

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

“Máquina clasificadora de botellas por tamaño”

INTEGRANTES

- Alcantara Villalobos, Alejandra
- Ayala Mendoza, Carlos Javier
- Becerra Rodríguez, Martha Sofía
- Chirinos Mejia ,David
- Cisneros Gomez, Nadinne Erika
- Delgado Quispe, Luis Enrique
- Muñoz Gonzalez, Richard
- Olivera Cruzado, Gerardo
- Ramos Ccala. Lucero de los Angeles

Docente: Dr. José Antonio Velásquez Costa

Lima - Perú

2022 - I

RESUMEN

Esta investigación se ha desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma, considerando nuestro objetivo el de automatizar el proceso de clasificación de botellas según su tamaño. Antiguamente muchas empresas trabajaban de manera manual el proceso de clasificación de botellas, sin embargo con el avance de la tecnología esto ha podido cambiar es por ello que decidimos realizar una máquina clasificadora de botellas de acuerdo al tamaño de cada una; otro de los objetivos que tiene el proyecto es reducir tiempos en la clasificación de botellas y de esa manera se podrá aumentar la productividad del proceso.

Actualmente en el Perú hay unas pocas empresas que están automatizadas lo cual es un problema ya que genera un retraso en la producción diaria y en la productividad, si bien es cierto la automatización de una empresa no es barata a largo plazo la inversión se justifica ya que al reducir mano de obra y margen de error humano se evitará costos de personal. El trabajo tiene como objetivo estudiar y analizar el transporte de material por una faja transportadora analizando el margen de error, los costos y la productividad de la máquina además de proponer y motivar a futuras empresas a implementar dicha máquina.

Palabras claves: actuadores, botella, controlador, diseño, clasificar.

ABSTRACT

This research has been developed in the Faculty of Engineering of the Ricardo Palma University, considering our objective to automate the process of classifying bottles according to their size. In the past, many companies worked the bottle classification process manually, however with the advancement of technology this has been able to change, which is why we decided to make a bottle classification machine according to the size of each one; Another objectives of the project is to reduce times in the classification of bottles and in this way it would be possible to increase the productivity of the process.

Currently in Peru there are a few companies that are automated, which is a problem since it generates a delay in daily production and productivity, although it is true that the automation of a company is not cheap in the long term, the investment is already justified. that by reducing labor and the margin of human error, personnel costs will be avoided. The objective of the work is to study and analyze the transport of material by a conveyor belt, analyzing the margin of error, the costs and the productivity of the machine, as well as proposing and motivating future companies to implement said machine.

Keywords: actuators, bottle, controller, design, classify.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	8
1.1 Fundamento teórico	8
1.1.1 La automatización	8
1.1.2 Máquina clasificadora	11
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo general	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL	13
2.1. Descripción del proceso	13
2.2. Digrama de flujo	14
2.3. Diagrama de operaciones	15
2.4 Diagrama de análisis	16
2.5 Gantt del plan de automatización	16
2.6 Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización	17
CAPÍTULO 3: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO	19
3.1 Planos CAD en 3D de la situación actual	19
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO	20
4.1 Descripción detallada del proceso propuesto	20
4.2 Planos CAD en 3D de la situación propuesta elegida	22
4.3 Diagrama de flujo del proceso propuesto	27
4.4 Diagrama de operaciones del proceso propuesto	28
4.5 Diagrama de análisis del proceso del proceso propuesto	29
4.6 Descripción detallada de los materiales a emplear	30
4.7 Diseño del circuito electro neumático del proceso	34
4.8 Programación en lenguaje ladder del proceso	36
4.9 Descipción y detalle de los indicadores de producción después de la automatización	37
4.10 Aspectos de seguridad industrial depués de la implemtación de la propuesta	42
CAPÍTULO 5: COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN	47
5.1 Flujo de caja	47
5.2 Variabilidad económica	50
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo estructural de un sistema automatizado	9
Figura 2: Niveles de automatización	10
Figura 3: Máquina clasificadora	11
Figura 4: Traslado de botellas	13
Figura 5: Diagrama de flujo del proceso actual	14
Figura 6: Diagrama de operaciones	15
Figura 7: Diagrama de análisis del proceso	16
Figura 8: Gantt del plan de automatización	16
Figura 9: Gantt del armado de la máquina automatizada	17
Figura 10: Planos de situación actual	19
Figura 11: Máquina seleccionadora de botellas	21
Figura 12: Cable neumático	22
Figura 13: Tubo neumático	22
Figura 14: Electroválvula	23
Figura 15: Faja transportadora	23
Figura 16: Receptor de materiales	24
Figura 17: Base de tubos metálicos	24
Figura 18: Superficie	25
Figura 19: Ensamblaje completo	26
Figura 20: Diagrama de flujo del proceso propuesto	27
Figura 21: Diagrama de operaciones del proceso propuesto	28
Figura 22: Diagrama de análisis del proceso propuesto	29
Figura 23: Cable neumático	30
Figura 24: Cilindro neumático	30
Figura 25: Faja transportadora a escala	31
Figura 26: Electroválvula monoestable	31
Figura 27: Sensores capacitivos	32
Figura 28: Lógica del controlador PLC (Universidad Continental)	32
Figura 29: Lógica del controlador PLC	33
Figura 30: Compresor de aire	33
Figura 31: Diseñor del circuito	34
Figura 32: Cableado	35
Figura 33: Programación del PLC	36
Figura 34: Proceso de empaquetamiento	37
Figura 35: Evaluación de la calidad	38
Figura 36: Evaluación de productos rechazados	39
Figura 37: Productos devueltos en EEUU	40
Figura 38: Equipos de protección personal	42
Figura 39: Casco	43
Figura 40: Guantes de protección	43
Figura 41: Lentes de seguridad	43
Figura 42: Botas	44
Figura 43: Chaleco	44
Figura 44: Reuniones SSOMA	45
Figura 45: Accidentes de trabajo	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costos de fabricación de la máquina	47
Tabla 2: Depreciación de la máquina	49

INTRODUCCIÓN

El plástico es uno de los recursos con mayor aceptación y también con una gran demanda en la industria peruana ya que es demasiado usado en la elaboración de diferentes envases ya sea gaseosas, aguas minerales, etc. Los envases elaborados a base de este elemento necesitan una clasificación distinta a los demás.

Debido a este factor, se ha diseñado una máquina clasificadora de botellas por tamaño, la cual será capaz de ayudar con este proceso. Esta máquina se desarrollará para la mejora de los procesos y poder tener una mejor clasificación.

La ciencia con el paso del tiempo ha actualizado la tecnología por lo que mediante la tecnología avanza las empresas se actualizan por lo que la automatización de esta se observará con el paso del tiempo.

La industria embotelladora es uno de los rubros donde hay más contaminación ambiental siendo Latinoamérica uno de los principales consumidores de las botellas de plástico, por lo que su recolección y su reciclaje debe ser un área de oportunidad de negocio además de una manera de ayudar al medio ambiente.

En Perú hay una oportunidad en el reciclaje de botellas por lo que una máquina donde se separe las botellas de plástico podría ayudar a optimizar el proceso de separación de botellas.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1. Fundamento teórico

1.1.1. La automatización

Como señaló Carrillo, V. (2008) “La automatización es la reducción de mano de obra , y utilizar los recursos necesarios sin desperdiciarlos. Y la aplicación de sistemas mecánicos y electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción”

La automatización se define como:

“una disciplina de la ingeniería que conforma la instrumentación industrial e incluye los sensores, captadores, transmisores de nivel de campo, los sistemas de control, supervisión y gestión, todo ello en tiempo real para controlar y supervisar las operaciones en las plantas, esto se realizan mediante las siguientes técnicas: diseño, simulación y fabricación” (Mandado, 2009)

Para Núñez (2017) la automatización:

“Es la acción de reemplazar el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos en un proceso industrial, de modo que tareas que eran peligrosas, tediosas o que estaban limitadas por la capacidad humana pueden ser elaboradas incluso más eficientemente por la automatización, sin causar riesgos al operario y permitiendo dedicar sus capacidades a otras labores de menor peligro y mayor contribución intelectual, en las que su intervención hoy en día es imprescindible” (Núñez, 2017)

En la automatización industrial existen tres clases, las cuales son:

a. La automatización fija: esta clase de automatización es aplicada cuando la cantidad de producción es muy elevada, el cual va a permitir saber el costo de la fabricación del equipo que debe ser utilizado para separar nuestro producto seleccionado con una buena productividad .

b. La automatización programable: se va a dar cuando la producción tiene un rendimiento bajo y pueden existir diferentes productos. Este diseño va a permitir poder adaptarse a diferentes cambios en la configuración.

c. La automatización flexible: se va a dar cuando la producción tiene un rendimiento medio, tiene las características de los dos tipos de automatización dichas anteriormente. Puede ser controlada por varias computadoras.

García, E. (2002) señala sobre el concepto de automatización que:

“Se asocia con la eliminación o disminución de la participación humana en los diferentes procesos productivos teniendo en cuenta la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el fin de operar y controlar la producción con mayor eficiencia y eficacia. Adicionalmente, dicho concepto significa la integración, con fines estratégicos, de un amplio abanico de información avanzada y descubrimientos de ingeniería de punta en los procesos de producción” (García, E. 2002)

En ese sentido, la automatización está compuesta por una parte operativa encargada de la ejecución de las diferentes actividades que hacen parte de un proceso a través de los diferentes elementos que lo conforman; y una parte de control que se encarga de coordinar las actividades del proceso entre las cuales se encuentra el control de calidad, la gestión de herramientas y las operaciones de supervisión”.

A continuación, se presenta el esquema de un sistema automatizado teniendo en cuenta las partes que lo conforman:



Figura 1: Modelo estructural de un sistema automatizado

FUENTE: GARCÍA, Emilio. Automatización de procesos industriales. México, Alfaomega Grupo Editor, 2002.p. 11.

Para Zambrano (2006) los pre-accionadores son:

“Elementos que se usan para activar el accionador el cual permite ejecutar movimientos dentro de un sistema y puede ser de tipo neumático, hidráulico o eléctrico. Por su parte, los captadores son aquellos elementos que reciben la señal para enviarla al dispositivo de control. El control automático es “el mantenimiento del valor de cierta condición a través de su medida, de la determinación de la desviación en relación con el valor deseado, y de la utilización de la desviación para así generar y aplicar una acción de control capaz de reducir o anular la desviación, al pasar de los años el sector industrial se ha ido globalizando y ha sido muy necesario la utilización de nuevas tecnologías, la automatización industrial y la industria 4.0 actualmente sirven como medio de expansión mundial para las empresas y/o fábricas; por ejemplo, uno puede saber que está sucediendo en la planta de otro de país, sin moverse de la planta base. Como también se utilizan estos avances tecnológicos para los medios de transporte, métodos de comunicación, instalaciones, etc. Contar con esta nueva industria ha beneficiado a muchos y ha convertido todo más sencillo”. De acuerdo al nivel o al sistema automatizado el control puede ser de tipo neumático o de tipo electrónico y según su aplicación este puede ser con valor fijo (constante) o con valor variable (que cambia en el tiempo)”. (Zambrano ,2006)

Según las necesidades de la empresa y al aspecto económico relacionado con la inversión estimada para un proyecto determinado, existen diferentes niveles de la automatización que se muestran en la siguiente gráfica:

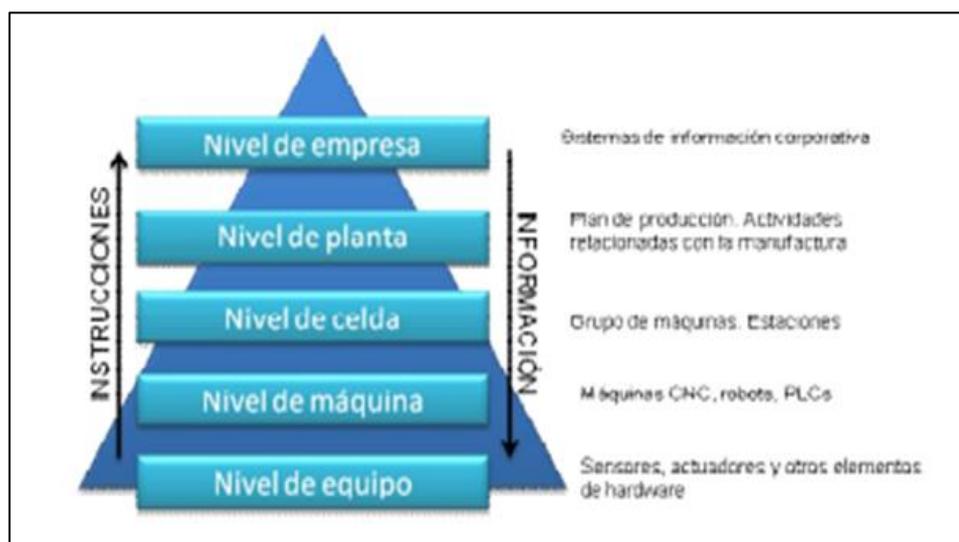


Figura 2: Niveles de la automatización

FUENTE: Introducción a la Automatización industrial. Ing. Gabriel Zambrano. Julio 2006.

