



Contenido



Descripción resumida del proyecto

Antecedentes

Planteamiento del problema

Justificación

Objetivos

Hipótesis

Análisis de requerimientos

Diseño mecánico

Diseño eléctrico y de control

Diseño neumático

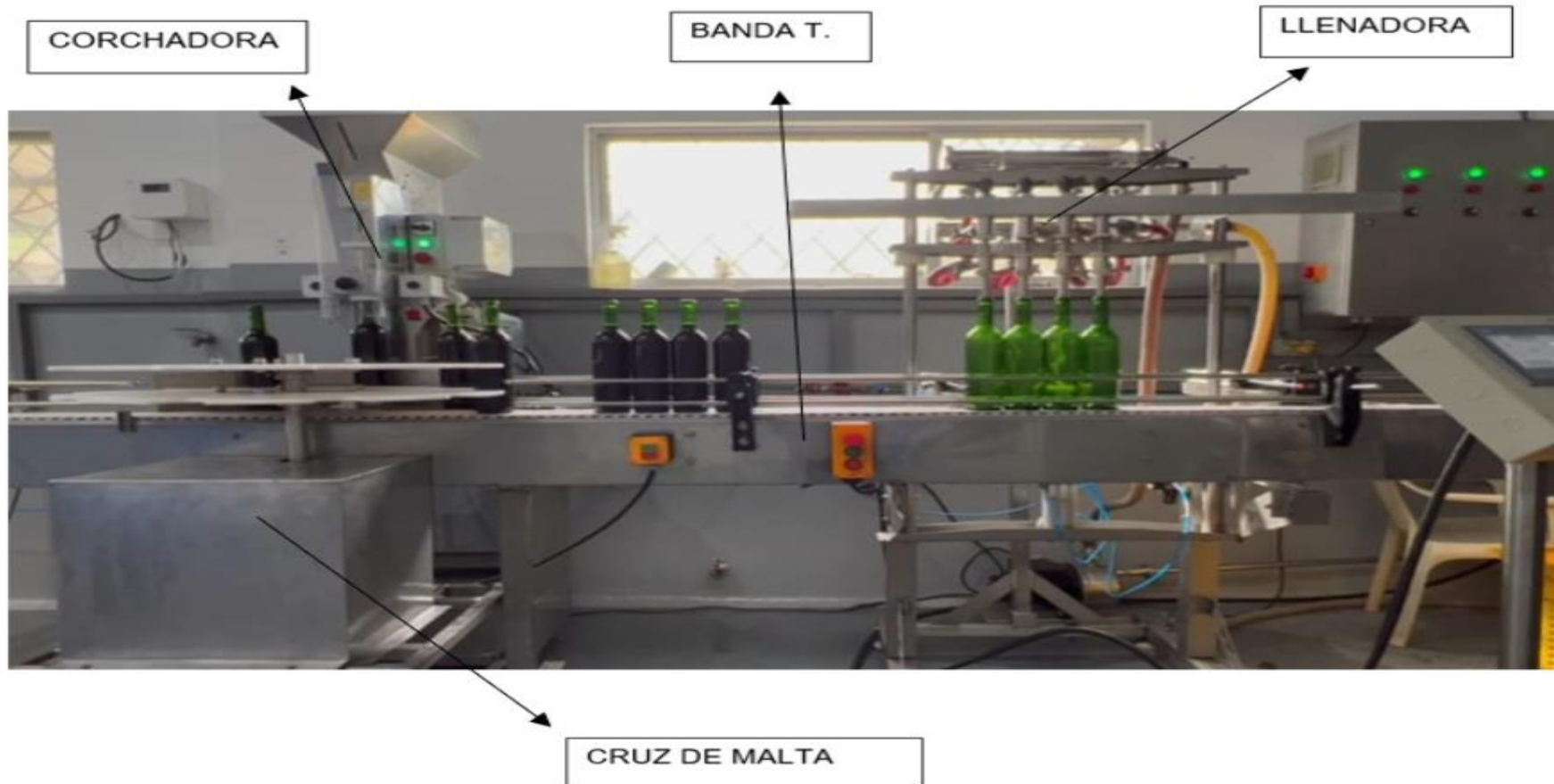
Construcción

Pruebas

Conclusiones

Recomendaciones

Descripción resumida del proyecto



Antecedentes

El envasado en líneas de producción ha sido uno de los cambios más importantes a nivel mundial, en donde las empresas están en constante innovación debido al aumento de la población y su demanda de productos, es por ello que las empresas se han visto en la necesidad de suplir esta demanda y han optado desde hace un tiempo, en automatizar la producción de procesos



La asociación de vinos de mortiño “El ultimo Inca” fue creada hace pocos años, sin embargo, la demanda de producto que tiene va incrementándose rápidamente y se está dando a conocer a nivel nacional.

La producción es grande y no disponen del personal necesario y capacitado para lograr satisfacer la demanda de los clientes, por lo que se han visto en la necesidad de automatizar el proceso.

El presente proyecto nace de acuerdo a las necesidades de la asociación “El último Inca” y de los socios que allí laboran, lo que se busca es mejorar la producción, y evitarles a los trabajadores los procesos repetitivos, para esto es necesaria una línea de producción automatizada.

Objetivo General

Implementar una línea semiautomática de envasado de vino, mediante la aplicación de sistemas IOT, para aumentar la producción de vino, en la Asociación de Productores y Comercializadores Agropecuarios de Quinticusig “El Último Inca”.



Objetivos específicos



- Diseñar la estructura de la banda transportadora en base a estándares de la industria alimenticia, para la selección adecuada de sus elementos.
- Implementar una red IOT para el monitoreo de la producción diaria de la planta de vinos, desde cualquier punto con acceso a internet.
- Aumentar la producción de vino, mediante la automatización de los procesos de envasado integrados en una línea de producción semiautomática.
- Implementar un HMI para el monitoreo y control de la línea de envasado de vino, mediante una pantalla táctil.
- Realizar pruebas de funcionamiento con el fin de verificar el incremento de la producción.

¿La implementación de una línea semiautomática de envasado de vino, mediante la aplicación de sistemas IOT, permitirá aumentar la producción de vino, en la Asociación de Productores y Comercializadores Agropecuarios de Quinticusig “El Último Inca”?

Variable Independiente

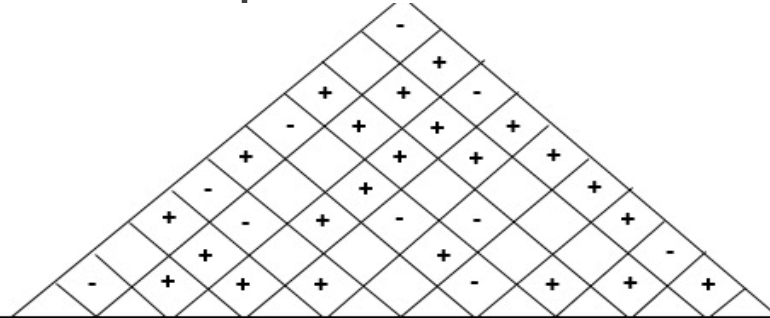
Línea semiautomática de envasado de vino.

Variable Dependiente

Aumento en la producción de vino.



Análisis de requerimientos



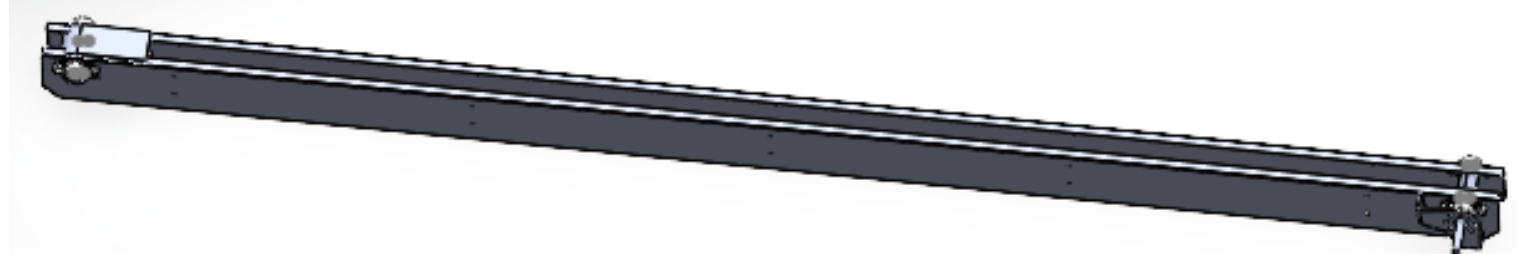
Núm.	Necesidades	Núm. Imp.	Métricas										
			Material de calidad	Velocidad adecuada de la banda	Compresor de aire	Nivel de tensión adecuados	HMI adecuado para el usuario	Normativa de la industria alimenticia	Disponibilidad en el mercado	Resistente	Funcionamiento cíclico	Componentes estandarizados	
1	Trabajo continuo de la banda	5	●	○		●	●		△	○	●	△	
2	Trabajo continuo de la cruz de malta	5	●	○		●	○		△	○	●	△	
3	Trabajo continuo de la corchadora	5	●	○	●	●	○	●	△	○	●	△	
4	Alimentación de botellas	5	△	△		○	●	○			●	○	
5	Económica y funcional	3	●		●	△	●	●	●	○		●	
6	Llenado automático	4	△			○	△	●		●	○	○	
7	Corchado Automático	4	△	△	●	○	△	●		●	○	○	
8	Interfaz amigable al operario	5		△			●	△	●	●		○	
9	Cumplimiento de normas	3	●		○	△	○	●	●	△		●	
10	Monitoreo de producción	3		●		△	●	△		△		○	
Ponderación Absoluta			202	86	117	183	236	194	114	177	204	132	1645
Ponderación Relativa			12,28	5,228	7,112	11,12	14,35	11,79	6,93	10,76	12,4	8,024	100
Importancia Relativa			3	10	8	5	1	4	9	6	2	7	



Banda transportadora

Condiciones requeridas por la empresa.

