



Implementación de 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

Catota Pinthsa, Pablo Jordan y Díaz Oña, Anthony Roberto

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico

Ing. Constante Prócel, Patricia Nataly

10 de agosto del 2022

Latacunga

Reporte de verificación de contenidos

The logo for COPYLEAKS, featuring the word "COPYLEAKS" in white capital letters on a black background. The letter "O" is stylized with a blue circular outline.

TESIS FINAL PABLO CATOTA-ANTHONY DÍAZ.pdf

Scanned on: 21.6 August 9, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	293
Words with Minor Changes	75
Paraphrased Words	406
Omitted Words	2830

A handwritten signature in blue ink that reads "PATRICIA CONSTANTE".

Ing. Constante Prócel, Patricia Nataly

C.C.: 0503354029



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, **Implementación de 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**, fue realizado por los señores **Catota Pinthsa, Pablo Jordan y Díaz Oña, Anthony Roberto**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizando por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple por los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de agosto del 2022

Ing. Constante Prócel, Patricia Nataly

C.C.: 0503354029



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Catota Pinthsa, Pablo Jordan**, con cédula de ciudadanía n° 0550012561 y **Díaz Oña, Anthony Roberto**, con cédula de ciudadanía n° 0504437070, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Implementación de 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**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 10 de agosto del 2022

Catota Pinthsa, Pablo Jordan

C.C.: 0550012561

Díaz Oña, Anthony Roberto

C.C.: 0504437070



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Autorización de Publicación

Nosotros, **Catota Pinthsa, Pablo Jordan**, con cédula de ciudadanía n° 0550012561 y **Díaz Oña, Anthony Roberto**, con cédula de ciudadanía n° 0504437070, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Implementación de 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**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad

Latacunga, 10 de agosto del 2022

Catota Pinthsa, Pablo Jordan

C.C.: 0550012561

Díaz Oña, Anthony Roberto

C.C.: 0504437070

Dedicatoria

El presente proyecto de titulación está dedicado a mi Dios todo poderoso quien me ha dado la salud, la vida para poder culminar esta meta académica, a mis Padres Julio y Martha, quienes a lo largo de mi carrera universitaria han estado pendientes brindándome siempre su apoyo incondicional.

A mis hermanos por siempre estar vigilantes en el transcurso de mi vida académica.

A los docentes, compañeros de esta grandiosa Universidad.

Catota Pinthsa, Pablo Jordan

Dedicatoria

Dedico este proyecto de titulación a mis padres, Jaime y Mayra quienes han sembrado en mí valores como la responsabilidad y disciplina, ayudándome así a forjar el camino de la superación.

A mis tíos, Robert y Jimena quienes me han acompañado a lo largo de mi vida estudiantil, siendo mis consejeros y apoyándome en todo momento.

Díaz Oña, Anthony Roberto

Agradecimiento

Agradezco a mi Señor Jesucristo por regalarme la sabiduría y así lograr ser un profesional de excelencia.

A mis padres Julio y Martha por estar siempre a mi lado en todo momento a pesar de las dificultades económicas, salud y muchas otras cosas que hemos tenido que superar a lo largo de esta trayectoria. Agradezco el esfuerzo infinito que han hecho para verme triunfar.

Agradezco a mis hermanos Yolanda, Verónica, Elizabeth, Ángel, Lorena, Daniel, Henry, por estar siempre unidos, mirando mi bienestar personal, valoro mucho su esfuerzo y agradezco su incondicional apoyo económico en toda mi carrera universitaria.

A mis docentes quienes con su conocimiento han logrado formar profesionales de alta competitividad en el mundo laboral, en especial a la Ingeniera Patricia Constante por estar siempre guiándonos en la trayectoria de nuestra titulación.

Agradezco a la Asociación de Productores y Comercializadores Agropecuarios de Quinticusig “El Último Inca”, por haberme dado la confianza y el apoyo para poder realizar este proyecto de titulación en sus instalaciones.

Catota Pinthsa, Pablo Jordan

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por darme la vida y guiar mi camino, a mis familiares por brindarme su ayuda siempre que la he necesitado.

Agradezco a la Asociación de Productores y Comercializadores Agropecuarios de Quinticusig “El Último Inca”, por haberme dado la confianza y el apoyo para poder realizar este proyecto de titulación en sus instalaciones.

A la Ing. Patricia Constante por guiarnos en la realización del proyecto, por su tiempo y paciencia.

Díaz Oña, Anthony Roberto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS	10
ÍNDICE DE TABLAS	17
ÍNDICE DE FIGURAS.....	20
Resumen.....	25
Abstract	26
Capítulo I Planteamiento del problema	27
Introducción	27
Antecedentes.....	27
Planteamiento del problema.....	29
Justificación e importancia	30
Objetivos.....	31
<i>Objetivo general.....</i>	<i>31</i>

<i>Objetivos específicos</i>	31
Hipótesis	31
<i>Variable Independiente</i>	31
<i>Variable Dependiente</i>	31
Capítulo II Fundamentación Teórica e Investigación	32
Automatización de procesos	32
<i>Niveles de Automatización</i>	32
<i>Tecnologías empleadas en automatización</i>	33
Tecnologías cableadas.....	33
Técnicas programadas.	34
Equipos de eléctricos y de control	35
PLC	35
Características principales de un PLC.	35
Partes principales de un PLC.....	36
Fuente de alimentación.	37
Sistema HMI	37
Contactores	38
Relé	39
Breakers	41
Variador de frecuencia	42
Fusibles	43

<i>Portafusibles</i>	43
Elementos mecánicos.....	44
<i>Banda transportadora</i>	44
Funcionamiento de una banda transportadora.....	44
Requisitos y ventajas de un transportador.	45
<i>Matriz Cruz de Malta</i>	46
<i>Acero Inoxidable</i>	46
Austeníticos.	47
Ferríticos.....	47
Martensíticos.....	47
Dúplex.....	47
<i>Soldadura Tic</i>	47
Capítulo III Diseño del concepto	49
Planificación y factibilidad de diseño	49
<i>Matriz de calidad</i>	49
Necesidades del usuario.	49
Especificaciones técnicas del proyecto.....	50
Selección de componentes de control	54
<i>Controlador</i>	54
<i>HMI</i>	58
<i>Dispositivo Hardware IoT</i>	62

<i>Variadores de frecuencia</i>	65
<i>Electroválvula neumática para llenadora</i>	69
Diseño de elementos mecánicos	73
<i>Banda transportadora</i>	73
<i>Material para la estructura de la banda transportadora</i>	77
<i>Placas laterales de la banda transportadora</i>	83
<i>Estructura o pedestal de la banda transportadora</i>	84
<i>Bocines y rodillos de la banda transportadora</i>	84
<i>Selección de engranaje</i>	85
<i>Potencia del motor</i>	86
<i>Análisis de la estructura</i>	90
<i>Diseño de la cruz de malta</i>	92
<i>Análisis de esfuerzos en el mecanismo cruz de malta</i>	97
<i>Análisis de la espiga impulsora</i>	99
<i>Complementos del sistema</i>	101
Diseño del tablero de control	102
<i>Dimensionamiento protecciones de control</i>	103
<i>Graficet del proceso</i>	108
<i>Diagrama de control</i>	109
Diseño del tablero de fuerza	111
<i>Dimensionamiento protecciones fuerza</i>	111