Objetivos de la automatización

- Competitividad: reducción de costos en la producción asimismo mejorar la calidad de la producción e incrementar los artículos elaborados por hora.
- Seguridad: evitar las labores por parte del hombre con el fin de facilitar y mejorar las condiciones laborales..
- Calidad: proporcionar un valor agregado a comparación de la competencia.
- Evitar limitaciones humanas: realiza tarea donde los seres humanos tienen dificultades y/o requiere mayor precisión
- Disponibilidad del producto: optimizar las operaciones para que el producto siempre esté en circulación y no haya desabastecimiento en el mercado.
- Flexibilidad de la herramienta: cambiar la línea de producción de forma sencilla y rápida para la fabricación de otros productos

1.1.2. Máquina Clasificadora

Las empresas emplean máquinas seleccionadoras en un proceso de poder mejorar la productividad de la operación de selección, en este caso las máquinas seleccionadoras por tamaño van a ayudar a mejorar la precisión al momento de seleccionar el producto, las botellas.



Figura 3: Máquina clasificadora

Autor: Directindustry

Actualmente, las clasificadoras de botellas cumplen una función muy importante relacionado con la planta de envasado. Su trabajo es realmente sencillo, el de clasificar botellas dependiendo si cumplen con determinados valores específicos.

En los diferentes recorrido de los grupos de envasado, las botellas se ven sometidas bajo un exhaustivo análisis de alta precisión, el cual tiene un mínimo margen de error y una elevada exigencia. Dependiendo de la línea de envasado se va a poder encontrar diferentes puntos de control, los cuales tendrán un criterio propio.

Función principal de las clasificadoras:

Se sabe que existen todo tipo de botellas con un valor determinado ya sea por altura, forma, color, nivel, etc. Las clasificadoras cumplen una labor importante ya que ayudan a analizar cada una de las botellas y la procesan en tiempo real de acuerdo a los valores establecidos en cuestión pudiendo llegar a diferenciar entre varios tipos de botellas y especificaciones a la vez.

Tipos de clasificadoras de botellas:

Existen dos tipos de clasificadoras de botellas:

- Las calificadoras, las cuales tienen la función de diferenciar entre los diferentes tipos de botellas y de esa manera poder clasificarlas para su uso.
- Los inspectores en línea, este tipo de clasificadora cumplen la función de clasificar las botellas dependiendo de si son aptas para su uso o no.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Poder mecanizar el desarrollo de la separación de botellas según su tamaño.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Reducir tiempos en la clasificación de botellas por tamaño.
- Aumentar la productividad del proceso de botellas clasificadas por tamaño.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL

2.1. Descripción del proceso

El proceso actual se basa en la clasificación de botellas por tamaños, este proceso empieza en la recepción de estos envases. Después de tener todas las botellas, estas pasan a ser colocadas por los trabajadores en la faja transportadora, pasando por la primera revisión visual de los trabajadores encargados, estos se encargan de ver que no haya objetos ajenos a las botellas; se utilizan 10 personas aproximadamente para esta revisión.

En la segunda estación de la faja se encuentran 6 personas más, encargadas de seleccionar las botellas pequeñas, medianas y grandes. Luego de ser clasificadas, los trabajadores las colocan en las cajas correspondientes.



Figura 4: Traslado de botellas

Autor: Inmage Lab

2.2. Diagramas flujo

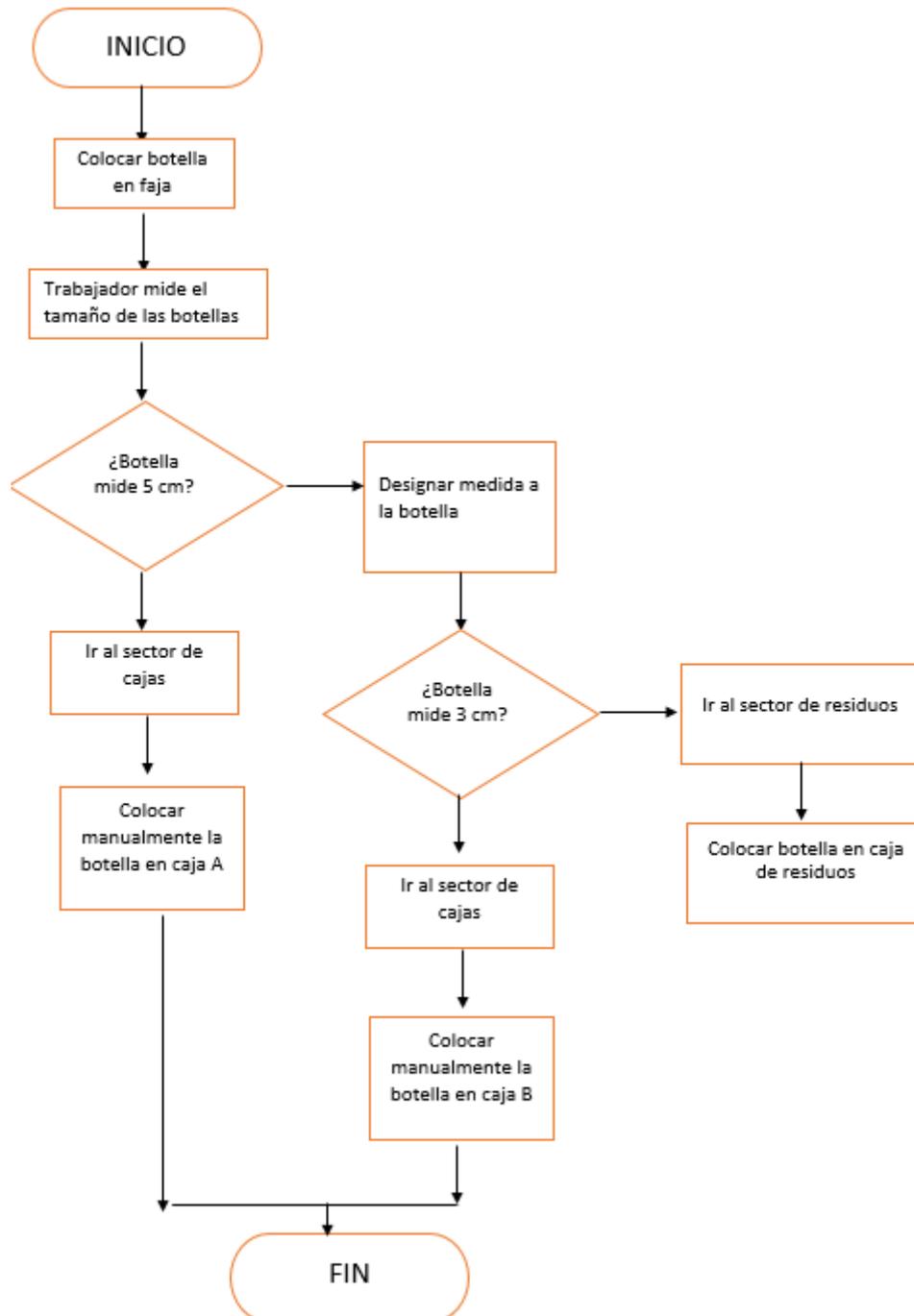


Figura 5: Diagrama de flujo del proceso actual

Autor: Elaboración propia

2.3. Diagrama de Operaciones

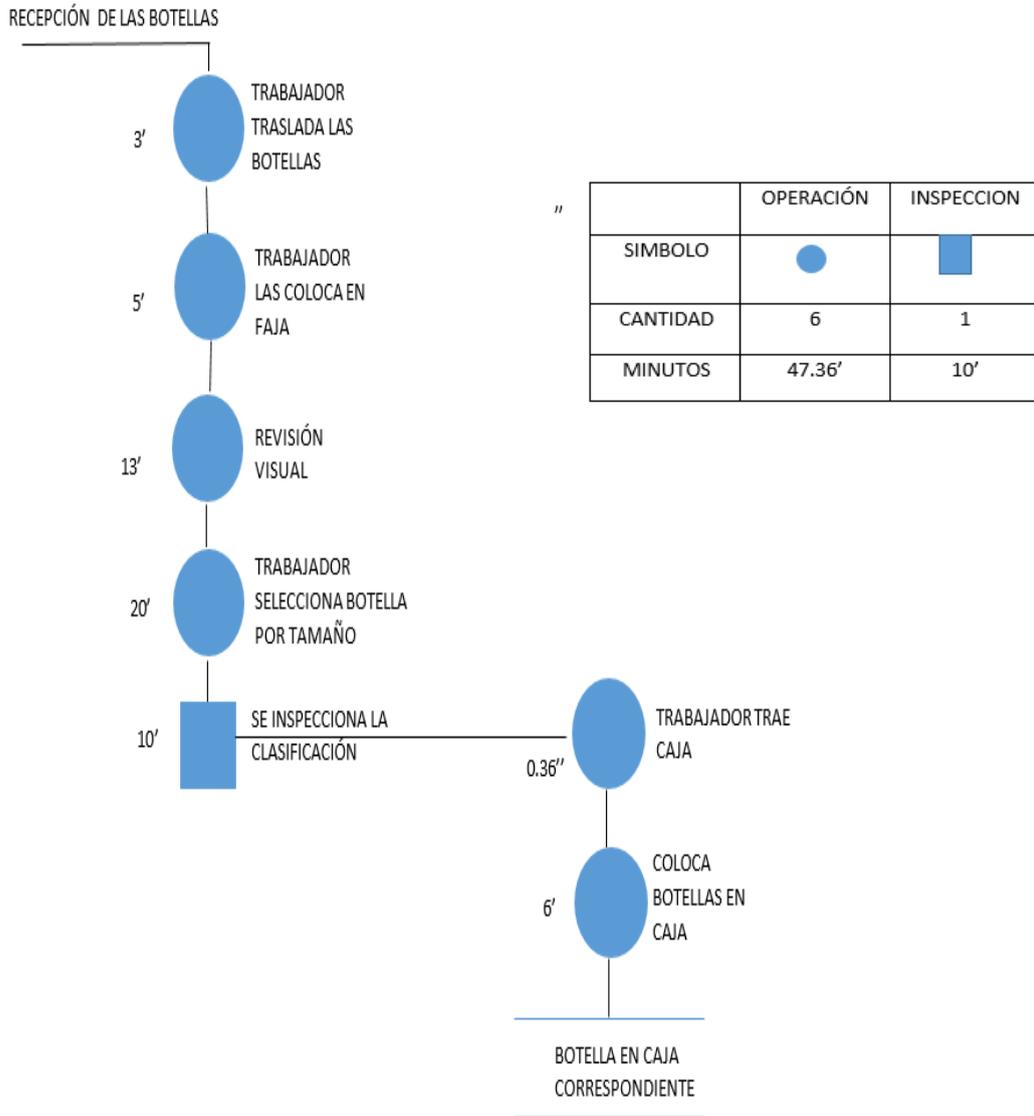


Figura 6: Diagrama de operaciones

Autor: Elaboración propia

2.4. Diagrama de análisis

DAP								
Ubicación	Universidad Ricardo Palma			Autor	Grupo		1	
Actividad	Diagrama de actividades			Revisado por				
Fecha	28/04/2022			Revisado por P.C.P				
Operador	Estudiantes de ingeniería industrial			Aprobado por				
N	DESCRIPCIÓN	T (min)	SIMBOLO					Distancia
			O	□	D	□	▽	
1	Ingreso de botellas	3	x					
2	Trabajador traslada las botellas	5						0.1 m
3	Trabajador las coloca en faja	13	x					
4	Revisión visual	20					x	
5	Trabajador selecciona las botellas por tamaño	20	x					
6	Trabajador trae caja	0.38						0.1 m
7	Trabajador coloca botellas en caja	6	x					
Total		67.38						

Figura 7: Diagrama de análisis del proceso

Autor: Elaboración propia

2.5. Gantt del plan de automatización

GANTT DEL PLAN DE AUTOMATIZACIÓN												
NOMBRE DEL PROYECTO: MÁQUINA SELECCIONADORA DE BOTELLAS POR TAMAÑO												
INICIO: 01/04/2022												
FIN: 30/06/2022												
PLAN DE AUTOMATIZACIÓN	ABRIL				MAYO				JUNIO			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DEFINICIÓN DEL PROYECTO	■											
BÚQUEDA DE INFORMACIÓN		■										
PROPONER SOLUCIONES AL PROBLEMA			■									
REDACCIÓN DEL PROYECTO (INFORME)				■								
COTIZACIÓN DE MATERIALES					■							
COMPRA DE MATERIALES						■						
DISEÑO DEL PROYECTO							■					
ENSAMBLE DEL PROYECTO								■				
CABLEADO DEL PROYECTO									■			
PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO										■		
PRUEBA DEL PROYECTO											■	

Figura 8: Gantt del plan de automatización

Autor: Elaboración propia

*Gantt del armado de la máquina automatizada



Figura 9: Gantt del armado de la máquina automatizada

Autor: Elaboración propia

2.6. Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización

De acuerdo con TuDashboard (s.f), los indicadores de producción que se usan en este proceso son:

Costo de fabricación por unidad: Se obtiene dividiendo la cifra total de productos fabricadas por cada coste de fabricación, sin tener en cuenta el coste de los materiales. Este indicador muestra la forma más eficiente en cuanto se usan los insumos de fabricación, en otras palabras si hay un adecuado coste de fabricación entre operarios y máquinas de producción.