- Longitud útil 3500mm
- Ancho útil 100mm
- Longitud total 4200mm
- Ancho total 107mm





Banda transportadora



- Tubo cuadrado de 50mm
- La base es de 2900mm de largo, dos tubos cuadrados de 815mm de alto y cuenta con dos tubos laterales 650mm de largo
- En sus extremos posee unas placas cuadradas de 120mm que servirán para sujetarlas a las placas laterales de la banda transportadora.





Banda transportadora



Datos de la banda

Ancho de la banda		Material de la banda	Material de varilla estándar de Ø 0,18 pulg. (4,6 mm)	Resistencia de la banda		Rango de temperatura (continuo)		Peso de la banda	
pulg.	(mm)			lb	kg	°F	°C	lb/pie	kg/m
3,25	83	Polipropileno	Nilón	130	59	34 a 220	1 a 104	0,37	0,55
3,25	83	Acetal	Nilón	250	113	-50 a 200	-46 a 93	0,52	0,77
4,5	114	Polipropileno	Nilón	263	120	34 a 220	1 a 104	0,52	0,77



Banda transportadora



Parámetros para la selección del engrane

Transportador	Diámetro de paso de engrane recomendad o	Tipo de transporador o molde	Ancho del transportador	Número de engranes
Modular de Intralox serie 900	3.5 pulgadas 89mm 10 dientes	Plano a lo ancho (Flat Top Mold to Width)	3,25 pulgadas 83 mm	2
		Plano a lo ancho (Flat Top Mold to Width)	4,45 pulgadas 113 mm	3
		Plano a lo ancho (Flat Top Mold to Width)	7,5 pulgadas 191mm	7



Banda transportadora



Potencia del motor

Datos iniciales:

- Longitud de la banda 4200mm
- Ancho de la banda 107mm
- Peso de la cinta para 8 metros de longitud 4.4 kg/m
(Intralox, Intralox, 2022)
- Alto del armazón 9.8mm
- Gravedad 9.81 m/s

$$P = \frac{F * d}{t}$$

$$P = \frac{\left(57Kg * \frac{9,81m}{s^2}\right) + (890N) * d}{t}$$

$$P = \frac{1149,17 N * d}{t}$$

$$P = 1509,17 * 0,20m/s$$

$$P = 301,83 Watt$$

$$P = 0,41 HP$$

Banda transportadora

Donde P es la potencia calculada y n es el rendimiento

$$s = 2,10 \frac{rev}{s} = 2,10 \text{ rpm}$$

$$P_e = \frac{0,41 \text{ HP}}{0,985}$$

$$P_e = 0,41 \text{ HP}$$

Para la velocidad de salida del reductor se tiene la ecuación

$$\omega = \frac{Vt}{r}$$

$$\omega = \frac{0,20 \text{ m/s}}{0,9\text{m}}$$

$$\omega = 0,22 \text{ rad/s}$$

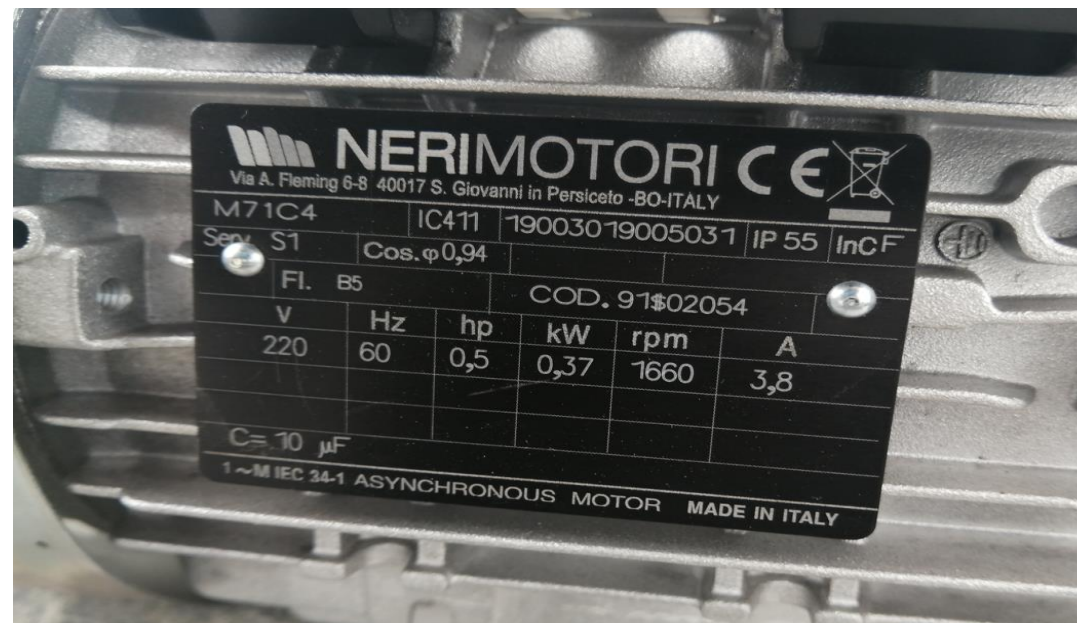
Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO		Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos		
kW	HP	(RPM)	(i)			(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página		
0,37	0,50	1,00	1474,38	F4TR	0,50	1,20	3532	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		1,20	1157,56	F4TR	0,50	1,55	2773	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		1,50	940,78	F4TR	0,50	1,90	2254	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		1,80	783,13	F4TR	0,50	2,25	1876	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		2,10	663,31	F4TR	0,50	2,65	1589	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		2,50	569,16	F4TR	0,50	3,10	1364	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		2,80	493,24	F4TR	0,50	3,60	1182	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		3,20	445,83	F4TR	0,50	3,95	1068	1405	4200	2100	177	pag 50-51	pag 66		
		0,37	0,50	1,10	1273,70	F3TR	0,50	0,95	3052	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66
				1,30	1094,04	F3TR	0,50	1,10	2621	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66
1,50	918,65			F3TR	0,50	1,30	2201	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66		
1,60	858,94			F3TR	0,50	1,35	2058	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66		
2,00	698,09			F3TR	0,50	1,70	1673	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66		
2,40	581,10			F3TR	0,50	2,05	1392	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66		
3,00	475,91			F3TR	0,50	2,50	1140	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66		
3,30	422,34			F3TR	0,50	2,80	1012	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66		
3,80	373,64	F3TR	0,50	3,15	895	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66				
4,60	303,67	F3TR	0,50	3,90	728	1405	3100	1550	117	pag 50-51	pag 66				

