm}^3$$

Selección de viga según catálogo DIPAC:

Designación	Dimensiones				Masa Kg/m	A cm ²	d1 cm	Módulo resistente	
	h	b	c	e				Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm				cm ³	cm ³
G 60x30x10x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	4,9	2,74



Dimensiones del tambor de estiramiento



Donde:

$$r = \text{Radio} = 500 \text{ mm}$$

$$\theta = \text{Ángulo} = 110^\circ$$

$$L_{\text{ARCO}} = r * \theta$$

$$L_{\text{ARCO}} = 500 \text{ mm} * \frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ} * 110^\circ$$

$$L_{\text{ARCO}} = 959,93 \text{ mm} \approx 960 \text{ mm}$$

$$L_{\text{CUERDA}} = 2 * r * \text{Sen} \frac{\alpha}{2}$$

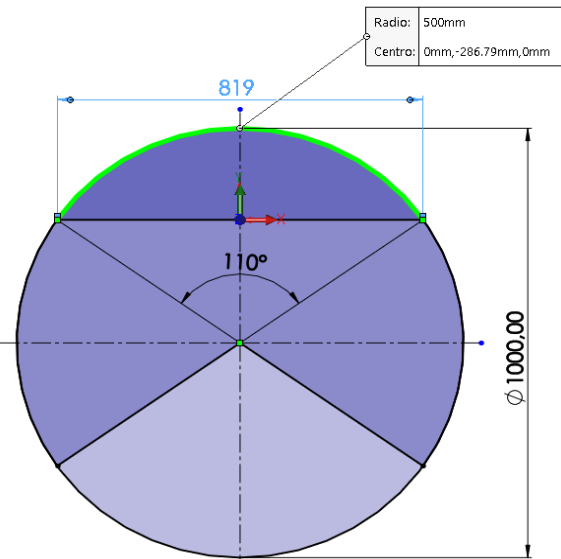
$$L_{\text{CUERDA}} = 2 * 500 \text{ mm} * \text{sen} \left(\frac{110^\circ}{2} * \frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ} \right)$$

$$L_{\text{ARCO}} = 819,15 \text{ mm} \approx 819 \text{ mm}$$

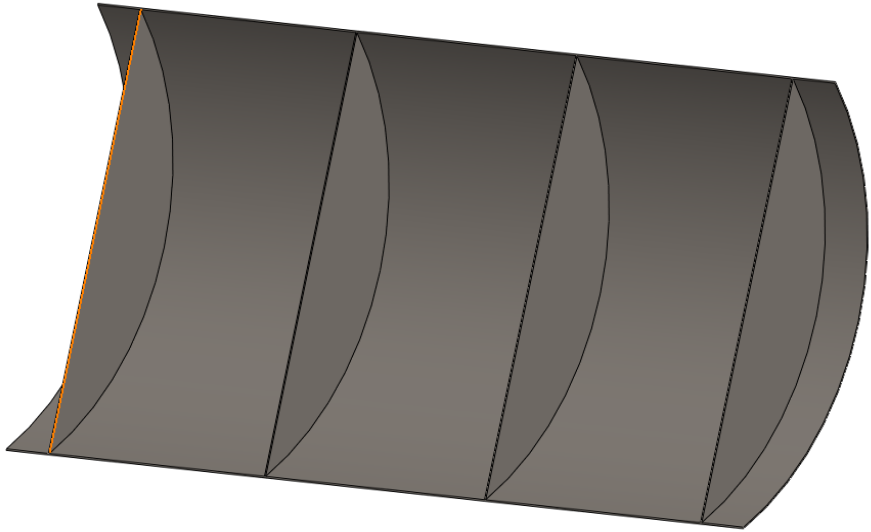
Entonces, las dimensiones del tambor son:

$$L_{\text{TAMBOR}} = 1300 \text{ mm}$$

$$A_{\text{TAMBOR}} = 819 \text{ mm}$$



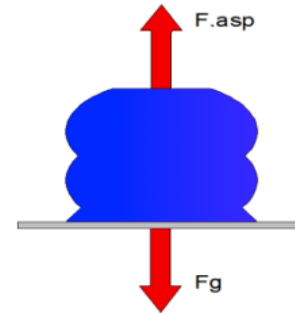
Diseño del tambor



Propiedades de masa de Tambor	
Configuración: Predeterminado	
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --	
Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico	
Masa = 67419.08 gramos	
Volumen = 8588417.46 milímetros cúbicos	
Área de superficie = 5419219.57 milímetros cuadrados	
Centro de masa: (milímetros)	
X = 0.00	
Y = 76.34	
Z = 0.00	

Diseño de los cilindros neumáticos del tambor

Fuerza vertical



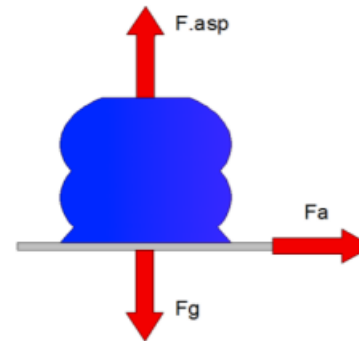
$$F_{aspT} = F_g$$

$$F_g = m_{Eleva} * g = 70.779 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 694.106 \text{ N}$$

$$F_{asp} = m_{Eleva} * (g + a) * S$$

$$a = 7.355 \frac{m}{s^2}$$

Fuerza horizontal y vertical



$$F_{asp.r} = m * \left(g + \frac{a}{\mu} \right) * S$$

$$F_{asp.r} = 70.779 \text{ kg} * \left(9.81 \frac{m}{s^2} + \frac{7.355 \frac{m}{s^2}}{0.20} \right) * 4$$

$$F_{asp.r} = 70.779 \text{ kg} * \left(46.58 \frac{m}{s^2} \right) * 4$$

$$F_{asp.r} = 13188.008 \text{ N}$$

$$F_c = \frac{F_{asp.r}}{3} = 4396.003 \text{ N}$$

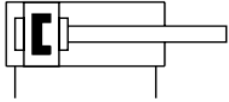




Cilindros neumáticos Festo para levantar el tambor


Cilindro redondo de acero inoxidable CRDSNU

Hoja de datos

Amortiguación elástica



-  - Diámetro
32 ... 100 mm
-  - Longitud de carrera
1 ... 500 mm
Carreras más largas bajo pedido

-  - Servicio de piezas de repuesto



Hoja de datos

ATEX ¹⁾	
Categoría ATEX para gas	II 2G
Tipo de protección (contra explosión) de gas	Ex h IICT4 Gb
Categoría ATEX para polvo	II 2D
Tipo de protección (contra explosión) de polvo	Ex h IIIC T120 °C Db
Temperatura ambiente con riesgo de explosión	-20 °C ≤ Ta ≤ +60 °C
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según la Directiva de protección contra explosiones (ATEX) de la UE