<i>Diagrama de fuerza</i>	113
Diseño del sistema neumático	114
<i>Diagrama neumático</i>	117
Diseño del HMI.....	118
<i>Estructura del HMI</i>	118
<i>Pantalla de inicio</i>	119
<i>Pantalla de información</i>	119
<i>Pantalla menú</i>	120
<i>Pantalla modo manual</i>	121
<i>Pantalla modo automático</i>	121
<i>Pantalla IoT</i>	122
Capítulo IV Implementación	123
Implementación de la banda transportadora.....	123
<i>Estructura de la banda transportadora</i>	123
El cordón en la soldadura TIG.....	125
<i>Construcción de las placas laterales y bocines</i>	126
<i>Implementación del reductor a la estructura del transportador</i>	128
<i>Implementación de chumaceras y eje del reductor</i>	128
<i>Armado de engranajes y separadores</i>	129
<i>Armado total de la banda transportadora</i>	130
Implementación de la matriz Cruz de Malta.....	132

<i>Construcción de la mesa</i>	132
<i>Implementación de placas</i>	132
<i>Instalación de chumaceras</i>	134
<i>Matrices conductora y conducida</i>	135
<i>Implementación final</i>	136
Implementación del tablero de control	137
Implementación del tablero de fuerza.....	138
Implementación del tablero neumático.....	140
Implementación del código en el PLC y HMI.....	140
Parámetros en los variadores de velocidad	144
IoT.....	145
Presupuesto de materiales para proyecto implementado.....	150
Trabajos futuros	150
Capítulo V Pruebas y Resultados	151
Pruebas de la banda transportadora	151
Pruebas matriz cruz de malta	153
Pruebas de tableros	155
Pruebas de llenado	157
Pruebas IoT.....	160
Validación de la hipótesis.....	164
Capítulo VI Conclusiones y Recomendaciones	171

Conclusiones.....	171
Recomendaciones.....	173
Bibliografía	174
Anexos.....	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Necesidades del usuario</i>	50
Tabla 2	<i>Especificaciones técnicas del proyecto</i>	51
Tabla 3	<i>Escala Japonesa de relación</i>	52
Tabla 4	<i>Escala de correlaciones</i>	52
Tabla 5	<i>Resultados de matriz QFD</i>	53
Tabla 6	<i>Evaluación de criterios, PLC</i>	56
Tabla 7	<i>Evaluación del criterio, Precio</i>	57
Tabla 8	<i>Evaluación del criterio, Robustez</i>	57
Tabla 9	<i>Evaluación del criterio, E/S</i>	57
Tabla 10	<i>Evaluación de los resultados, PLC</i>	58
Tabla 11	<i>Evaluación de criterios, HMI</i>	60
Tabla 12	<i>Evaluación del criterio, Resolución</i>	61
Tabla 13	<i>Evaluación del criterio, Precio</i>	61
Tabla 14	<i>Evaluación del criterio, Compatibilidad</i>	61
Tabla 15	<i>Evaluación de los resultados, HMI</i>	62
Tabla 16	<i>Alternativas para Gateway IoT</i>	63
Tabla 17	<i>Evaluación de criterios, Gateway IoT</i>	63
Tabla 18	<i>Evaluación del criterio, Precio</i>	64
Tabla 19	<i>Evaluación del criterio, Disponibilidad</i>	64
Tabla 20	<i>Evaluación del criterio, Comunicación</i>	64
Tabla 21	<i>Evaluación de los resultados, Gateway IoT</i>	65
Tabla 22	<i>Alternativas para Variador de frecuencia</i>	66
Tabla 23	<i>Evaluación de criterios, Variador de frecuencia</i>	67
Tabla 24	<i>Evaluación del criterio, Precio</i>	67
Tabla 25	<i>Evaluación del criterio, Disponibilidad</i>	67

Tabla 26	<i>Evaluación del criterio, Macros de conexión</i>	68
Tabla 27	<i>Evaluación de los resultados, Variador de frecuencia</i>	68
Tabla 28	<i>Evaluación de criterios, Electroválvula</i>	71
Tabla 29	<i>Evaluación del criterio, Precio</i>	71
Tabla 30	<i>Evaluación del criterio, Disponibilidad</i>	72
Tabla 31	<i>Evaluación del criterio, Presión</i>	72
Tabla 32	<i>Evaluación de los resultados, Electroválvula</i>	72
Tabla 33	<i>Evaluación de criterios, tipos de banda</i>	75
Tabla 34	<i>Evaluación del criterio, Precio</i>	76
Tabla 35	<i>Evaluación del criterio, Robustez</i>	76
Tabla 36	<i>Evaluación del criterio, Material</i>	76
Tabla 37	<i>Evaluación de resultados, tipo de banda</i>	77
Tabla 38	<i>Evaluación criterios, material estructura de la banda</i>	80
Tabla 39	<i>Evaluación del criterio, durabilidad</i>	81
Tabla 40	<i>Evaluación del criterio, precio</i>	81
Tabla 41	<i>Evaluación de criterio, apto para industria alimenticia</i>	82
Tabla 42	<i>Evaluación de resultados</i>	82
Tabla 43	<i>Selección del engranaje</i>	85
Tabla 44	<i>Datos obtenidos modo automático</i>	98
Tabla 45	<i>Componentes del tablero de control</i>	103
Tabla 46	<i>Consumo de corriente</i>	104
Tabla 47	<i>Características del termomagnético</i>	105
Tabla 48	<i>Consumo de corriente relés</i>	107
Tabla 49	<i>Componentes del tablero de fuerza</i>	111
Tabla 50	<i>Consumo de corriente variadores</i>	112
Tabla 51	<i>Componentes sistema neumático</i>	114