Fórmula: $(\text{Costos fijos} + \text{Costos variables} + \text{Costos de administración y ventas}) / \text{Total de productos producidos (TPP)} * 100$

Antes de la automatización

- Costos fijos + Costos variables + Costos de administración y ventas = 100
- TPP = 90
- Costo de fabricación por unidad: 111%

Periodo de paradas en relación al Periodo de actividad: La disponibilidad es una métrica utilizada para medir el porcentaje de tiempo que un activo puede ser utilizado. Calcula la probabilidad de que el equipo esté disponible, sin estar parado por intervenciones de mantenimiento preventivo o por averías, durante el período en que debería estar en funcionamiento.

Fórmula: $(MTBF / (MTBF + MTTR)) * 100$

Antes de la automatización :

- MTBF = 8 horas
- MTTR = 4.5 horas
- Disponibilidad de las máquinas: 64%

Rendimiento: Este indicador mide en qué nivel de calidad se encuentra el producto. Es la cantidad de unidades buenas que no tienen reparaciones o no se cuenta con desperdicios, generados en la misma producción. Llamamos un buen rendimiento al indicador cuando los elementos del proceso de fabricación del producto se encuentra en buen funcionamiento y no se encuentran problemas de gran magnitud en la calidad del material (es preferible no tener ningún tipo de problema), también interviene la calidad y calificación de los trabajadores.

Cuando hay problemas en el proceso de fabricación del producto, significa que el rendimiento no es bueno o es bajo; si esto pasa, se debe averiguar en qué momento se está teniendo fallas e inconvenientes.

Fórmula: $(Unidad\ de\ cantidades\ buenas / Unidad\ de\ cantidades\ malas) * 100$

Antes de la automatización

- Unidad de cantidades buenas = 90 botellas (grandes y pequeñas)
- Unidad de cantidades malas = 150 botellas (grandes y pequeñas)
- Rendimiento = $(90/150) * 100 = 60\%$

Aprovechamiento de la capacidad: Este indicador va a mostrar si la capacidad de producción es utilizada o no con efectividad. El aprovechamiento de la capacidad tiene esta relacionado con la producción actual que se produce realmente con los equipos ya instalados y la producción máxima posible que puede ser producida con los mismos equipos. Si la tasa es mayor, se utilizará con mayor eficiencia el equipo y si menor es el número se utilizará con más eficiencia el equipo de elaboración.

Fórmula: $(\text{producción real}/\text{capacidad efectiva}) * 100$

Antes de la automatización: En nuestro caso nuestra línea se encarga de seleccionar los tamaños de las botellas y ponerlas en contenedores, a continuación se mostrará como la implementación hizo unos cambios.

- Producción real (selección real) = 90 botellas (grandes y pequeñas)
- Capacidad efectiva = 45
- Utilización de la línea = $90/150 = 60\%$

CAPÍTULO 3: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO

3.1. Planos CAD en 3D de la situación actual.

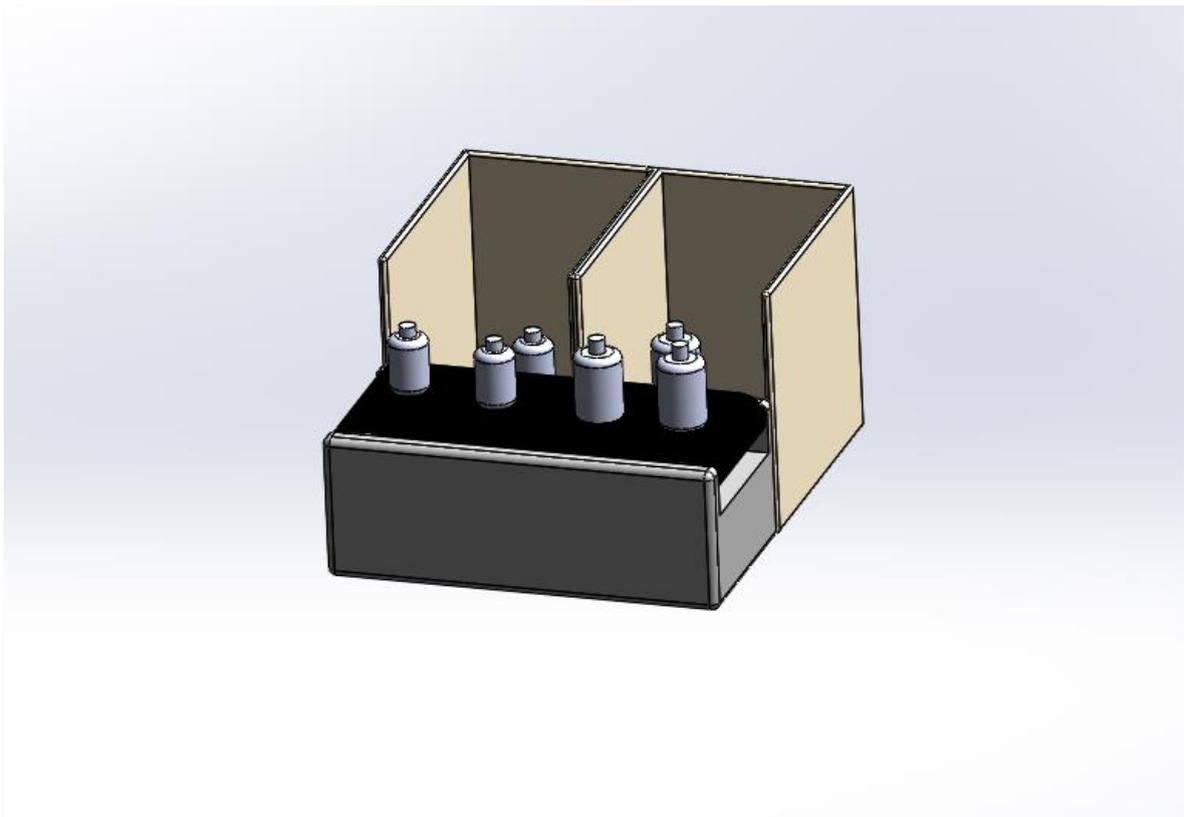


Figura 10: Planos de situación actual

Autor: Elaboración propia

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO

4.1 Descripción detallada del proceso propuesto

Se hace mención que el objetivo de nuestro proyecto es la novedad en el proceso de clasificación de botellas por tamaño.

Nuestro proyecto consta de una máquina basada en tecnología artificial, la cual también se puede usar en plantas embotelladoras para clarificar de manera eficiente los envases que ingresan a la planta. Integrada con un sistema selectivo, que clasifica las botellas por tamaño, logrando agruparlas según su tipo.

Nuestro proyecto está programado por clasificación de botellas según tamaño, logrando diferenciar mediante el sensor al momento de la ejecución

Por lo tanto, se comienza a presentar la descripción del proceso:

- El proceso de clasificado de botellas por tamaños empieza por la faja transportadora, la cual llevará la botella hacia los sensores capacitivos en donde el PNP indica la salida; la cual es la carga potencial negativa y salida del detector.
- Posterior a esto, los sensores inician su función, donde detectan el tamaño del producto, dando la señal al PLC; teniendo en cuenta que si la pieza mide distinto a la altura dada, seguirá de largo cayendo a la caja de residuos.
- A partir de esto, el PLC comenzará a realizar su función, iniciando con la activación de las electroválvulas.
- Luego, las electroválvulas comenzarán a mandar aire a presión por las mangueras neumáticas, con dirección hacia los cilindros neumáticos de doble efecto.
- Por último, los cilindros neumáticos comienzan a mandar presión al pistón, generando así que el pistón bote el producto seleccionado por el sensor hacia las cajas que recepcionarán el producto.
- En lo que respecta a los resultados, se espera que estos muestren un progreso en el desarrollo de clasificación de botellas por tamaño.

Como aspectos destacados tendremos:

- . Muy fácil de usar
- . Muy fácil de ajustar
- . Servicio eficiente
- . Automático
- . Controlado por el programa PLC