1) Tener en cuenta la certificación ATEX de los accesorios.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance	483	754	1178	1870	3016	4712
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), retroceso	415	633	990	1682	2721	4418
Energía de impacto en las posiciones finales para amortiguación elástica ¹⁾	0,4	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5

1) A una temperatura ambiente de 80 °C, los valores disminuyen aproximadamente un 50 %

Pesos [g]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Peso básico con carrera de 0 mm	670	1327	2020	2943	5891	8527
Peso adicional por cada 10 mm de carrera	15	24	40	44	68	75
Masa móvil con carrera de 0 mm	118	232	416	472	860	1018
Masa adicional por cada 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39



Cilindros neumáticos Festo para levantar las barras laterales


Cilindro redondo de acero inoxidable CRDSNU

Hoja de datos

Amortiguación elástica



-  - Diámetro
32 ... 100 mm
-  - Longitud de carrera
1 ... 500 mm
Carreras más largas bajo pedido

-  - Servicio de piezas de repuesto



Hoja de datos

ATEX ¹⁾	
Categoría ATEX para gas	II 2G
Tipo de protección (contra explosión) de gas	Ex h IICT4 Gb
Categoría ATEX para polvo	II 2D
Tipo de protección (contra explosión) de polvo	Ex h IICT120 °C Db
Temperatura ambiente con riesgo de explosión	-20 °C ≤ Ta ≤ +60 °C
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según la Directiva de protección contra explosiones (ATEX) de la UE

1) Tener en cuenta la certificación ATEX de los accesorios.

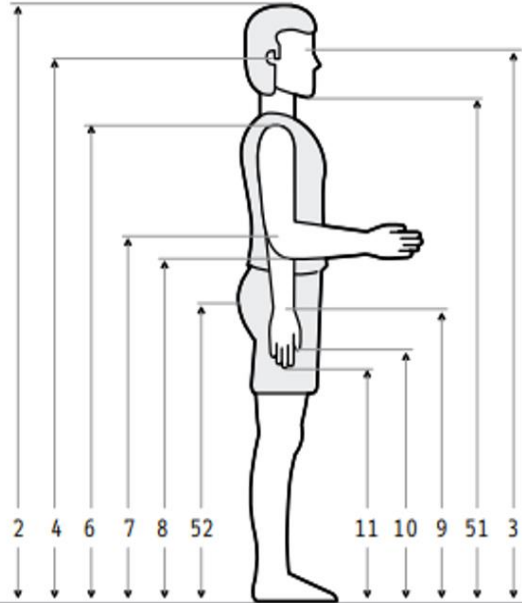
Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance	483	754	1178	1870	3016	4712
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), retroceso	415	633	990	1682	2721	4418
Energía de impacto en las posiciones finales para amortiguación elástica ¹⁾	0,4	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5

1) A una temperatura ambiente de 80 °C, los valores disminuyen aproximadamente un 50 %

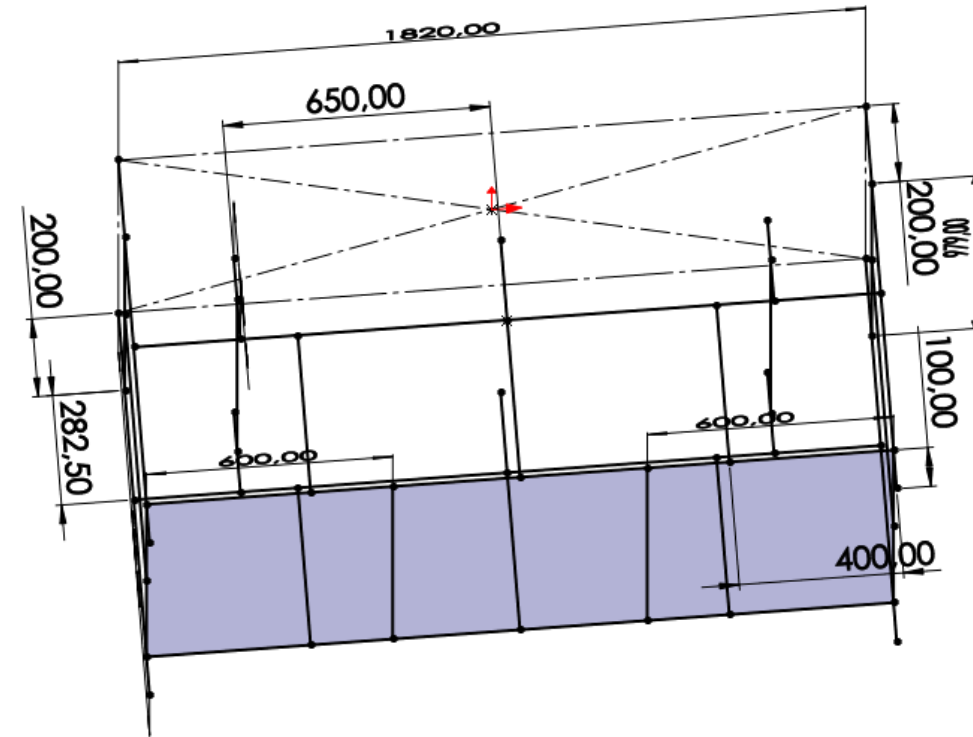
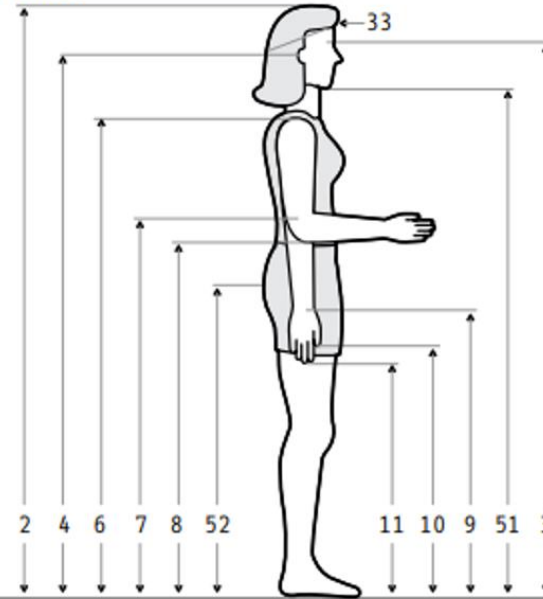
Pesos [g]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Peso básico con carrera de 0 mm	670	1327	2020	2943	5891	8527
Peso adicional por cada 10 mm de carrera	15	24	40	44	68	75
Masa móvil con carrera de 0 mm	118	232	416	472	860	1018
Masa adicional por cada 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39