Para la relación la relación de transmisión se tiene la Fórmula

$$i = \frac{V_i}{V_s}$$

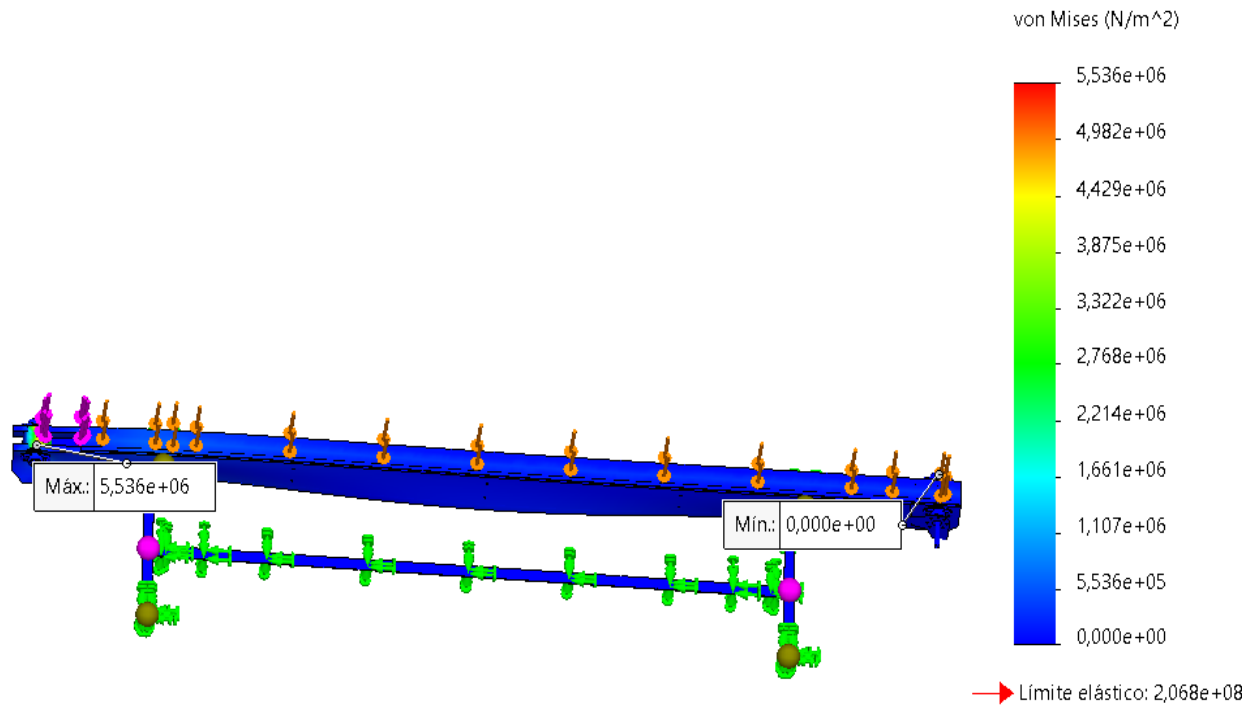
$$i = \frac{1405rpm}{2,10rpm}$$

$$i = 698$$



Banda transportadora

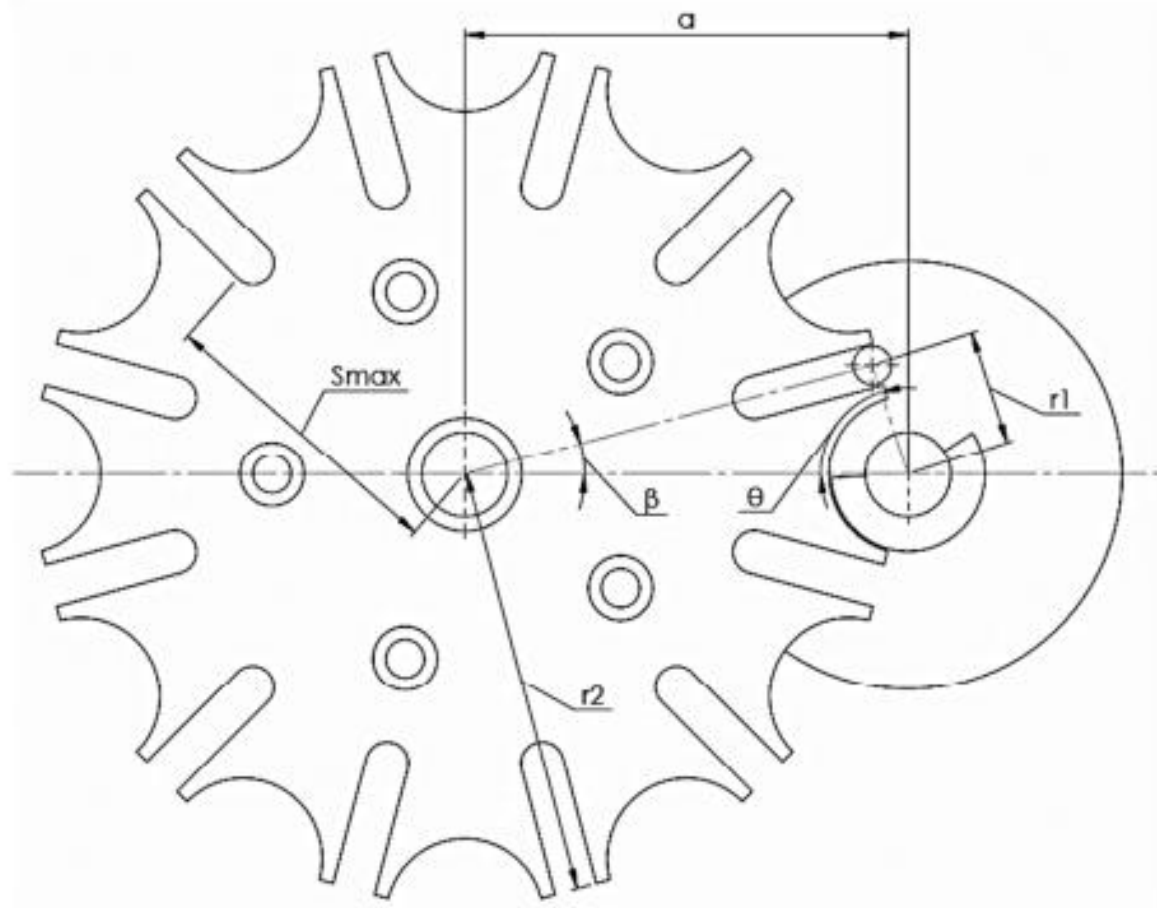
Para la relación la relación de transmisión se tiene la Fórmula



$$\sigma_{vm} < S_y$$

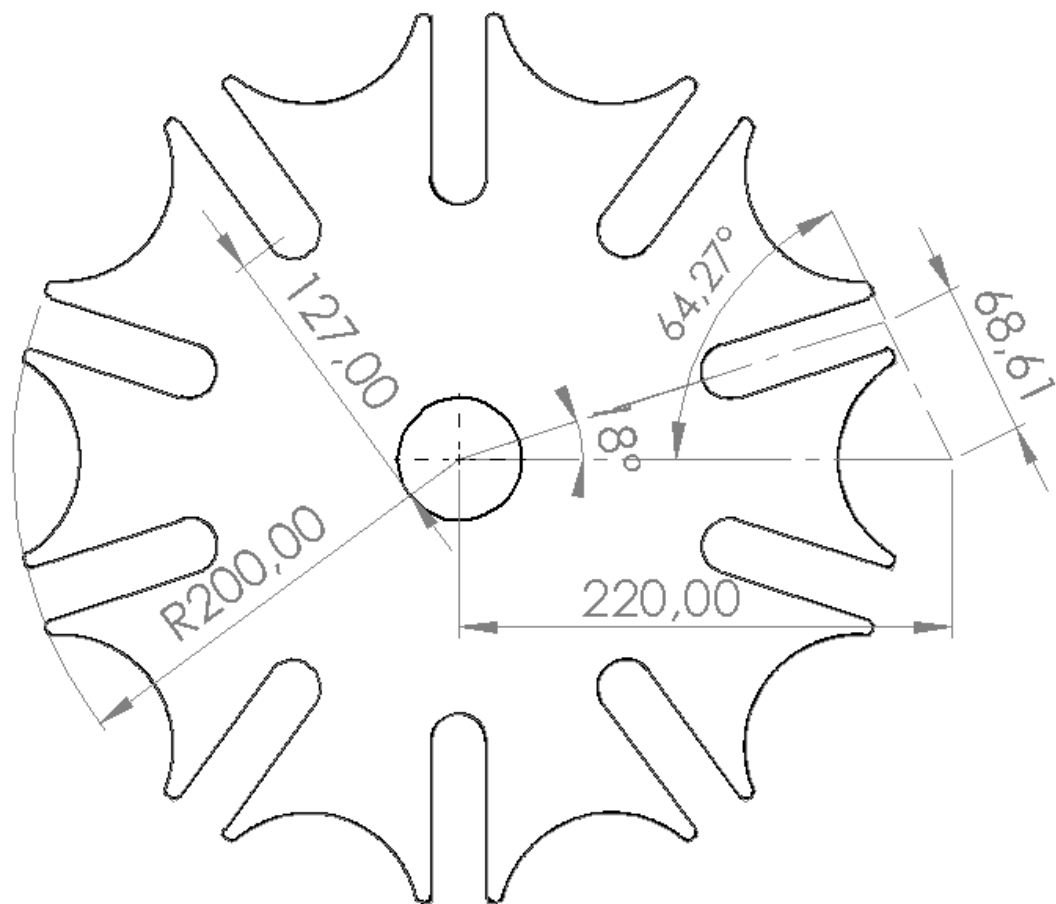
$$5,36 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa}$$

Cruz de malta

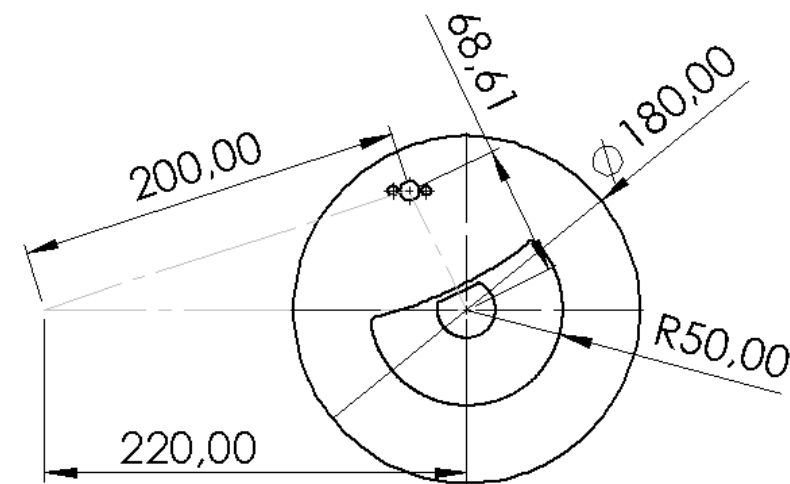


- a es la distancia entre centros
- θ es el ángulo de rotación del elemento impulsor
- β es el ángulo de rotación del elemento impulsado
- $r1$ es la distancia centro del impulsor-espiga
- $r2$ radio del elemento impulsado.
- S_{max} impulsado-cavidad
- λ es la relación entre $r1/a$