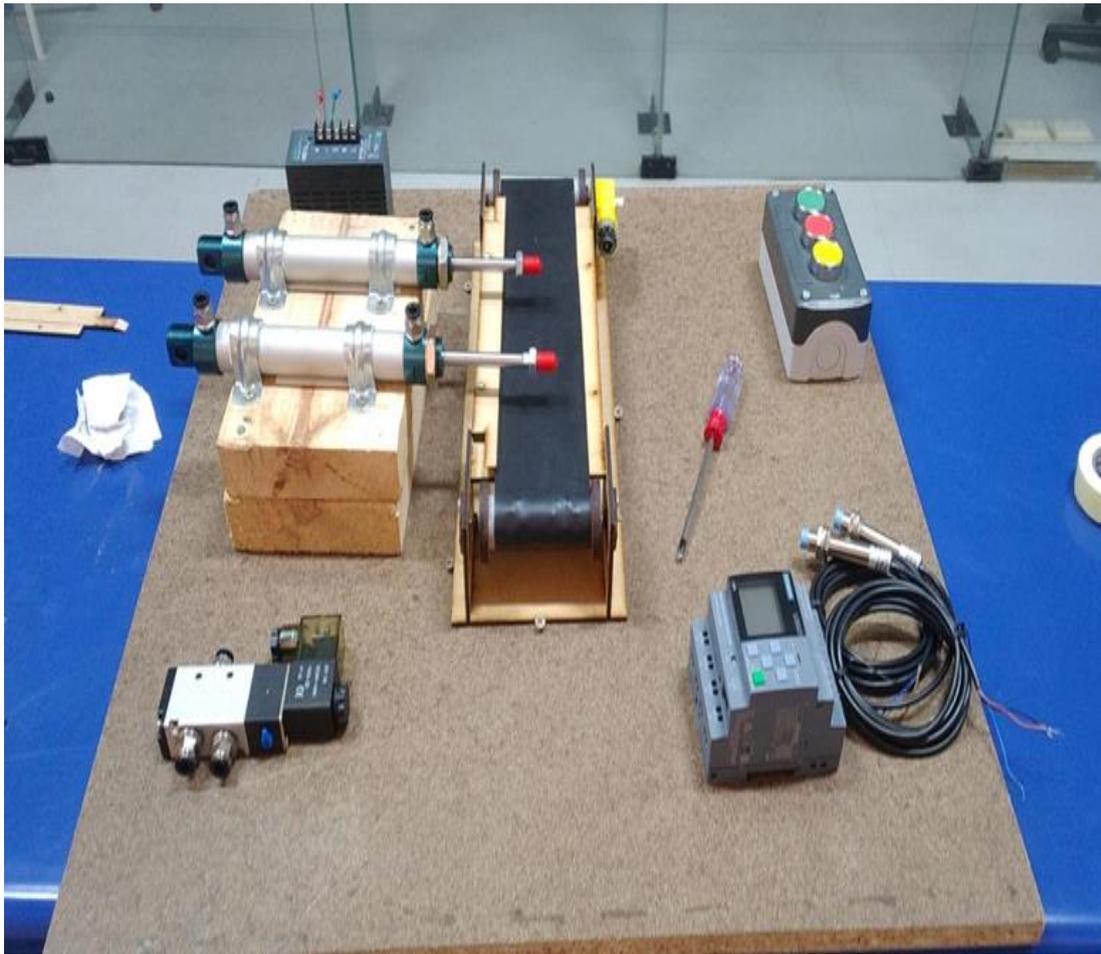


Figura 11: Máquina seleccionadora de botellas

Autor: Elaboración propia

4.2 Planos CAD en 3D de la situación propuesta elegida (debe mostrar cada componente con un color distinto)

4.2.1. Cable neumático

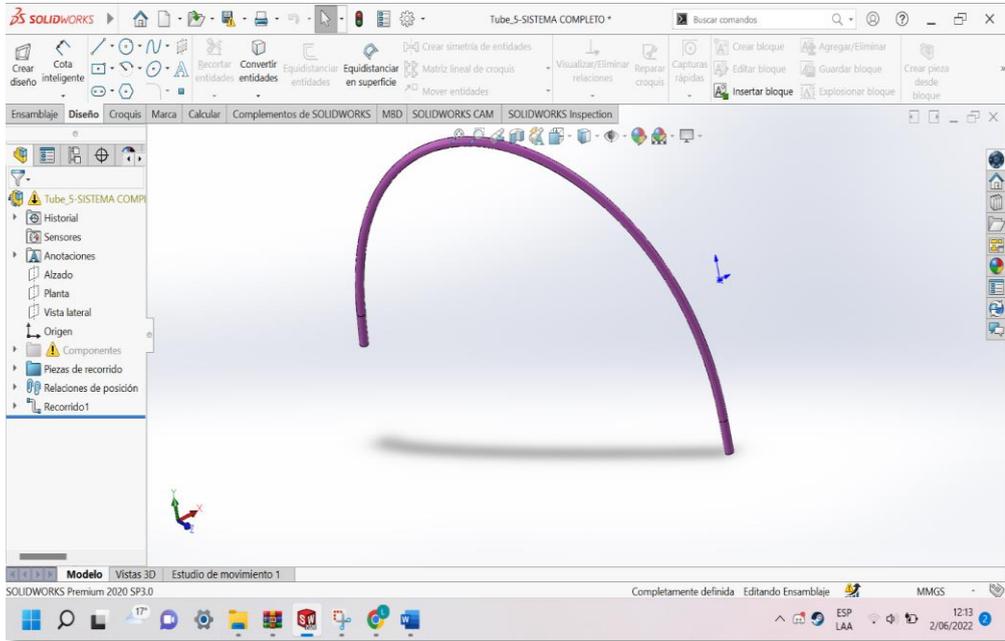


Figura 12: Cable neumático

Autor: Elaboración propia

4.2.2. Tubo neumático

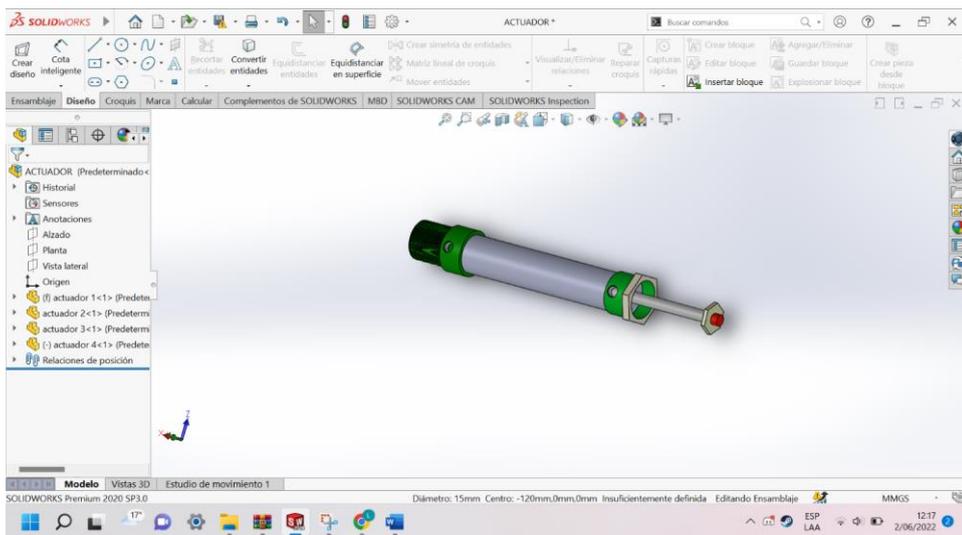


Figura 13: Tubo neumático

Autor: elaboración propia

4.2.3. Electroválvula

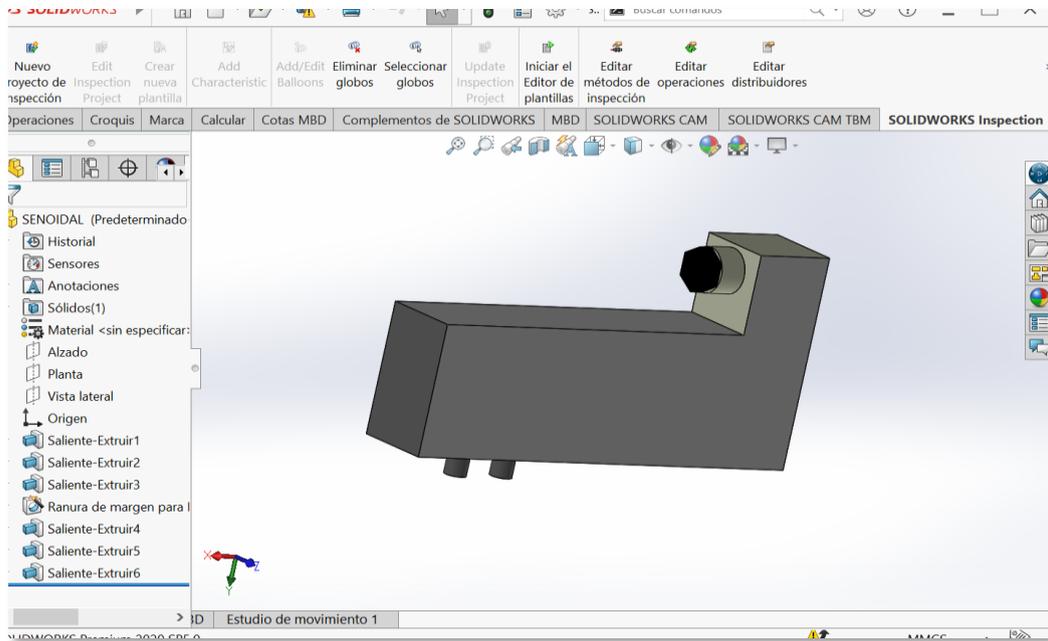


Figura 14: Electroválvula

Autor: Elaboración propia

4.2.4. Faja Transportadora

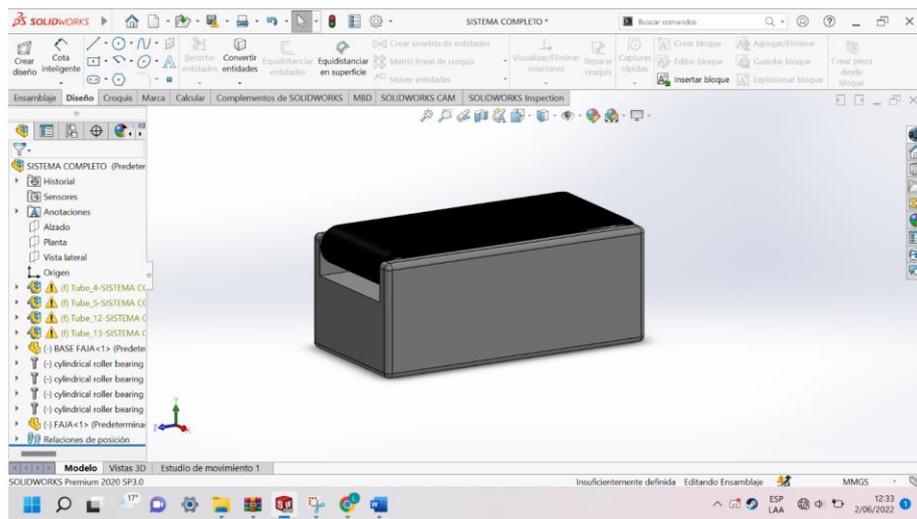


Figura 15: Faja transportadora

Autor: Elaboración propia

4.2.5. Receptor de material

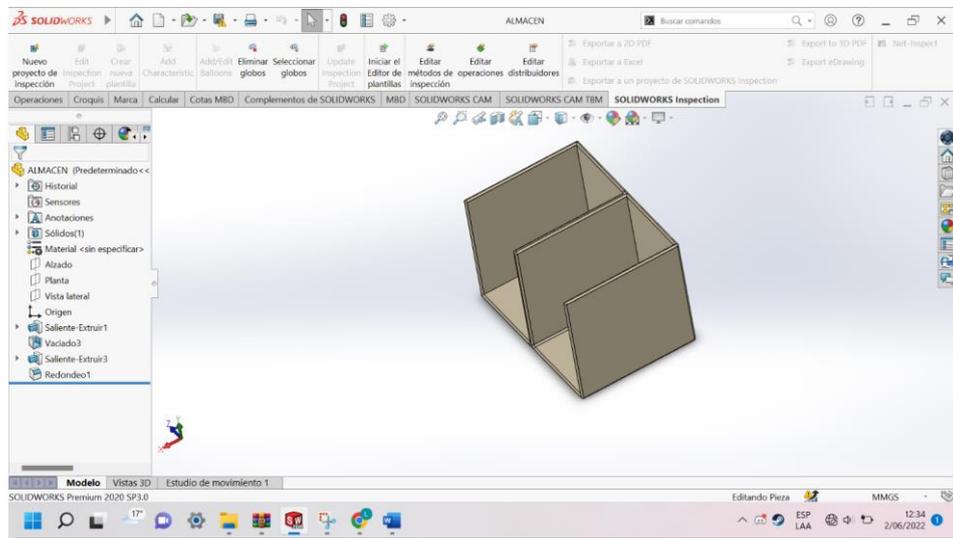


Figura 16: Receptor de materiales

Autor: Elaboración propia

4.2.6. Base de tubos neumáticos

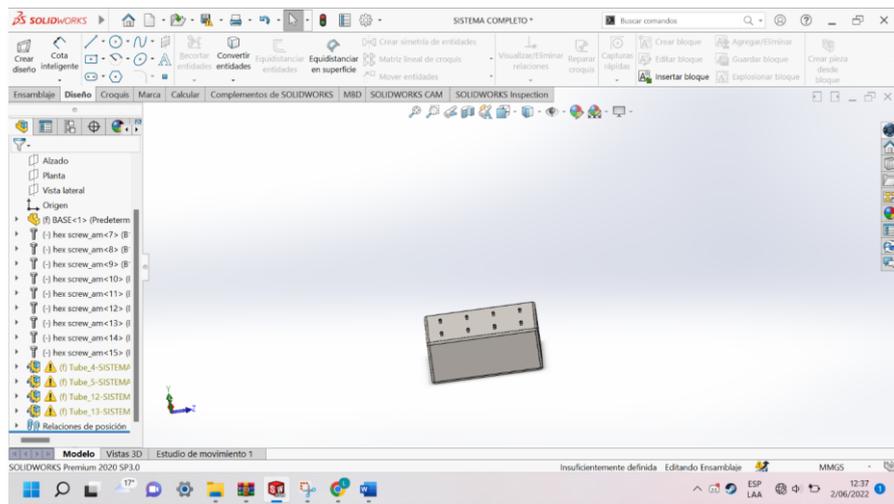


Figura 17: Base de tubos neumáticos

Autor: Elaboración propia

4.2.7. Superficie

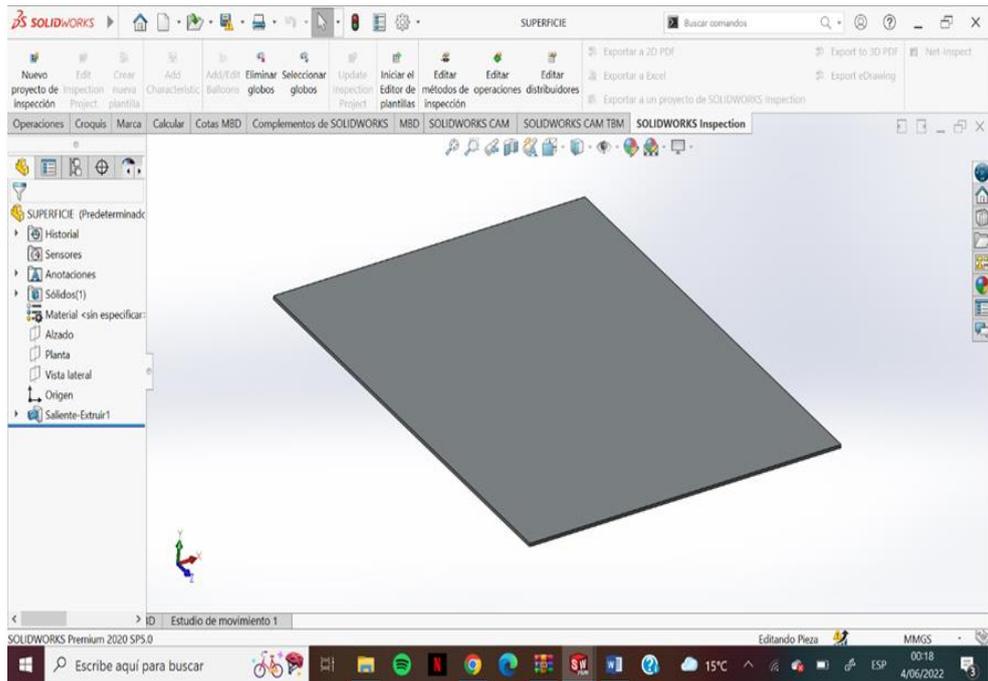
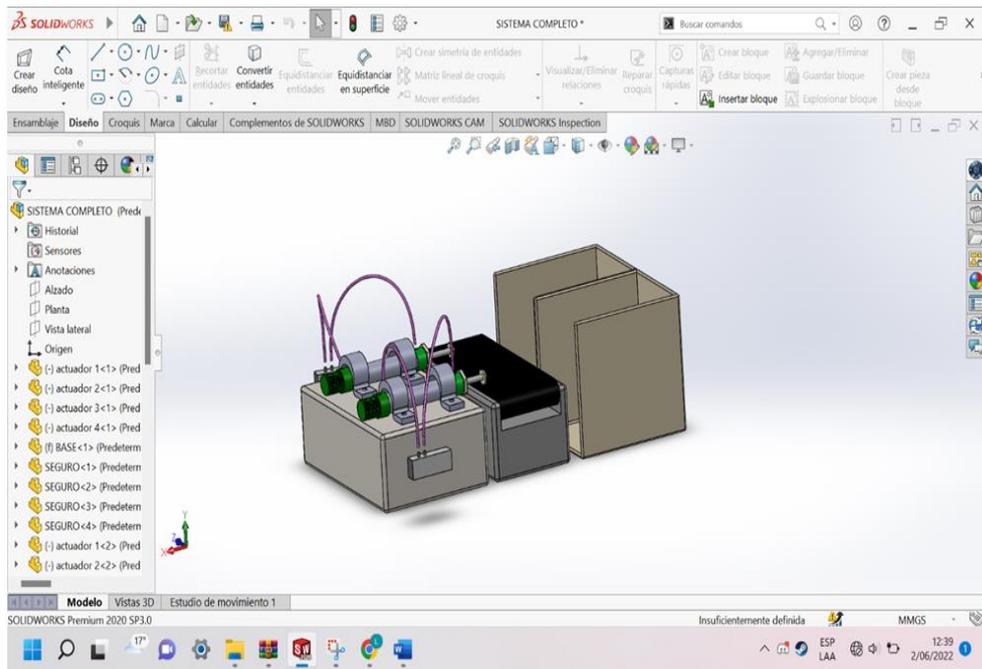


Figura 18: Superficie

Autor: elaboración propia

4.2.8. Ensamblaje completo



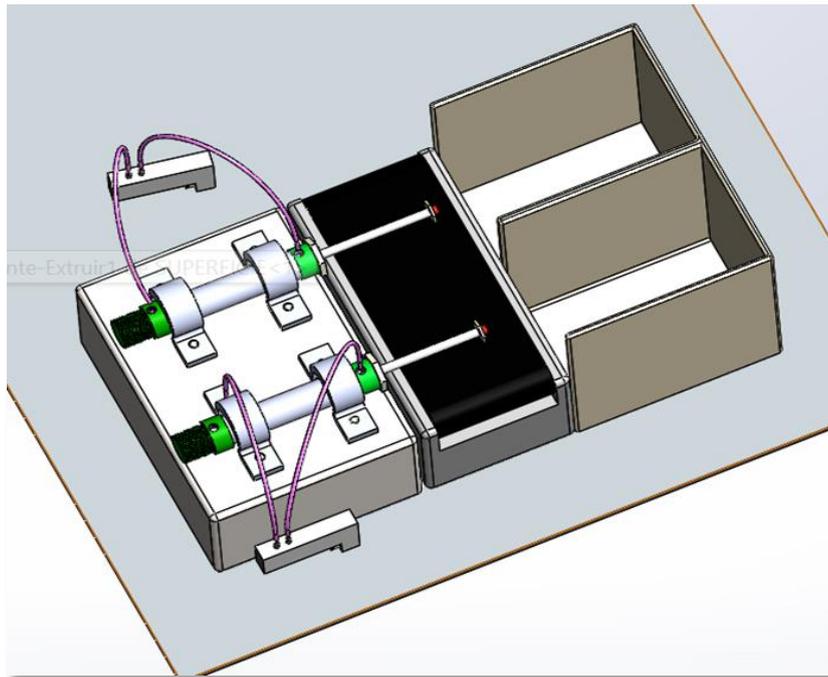


Figura 19: Ensamblaje completo

Autor: elaboración propia

4.3 Diagramas flujo del proceso propuesto

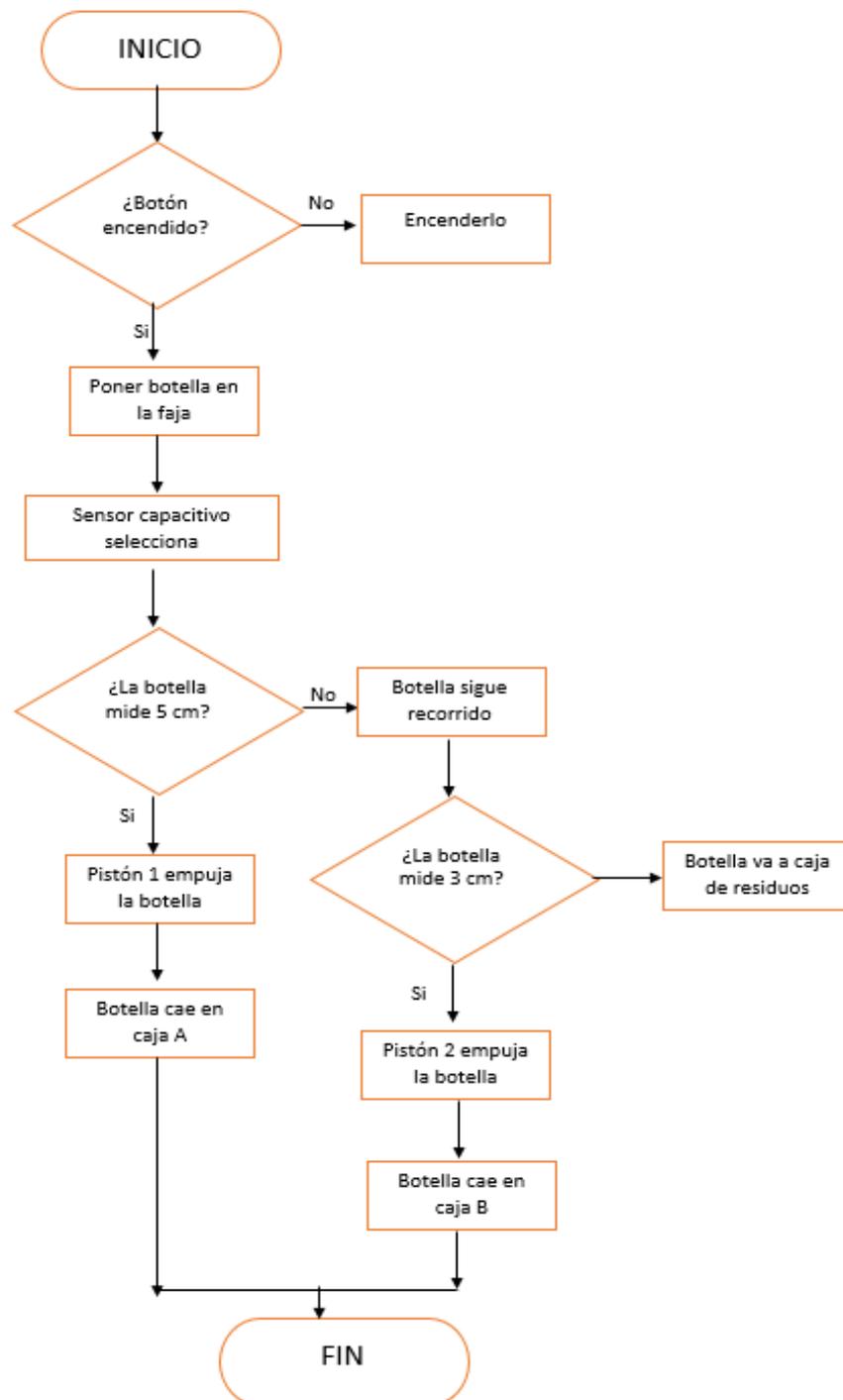


Figura 20: Diagrama de flujo de proceso propuesto

Autor: Elaboración propia

4.4 Diagrama de Operaciones del proceso propuesto

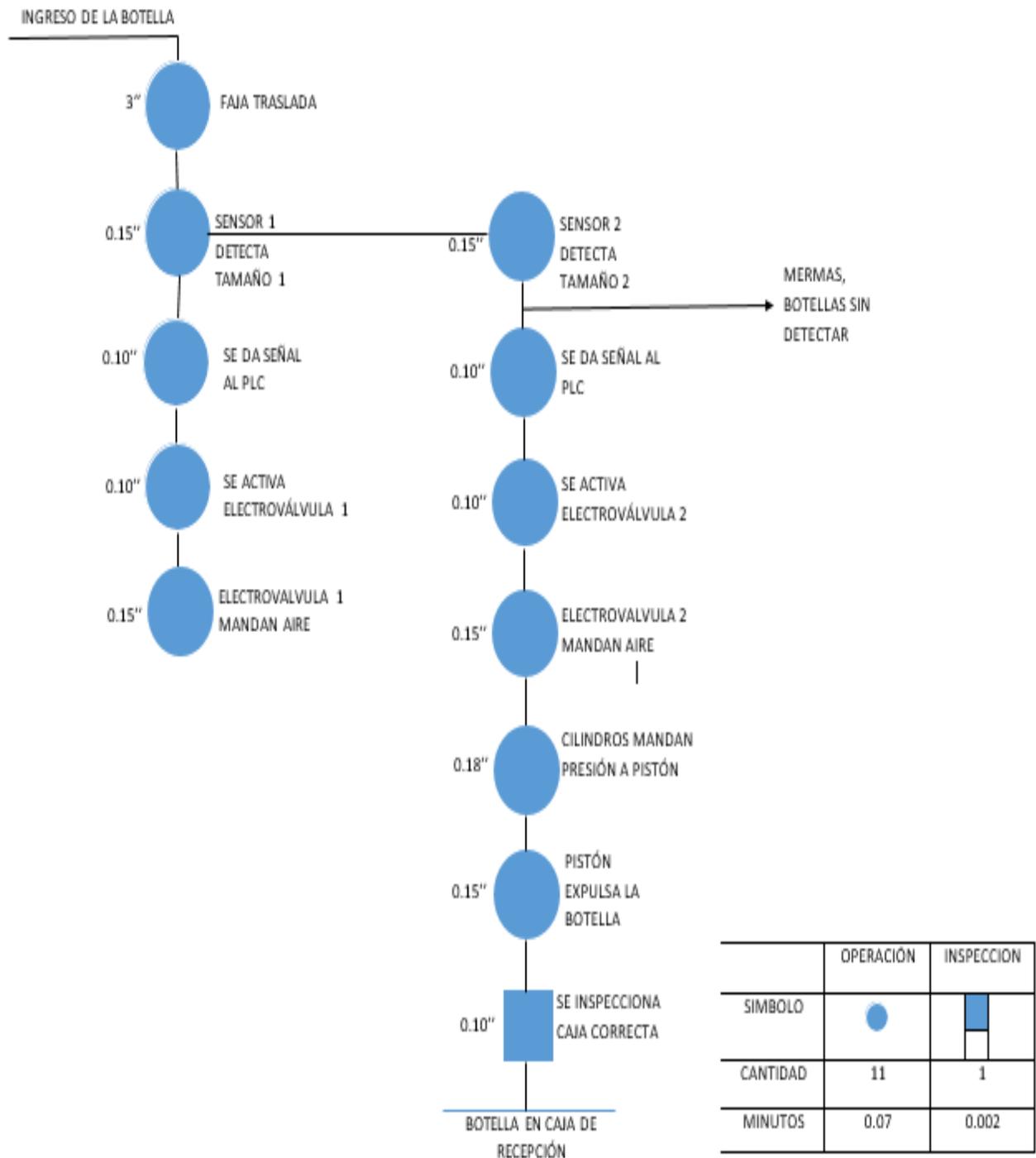


Figura 21: Diagrama de Operaciones de proceso propuesto

Autor: Elaboración propia

4.5 Diagrama de análisis del proceso del proceso propuesto