Estructura Soporte

18 a 65 años



18 a 65 años



18 - 65 años (n=396)

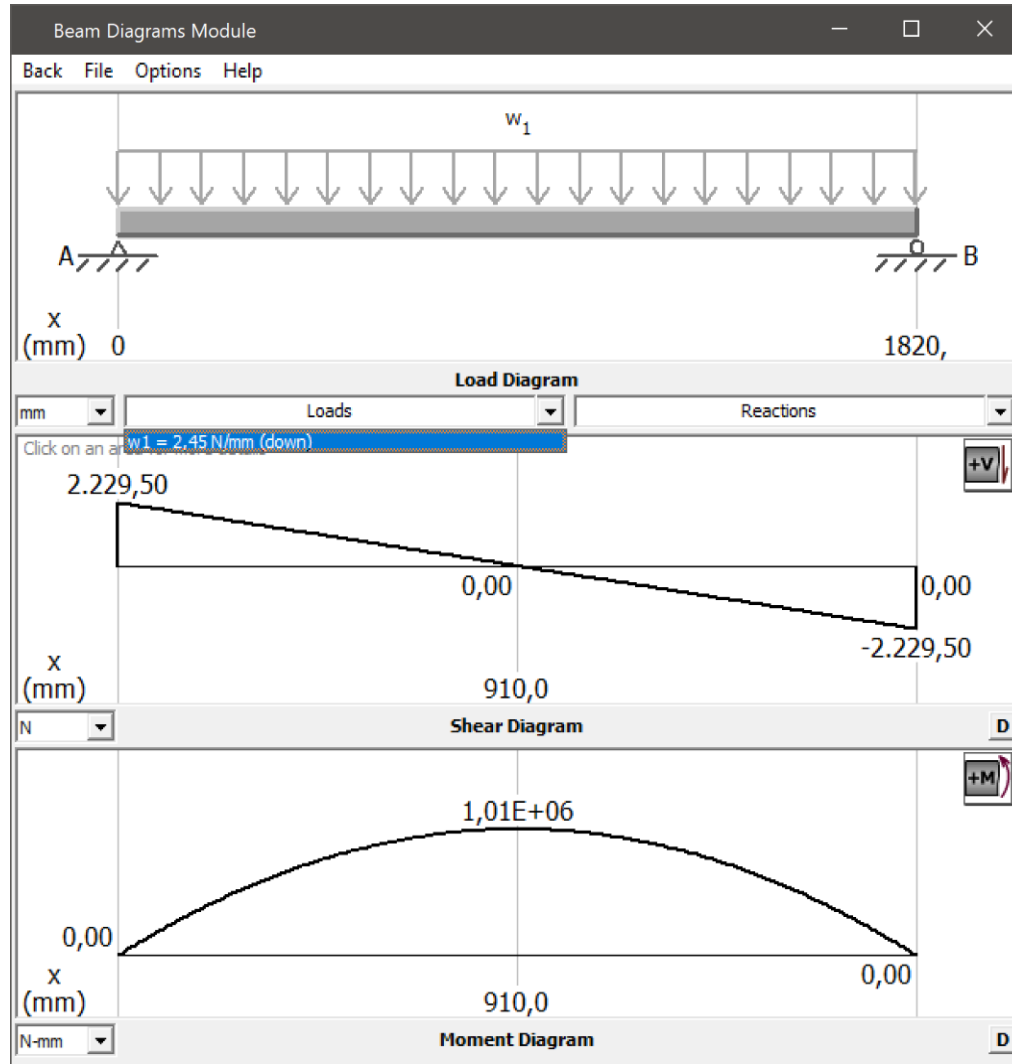
Dimensiones		5
1	Peso (Kg)	55.31
2	Estatura	1576
3	Altura de ojos	1447
4	Altura oído	1439
6	Altura hombro	1281
7	Altura codo	988

18 - 65 años (n=204)

Dimensiones		5
1	Peso (Kg)	48.0
2	Estatura	1471
3	Altura de ojos	1351
4	Altura oído	1333
6	Altura hombro	1209
7	Altura codo	941



Diseño de la Plancha Base



Espesor de la plancha base:

$$S_x = \frac{M_{\text{Máximo}}}{F_y}$$

$$S_x = \frac{1010000 \text{ Nmm}}{250 \text{ MPa}} = 4040 \text{ mm}^3$$

$$h = \sqrt{\frac{S_x * 6}{b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{4040 \text{ mm}^3 * 6}{1820 \text{ mm}}}$$

$$h = 3.649 \text{ mm} = e = \text{espesor}$$

Rigiéndose al catálogo de DIPAC, se selecciona la plancha inmediata superior que en este caso es de 4mm de espesor.

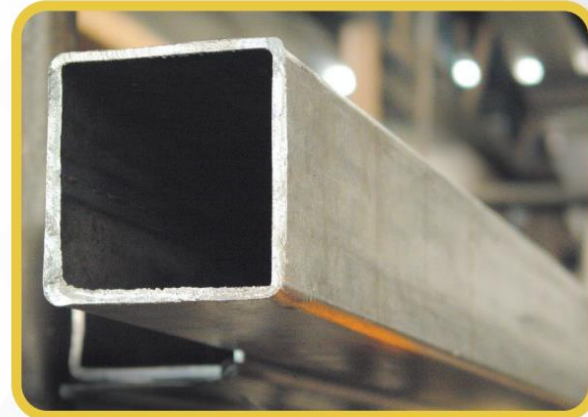
Dimensiones en (mm)			Pesos
Ancho	Largo	Espesor	Kg
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1220	6000	12	689.54