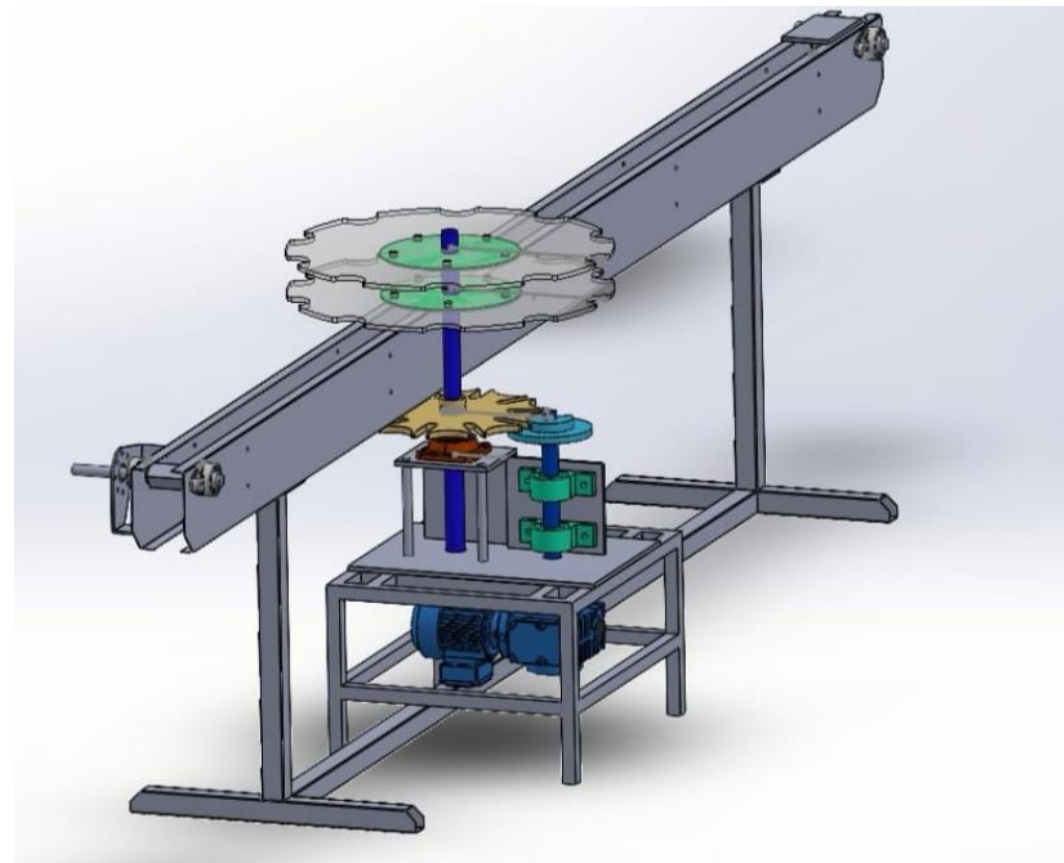
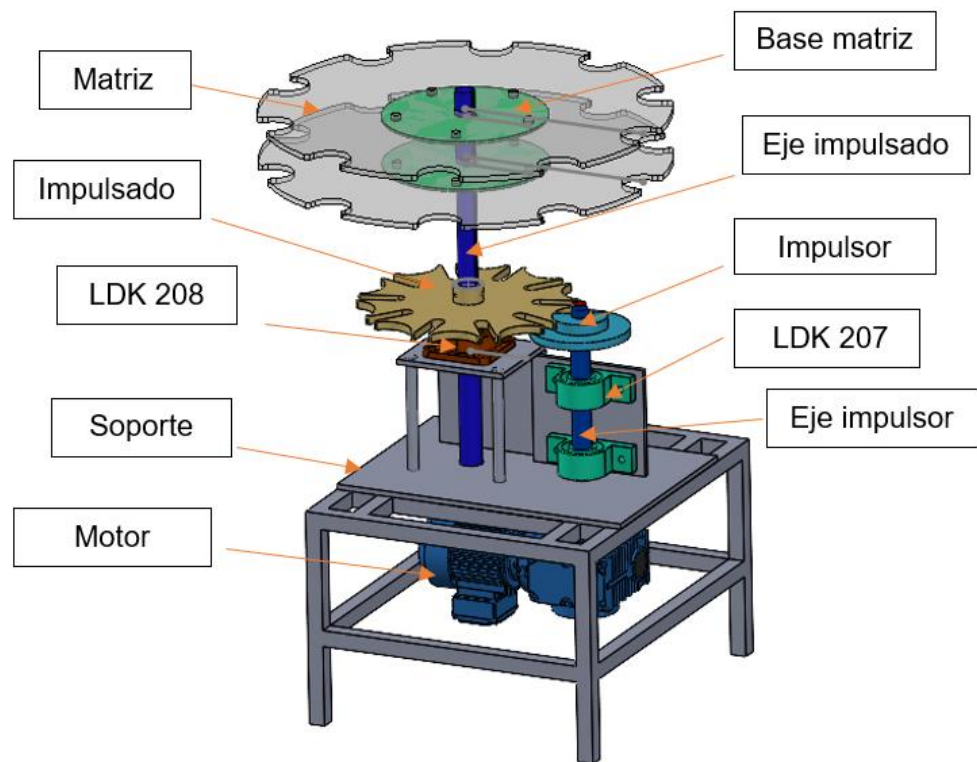
Cruz de malta



- $a = 220\text{mm}$
- $\theta = 64.27^\circ$
- $\beta = 18^\circ$
- $r_1 = 68.61\text{mm}$
- $r_2 = 200\text{mm}$
- $S_{max} = 127\text{mm}$



Cruz de malta

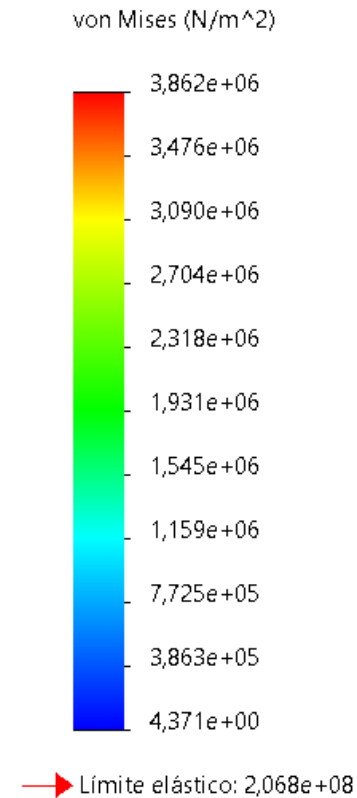
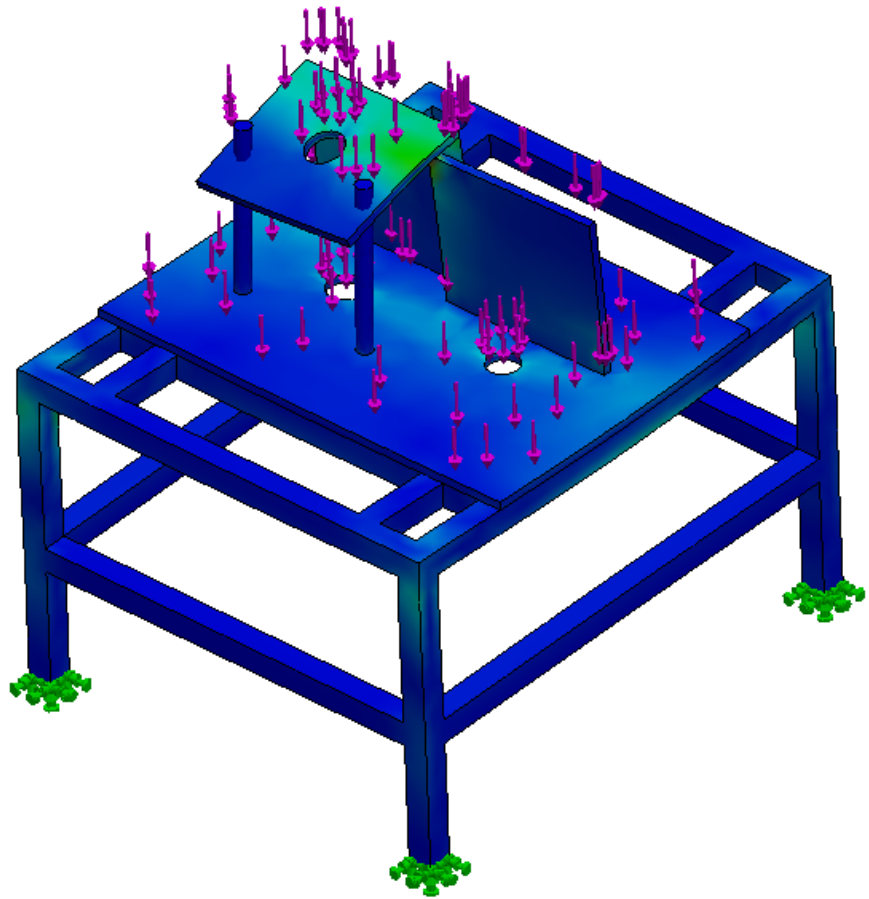


$$P = \frac{T * n}{9.555}$$

$$P = \frac{0.62Nm * 15rpm}{9.555}$$

$$P = 0.97 \text{ kW}$$

Cruz de malta



Se obtiene un esfuerzo máximo de 3,862 MPa. El S_y del acero inoxidable AISI 304 es de 206,8MPa

Selección de componentes (PLC)

Conclusión	Precio	Robustez	E/S	Σ	Prioridad
Logo	0,156	0,125	0,052	0,333	2
s7-1200	0,052	0,188	0,130	0,370	1
Zelio	0,104	0,063	0,130	0,297	3



Componente	Descripción
1 PLC	Encargado del control del proceso
1 Fuente de 24VDC	Suministra voltaje al HMI
7 Relés de 8 pines	Abre o cierra sus contactos al ser energizado
1 Relés de 11 pines	Abre o cierra sus contactos al ser energizado
2 Toma corrientes	Permiten enchufar aparatos eléctricos
1 Caja de distribución	Barras de conexión de líneas de alimentación AC
1 Bloque de terminales	Permite conectar varios cables, punto común
1 Ventilador a 110VAC	Ingresa aire al tablero para enfriar los componentes
1 Switch manija giratoria	Permite energizar el tablero, así como desenergizarlo
3 Portafusibles	Alojan los fusibles de protección
3 Fusibles	Se abren al detectar sobrecorrientes
2 Relés termomagnéticos	Interrumpe el paso de corriente automáticamente