Tabla 52 <i>Características cilindro neumático</i>	115
Tabla 53 <i>Datos de suelda para la construcción de la banda transportadora</i>	124
Tabla 54 <i>Parámetros de suelda para placas</i>	134
Tabla 55 <i>E/S del PLC</i>	140
Tabla 56 <i>Parámetros configurados de variadores</i>	144
Tabla 57 <i>Presupuesto línea de envasado</i>	150
Tabla 58 <i>Pruebas de la banda Transportadora</i>	151
Tabla 59 <i>Pruebas Matriz Cruz de Malta</i>	153
Tabla 60 <i>Pruebas de llenado</i>	157
Tabla 61 <i>Pruebas de llenado</i>	163
Tabla 62 <i>Datos obtenidos modo manual</i>	166
Tabla 63 <i>Datos obtenidos modo automático</i>	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Tecnologías cableadas</i>	33
Figura 2	<i>Técnicas programadas en la industria 4.0</i>	34
Figura 3	<i>PLC y sus partes principales</i>	36
Figura 4	<i>Fuente de alimentación</i>	37
Figura 5	<i>Pantalla HMI</i>	38
Figura 6	<i>Contactor</i>	39
Figura 7	<i>Relé</i>	40
Figura 8	<i>Breakers</i>	41
Figura 9	<i>Diagrama de un variador de frecuencia</i>	42
Figura 10	<i>Variador de frecuencia</i>	43
Figura 11	<i>Banda transportadora</i>	45
Figura 12	<i>Cruz de Malta</i>	46
Figura 13	<i>Soldadura TIG</i>	48
Figura 14	<i>Matriz QFD</i>	53
Figura 15	<i>PLC Logo V8</i>	55
Figura 16	<i>PLC s7-1200</i>	55
Figura 17	<i>PLC Zelio</i>	56
Figura 18	<i>HMI Delta</i>	59
Figura 19	<i>HMI Kinco</i>	59
Figura 20	<i>HMI Siemens</i>	60
Figura 21	<i>Raspberry Pi</i>	65
Figura 22	<i>Variador Sinamics v20</i>	69
Figura 23	<i>Electroválvula CHELIC</i>	70
Figura 24	<i>Electroválvula XCPC</i>	70
Figura 25	<i>Electroválvula KLQD</i>	71

Figura 26 <i>Banda tipo PVC tipo finger</i>	74
Figura 27 <i>Transportador de malla de alambre</i>	74
Figura 28 <i>Banda tipo modular de polipropileno Intralox</i>	75
Figura 29 <i>Datos banda modular Intralox</i>	77
Figura 30 <i>Acero negro</i>	78
Figura 31 <i>Aluminio</i>	79
Figura 32 <i>Acero Inoxidable</i>	80
Figura 33 <i>Placas laterales de la banda transportadora</i>	83
Figura 34 <i>Pedestal de la banda transportadora</i>	84
Figura 35 <i>Bocines y rodillos de la banda transportadora</i>	84
Figura 36 <i>Relación entre la cinta serie 900 y el engrane</i>	86
Figura 37 <i>Tamaño de botella 750 ml</i>	87
Figura 38 <i>Lentax Motores</i>	88
Figura 39 <i>Motor elegido para la banda</i>	89
Figura 40 <i>Chumacera LDK 205</i>	90
Figura 41 <i>Selección de material para el análisis</i>	90
Figura 42 <i>Esfuerzos máximos de la estructura</i>	91
Figura 43 <i>Simbología cruz de malta</i>	92
Figura 44 <i>Bosquejo cruz de malta</i>	94
Figura 45 <i>Mecanismo Matriz Cruz de Malta</i>	97
Figura 46 <i>Análisis de esfuerzos estructura</i>	99
Figura 47 <i>Impulsor</i>	99
Figura 48 <i>Espiga impulsora</i>	100
Figura 49 <i>Bases de las matrices</i>	101
Figura 50 <i>Matriz de nylon</i>	101
Figura 51 <i>Soporte</i>	102

Figura 52	<i>Interruptor termomagnético</i>	105
Figura 53	<i>Tabla de amperaje - calibre de cable</i>	106
Figura 54	<i>Fusible</i>	106
Figura 55	<i>Porta fusible</i>	107
Figura 56	<i>Graficet del proceso</i>	109
Figura 57	<i>Diagrama de control</i>	110
Figura 58	<i>Diagrama de fuerza</i>	113
Figura 59	<i>Placa de datos compresor</i>	114
Figura 60	<i>Diagrama neumático</i>	117
Figura 61	<i>Estructura del HMI</i>	118
Figura 62	<i>Pantalla de inicio</i>	119
Figura 63	<i>Pantalla de información</i>	120
Figura 64	<i>Pantalla MENÚ</i>	120
Figura 65	<i>Pantalla modo MANUAL</i>	121
Figura 66	<i>Pantalla modo AUTOMÁTICO</i>	122
Figura 67	<i>Pantalla IoT</i>	122
Figura 68	<i>Base de banda transportadora</i>	123
Figura 69	<i>Voltajes y Amperajes recomendados para soldadura TIG</i>	124
Figura 70	<i>Suelda del pedestal de la banda</i>	125
Figura 71	<i>Placas laterales y bocines</i>	126
Figura 72	<i>Placas laterales y bocines</i>	127
Figura 73	<i>Implementación del motor</i>	128
Figura 74	<i>Chumacera LDK 205</i>	129
Figura 75	<i>Engranajes y separadores</i>	129
Figura 76	<i>Guías de teflón</i>	130
Figura 77	<i>Montaje de las placas laterales y pedestal</i>	131

Figura 78	<i>Montaje total de la banda transportadora</i>	131
Figura 79	<i>Mesa Cruz de Malta</i>	132
Figura 80	<i>Placas para el sistema</i>	133
Figura 81	<i>Placa base para el motor</i>	133
Figura 82	<i>Chumaceras de piso</i>	134
Figura 83	<i>Implementación chumaceras de piso</i>	135
Figura 84	<i>Matriz impulsada e impulsora</i>	136
Figura 85	<i>Matriz cruz de malta</i>	136
Figura 86	<i>Sujeción de riel DIN y canaletas</i>	137
Figura 87	<i>Montaje de elementos, tablero de control</i>	137
Figura 88	<i>Tablero de control terminado</i>	138
Figura 89	<i>Implementación tablero de fuerza</i>	138
Figura 90	<i>Tablero de fuerza terminado</i>	139
Figura 91	<i>Tapa del tablero de fuerza</i>	139
Figura 92	<i>Tablero neumático</i>	140
Figura 93	<i>Final de carrera de entrada</i>	141
Figura 94	<i>Segmento de inicio del modo automático</i>	142
Figura 95	<i>Segmento de llenado</i>	142
Figura 96	<i>Segmento de corchado</i>	143
Figura 97	<i>Imágenes en la KTP 700</i>	143
Figura 98	<i>Botonera banda transportadora</i>	145
Figura 99	<i>Variador configurado</i>	145
Figura 100	<i>Variables a bloque de datos</i>	146
Figura 101	<i>Paleta PLC en Node-RED</i>	146
Figura 102	<i>Conversión a JSON</i>	147
Figura 103	<i>Dato a Ubidots</i>	147