Perfiles de tubo cuadrado DIPAC 40X40X1.5mm

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

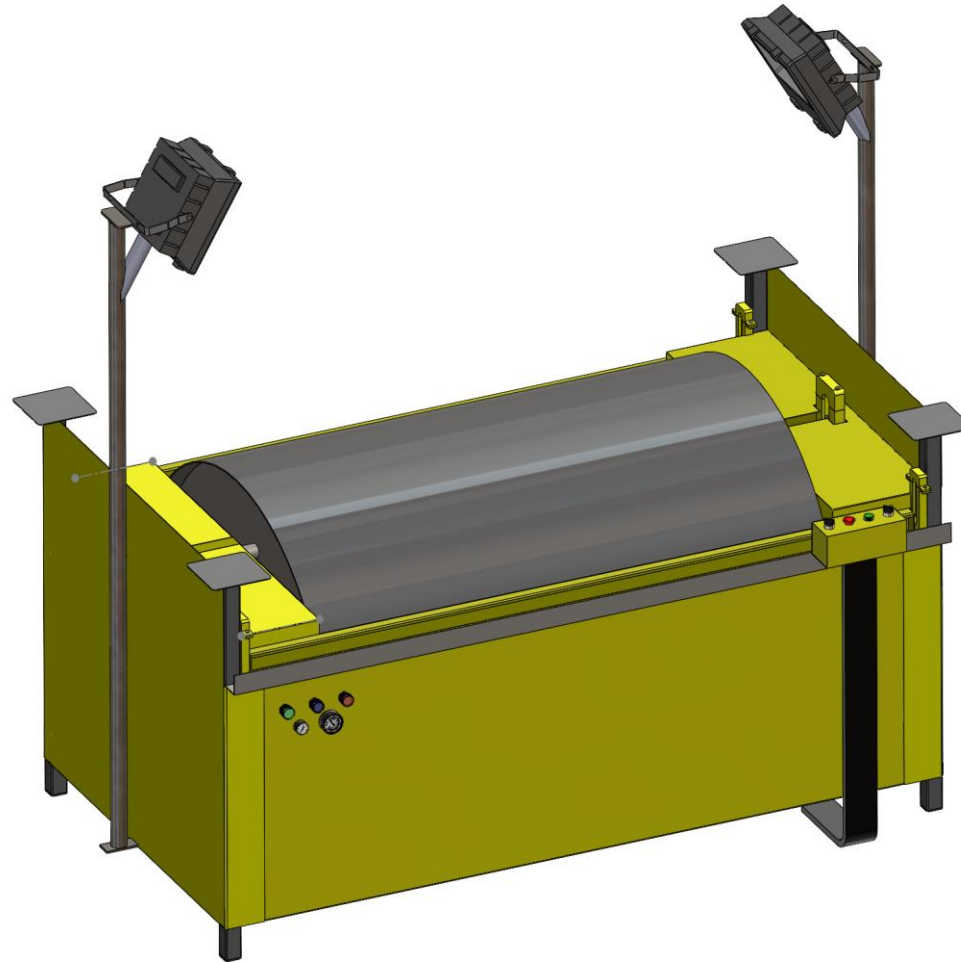
Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

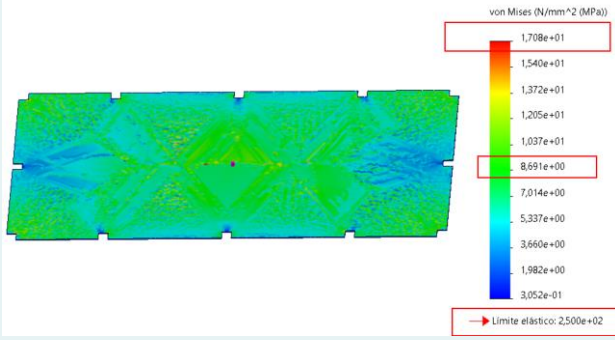
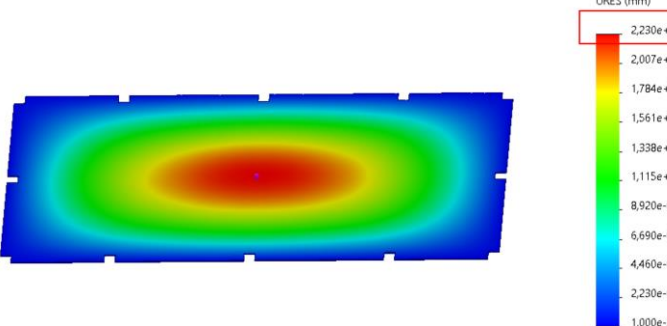
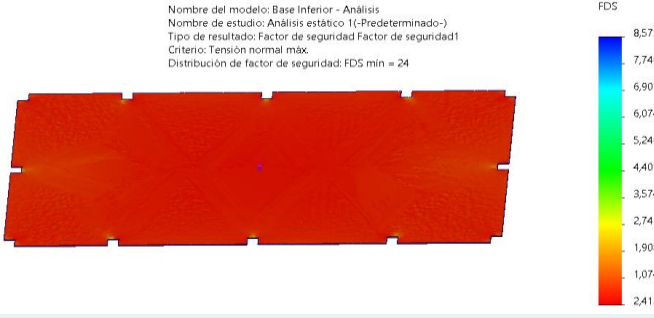
Diseño terminado en software CAD



Análisis CAE

Número	Gráfico	Resultado
Tensión de Von Mises		<p>Esfuerzo máximo 204.3 MPa</p>
Desplazamiento		<p>Desplazamiento máximo 0.81 mm</p>
Factor de Seguridad		<p>Factor de seguridad 4.4</p>

Análisis CAE

Número	Gráfico	Resultado
<p>Tensión de Von Mises</p>	 <p>von Mises (N/mm² (MPa))</p> <p>1,708e+01 1,540e+01 1,372e+01 1,205e+01 1,037e+01 8,691e+00 7,014e+00 5,337e+00 3,660e+00 1,982e+00 3,052e-01</p> <p>→ Límite elástico: 2,500e+02</p>	<p>Esfuerzo máximo</p> <p>17.8 MPa</p>
<p>Desplazamiento</p>	 <p>URES (mm)</p> <p>2,230e+00 2,007e+00 1,784e+00 1,561e+00 1,338e+00 1,115e+00 8,920e-01 6,690e-01 4,460e-01 2,230e-01 1,000e-30</p>	<p>Desplazamiento máximo</p> <p>2.23 mm</p>
<p>Factor de Seguridad</p>	 <p>Nombre del modelo: Base Inferior - Análisis Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-) Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1 Criterio: Tensión normal máx. Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 24</p> <p>FDS</p> <p>8,573e+02 7,740e+02 6,907e+02 6,074e+02 5,240e+02 4,407e+02 3,574e+02 2,741e+02 1,908e+02 1,074e+02 2,412e+01</p>	<p>Factor de seguridad</p> <p>24</p>