Consumo de corriente	Componente	Consumo corriente
	Fuente 24vdc	$I_{fuente} = 2.2 A$
	Router	$I_{router} = 1A$
	PLC	$I_{plc} = 0.3 A$
	Bobinas (Electrov)	$I_{bobinas} = 0.052 A * 5 bobinas$ $= 0.26 A$

$$I_{total} = I_{fuente} + I_{router} + I_{plc} + I_{bobinas}$$

$$I_{total} = 2.2 A + 1 A + 0.3 A + 0.26 A$$

$$I_{total} = 3.76 \text{ Amperios}$$

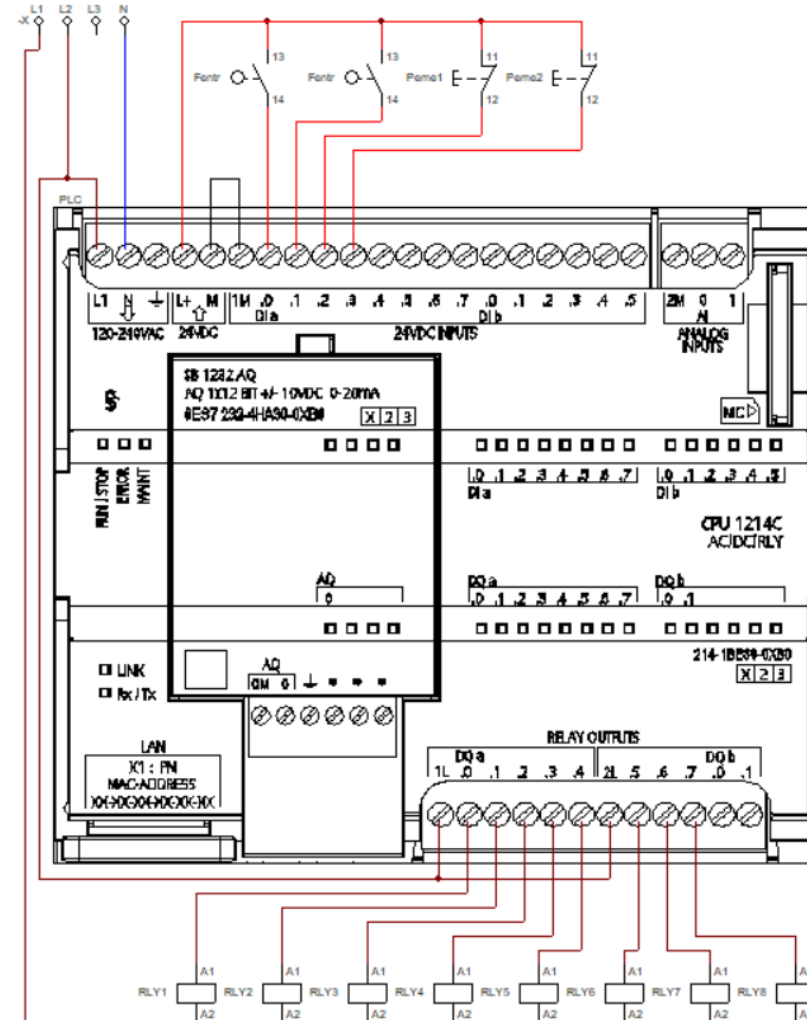
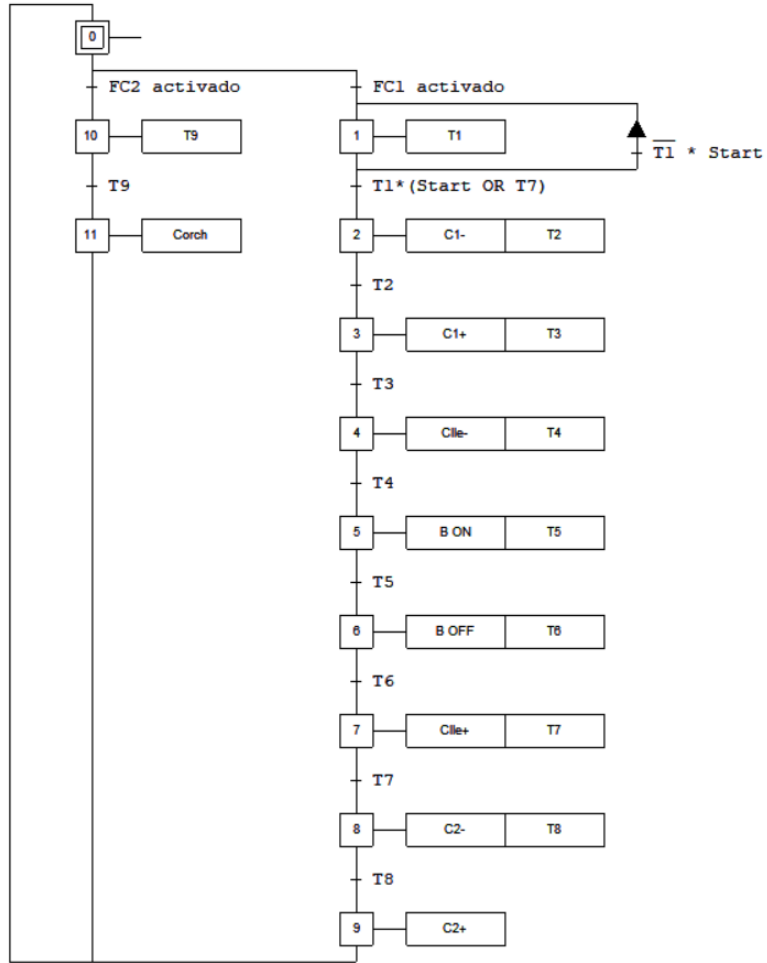
$$I_{term 1} = 3.76 A * 1.25$$

$$I_{term 1} = 4.7 \text{ Amperios}$$

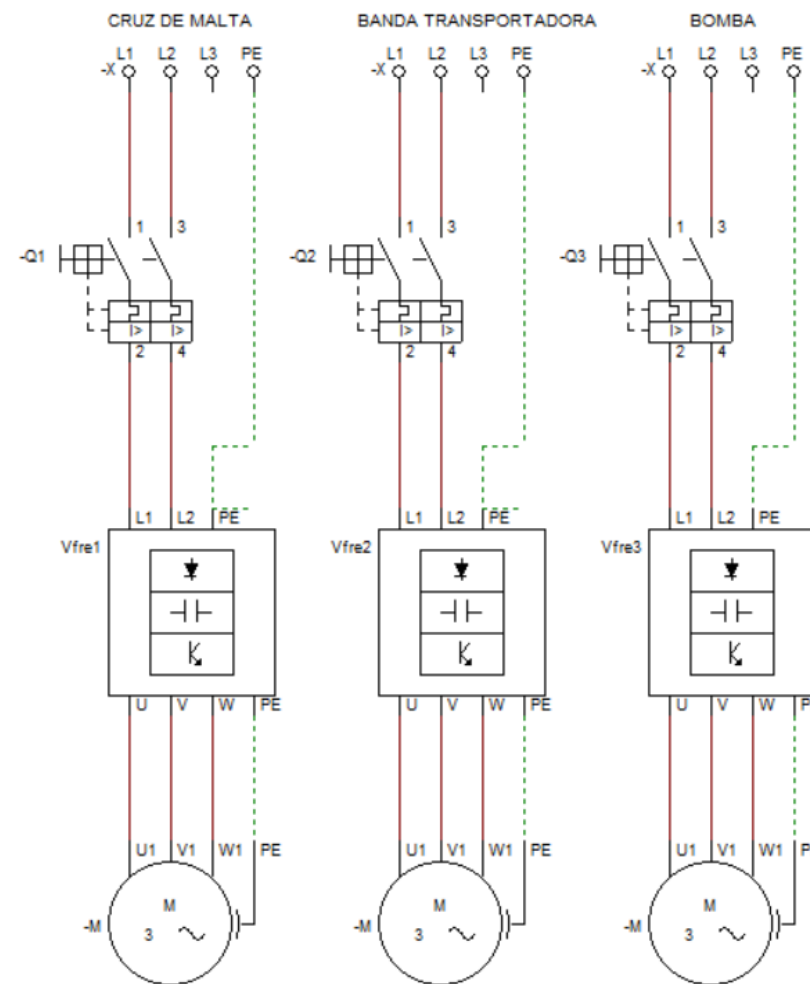


Característica	Detalle
Modelo	EZ9F58210
Corriente	10 Amperios
Voltaje	230 Voltios
Capacidad ruptura	6 kA
Polos	2

Tablero de control



Componente	Descripción
3 Variadores de frecuencia	Permiten regular la velocidad de los motores
3 Luces piloto (Verdes)	Indican que los variadores están encendidos
3 Luces piloto (Rojas)	Indican que hay algún fallo en los variadores
3 potenciómetros	Permiten regular la frecuencia de los variadores
1 Caja de distribución	Barras de conexión las líneas de alimentación AC
1 Ventilador a 110VAC	Ingresa aire al tablero para enfriar los componentes
1 Switch manija giratoria	Permite energizar el tablero, así como desenergizarlo
6 portafusibles	En él se colocan los fusibles
3 Relés termomagnéticos	Protegen al circuito
3 borneras de conexión	Permiten la unión de cables de forma segura
6 fusibles	Protegen al circuito