DAP - PROCESO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SELECCIONADOR							
Ubicación	Universidad Ricardo Palma		Autor	Grupo 1			
Actividad	Diagrama de actividades		Revisado por				
Fecha	28/04/2022		Revisado por	P.C. P.			
Operador	Estudiantes de Ingeniería Industrial		Aprobado por				

Nº	Descripción de las Operaciones						Tiempo (seg)	Distancia(m)
1	Ingresar las botellas por la faja transportadores		X				20	0.1
2	Detectar por medio de los sensores a las botellas por sus tamaños	X					30	
3	Generar señal a través de los pistones hacia el PLC	X					30	
4	Activar la electroválvula	X					15	
5	Proporcionar aire a los cilindros a través de la electroválvula	X					35	
6	Adicionar presión al pistón	X					40	
7	Pistón expulsa la botella	X					10	
8	Inspeccionar la botella			X			45	
9	Se coloca la botella en la caja correcta	X					20	
10	Almacenar caja					X	50	
Tiempo total							295	
Tiempo improductivo							0	

RESUMEN					
Nota:		Símbolo	Descripción	Nro.	El Diagrama comienza en : Todos los instrumentos en orden.
Elementos usados en el DAP:	Faja, Pistones, PLC, Fuente de poder, Electroválvula, Sensores capacitivos		OPERACION	7	El Diagrama termina en : Máquinas estan estaticas.
			TRANSPORTE	1	
			INSPECCION	1	
			ESPERA	0	
			ALMACENAMIENTO	1	
			TOTAL	10	

Figura 22: Diagrama de Análisis del proceso propuesto

Autor: Elaboración propia

4.6 Descripción detallada de los materiales a emplear (sensores, pre actuadores, actuadores, motores, PLC, etc).

Debido a que al ser un seleccionador de material se ha optado en

- Cable neumático:

Son cables cilíndricos con flexibilidad y de un material resistente por donde pasará aire comprimido que impulsará los tubos neumáticos mediante el aire comprimido.