Esquema electroneumático

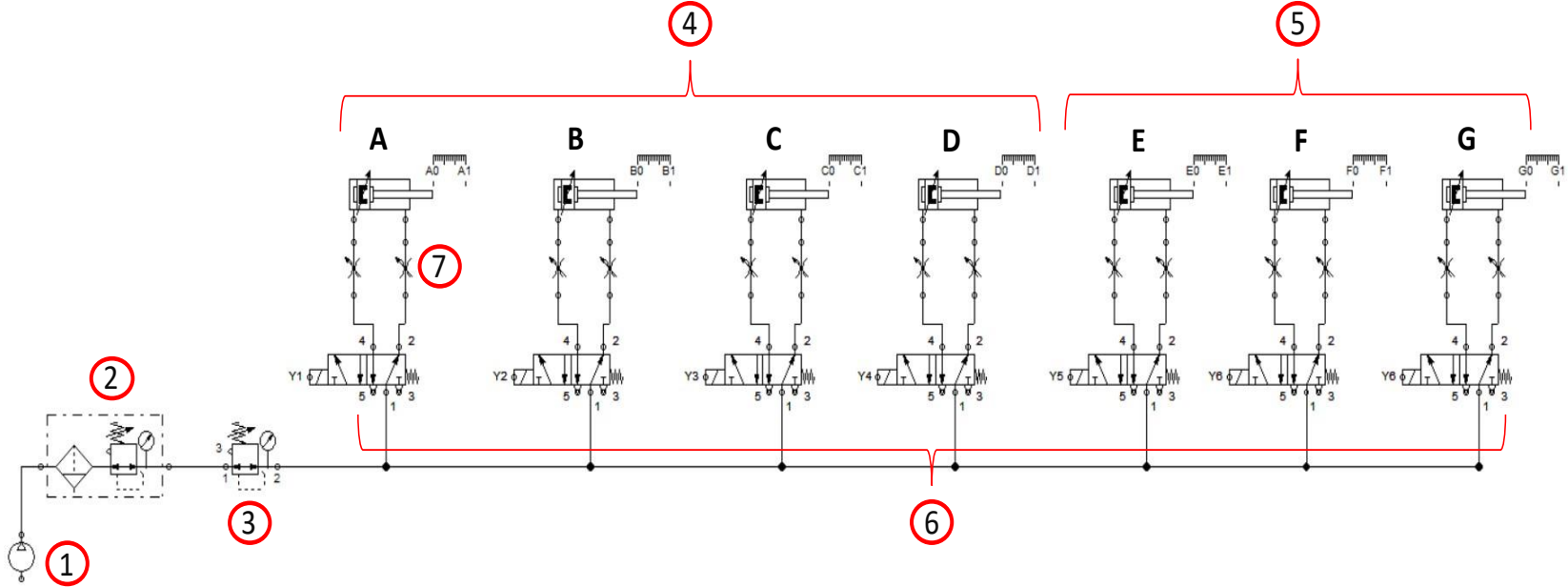
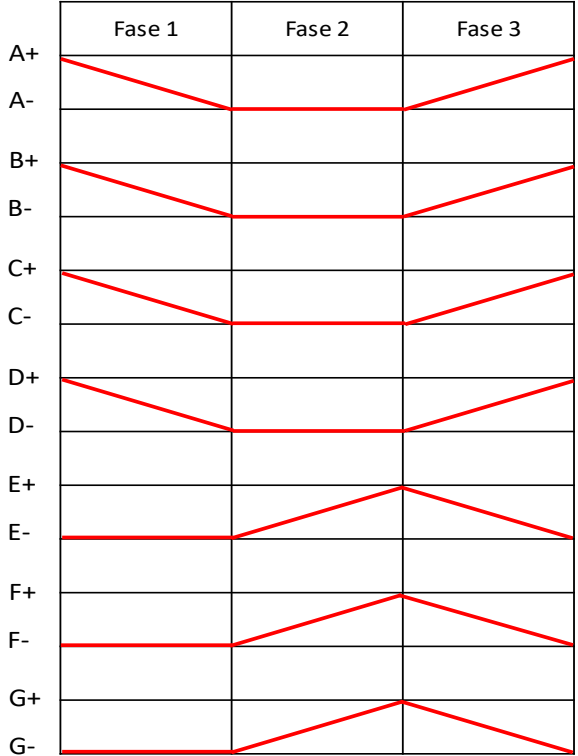
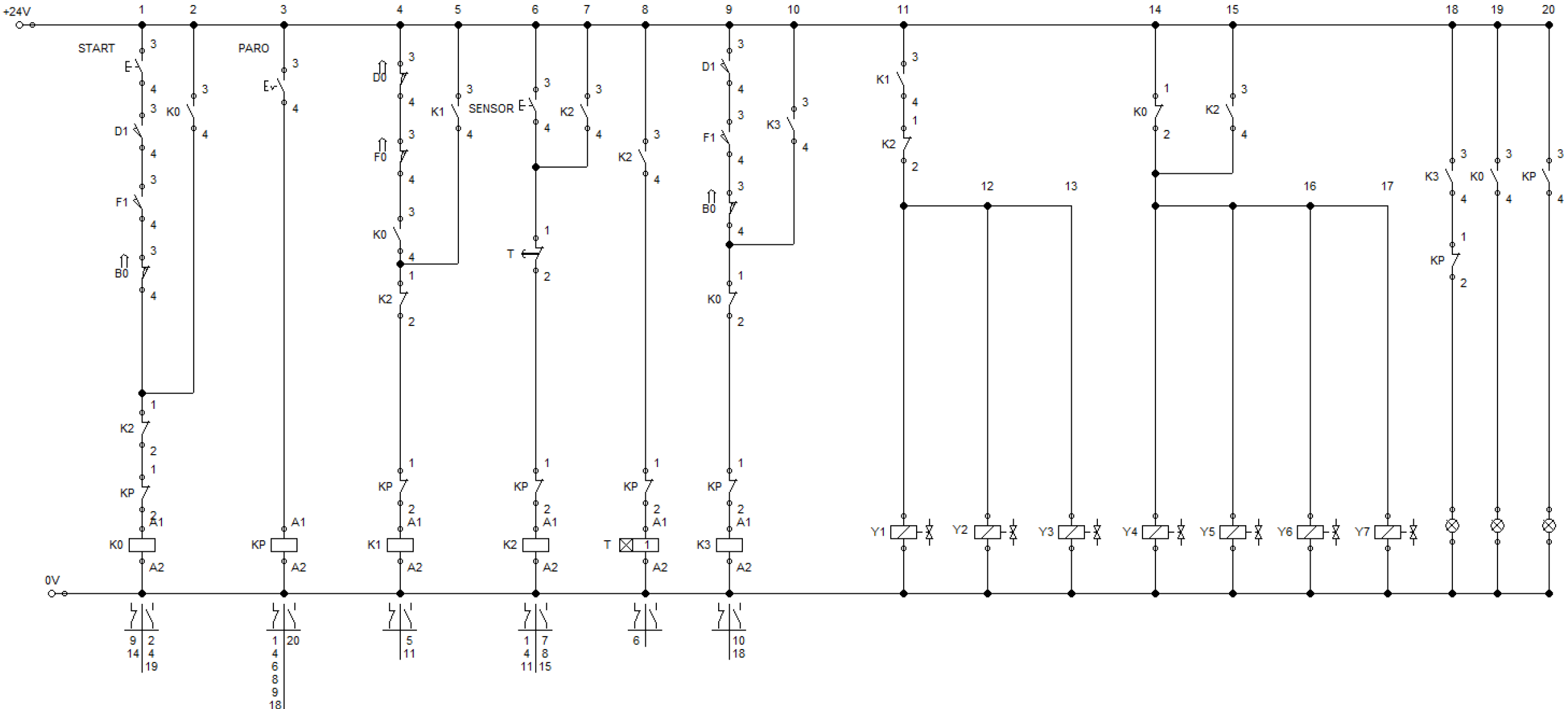