Figura 104 <i>Dato a Ubidots</i>	148
Figura 105 <i>Dashboard en Ubidots</i>	148
Figura 106 <i>Hoja de cálculo para registro de datos</i>	149
Figura 107 <i>Línea de envasado</i>	149
Figura 108 <i>Parámetro estándar de funcionamiento</i>	152
Figura 109 <i>Línea de proceso</i>	155
Figura 110 <i>Frecuencia de trabajo de la matriz cruz de malta</i>	155
Figura 111 <i>Pruebas de controlador</i>	156
Figura 112 <i>Pruebas variadores</i>	156
Figura 113 <i>Pruebas cilindros</i>	157
Figura 114 <i>Frecuencia variador bomba</i>	159
Figura 115 <i>Frecuencia óptima variador</i>	159
Figura 116 <i>Nivel de líquido</i>	160
Figura 117 <i>Conteo en HMI</i>	160
Figura 118 <i>Monitoreo Ubidots</i>	161
Figura 119 <i>Monitoreo Celular</i>	161
Figura 120 <i>Enviar Informe</i>	162
Figura 121 <i>Registro en hoja de Google</i>	162
Figura 122 <i>Proceso en modo manual</i>	165
Figura 123 <i>Proceso modo automático</i>	165

Resumen

El presente trabajo de titulación muestra la implementación de una línea semiautomática de envasado de vino, mediante la aplicación de sistemas IoT, la línea de envasado consta de etapas de transporte, llenado y corchado, partiendo del diseño, construcción de una banda transportadora, la cual lleva las botellas de vino de 750ml a cada etapa mencionada, el material utilizado para su construcción es el acero inoxidable AISI 304, según la normativa de la normativa técnica para alimentos procesados No. ARCSA-DE-067-2015-GGG, el acero inoxidable posee propiedades de alta resistencia a la corrosión, oxidación y cumple con los parámetros de la industria alimenticia. A más de ello, en la parte mecánica del proyecto se ha realizado el diseño y construcción de una matriz cruz de malta, la cual lleva a las botellas desde la banda transportadora hasta su etapa de corchado, además se realizó la selección de una corchadora manual modelo P45, que fue importada por la empresa, a esta corchadora se realizaron modificaciones eléctricas para ser integrada en la línea de producción. Para la etapa de automatización, se implementaron finales de carrera y actuadores a lo largo de la línea de envasado, se colocaron motores con sus respectivas protecciones y variadores de frecuencia para el control de velocidad de los mismos. En la sincronización del proceso se implementó un control local que tiene acceso el operador, el mismo que cuenta con un PLC, una pantalla HMI para monitoreo y control. Los datos de producción diarios se verán reflejados en la web, mediante la implementación de una red IoT.

Palabras clave: línea semiautomática, banda transportadora, red IoT, HMI.

Abstract

The present degree work shows the implementation of a semi-automatic wine packaging line, through the application of IoT systems, the packaging line consists of transport, filling and corking stages, starting from the design, construction of a conveyor belt, which takes the 750ml wine bottles to each stage mentioned, the material used for its construction is AISI 304 stainless steel, according to the regulations of the technical regulation for processed foods No. ARCSA-DE-067-2015-GGG, stainless steel It has properties of high resistance to corrosion, oxidation and complies with the parameters of the food industry. In addition to this, in the mechanical part of the project, the design and construction of a maltese cross matrix has been carried out, which takes the bottles from the conveyor belt to its corking stage, in addition, a manual corker was selected. model P45, which was imported by the company, electrical modifications were made to this corker to be integrated into the production line. For the automation stage, limit switches and actuators were implemented along the packaging line, motors with their respective protections and frequency inverters were placed to control their speed. In the synchronization of the process, a local control that has access to the operator was implemented, which has a PLC, an HMI screen for monitoring and control. The daily production data will be reflected on the web, through the implementation of an IoT network.

Keywords. semi-automatic line, conveyor belt, IoT network, HMI.

Capítulo I

Planteamiento del problema

Introducción

La automatización de líneas de proceso para el envasado de vino ha sido un gran avance a lo largo de la industria alimenticia, en donde las empresas están en constante innovación debido a que la población mundial cada vez es más grande y a la vez más exigente, entonces como consecuencia existe una mayor demanda de productos, mediante integración de autómatas programables y la interacción del ser humano se puede llegar a tener un complemento en el campo laboral e industrial.

Mediante el presente proyecto, en sus respectivas etapas de transporte, llenado y corchado de botellas de vino se espera aumentar la producción diaria, semanal, mensual, es por ello que la empresa de vinos “El Último Inca” ha optado por automatizar su línea de procesos y así tener un mayor alcance de sus productos en el mercado.

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 que realizan, ya sean empresas de carnes, lácteos, bebidas gaseosas, agua, etc. Un claro ejemplo es la gran multinacional “Coca Cola” la cual a mediados y finales del siglo veinte aproximadamente, realizó su primera línea de envasado semiautomática, es decir, los procesos repetitivos en donde intervenía la mano del hombre ya fue reemplazada por un sistema automatizado con el fin de aumentar el proceso de producción en la industria, reducir los costes de producción, aumento de la competitividad y varios factores más que hoy

en día le permite a Coca Cola ser una de las empresas más grandes a nivel mundial en cuanto a la producción de bebidas gaseosas y procesos automatizados.

En Ecuador se ha venido manejando lo que es la producción de vinos artesanales en diversas provincias, aprovechando así los frutos silvestres que el medio presenta, en vista de la gran demanda han existido proyectos sobre automatización en la industria ecuatoriana con el fin de acelerar los procesos en masa para que los clientes estén satisfechos con el cumplimiento de la empresa en cuanto a los pedidos que tengan. Uno de los proyectos académicos, fue en la ciudad de Loja (Chiriboga & Romero, 2010) quienes realizaron un prototipo sobre la automatización de procesos de envasado y corchado de líquidos, con el fin de evitar procesos manuales y repetitivos. Estos proyectos aplicados en la industria ecuatoriana permitirían tener resultados positivos en cuanto al ahorro de dinero, el personal se podría dedicar a otras labores en la empresa, evitar accidentes labores entre otros.

En nuestra región existe la Asociación de Productores y Comercializadores Agropecuarios de Quinticusig “El último Inca”, ubicada en la provincia de Cotopaxi en el cantón Sigchos en la parroquia Quinticusig, ubicada a 2 horas 30 minutos de Latacunga y considerando que el cantón Sigchos no es una zona industrial, la mayoría de personas del sector se dedican a la agricultura, ganadería, trabajos manuales en asociaciones o micro empresas. Es por ello que la asociación ha optado en aumentar la producción de vinos, el principal producto que la asociación oferta son los vinos de mortiño debido a que es un fruto que posee fósforo, vitaminas B1, C, en la actualidad el vino de mortiño se lo utiliza en dietas alimenticias. Existe otra presentación la cual es un vino de frambuesa, pero este fruto no se lo puede encontrar en grandes cantidades debido a que en el país son escasos los cultivos de la frambuesa, motivo por el cual la mayor venta de vinos se basa en su presentación de mortiño y en una escala menor el sabor a frambuesa. Actualmente la asociación realiza el proceso de producción de forma manual y existe un desabastecimiento del 30% para el cumplimiento de los pedidos realizado por sus clientes.