Componente	Descripción
2 Electroválvulas 5/2	Controlan la expansión y retracción de los cilindros
1 Electroválvula 5/3	Controlan la expansión y retracción del cilindro
6 Silenciadores	Minimizan ruidos de salidas de aire comprimido
9 Terminales de conexión	Permiten conectar las mangueras a las electroválvulas
2 Cilindros topes	Funcionan como topes de las botellas
1 Cilindro llenadora	Sube y baja la llenadora

Característica	Descripción
Marca	CHELIC doble efecto
Diámetro del cilindro	32 mm
Carrera del cilindro	200 mm
Presión máxima	135 PSI

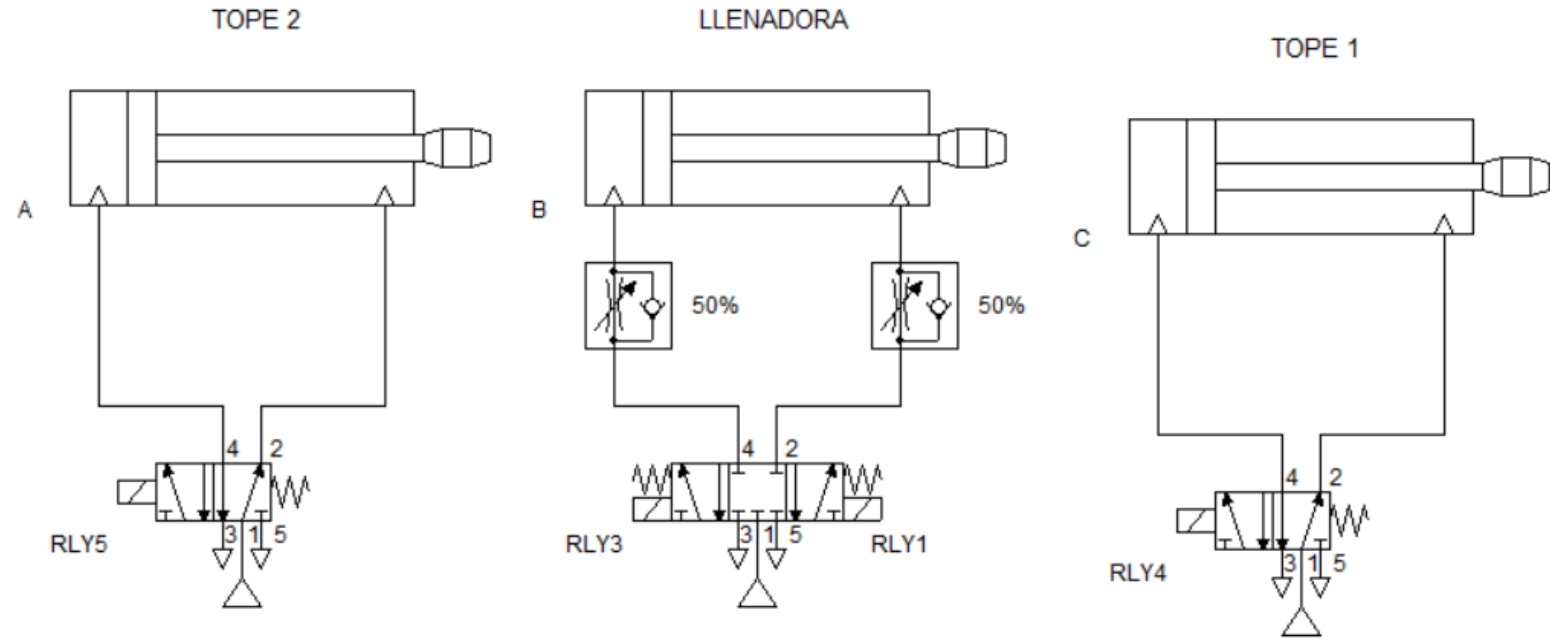
$$Q = \frac{\pi}{4} * d^2 * c * n * P * N * 10^{-6}$$

- Q es el consumo de aire [NI/min]
- d es el diámetro del cilindro [mm]
- c es la carrera del cilindro [mm]
- n es el número de ciclos por minuto
- P es la presión absoluta
- N es el número de efectos del cilindro

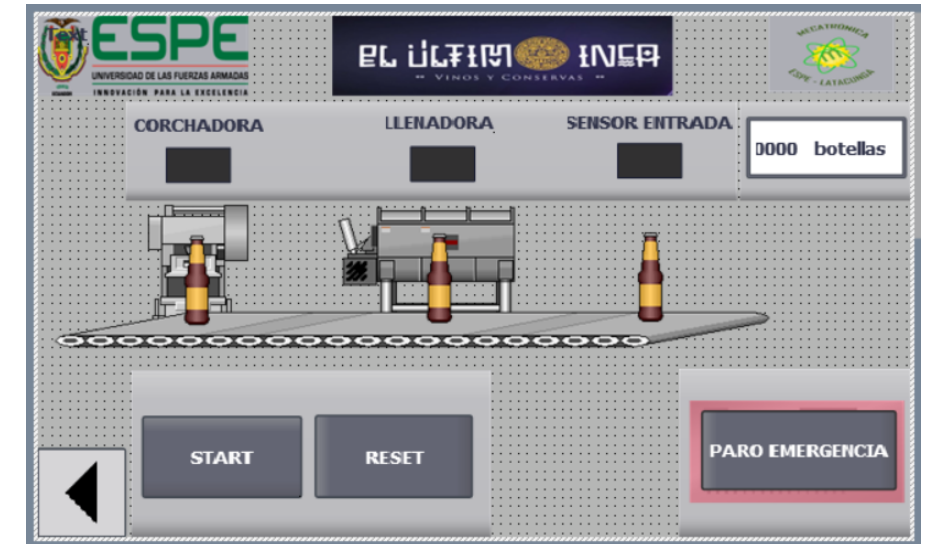
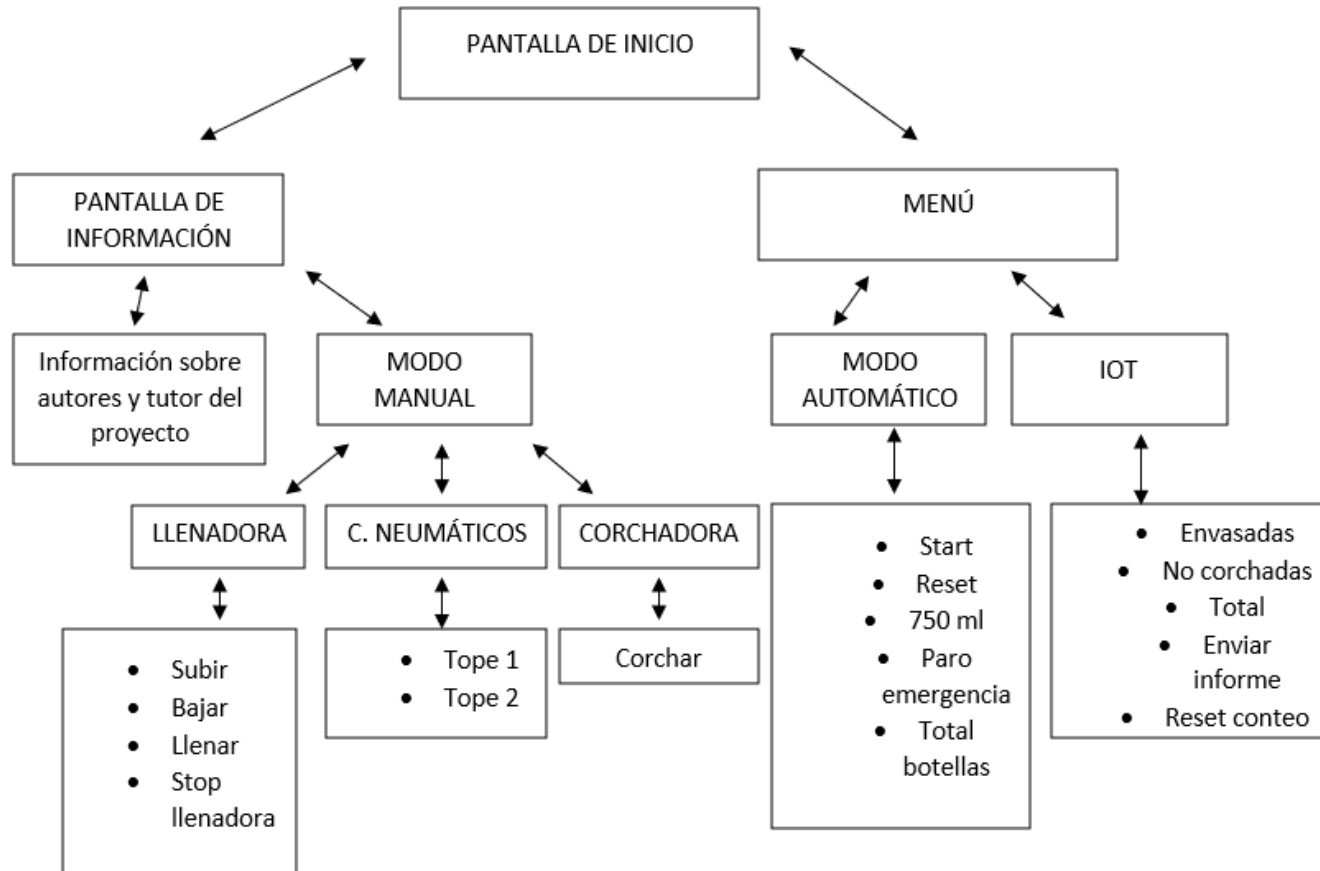
$$Q = 0.34 \frac{Nl}{min}$$