Figura 23: Cable neumático

Autor: Elaboración propia

- Cilindro neumático:

Los cilindros neumáticos está formado por un cilindro y pistón, que el cilindro su función es guiar al pistón al liberar la energía, estos cilindros se usan para automatizar procesos básicamente en este presente trabajo se usará el pistón para separar las botellas PET.



Figura 23: Cilindro neumático

Autor: Elaboración propia

- Faja Transportadora:

La faja transportadora es una máquina que permite el transporte continuo y a una velocidad determinada y estable que está formado en base de caucho reforzado, su aplicación en este caso es el transporte de material de botellas PET para el reciclaje de esta.

El funcionamiento de esta consta de poleas que son accionadas por motores que en nuestro caso son dos pilas doble A que funcionan como el motor de la faja.

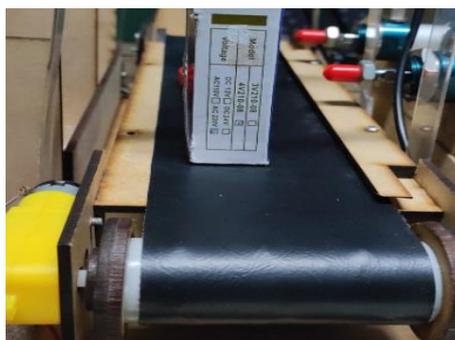


Figura 24: Faja transportadora a escala

Autor: Elaboración propia

- Electroválvula monoestable:

La electroválvula da el inicio y el fin de los circuitos. La electroválvula monoestable que se usa en el presente trabajo tiene un bobina que hará que se reposicione al no recibir señal.



Figura 25: Electroválvula monoestable

Autor: Elaboración propia

- Sensores capacitivos:

Los sensores capacitivos son sensores que reaccionan ante el movimiento de aproximamiento de un material a su superficie, al reaccionar esta emite una señal al PLC que activará el el aire comprimido que a su vez impulsará los tubos neumáticos, es decir los sensores capacitivos van a ser el discriminador de botellas PET.



Figura 26: Sensores capacitivos

Autor: AUTOTACHKI

- PLC:

El controlador lógico programable más conocido como PLC como su nombre lo dice mediante una programación que hará que la máquina siga las instrucciones que se le exija ya sea el caso que mediante sensores se activen los tubos neumáticos, es decir el PLC se usa para automatizar máquinas en la industria. El controlador sigue una lógica central que mediante interfaces de entrada y salida, comunicación, la alimentación de la máquina y el dispositivo externo.

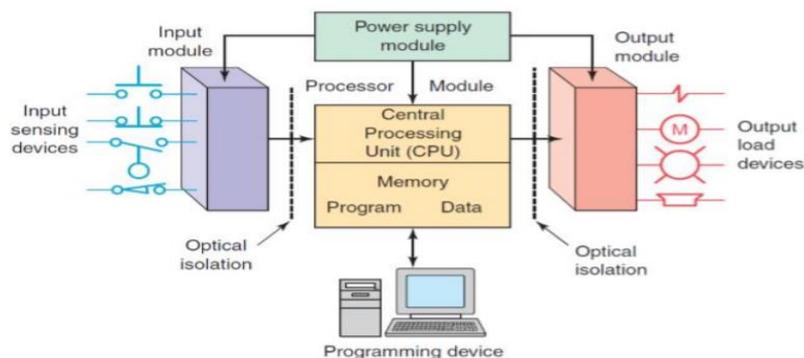


Figura 27: Lógica del controlador PLC

Autor: Universidad Continental. Laboratorio I de control, Tomado de Gerardo, 2010



Figura 28: Lógica del controlador PLC

Autor: Elaboración propia

- Compresor de aire:

Es una máquina que almacena el aire del ambiente y lo comprime, que mediante su conexión con el cable neumático y los tubos neumáticos se libera el aire comprimido que pasara por el cable neumático impulsado los tubos neumáticos, solo si estos captan moviendo mediante los sensores capacitivos.



Figura 29: Compresor de aire

Autor: Maskita USA

4.7 Diseño del circuito electro neumático del proceso.

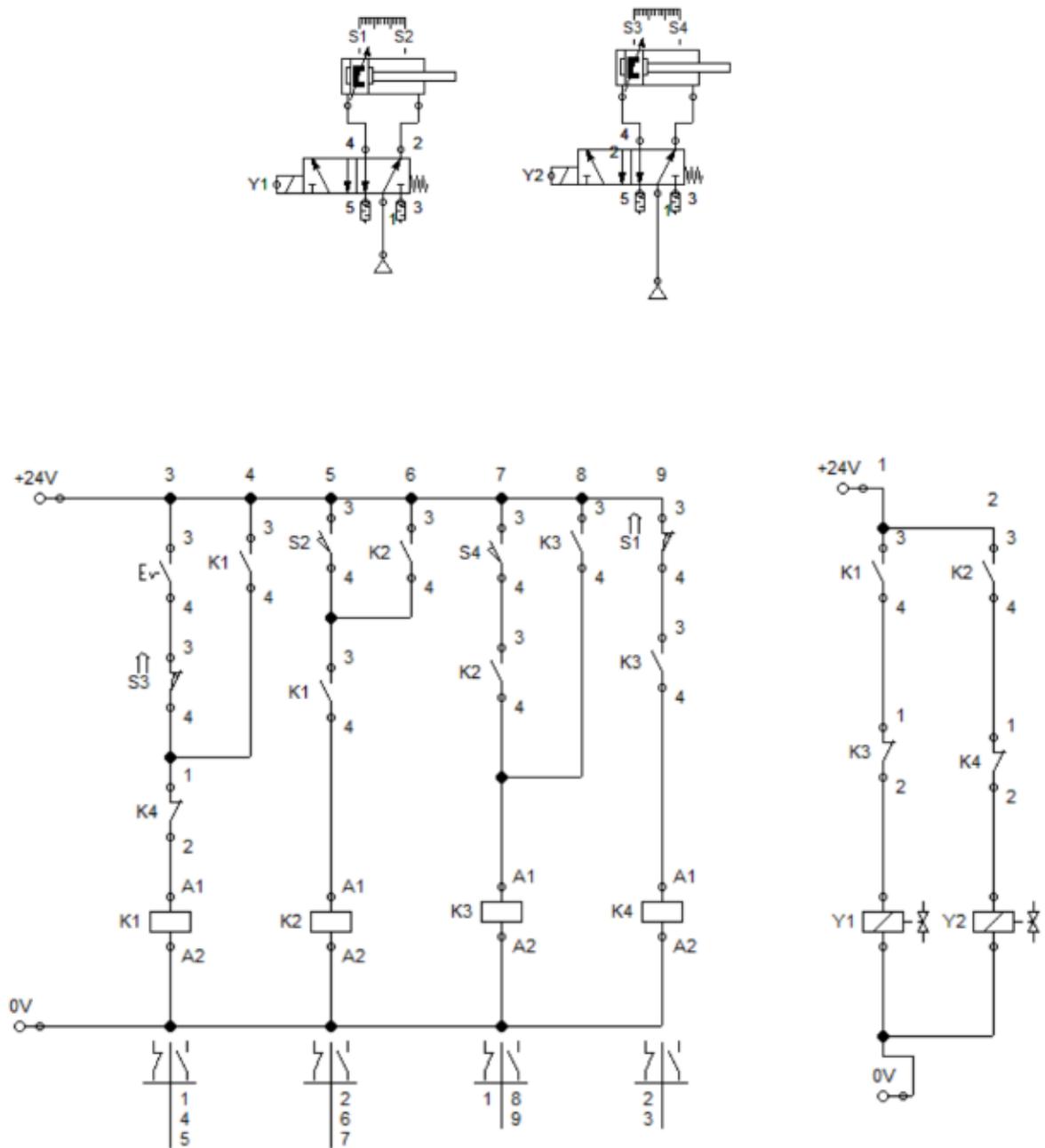


Figura 30: Diseño del circuito

Autor: elaboración propia

En el cableado de la fuente de poder se tiene polo positivo y el polo negativo, estos cuentan con una corriente normal de 220 voltios, pero es transformada a 24 voltios, para que el trabajo no explote o se queme.

El cableado de los sensores cuenta con 3 hilos, un hilo marrón, azul y negro; el marrón va para el polo positivo, el azul para el polo negativo y el negro va para el I3.

El cableado de las electroválvulas, se cuenta con dos cables, uno va para la fuente de poder y el otro va para Q1 y Q2 (las Q son negativas), pero cuentan con una cable positivo que proviene directo de la fuente de poder.

El cableado de la faja transportadora cuenta con dos cables y estos están conectados a un botón de encendido y a unas pilas AA. Cuenta con 3 voltios porque necesitamos una velocidad intermedia. Como se observa en la figura N°32.

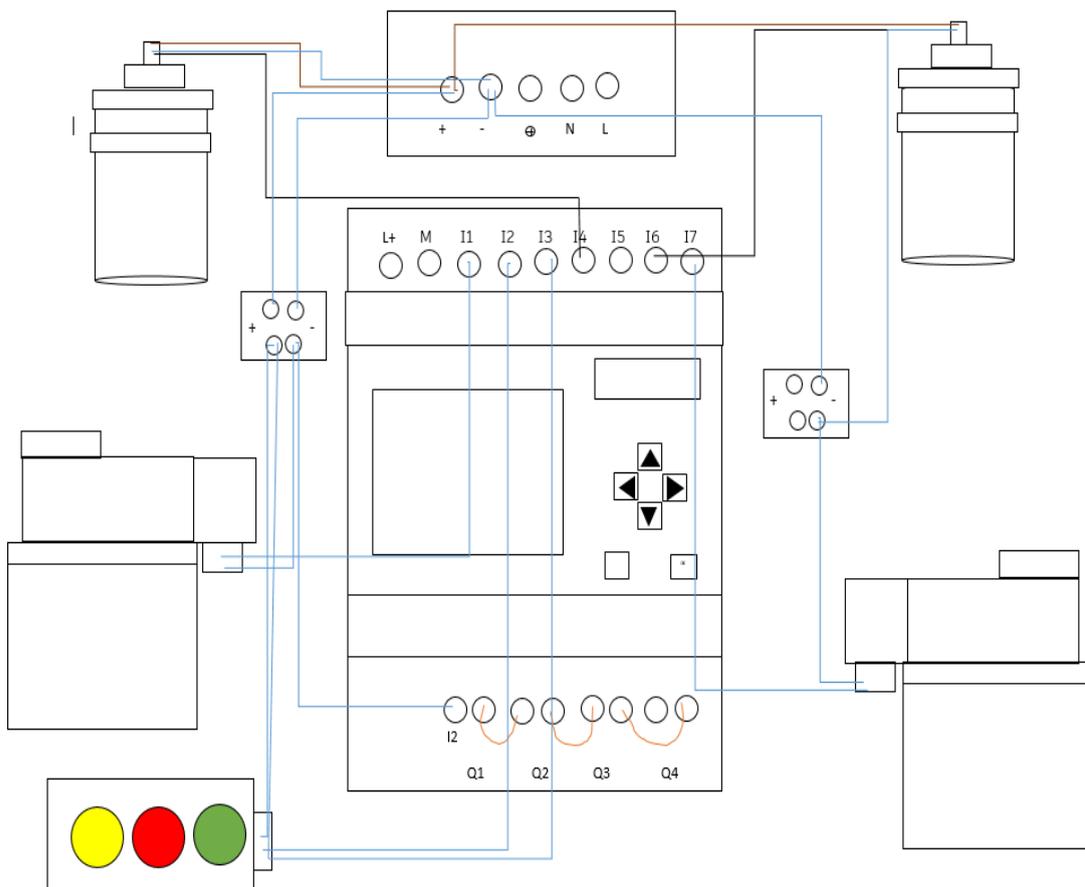


Figura 31: Cableado

Autor: Elaboración propia

4.8 Programación en lenguaje ladder del proceso (comentario cada uno de los segmentos empleados en su programación Ladder)