Al momento, en la etapa de producción la asociación cuenta con 12 trabajadores quienes realizan trabajos manuales y repetitivos, la asociación cuenta con una embotelladora manual y están por adquirir una corchadora manual. Por tal motivo la asociación ha considerado realizar la implementación de una línea semiautomática de envasado de vino mediante el diseño y construcción de una banda transportadora, matriz cruz de malta, automatización de una llenadora, corchadora y el monitoreo IOT del proceso a realizar, con el fin de tener un proceso eficaz y que cumpla con los requerimientos de la empresa.

Planteamiento del problema

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.

De acuerdo a una entrevista realizada al gerente de la asociación, se pudo conocer que la producción mensual es de 10000 botellas de vino, y lo que buscan es incrementarla en un 30%, por tal motivo han tomado la decisión de invertir en una línea de producción automatizada en donde se realice el proceso desde el llenado, hasta el sellado de las botellas de vino, acelerando así el proceso de producción, evitando errores humanos y los procesos repetitivos, proporcionándoles así las herramientas para que el trabajo sea más sencillo y eficiente.

Los trabajadores se distribuyen en secciones de lavado de materia prima, fermentado, cocinado y el proceso de envasado en donde deben llenar las botellas, corcharlas y sellarlas, todo con máquinas manuales, y rotan entre los procesos, por ende les lleva demasiado tiempo en entregar el producto final, lo que se busca es eliminar estos problemas y que la línea automatizada se encargue del proceso desde el envasado hasta la entrega del producto final, y

que los trabajadores se encarguen únicamente del resto de procesos. La gerencia por su parte, requiere conocer la producción diaria sin necesidad de estar presentes en la planta, debido a que se desenvuelven en viajes permanentes buscando nuevo mercado y ofertando el producto a nivel nacional.

Justificación e importancia

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. Además, se pretende monitorear el proceso y llevar un registro de productos diarios en la nube, ya que gracias a las redes IOT, se puede acceder a esta información desde cualquier lugar donde se tenga conexión a internet y es un aspecto importante para la gerencia, ya que no pueden estar presentes en la planta de producción.

Al estar asentada la asociación en una comunidad del cantón Sigchos que es una zona rural y agrícola, se pretende tecnificar los procesos para mejorar la calidad de vida de las personas, tal y como lo describe el objetivo 6 del Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida donde señala además que la ciudadanía del sector rural debe vincularse a los diferentes modos de producción para mejorar la calidad del producto y así priorizar la compra pública a los productores de la zona, para el mejoramiento de la economía social y solidaria.

Adicionalmente el objetivo 5 del Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida menciona, para incrementar la productividad, agregar valor, innovar y ser más competitivo, se requiere la vinculación del sector educativo y académico con la población, por tal motivo se pretende realizar el proyecto para así ayudar a la población de la zona rural a acercarse a la industria 4.0, dando realce a la materia prima que es el mortiño considerado como un producto ancestral, todo esto para contribuir con mejora de los procesos de la asociación y la soberanía alimentaria del Buen Vivir Rural.

Objetivos

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.

Hipótesis

¿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.

Capítulo II

Fundamentación Teórica e Investigación

En el presente capítulo se muestran los fundamentos teóricos e investigados entorno a la implementación de una línea semiautomática de envasado de vino, mediante la implementación de sistemas IOT, a más de ello se presentan contenidos relevantes investigados para la realización del proyecto y que se observarán en todo el documento.

Automatización de procesos

La automatización de procesos a lo largo de la historia ha ido evolucionando y tomando más fuerza a raíz de las necesidades que las empresas presentan para tener un mayor alcance de sus productos en el mercado. La automatización consiste en optimizar procesos repetitivos en donde se ve inmersa la mano del hombre, la cual puede ser sustituida por autómatas programables, máquinas eléctricas, controladores, entre otros, estos procesos deberán ser eficientes, permitirán reducir tiempos de operación, costos, sobre todo deberán presentar un aumento en la producción de los productos y así compensar la inversión que realice una industria en la implementación de nuevas tecnologías.

La automatización se ve relacionada con la automática, la cual indica que es conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas, es por ello que la automatización se identifica como la aplicación de la automática en el control de procesos industriales. (Ponsa Asencio, 2006)

Niveles de Automatización

Existe la automatización de la producción y de los procesos industriales, los mismos pueden ser analizados dependiendo al nivel que corresponden.

- **Nivel 1.** Elemental o nivel de máquina: a este nivel se automatizan las operaciones específicas a realizar en dispositivos mecánicos.
- **Nivel 2.** Máquinas simples: en este nivel se automatizan las tareas a automatizar por máquinas destinadas a la realización de operaciones como pueden ser fresadoras, tornos, taladros industriales, dobladoras, entra otras.
- **Nivel 3.** Proceso: en este nivel se automatiza las tareas combinadas y los dispositivos que se ven inmersos en algún proceso para la elaboración del producto final.
- **Nivel 4.** Nivel de gestión integrada: se combinan todos los elementos, dispositivos implicados en la fabricación de procesos en una empresa o planta industrial (Higuera, 2005)

Tecnologías empleadas en automatización

Tecnologías cableadas. Se identifican como los diseños y dispositivos que van conectados entre sí, con el fin de aportar funciones al proceso automático.

Figura 1

Tecnologías cableadas



Nota. Tomado de (Quimel, 2019)

Técnicas programadas. Comprende el uso de sistemas complejos y genéricos de procesos, en donde intervendrán algoritmos de programación mediante hardware y software integrados en relación con la industria 4.0.

Figura 2

Técnicas programadas en la industria 4.0



Nota. Tomado de (Mesurex, 2022)

Las técnicas se clasifican en:

- **Microprocesadores:** Se presentan a los computadores y pueden ser conectados al proceso de forma similar a como se conecta la lógica cableada. (Higuera, 2005)
- **PC industrial:** se utiliza un ordenador específicamente para el control industrial.
- **Autómata programable:** Son sistemas específicos de control de dispositivos diseñados para su aplicación en un entorno industrial.
- **Control numérico:** se adapta un control numérico computarizado a un control para el funcionamiento de una máquina.
- **Control de robot:** Se utiliza un control diseñado para el movimiento de dispositivos robotizados. (Higuera, 2005)

- **Bus de Control:** Consiste en un sistema de comunicación entre diferentes partes del proceso que se controlan por separado, cuyo funcionamiento debe tener una gran coordinación entre todos los elementos inmersos en el proceso. (Higuera, 2005)

En los procesos de envasado para una línea semiautomática se integran diversos conceptos que van de la mano para que se cumplan los requerimientos establecidos, es por ello que se investigarán diversos componentes en base a las tecnologías de automatización requeridas.