Diagrama de fase



Esquema electroneumático



Controlador


Característica	Siemens LOGO! 8 230RCE
Imagen	
Tipo de dispositivo	Módulo lógico programable
Tensión de alimentación	115 VAC 230VAC
Número de salidas digitales	4; Relé
Número de entradas digitales	8
Pantalla	Si
Comunicación	Conexión ethernet
Memoria de programa	400 bloques de función (aproximadamente)
Funciones avanzadas	Temporizadores, contadores, funciones matemáticas
Aplicaciones típicas	Pequeñas aplicaciones de control y automatización
Software de programación	LOGO! Soft Comfort
Dimensiones	71.5mm de ancho 90mm de altura 60 mm de profundidad.
Precio	\$200

Diagrama de flujo

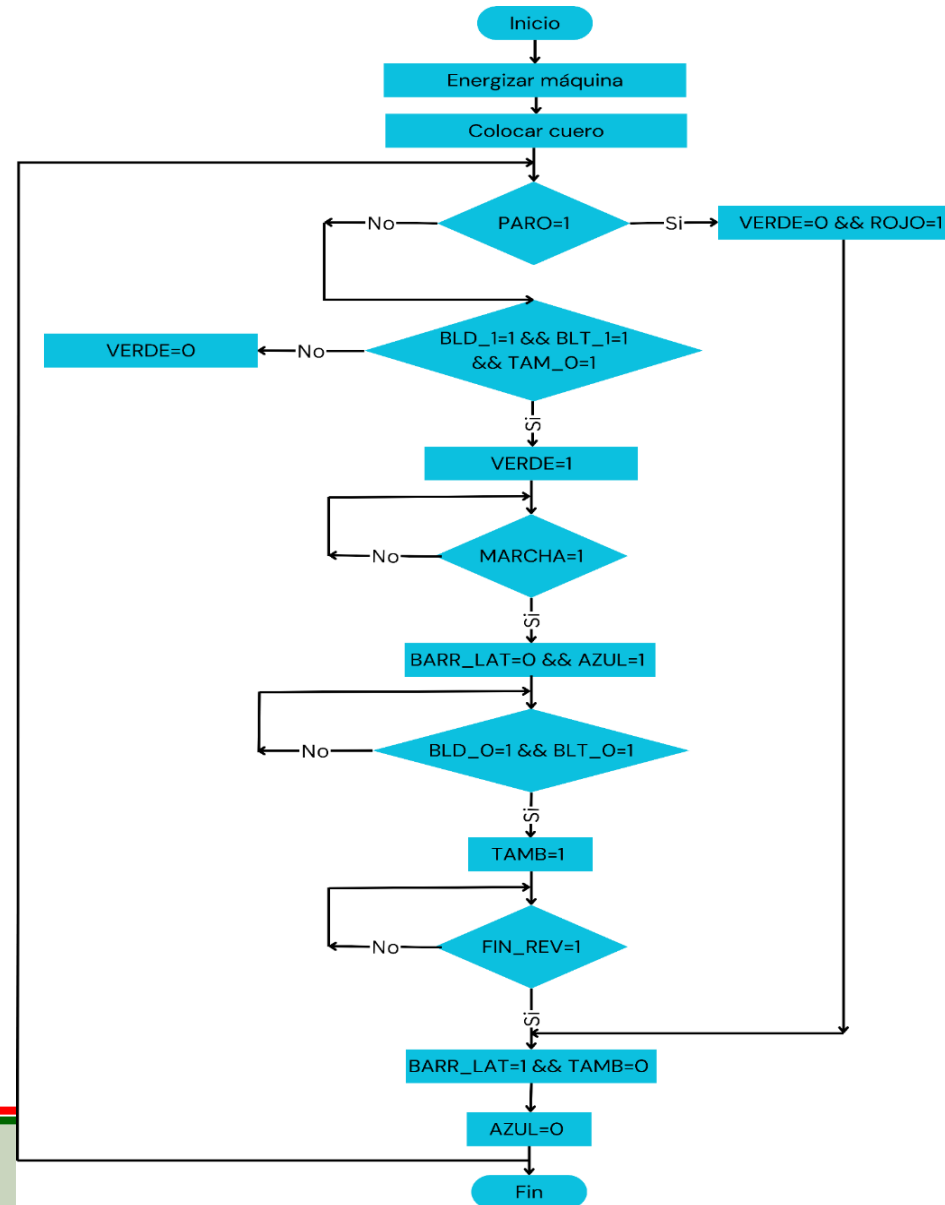
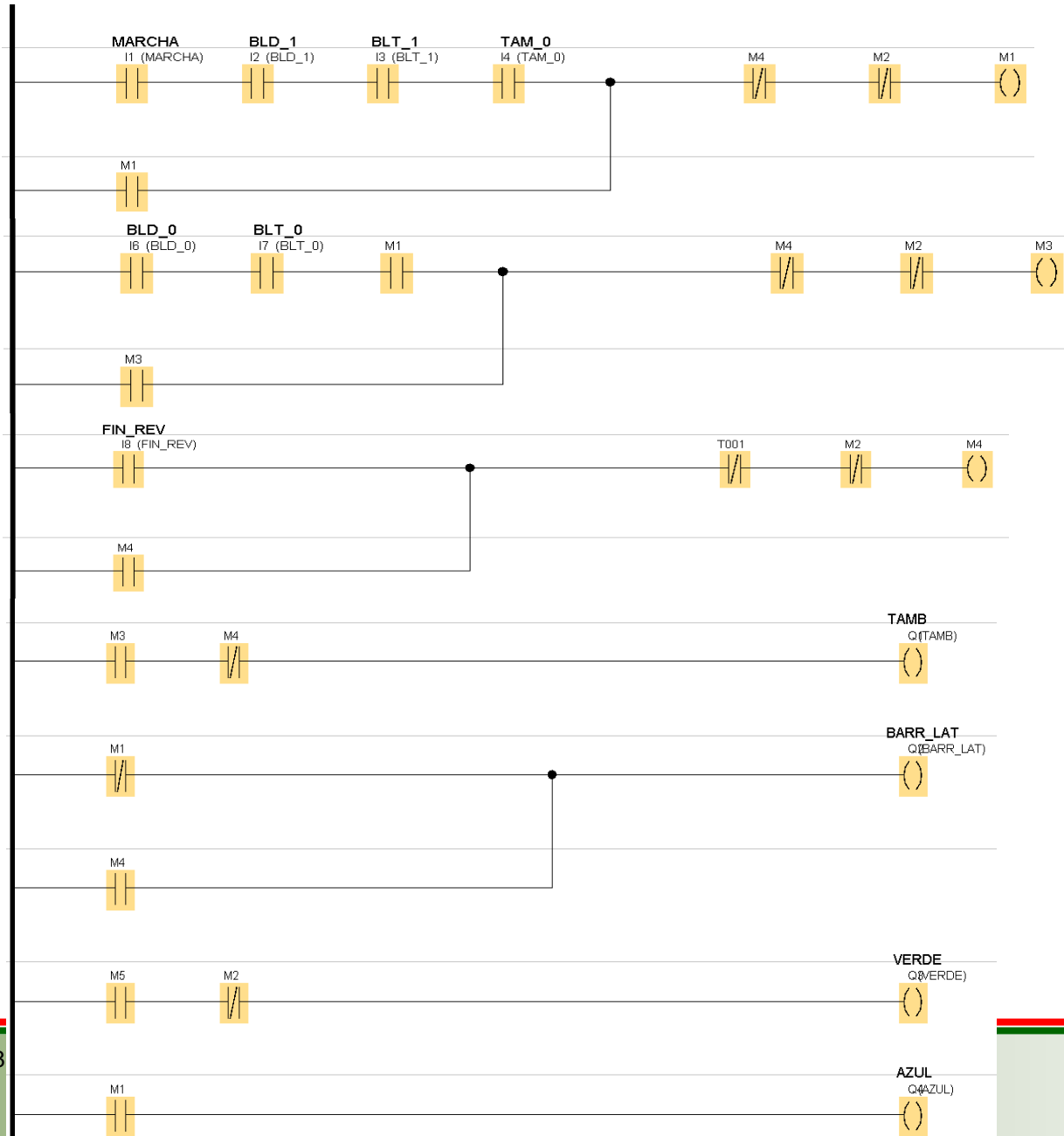