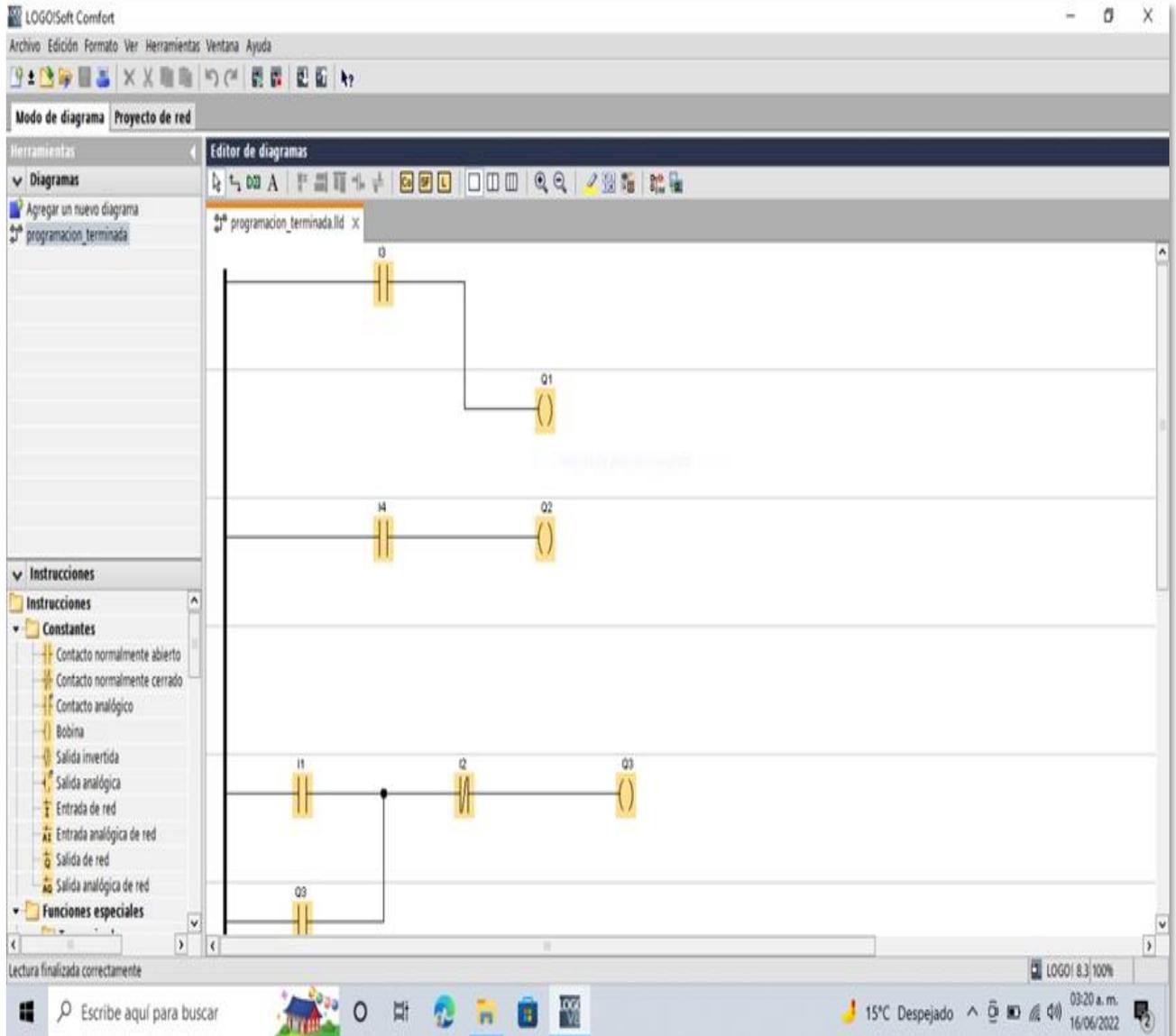


Figura 32: Programación del PLC

Autor: elaboración propia

4.9 Descripción y detalle de los indicadores de producción después de la automatización.

- Tiempo del ciclo de producción

De forma teórica el tiempo de ciclo de producción es el tiempo total de los procesos y actividades que se generan en un ciclo productivo. En nuestro caso este tiempo equivale a todas las actividades que realizan nuestros instrumentos al momento de prender el sistema. Se sabe que nuestro proyecto es un seleccionador por lo cual el tiempo de producción inicia desde el momento en que se coloca una pieza en la faja hasta que los sensores y pistones ayuden a seleccionar de forma correcta la pieza, este tiempo va a variar dependiendo de las piezas que queremos seleccionar. En la siguiente figura se puede visualizar el proceso de empaquetamiento en una empresa. Si se quiere calcular el tiempo del proceso, a través de un cronómetro se requiere calcular el tiempo de ciclo, para definir el tiempo del ciclo se deben realizar muchas secuencias. Al tener muchos tiempos, se pasa a promediar para definir cuál es el tiempo promedio del ciclo, es decir cuánto se demoraría una persona en promedio en realizar el proceso.

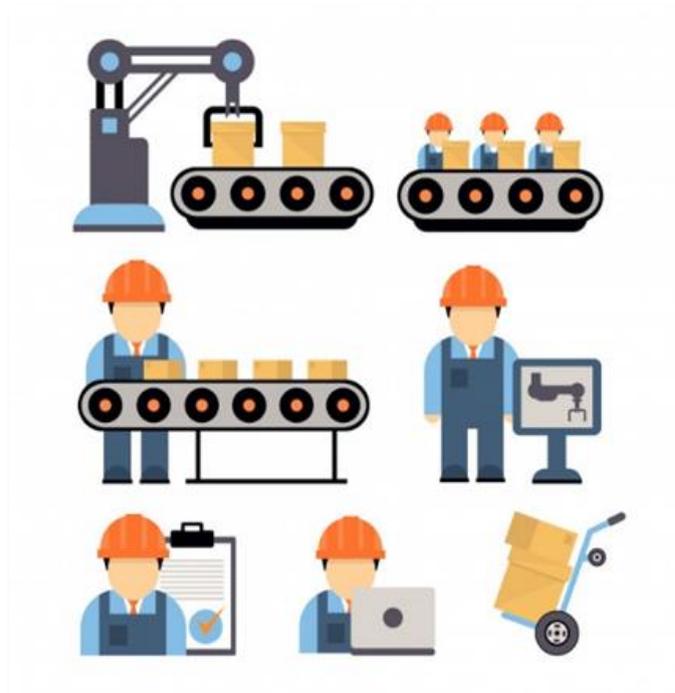


Figura 33: Proceso de empaquetamiento

Autor: Media Vuelta Digital

- Rendimiento de calidad

Ya anteriormente leído las citas textuales se puede definir qué el rendimiento de la calidad es una métrica que ayuda a evaluar la satisfacción del cliente y calidad del proceso. Existen muchísimos indicadores que ayudan a evaluar la calidad, por ejemplo: la eficiencia, efectividad, productividad, entre otros. Esos indicadores van a ayudar a evaluar de forma numérica la calidad para facilitar mucho más su entendimiento. En nuestro caso evaluamos la calidad al final del proceso ya que evaluamos cuántas piezas han sido seleccionadas correctamente versus cuántas no han sido seleccionadas correctamente y mediante el cálculo de estas piezas se podrá evaluar la calidad del proceso. También se podrá evaluar la calidad al final del proceso al analizar si todas nuestras piezas no han sido golpeadas o rotas ya que la presión que brinda el aire comprimido hace que nuestros pistones impulsen con una gran fuerza nuestras piezas lo que podría generar que estas se rompan o maltraten. Esto es importante ya que, si aplicamos nuestro proyecto en alguna industria alimenticia, los productos tienen que estar al 100%. Por ejemplo, en la siguiente figura se puede notar cómo los clientes ven la calidad del producto antes de ser comprado.



Figura 34: Evaluación de la calidad

Autor: Informa BTL

- Tasa de rechazo

La tasa de rechazo hace referencia a la métrica que ayuda a evaluar las piezas que son rechazadas en nuestro proceso. En nuestro caso, estas piezas son rechazadas mayormente ya que no cumplen con el tamaño establecido en el proceso. Por ejemplo, tenemos dos sensores a diferentes medidas (uno más alto que el otro) si nosotros colocamos una pieza muy pequeña que no esté cerca de los sensores, estos no la van a detectar y se va a rechazar esta pieza y pasará a desplazarla junto con otras piezas rechazadas. Como se mencionó esto es normalmente generado por el tamaño de la pieza.



Figura 35: Evaluación de productos rechazados

Autor: Sebastián J Brau

- Tasa de devoluciones

La tasa de evolución hace referencia a la métrica que nos ayuda a evaluar cuantas piezas devueltas se han realizado en el proceso en cierto tiempo. Las devoluciones se pueden generar por diferentes motivos. En general se realiza una devolución si el producto no cumple con las métricas establecidas. En nuestro proyecto, la tasa de devolución puede ser identificada por los productos que los sensores no detectan, pero si cumplen con la medida indicada, esto es debido a la falta de peso en la pieza o el material del producto. Por ejemplo, podemos identificar que nuestros sensores no detectan cajas vacías ya que eran muy sensibles a la detección.



Figura 36: Productos devueltos en Estados Unidos

Autor: infobae

- **Costo de fabricación por unidad**

Se obtiene con la división de la cantidad total de los bienes producidos por cada una de los valores monetarios de manufactura, pero no el valor monetario de los insumos principales para producción. Esta medida enseña la forma más efectiva posible en la utilización de los recursos que usan en el área de operaciones, por lo tanto si hay un adecuado valor monetario de manufactura entre el personal y la maquinaria de manufactura.

Ecuación: $(\text{Costos fijos} + \text{Costos variables} + \text{Costos de administración y ventas}) / \text{Total de productos producidos (TPP)} * 100$

Después de la automatización:

- Costos fijos + Costos variables + Costos de administración y ventas = 85
- TPP = 120
- Costo de fabricación por unidad: 70.83%

Según Cuida tu dinero (s.f), el indicador Periodo de paradas en relación al periodo de actividad:

- **Periodo de paradas en relación al Periodo de actividad:**

La disponibilidad es un indicador que se utiliza cuyo fin es conseguir el tanto por ciento de tiempo que un activo puede ser usado. Encuentra la posibilidad de que una máquina se encuentre sin usar, menos encontrarse fuera de servicio por el plan de mantenimiento.

Después de la automatización:

Ecuación: $(MTBF / (MTBF + MTTR)) * 100$

- MTBF = 9 horas
- MTTR = 5.5 horas
- Disponibilidad de las máquinas: 62.06%

De acuerdo con DispatchTrack (s.f), el indicador de rendimiento es:

- **Rendimiento de calidad por tamaño o tasa de rechazo:**

En este KPI de fabricación su prioridad es diagnosticar el porcentaje de artículos manufacturados que al final de su producción no obtuvieron fallas. En otras palabras, la cantidad de artículos terminados después de ser procesados, son se encuentran en las condiciones aprobadas por el gerente y los clientes.

Ecuación: $(Unidad\ de\ cantidades\ buenas / Unidad\ de\ cantidades\ malas) * 100$

Después de la automatización

- Unidad de cantidades buenas = 110 botellas (grandes y pequeñas)
- Unidad de cantidades malas = 130 botellas (grandes y pequeñas)
- Rendimiento = $(110/130) * 100 = 84.61\%$

De acuerdo con Valuekeep (s.f), el indicador de aprovechamiento de la capacidad es:

- **Aprovechamiento de la capacidad:**

Es la medida de fabricación de la maquinaria comparando la medida total de fabricación de toda la recta de manufactura. Un ejemplo, en el área de producción se sabe que una de las maquinarias fabrica 80 artículos por hora, sin embargo el trabajo de los otros equipos disminuyen el trabajo de la recta para fabricar una medida de 45 artículos por hora, entonces el grado de efectividad es de 56.25%

Ecuación: $(producción\ real / capacidad\ efectiva) * 100$

En nuestro caso nuestra línea se encarga de seleccionar los tamaños de las botellas y ponerlas en contenedores, a continuación se mostrará como la implementación hizo unos cambios.