Equipos de eléctricos y de control

PLC

Es un controlador lógico programable, permite que las máquinas reciban control sin necesidad la intervención humana. Un PLC es una computadora industrial que se usa en la ingeniería para la automatización de procesos, la operatividad de un PLC está basada en procesos periódicos y de sucesión, indicando la siguiente secuencia en su operatividad. (Industriasgsl, 2022)

- **Autodiagnóstico:** Revisa todos los circuitos en caso de presentarse algún inconveniente el dispositivo emite una señal de alerta.
- **Lectura de entrada y grabación:** Examina cada entrada y diagnostica el estado en el que se encuentra y graba los procesos de memoria.
- **Lectura y realización del programa:** Utiliza la lectura de entrada a la memoria, realiza el programa instruido a la memoria. (Industriasgsl, 2022)
- **Registro y actualización de salidas.** Se restaura de manera instantánea las salidas. (Industriasgsl, 2022)

Características principales de un PLC. Posee diversas entradas y salidas, entre otras características se tiene.

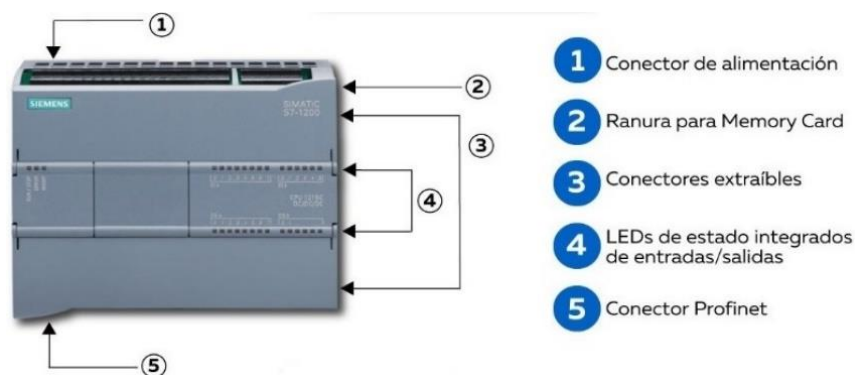
- Controlan entradas y salidas de manera segura
- Poseen una programación compatible con distintos lenguajes
- Posee una interfaz interactiva para el usuario
- Tiene conexión a sistemas para supervisión de datos
- Amplio rango de temperaturas
- Posee inmunidad al ruido eléctrico
- Compatible con protocolos de comunicación

Partes principales de un PLC

- Conector de alimentación
- Ranura para memoria
- Sistema de entradas y salidas
- Conectores extraíbles
- Leds indicadores
- Software de programación

Figura 3

PLC y sus partes principales



Nota. Tomado de (Altamirano, 2022)

Fuente de alimentación. Son dispositivos que basan su funcionamiento en la reducción de tensión en un circuito de alterna y la convierte a una tensión continua mediante un transformador y su posterior rectificado y filtrado de la señal obtenida. (Castillo, 2017)

La fuente de alimentación tiene por objetivo proporcionar el valor de tensión adecuado para el funcionamiento de cualquier dispositivo eléctrico.

Figura 4

Fuente de alimentación



Nota. Tomado de (CITY, PLC CITY, 2022)

Sistema HMI

Se describe como un interfaz humano máquina, dicha abreviación viene dada por su nombre en inglés: Human Machine Interface, esta interfaz permite al operario de una empresa tener el acceso a datos y el monitoreo de la fábrica ya sea en una línea de producción o un sistema automático. Su función principal es mostrar en tiempo real el proceso, visualizar gráficas, mostrar el estado de los elementos como válvulas, sensores, motores, en general parámetros de un proceso determinado. (Autycom, 2020)

Figura 5*Pantalla HMI*

Nota. Tomado de (CITY, PLC CITY, 2022)

Contadores

Un contactor es un equipo eléctrico que permite abrir o cerrar un circuito, estos equipos pueden manejar altas cargas de voltaje dependiendo su aplicación, el contactor funciona aplicando un voltaje a la bobina y crea un campo magnético que mueve a los contactos a una posición cerrada para completar el circuito, para su desactivación se elimina el voltaje a la bobina A1, A2 y los contactos se abrirán nuevamente.

Los contactores son dispositivos importantes para la automatización de motores eléctricos, su correcto funcionamiento permite establecer procesos con autómatas programables. Existen contactores monofásicos que cuentan solo con una fase y un neutro en donde solo se tendrá un pulsador para abrir o cerrar el circuito, este caso por el costo es más rentable usar un relé y en el caso de los contactores trifásicos la bobina se activa por un interruptor con una fase o línea y neutro puede ser el caso que en esta configuración tengamos

220v, si el motor se activa a través de los tres contactos principales, es decir las tres fases L1, L2, L3 se podrá obtener de 380v a 400v.

Para la elección del contactor dependerá de las características requeridas en su aplicación, para ello lo más importante es tomar en cuenta en la elección de un contactor será la corriente, voltaje, condiciones de trabajo, temperatura ambiente, estos datos permitirán que se haga una correcta elección del equipo. (Areatecnología, 2013)

Figura 6

Contactor



Nota. Tomado de (cdtecnología, 2022)

Relé

Es un elemento constituido por devanados y contactos su función es abrir o cerrar un circuito en virtud de la fuerza eléctrica, se los utiliza para conexión de circuitos eléctricos, transmisores de señales, accionamiento de dispositivos. Existen relés electromecánicos los cuales presentan una separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, esta circular por la bobina del electroimán y los circuitos controlados por los contactos, esto permite que puedan

manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. Se los puede encontrar de 8 pines, 12 pines entre otros dependiendo su aplicación. (Industrialesandes, 2022)

Existen diversos tipos de relés dependiendo su aplicación, intensidad, número de contactos, tiempos de activación entre otras, se muestra algunos de los tipos de relé existen.

- **Relé tipo armadura:** provoca la basculación de la armadura al ser activado, cerrando o abriendo los contactos. (Sabaca, 2006)
- **Relé de núcleo móvil:** están formado por un embolo en lugar de una armadura.
- **Relé tipo reed:** Constituida por una ampolla de vidrio, los contactos conmutan para la activación de la bobina (Sabaca, 2006)
- **Relé polarizado:** Posee una armadura y el extremo inferior gira dentro de los polos del electroimán, se polariza en sentido contrario al giro.
- **Relé tripolar:** funciona en cualquier forma ya sea monofásica o trifásica

Figura 7

Relé



Nota. Tomado de (Industrialesandes, 2022)

Breakers

Es un dispositivo de seguridad que se lo utiliza en el campo industrial, domicilios, edificios y se lo conoce como un interruptor automático que corta el paso de la corriente eléctrica, si estos no cumplen con los requerimientos de los equipos instalados, los motivos pueden ser un cortocircuito, altibajos de tensión, que son las más comunes, una vez solucionado los problemas que lo activaron el breaker trabajará correctamente. Estos breakers se los puede encontrar en 120v o 220v según sea el tamaño de la carga de instalación, existen breakers bifásicos o trifásicos y se encuentran ubicados principalmente en los tableros eléctricos.