Diagrama Ladder



Entradas y salidas

Nombres de E/S

Bornes de entrada:	Nombre
I1	MARCHA
I2	BLD_1
I3	BLT_1
I4	TAM_0
I5	PARO
I6	BLD_0
I7	BLT_0
I8	FIN_REV

Bornes de salida:	Nombre
Q1	TAMB
Q2	BARR_LAT
Q3	VERDE
Q4	AZUL
Q5	
Q6	
Q7	
Q8	

CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

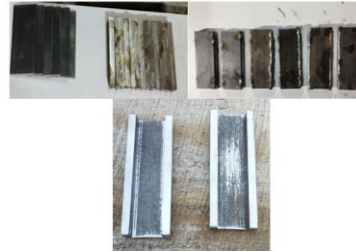
3.1 Construcción del prototipo

3.2 Pruebas, recolección y análisis de datos

3.3 Validación de hipótesis

Construcción del prototipo

Construcción de la estructura mecánica



Construcción del prototipo

Construcción de la estructura mecánica



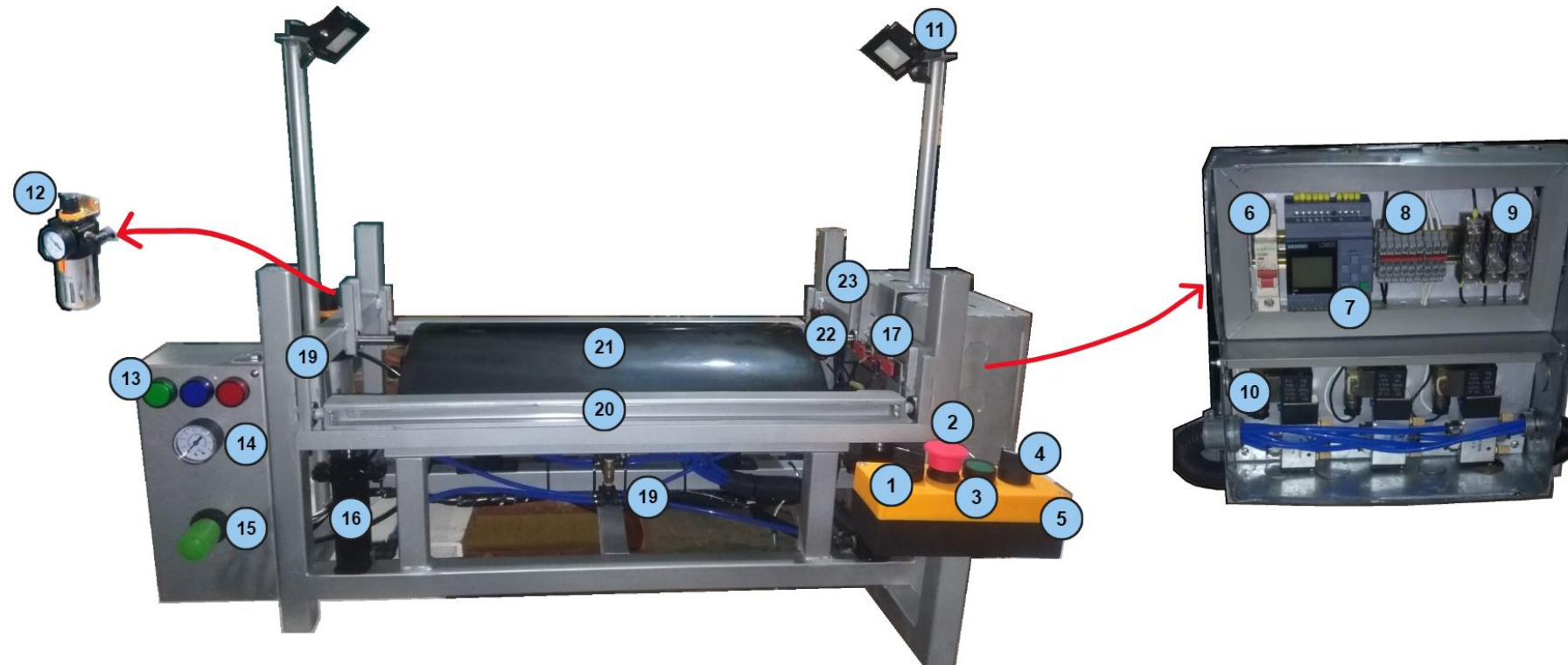
Construcción del prototipo

Implementación del sistema electropneumático a la estructura mecánica



Construcción del prototipo

Prototipo de máquina estiradora de cuero finalizada



N°	Componente
1	Selector de dos posiciones para encender o apagar la máquina.
2	Paro de emergencia tipo hongo.
3	Botón para inicio de proceso.
4	Selector de dos posiciones para encender o apagar las lámparas.
5	Botón para fin de proceso.
6	Interruptor 110V
7	PLC Logo siemens 8!
8	Borneras
9	Fusibles
10	Electroválvulas
11	Reflectores 10W
12	Filtro y regulador de aire
13	Luces piloto
14	Manómetro
15	Selector rotativo
16	Cilindro neumático
17	Fines de carrera
18	Estructura mecánica
19	Válvula de estrangulamiento
20	Prensa de sujeción
21	Tambor de estiramiento
22	Rodamiento
23	Placa de carrera