Después de la automatización:

- Producción real (selección real) = 120 botellas (grandes y pequeñas)
- Capacidad efectiva = 150
- Utilización de la línea = $120/150 = 80\%$

4.10 Aspectos de seguridad industrial después de la implementación de la propuesta

Tomando en cuenta los aspectos de seguridad industrial que se implementará en el presente proyecto, se procederá a establecer las políticas y procedimientos que competen al proyecto realizado.

Por lo tanto, se comenzará por:

- Realizar un manual preventivo, donde se tendrá que describir las pautas para describir los momentos donde es necesario el uso de implementos de seguridad, para que se evite tener accidentes dentro del área de trabajo. Estos EPPS son muy básicos y necesarios, siempre se deben de utilizar como acto preventivo. Los más comunes son los lentes, casco, guantes, botas, orejeras, ropa especial para el trabajo (ropa reflectiva).

Estos implementos son los básicos que se deben tener para trabajar, pero existen más con mayores especificaciones y especiales para diferentes tipos de trabajo.

Sin estos equipos de protección los peligros se vuelven accidentes y puede ocasionar hasta la muerte de los trabajadores.

Añadiendo de manera breve las descripciones de los EPP (Equipo de Protección Personal) que serán usados al momento de desarrollar una actividad.



Figura 37: Equipos de Protección Personal

Autor: 123RF

Algunos de los equipos de protección son los siguientes:

- Casco: Estos ayudan a proteger la cabeza de golpes



Figura 38: casco

Autor: 123RF

- Guantes: Sirven para proteger las manos.



Figura 39: Guantes de protección

Autor: 123RF

- Lentes: Sirven para proteger la visión.



Figura 40: Lentes de seguridad

Autor: 123RF

- Botas: Sirven para proteger los pies de golpes.



Figura 41: Botas

Autor: 123RF

- Chaleco reflectivo: Sirve para proteger y avisar a los demás.



Figura 42: Chaleco

Autor: 123RF

- Establecer las políticas de seguridad, donde se tendrá intervención por parte de los encargados de SSOMA. Los cuales tendrán como función principal la implementación y el cumplimiento de las normas establecidas, esto es obligatorio y de preocupación primordial. Estas políticas de seguridad deben cumplirse y comunicarse a todos los trabajadores, ya que así estas se cumplirán al pie de la letra y no se tendrá problemas con la implementación y/o cumplimientos de estas.



Figura 43: Reuniones SSOMA

Autor: Grupo Caresny Perú

- Evitar las improvisaciones de material, no querer hacer inventos de herramientas o modificar herramientas ya predispuestas para un hecho; ya que esto puede causar accidentes muy graves, como golpes, moretones, fracturas, lesiones, daños de infraestructuras, y en otros casos lamentables, puede ocasionar hasta la muerte. Las improvisaciones las suelen tener empleados nuevos o sin experiencia, así que sería bueno que estos sean capacitados para iniciar a trabajar en el área indicada, para así no tener problemas ni accidentes.



Figura 44: Accidentes de Trabajo

Autor: The Logistic World

CAPÍTULO 5: COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

5.1. Flujo de caja

Para la realización del flujo de caja se debe tener en cuenta:

- Inversión del proyecto:

En la tabla N^o1 se observan los costos de fabricación de la máquina.

Tabla 1: Costos de fabricación de la máquina

COSTOS DE INVERSIÓN EN MATERIALES			
MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Sensores capacitivos 24 V pnp 3 hilos	2	S/ 65.00	S/ 130.00
PLC	1	S/ 600.00	S/ 600.00
Electroválvula 5/2 monoestables	2	S/ 50.00	S/ 100.00
Tornillo, clavos y soportes en L	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Piston 20 x 100 aluminio	2	S/ 90.00	S/ 180.00
Fuente de poder	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Cable	1	S/ 18.00	S/ 18.00
Manguera de 6 mm	3	S/ 2.50	S/ 7.50
Pulsador verde	1	S/ 6.00	S/ 6.00
Pulsador rojo	1	S/ 6.00	S/ 6.00
Pulsador amarillo	1	S/ 6.00	S/ 6.00
Caja de 3 huecos	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Redos 6 mm	1	S/ 4.00	S/ 4.00
Redos ¼ x 6 mm	6	S/ 5.00	S/ 30.00
Redos ⅛ x 6 mm	4	S/ 5.00	S/ 20.00
Tabla de triplex para hacer las cajas	1	S/ 25.00	S/ 25.00
Cuter	1	S/ 2.00	S/ 2.00
Silicona	1	S/ 1.00	S/ 1.00
Plástico acrílico	1	S/ 30.00	S/ 30.00
Caja de pilas + pilas	1	S/ 15.00	S/ 15.00

Tabla base + 2 maderas	1	S/ 40.00	S/ 40.00
Adaptador con conexión a internet	1	S/ 25.00	S/ 25.00
Faja transportadora	1	1S/ 80.00	S/ 80.00
COSTOS DE INVERSIÓN EN OPERACIÓN			
Corte con láser	1	S/ 10.00	S/ 10.00
COSTOS DE INVERSIÓN EN OTROS GASTOS			
Pasajes	1	S/ 80.00	S/ 80.00
TOTAL			S/ 1,530.50

- Depreciación

La máquina se deprecia mediante el método SDA, su vida útil es de 10 años, su valor residual será del 15% del precio inicial.

VALOR DE VENTA 2000.00

VIDA UTIL 10 años

VALOR RESIDUAL 15%

CONTROL DE ACTIVOS

INVERSIÓN

Total de inversión **1530.00**

VR= 15% X 2000 = **300.00**

DEPRECIACIÓN

$$\frac{VL - VR}{\#AÑOS} = \frac{1530 - 300}{10} = \mathbf{123.00}$$

Tabla 2: Depreciación de la máquina

	0	1	2	3	4	5
MAQUINA	1530	1407.00	1284.00	1161.00	1038.00	915.00
DEPRECIACIÓN		123.00	123.00	123.00	123.00	123.00

Se tomará como valor de mercado en los últimos 5 años un total de 3000

VALOR DE MERCADO DE
5º AÑO 3000

TASA IMPOSITIVA 20%

$$\text{RAF (5º AÑO)} = \text{VM} - (\text{VM} - \text{VL}) \times T_x = 3000 - (3000 - 915.00) \times 20\% = \mathbf{2583}$$

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS			1570	1597	1610	1623
INVERSIÓN	-1530.00					
COSTOS DE PRODUCCIÓN			-950	-950	-950	-950
DEPRECIACIÓN						
MÁQUINA SELECCIONADORA			-123.00	-123.00	-123.00	-123.00
UTILIDAD IMPONIBLE			1693.00	1720.00	1733.00	1746.00
IMPUESTO A LA RENTA			282.6	287.46	289.8	292.14
UTILIDAD DISPONIBLE			1410.40	1432.54	1443.20	1453.86
DEPRECIACIÓN			123.00	123.00	123.00	123.00
RAF						2583
FLUJO EFECTIVO NETO	-1530.00	1533.40	1555.54	1566.20	1576.86	1603.10



5.2. Viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica de la máquina clasificadora, se usarán datos obtenidos del flujo de caja

COK= 15%

CÁLCULO TIR	$1530 = 1533.40 * FSA(i,1) + 1555.54 * FSA(i,2) + 1566.20 * FSA(i,3) + 1576.86 * FSA(i,4) + 1603.10 * FSA(i,5)$
TIR =	97.88%
CÁLCULO VAN	$VAN = -1530 + 1533.40 * FSA(0.15,1) + 1555.54 * FSA(0.15,2) + 1566.20 * FSA(0.15,3) + 1576.86 * FSA(0.15,4) + 1603.10 * FSA(0.15,5)$
VAN =	S/3,708.00

TIR = 97.88%

VAN = S/ 3708.00

Con estos indicadores vamos a poder darnos cuenta que el desarrollo de la máquina es viable.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que la implementación de este proyecto podrá en un futuro ayudar a la clasificación de botellas por tamaño, puesto que es un prototipo que cumple su función de manera correcta, gracias al correcto cableado y programación se pudieron lograr los objetivos del proyecto.
2. El orden y la limpieza en el espacio de trabajo va a ser de gran ayuda para poder realizar el proyecto ya que al trabajar con diferentes herramientas como: taladros, cutter, destornilladores, entre otros. El orden ayudará a avanzar de forma correcta y segura el armado del proyecto.
3. Esta máquina fue una buena inversión ya que con una vida útil de 10 años, su valor solo reducirá un 15% del precio inicial. Es decir que se podría vender y obtener una mejor.
4. A lo largo del proyecto pudimos implementar diferentes técnicas y aprendizajes adquiridos en el curso de Automatización Industrial, estos conocimientos podrán ser aplicados en el futuro en una empresa y en un caso real.
5. El software Cosimir ayuda a que se establezca una conexión entre el proyecto físico y la programación, de esta forma se podrá manejar el proyecto de forma correcta y continua.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que al momento de hacer la compra de los materiales se haga una cotización previa y se haga una comparación con los demás precios en el mercado, de esta manera se logrará que el presupuesto inicial pueda disminuir o también que la calidad de algunos materiales pueden mejorar. El hecho de comparar y ver los precios y la calidad de los diferentes materiales a utilizar ayudará en la primera parte del proceso del proyecto, teniendo todos los materiales listos se podrá proceder a su realización.
2. Se recomienda utilizar los implementos de protección personal ya que al realizar el proyecto se trabaja con electricidad lo cual puede ser peligroso para el operario.
3. Una recomendación importante es el de cubrir bien los cables que salen de la fuente de poder, ya que si no se tiene el cuidado adecuado ni los implementos de seguridad podrían electrocutarse al contacto.
4. Al momento de conectar las electroválvulas fijarse bien que prenda su foco; si no prende quiere decir que está mal instalado.
5. Otra de las recomendaciones para lograr que el proyecto funcione de manera correcta es asegurar bien los adaptadores del cilindro neumático de esta manera se podrá evitar fugas de aire.
6. Se debe tener en cuenta que sensores capacitivos emiten un sonido al contacto de la botella, si esto no ocurre es porque algo anda mal con el cableado, se recomienda revisar de manera minuciosa todos los detalles.
7. Con respecto a la faja se recomienda adecuar un voltaje de 3 V a la faja transportadora, sino esta tendrá mucha velocidad y los sensores no captarán las botellas y hará que el proyecto no se desarrolle de manera adecuada pudiendo hasta quitarles tiempo en la realización de este.
8. Al momento de dejar fijo los cilindros neumáticos, antes hay que asegurarse que estén impulsando las botellas a su caja receptora correcta.
9. Seguir las medidas de distribución de área para cada pieza del proyecto y así evitar cortos circuitos.
10. Se recomienda seguir un orden en la programación para evitar que software Cosimir detecte fallos o no se realicen las acciones que queremos implementar para el desarrollo del proyecto físico.
11. Finalmente se recomienda verificar minuciosamente los pequeños detalles del proyecto, ya sea el cableado, la programación o la instalación de cada uno de los componentes pues son esos pequeños detalles que impide que el proyecto pueda realizarse de manera eficiente

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carrillo, D. y Vásquez, J. (2008). Automatización de un invernadero con el PLC S7-200. Universidad Autónoma de Zacatecas.
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmwyMDE0amltZW5lemdvbWV6YWxiZXJ0b3xneDoxMzQzZDUzOWIwZDMzMTcx>

Mandad, E (2009). Autómatas programables y sistema de automatización. Instituto de electrónica aplicada.
<https://books.google.es/books?id=5jp3bforBB8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

DispatchTrack. indicadores de producción para medir el rendimiento de una fábrica. (s.f). Consultado el 2 de junio de 2022. <https://tudashboard.com/indicadores-de-produccion/>

TuDashboard. Cuáles son los principales KPI de producción (s.f). Consultado el 16 de junio de 2022. <https://tudashboard.com/indicadores-de-produccion/>

Cuida tu dinero. Cómo calcular la capacidad efectiva y la eficiencia (s.f). Consultado el 16 de junio de 2022. <https://www.cuidatudinero.com/13074185/como-calcular-la-capacidad-de-produccion>

Valuekeep. ¿Cómo se calcula la disponibilidad de activos? (s.f). Consultado el 16 de junio de 2022. <https://valuekeep.com/es/recursos/blog/disponibilidad-de-los-activos/>