Presentan características como la tensión de trabajo a la que está diseñado, intensidad nominal a la que trabajará, poder de corte o intensidad máxima que puede interrumpir, poder de cierre que soportará sin sufrir daños y de diversos polos que se pueden conectar al dispositivo. (jdeléctricos, 2021)

Figura 8

Breakers



Nota. Tomado de (ingecom, s.f.)

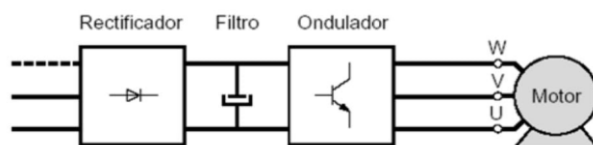
Variador de frecuencia

Variador de frecuencia o convertidor de frecuencia es un aparato destinado a modificar la frecuencia de un motor motivo por el cual variará también la velocidad del mismo, es decir que genera una corriente alterna con la frecuencia y tensión necesaria para accionar dicho motor de corriente alterna. Al accionar el variador de frecuencia se podrá hacer que el motor gire más lento o más rápido dependiendo su entorno de trabajo, independientemente de la frecuencia que se disponga en la red. (Pulido, 2000).

Un variador de frecuencia se lo utiliza en base a algunas necesidades presentes como son: dominio y par de velocidad, regulación sin golpes mecánicos, movimientos complejos, mecánica delicada, en la Figura 9, se presenta como está un diagrama de bloques de la composición del variador.

Figura 9

Diagrama de un variador de frecuencia



Nota. Tomado de (Cabrera, 2022)

Entre las características principales de un variador tenemos:

- Aceleración controlada
- Variación de velocidad
- Regulación adecuada de la velocidad
- Desaceleración controlada
- Inversión del sentido de giro

- Módulo de control

Figura 10

Variador de frecuencia



Nota. Tomado de (Siemens, 2022)

Fusibles

Es un dispositivo capaz de evitar la llegada de una corriente excesiva o sobrecargas eléctricas a diversos aparatos que consumen energía, los fusibles tienen la particularidad que interrumpen automáticamente el paso de corriente en cuanto se produce algún cortocircuito o sobrecarga de este tipo, aplicando una protección eficaz a los aparatos eléctricos. (Vicente, 1999).

Portafusibles

Es un dispositivo encargado de salvaguardar en su interior el fusible, existen diversos modelos de portafusibles en el mercado, irán en función de las dimensiones y características del fusible.

Elementos mecánicos

En el desarrollo de la industria se ha visto que la parte mecánica ha sido un pilar fundamental en los procesos a desarrollarse en las industrias, hablar de los componentes mecánicos de una máquina engloba al diseño de elementos, selección de materiales, análisis de fuerzas y complementos en donde se ve relacionada la física, la cual analizará el movimiento o reposo de los cuerpos bajo la acción de las fuerzas con las que interactúan.

Banda transportadora

Una banda transportadora es una máquina que tiene la función de trasladar de manera eficiente diversos tipos de elementos según sea su diseño y construcción. En la industria se los utiliza para trasladar cajas, botellas, fundas, flores, entre otras, en una línea de producción pueden existir diversas bandas transportadoras, la cual se integrará con otras máquinas para que cumpla con su rol en la línea de proceso.

Funcionamiento de una banda transportadora. Consiste en el movimiento de un soporte físico continuo, la banda o cinta deberá ir sobre unas guías horizontales, estas guías pueden ser de nylon y permitirán que la cinta pueda moverse de forma libre, este movimiento es gracias a un motorreductor que va soldado a un eje al extremo de la banda, el eje dependerá del diámetro del reductor, existen diversas medidas en pulgadas y en milímetros, un eje normal para bandas transportadoras es de una pulgada, este eje posee unos engranes que van en la banda y presionados al eje mediante unos tornillos, así se da el movimiento de la banda dependiendo la aplicación que se la vaya a dar, existe también bandas con poleas, esto es debido a la distancia que debe recorrer la banda, estas poleas permitirán que la transmisión del movimiento sea efectiva.

La velocidad de la banda transportadora dependerá del material, carga, tiempo de operación entre otras, en la actualidad se ha implementado un variador de frecuencia para

controlar la velocidad del reductor, de esta manera se podrá tener un proceso sincronizado con a otras máquinas que aporten al desarrollo de la industria.

EL diseño de bandas transportadoras puede darse en forma curva debido a su aplicación, este tipo de transportadores se pueden ver en aeropuertos para el transporte de las maletas, en líneas de proceso de líquidos, oficinas postales y más, el diseño de los transportadores deberá cubrir las necesidades que se tenga, con el fin de mejorar los procesos. (Industrial, 2020)

Requisitos y ventajas de un transportador.

- Alta resistencia mecánica longitudinal
- Flexibilidad en la dirección
- Elevada resistencia al desgaste
- Poca elasticidad
- Resistencia a la humedad
- Construcción en un material de alta durabilidad

Las bandas transportadoras aportan con procesos cíclicos, flexibilizan procesos repetitivos y pueden trabajar de manera autónoma a la velocidad que desee el usuario.

Figura 11

Banda transportadora



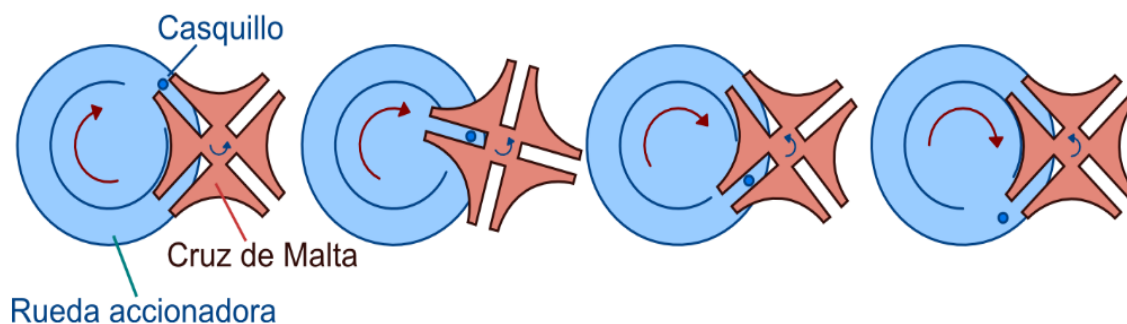
Nota. Tomado de (Metalmecánica, 2018),

Matriz Cruz de Malta

Es un mecanismo en el que el motor hace un girar un volante o luna, este dispone de un vástago, cuando el vástago gira se conecta a una pieza en forma de cruz, la cual girará cada que el vástago llegue a su oficio de giro, esta matriz convierte el movimiento circular en un movimiento intermitente. Su movimiento se da hasta casi el final de la nueva revolución y el volante bloqueará nuevamente a la cruz, hasta llegar a la siguiente hendidura de la cruz y así sucesivamente, se lo conoce también como rueda de ginebra. Su aplicación se verá inmersa en líneas de automatización en donde intervengan bandas transportadoras, corchadora, capsuladoras entre otras, esta cruz llevará una botella de un proceso a otro de manera uniforme, el diseño de las matrices se dará en base a la necesidad de la línea de producción. (Búa, 2014)