Recolección y análisis de datos

Datos arrojados luego de realizar 20 pruebas en estirado de la cuerina

Muestra	Presión (bares)	Manchas	Cortes o Tajos	Agujeros	Rasgado	Betas o arrugas	Total de fallas
1	2.5						0
2	2.5	1					1
3	2.5						0
4	2.5				1		1
5	2.5		1		0		1
6	3		2		1		3
7	3		1		1		2
8	3	1	1				2
9	3		1		1		2
10	3		1	1	1		3
11	3.5		2	1	1		4
12	3.5		1	2			3
13	3.5		1		2	1	4
14	3.5		1	2	1		4
15	3.5	1	3		1		5
16	4		1			3	4
17	4		2	2		2	6
18	4		2	2		3	7
19	4		2	2		3	7
20	4		2	1		3	6

¿El diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático en el área de producción de calzado permitirá exponer las anomalías presentes en las láminas de cuero en la empresa FAME S.A.?

- **H0:** El diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático en el área de producción de calzado no permitirá exponer las anomalías presentes en las láminas de cuero.
- **H1:** El diseño, construcción e implementación de un sistema de estiramiento de cuero semiautomático en el área de producción de calzado permitirá exponer las anomalías presentes en las láminas de cuero.
- **Variable independiente:** Sistema semiautomático de estirado de cuero mediante un sistema mecatrónico.
- **Variable dependiente:** Exposición de las anomalías presentes en las láminas de cuero.

Para proceder con la validación de hipótesis se toman las 20 muestras ejecutadas, utilizando la técnica del Diseño de Experimentos (DoE) a través de un software estadístico.

Factor	Levels	Values
Presión	4	2.5, 3.0, 3.5, 4.0

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	28.150	9.3833	93.83	0.000
Linear	3	28.150	9.3833	93.83	0.000
Presión	3	28.150	9.3833	93.83	0.000
Error	16	1.600	0.1000		
Total	19	29.750			

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.316228	94.62%	93.61%	91.60%

Interpretación: Con base en el p valor (0.000 siendo p valor < 0.05) y/o significancia de la prueba estadística de análisis se puede acotar que, al respecto de los resultados de la variación de presión dentro de las 20 muestras de cuerina se presentan cambios en la verificación de imperfecciones pues a medida que la presión incrementa las fallas son más a la par de notorias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

4.2 Recomendaciones

- Se priorizó las necesidades de la empresa FAME S.A. durante la fase de diseño levantando información sin interrumpir la rutina de los operarios encargados del control de calidad de cuero y cabe recalcar que en la fase de construcción debido a inconvenientes internos de la empresa se ha optado por llevar a cabo un prototipo.
- Se diseñó la mecánica de la máquina a través de una selección meticulosa de los principales componentes que está sustentada a través de un análisis de variables medibles como en el caso de la estructura de la máquina que mediante cálculos, catálogos y análisis comparativos se optó por trabajar con perfiles cuadrados 40x40x1.5 mm de marca DIPAC de material acero ASTM A 36.
- Se diseñó el sistema electroneumático a través de una selección meticulosa de los principales componentes que está sustentada a través de un análisis de variables medibles como en el caso del cilindro neumático que mediante cálculos, catálogos y análisis comparativos se optó por trabajar con la marca Festo modelo CRDSNU con diámetro de émbolo 32mm y una fuerza de 4712 N que trabaja a una presión de 6 psi.

- Se corroboró el diseño mecánico a través de un análisis CAE de las partes sujetas a probables fallas como es el caso de la estructura mecánica y la placa base inferior en donde el esfuerzo máximo fue de 204.3 MPa y 17.8 MPa respectivamente, manteniéndose dentro del rango máximo permitido por el Acero ASTM A36 que es 250 MPa. En ambos casos también el factor de seguridad es mayor a 2.5, como se aconseja para este tipo de máquinas.
- Se corroboró el diseño electroneumático a través de una simulación en donde se cargó al PLC un lenguaje de programación Ladder que obedece a la secuencia de funcionamiento que se necesita presionando los pulsadores virtuales que a su vez activan cada acción correspondiente de forma correcta.
- Se pudo identificar las betas que son las fallas más difíciles de detectar a simple vista con la ayuda del prototipo, esto se pudo lograr aplicando una presión en los cilindros de 4 bares, gracias a ello se comprobó que se puede observar de mejor manera las fallas que existen en la cuerina, además de cortes, agujeros y otras imperfecciones. En lo que respecta a la hipótesis se puede aseverar que existe una relación directa en la utilización de la máquina y la detección de las imperfecciones en la cuerina, lo que permite validar la hipótesis. Esto es respaldado por el nivel de significancia a la par del r cuadrado.



- Si se desea construir la máquina a escala real tomar muy en cuenta los elementos seleccionados pues al cambiar alguno que no cumpla las características calculadas, el mecanismo no puede funcionar de la manera correcta o no rendir a su máxima capacidad
- No ingresar miembros superiores en alguna parte móvil de la máquina mientras está en funcionamiento pues podría causar lesiones graves a los operarios, además de causar alguna falla en el sistema mecánico y retrasando el proceso de control de calidad del cuero.
- En caso de que un nuevo operario vaya a maniobrar la máquina se recomienda leer el manual de usuario y mantenimiento, para que se encuentre informado de las partes de la máquina, como se usa, precauciones a tener en cuenta y el mantenimiento que se deben dar a varios elementos de la máquina.
- Se recomienda lubricar periódicamente los cilindros para que no se vayan desgastando por la fricción que puede sufrir por el uso continuo de la máquina, realizando este tipo de mantenimiento se puede alargar la vida de los elementos y por ende el ciclo de vida de la máquina aumenta.