$$Q_{consumo} = 1.65 \frac{Nl}{min}$$

$$1.65 \frac{Nl}{min} < 329.8 \frac{Nl}{min}$$

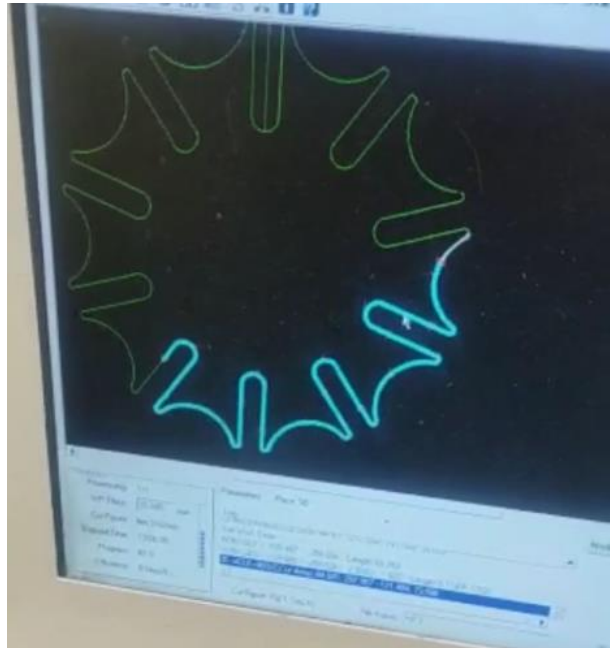


Diseño HMI



Construcción cruz de malta

Mecanizado de piezas





Construcción cruz de malta



Base de la cruz

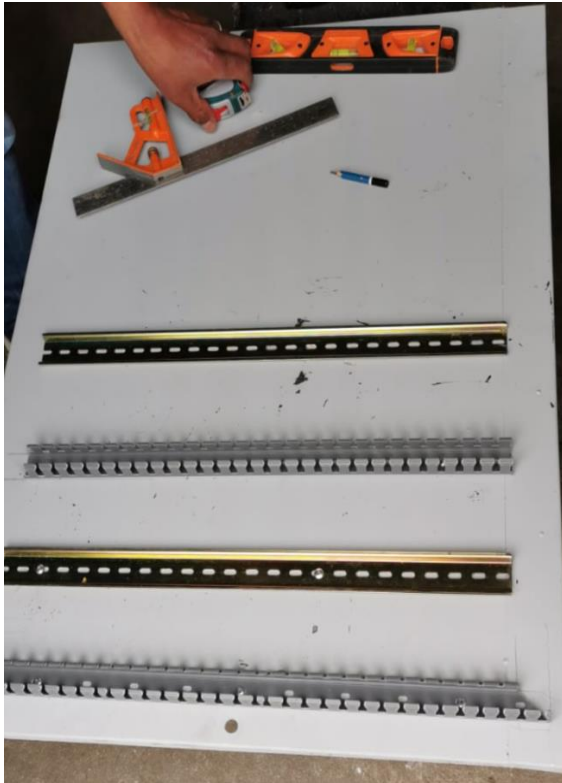


Centrado de piezas



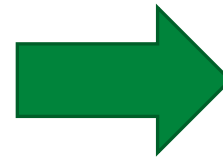


Construcción tablero de control



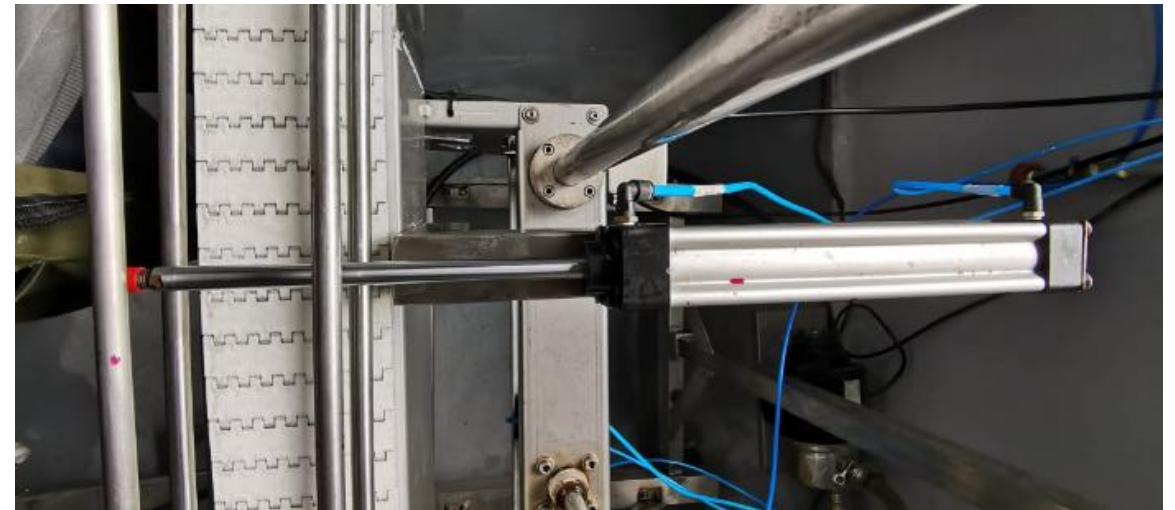


Construcción tablero de fuerza



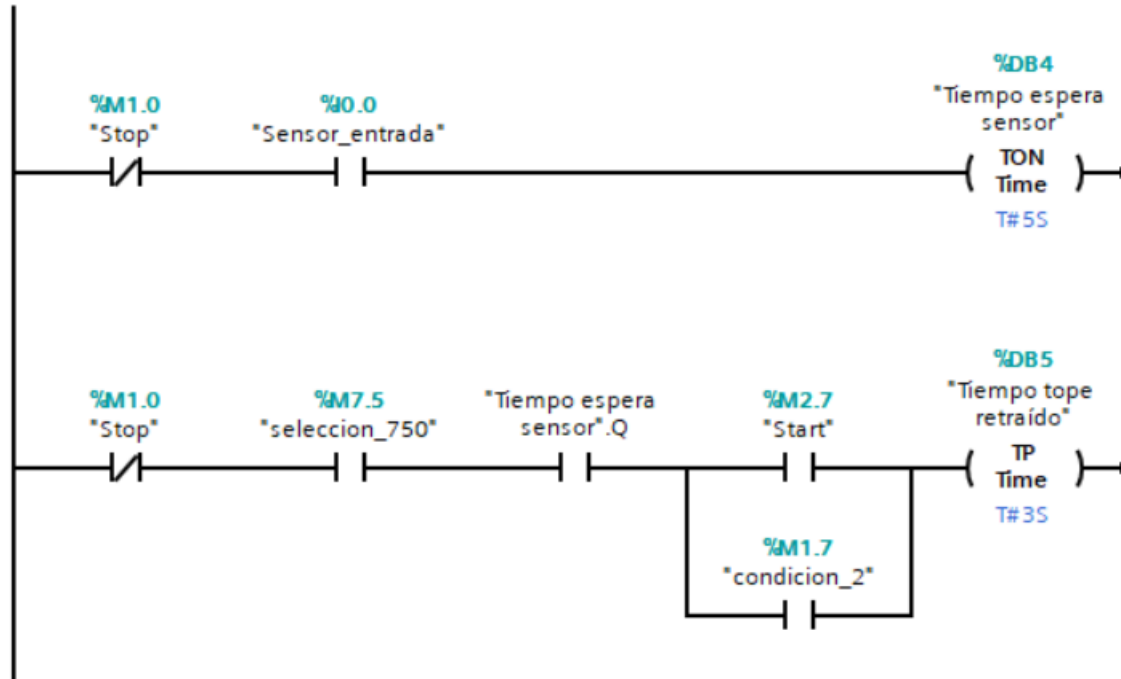


Construcción tablero neumático





Implementación PLC y HMI





PLC



HMI



RASPBERRY PI



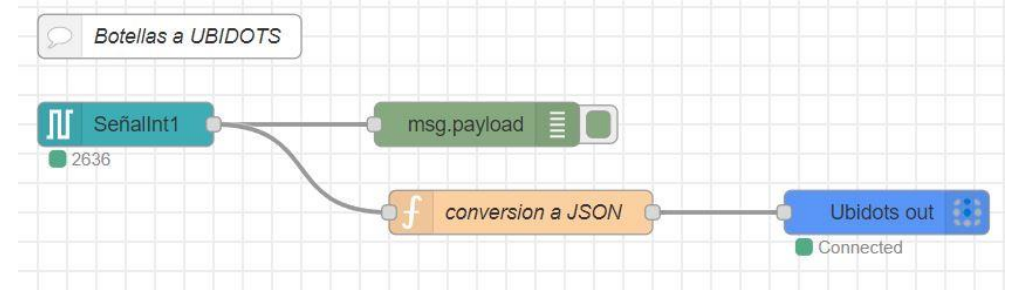
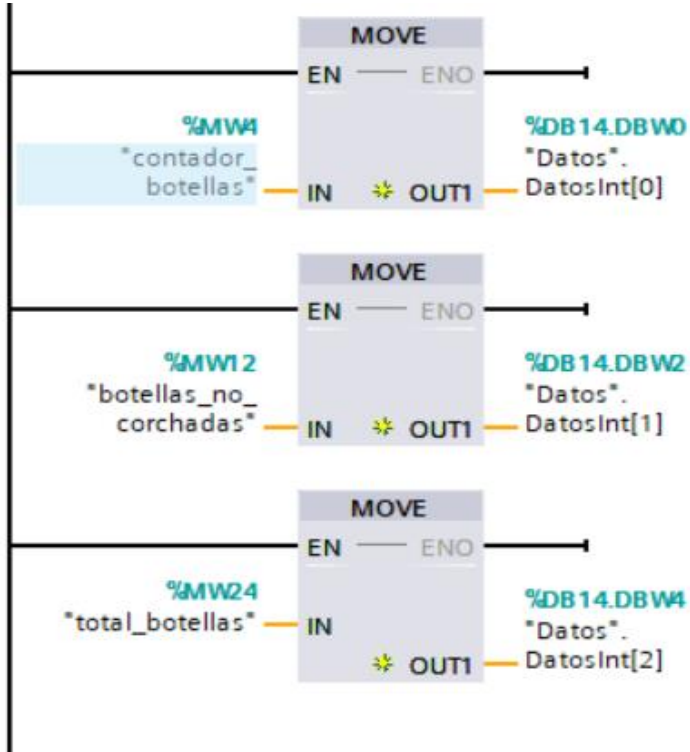
Implementación IoT



ROUTER TP-LINK



Implementación IoT



Delete Cancel Done

Properties

Name: Conversion a JSON

Function

```

1 var jason = {"SeñalInt1":msg.payload};
2 return {"payload":jason};
  
```



$$T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

- T es T-Student
- μ_0 es el valor de análisis planteado
- \bar{x} es la media aritmética
- S es la desviación estándar
- n es el número de eventos

$$Dato_1 = t_1 - t_0 - t_{ajuste}$$

$$Dato_1 = 36.24 - 93 - 93$$

$$Dato_1 = 36.24 \text{ segundos}$$

Envasado (lotes de 4)	Tiempo (s)
1	93
2	36,24
3	35,25
4	37,58
5	34,12
6	42,14
7	35,2
8	36,45
9	38,56
10	40,21
11	39,45
12	37,45
13	38,75
14	35,23
15	38,79
16	36,25
17	40,2
18	42,12
19	41,1
20	40,21
21	38,69
22	37,45
23	36,78
24	37,45
25	34,15
Promedio	37,909
Desviación estándar	2,343

Envasado (lotes de 4)	Tiempo (s)
1	84
2	28,63
3	28,56
4	28,58
5	28,61
6	28,57
7	28,58
8	28,63
9	28,55
10	28,61
11	28,6
12	28,56
13	28,54
14	28,56
15	28,62
16	28,63
17	28,51
18	28,53
19	28,55
20	28,62
21	28,61
22	28,62
23	28,56
24	28,54
25	28,51
Promedio	28,578
Desviación estándar	0,039

Pruebas y resultados

$$T = \frac{28.578 - 37.909}{\frac{0.039}{\sqrt{24}}}$$

$$T = -1183.13$$

H_0 = el tiempo de producción con el proceso automatizado es menor que el empleado en forma manual.

H_1 = el tiempo de producción con el proceso automatizado es mayor que el empleado en forma manual.

$$t_a = 1.319$$

$$T < t_a$$

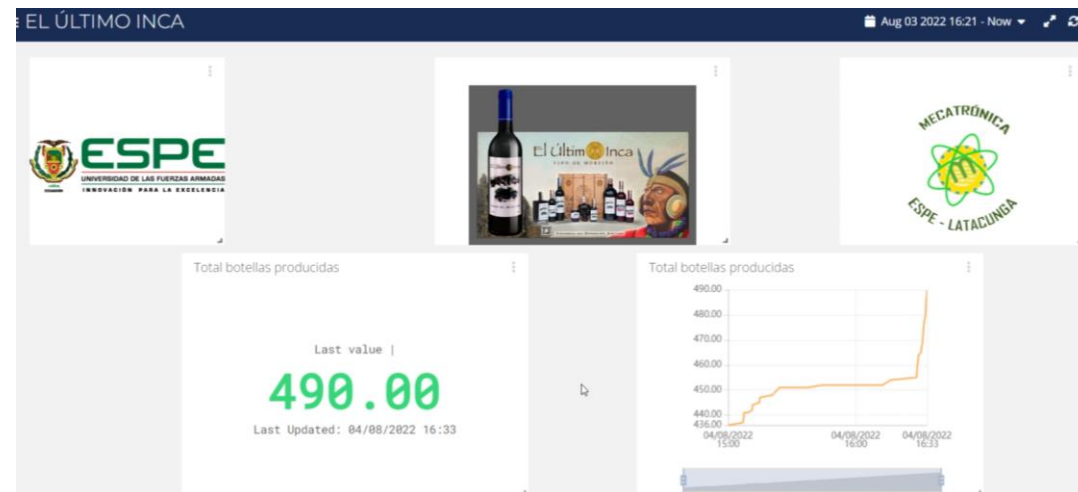
$$-1183.13 < 1.319$$

Pruebas y resultados



Pruebas y resultados

Prueba	Tiempo a Ubitos (s)	Tiempo informe (s)
1	0,79	1,5
2	1,2	1,3
3	1	1,21
4	1,23	0,98
5	1,21	0,96
6	0,7	1,78
7	0,3	1,23
8	0,24	1,14
9	0,45	1,23
10	1,2	1,45
11	1,25	1,78
12	1	1,23
13	1,21	1,14
14	0,78	1
15	1,32	1,23
16	1,24	1,14
17	1,32	1,14
18	0,89	1,46
19	1,24	1,78
20	1,03	1,56
21	1,02	1,14
22	1,21	1,15
23	0,89	1,85
24	0,78	1,23
25	0,29	1,23



Pruebas y resultados



Producción botellas 750 ml

Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Extensiones Ayuda

9:9 | 4/08/2022 15:29:26

	A	B	C	D
1		PRODUCCIÓN BOTELLAS 750 ml		
2	Marca temporal	Botellas envasadas	Botellas no corchadas	Total botellas envasadas
3	5/07/2022 16:46:04	0	0	0
4	5/07/2022 16:46:34	0	0	0
5	7/07/2022 13:57:58	0	0	0
6	7/07/2022 14:28:23	180	0	180
7	4/08/2022 15:17:42	447	7	440
8	4/08/2022 15:29:00	451	0	451
9	4/08/2022 15:29:26	451	0	451
10	4/08/2022 15:37:32	451	0	451

Conclusiones

El sistema automatizado permite reducir el tiempo de llenado y corchado de botellas de vino, en una muestra de 25 lotes de botellas (100 botellas) que se procesaron, se tiene un tiempo promedio de 9.4 segundos menos que el proceso realizado de forma manual, al ser un ahorro de tiempo considerable entre lote y lote, al mes se tiene un aumento de producción del 144%.

La red IoT fue realizada en Ubidots, de esta forma se puede monitorear el proceso desde cualquier parte del mundo en tiempo real, tomando en cuenta que desde que el dato se genera en la planta hasta que llegue al dispositivo tarda menos de 2 segundos de acuerdo a 25 eventos realizados.

Se realizaron varias pruebas especialmente en la etapa de llenado que es la más lenta, con frecuencias en el variador muy bajas de 5Hz, sin generar espuma, pero con un tiempo de llenado muy alto, llegando así a valores de hasta 55Hz, con un tiempo de llenado muy bajo, pero con mucha espuma, llegando finalmente a un valor óptimo de 38.12Hz en donde el tiempo de llenado es aceptable y casi no se genera espuma en el proceso.

En las pruebas de la banda transportadora se evidenció que al aplicar una frecuencia muy baja el motor no enciende, debido a que necesita más torque para poder romper la inercia del mismo, en base a las pruebas se evidenció que a los 25Hz el motor pudo generar movimiento, pero se tarda en cubrir las etapas de la línea, la frecuencia óptima para el movimiento del motor es 39 a 41 Hz, en este rango de frecuencias la banda transportadora no genera lentitud en el proceso, evidenciando así que el primer lote de 4 botellas al transportarse por la línea de envasado se demora 120 segundos y desde el segundo lote en adelante son de 30 a 32 segundos en cumplir el proceso.

Conclusiones

La distancia entre la etapa de llenado y la del corchado es considerable, tomando en cuenta que se realizaron pruebas para añadir dos válvulas más a la flauta de la llenadora y así envasar las botellas en lotes de 6, esto para trabajos futuros de la planta.

La velocidad en la corchadora depende de la etapa de llenado, fue regulada a 6.11 Hz para que cuando la última botella del lote de 4 se quede sola, la primera botella del siguiente lote pueda mantenerla de pie haciendo presión sobre ella.

El monitoreo y control local del proceso fue realizado en una pantalla KTP 700 de Siemens, la comunicación con el controlador es inmediata y su entorno es amigable con el usuario, facilitando así el manejo del proceso.

Recomendaciones

Para el envío de datos a la nube a través de la Raspberry, es recomendable conectarla mediante cable ethernet al switch con el que se esté trabajando, ya que mediante Wifi depende mucho de la interferencia que haya en el medio y de la rapidez del internet con la que se disponga.

En la llenadora es recomendable trabajar con reguladores de flujo al 50% así se evita que la máquina caiga bruscamente sobre las botellas tomando en cuenta que tiene por encima el peso de las válvulas encargadas de suministrar el vino a cada botella.

En la máquina cruz de malta es necesario centrar de manera adecuada las chumaceras, es decir que los ejes queden completamente verticales y a nivel, así se evita golpeteos en el movimiento cuando la espiga ingresa en las cavidades de la cruz de malta.

Recomendaciones

Al encender el equipo verificar que las luces verdes de la corchadora y del tablero de fuerza estén encendidas, de lo contrario el paro de emergencia estará activado o existirá alguna anomalía con el sistema.

No doblar bruscamente las mangueras del aire comprimido ni apretarlas entre sí, debido a que obstruyen el paso normal del aire generando pérdida de fuerza en la expansión y retracción de los cilindros neumáticos.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



¡GRACIAS!