Figura 12

Cruz de Malta



Nota. Tomado de (Búa, 2014)

Acero Inoxidable

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro, cromo y carbono que se complementan con otros elementos principalmente el níquel, la adición de cromo es la que les

da la característica de inoxidable, En medios oxidantes el cromo forma una capa de óxido muy fina y compacta que aísla al material de los ataques corrosivos. (Ulbrinox, 2022)

Se considera en especial 4 grupos de los aceros inoxidables.

Austeníticos. Son aleaciones de hierro cromo níquel y carbono, la adición de níquel consigue modificar la estructura en estos materiales, poseen buena soldabilidad, resisten a la corrosión. En este grupo están las aleaciones 201, 301, 304 y 316L. (Ulbrinox, 2022)

Ferríticos. Son también aleaciones de hierro, cromo y carbono, con mayor contenido de cromo y carbono sus valores son: $C < 0,12\%$; $Cr 16-18\%$ y los aceros de este grupo son el 409L, 430,441. (Ulbrinox, 2022)

Martensíticos. Son aleaciones de hierro, cromo y carbono con la siguiente composición: 0.15% y $Cr: 12-15\%$. Presente buenas propiedades mecánicas y alta resistencia a la corrosión. Se los utiliza en instrumentos quirúrgicos y para la cuchillería, son aceros tipo 410, 420, 440A. (Ulbrinox, 2022)

Dúplex. Aleación de Hierro, cromo níquel, pero constituidos en dos fases. austenita y ferrita contiene, $Cr: 18\%$ y 38% $Ni: 4,5\%$ y 8% . Los tipos son 2001, 2304, 2205. (Ulbrinox, 2022)

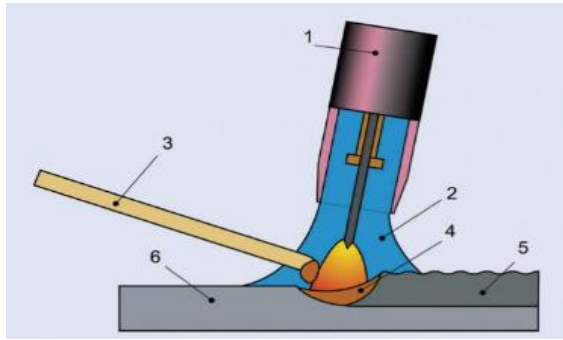
Soldadura TIG

La soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), es un tipo de soldadura de gas inerte de tungsteno, es un proceso de soldadura de gas protector que pertenece a los procedimientos de soldadura por fusión, es un procedimiento en el que el calor necesario para la ejecución de la soldadura es suministrado por un arco eléctrico que se mantiene entre un electrodo no consumible y la pieza en elaboración, el electrodo usado para conducir la corriente es uno de tungsteno, también existen gases protectores como el argón, helio, mezclas de argón helio, argón hidrógeno, cabe recalcar que este tipo de soldadura no tiene presencia de aire, debido a

que el argón gas es volátil y al momento de soldar puede presentar mala penetración en la suelda o a su vez el gas se terminará rápidamente. (Alonso Marcos, 2017).

Figura 13

Soldadura TIG



Nota. Tomado de (Alonso Marcos, 2017)

En la **Figura 13** se puede observar elementos principales en la soldadura TIC

1. Boquilla de gas
2. Gas protector
3. Aporte
4. Baño de soldadura
5. Cordón de soldadura
6. Material a soldar

Capítulo III

Diseño del concepto

En este capítulo se describe el diseño de la parte física para la implementación de una línea semiautomática de envasado de vino, mediante la implementación de sistemas IOT. Se iniciará detallando las principales necesidades y requerimientos que darán lugar a los sistemas y subsistemas a desarrollar en el proyecto planteado.

Planificación y factibilidad de diseño

Se determina las principales características que deben tener los equipos a instalar en función a los requerimientos del cliente. Se lo hará a través de una matriz QFD y se expondrá los parámetros que deben ser tomados en cuenta para la implementación de los equipos.

Matriz de calidad

En esta matriz se comparan las necesidades y expectativas del usuario, se presentarán diversas alternativas que pueden solucionar las necesidades presentes en el proyecto, el diseñador deberá dar prioridad a los elementos que cumplan con los requerimientos de los equipos a instalar en la línea de envasado de vino.

Necesidades del usuario. Las necesidades son los requerimientos que el usuario presenta, según la orientación del proyecto, serán los trabajadores de la Asociación de Productores y Comercializadores Agropecuarios de Quinticusig “El Último Inca”, por lo cual se presentará especificaciones funcionales que se requieren para el diseño final, como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1*Necesidades del usuario*

No.	Necesidad
1	Trabajo continuo de la banda
2	Trabajo continuo de la cruz de malta
3	Trabajo continuo de la corchadora
4	Alimentación de botellas
5	Económica y funcional
6	Llenado automático
7	Corchado automático
8	Interfaz amigable al operario
9	Cumplimiento de normas
10	Monitoreo de producción

Especificaciones técnicas del proyecto. En este apartado se debe tomar en consideración los requerimientos de diseño, esto permitirá definir las respectivas especificaciones técnicas a desarrollar en el proyecto, como se puede evidenciar en la Tabla 2. En esta tabla se encuentran las especificaciones técnicas que estarán inmersas en la automatización de una línea de envasado de vino y representará los “como” dentro de la matriz QFD, es por ello que se deberá analizar la mayor cantidad de métricas posibles, para que el diseño del proyecto sea el óptimo para la empresa.

Tabla 2*Especificaciones técnicas del proyecto*

No.	Necesidad
1	Materiales de calidad
2	Velocidad adecuada de la banda
3	Compresor de aire
4	Nivel de tensión adecuados
5	HMI adecuado para el usuario
6	Normativas de la industria alimenticia
7	Disponibilidad en el mercado
8	Resistente
9	Funcionamiento cíclico
10	Componentes estandarizados

Mediante la definición de las necesidades y especificaciones técnicas, se elaborará una matriz

QFD relacionada al proyecto, tomando en consideración la escala japonesa indicada en la Tabla 3, juntamente con la escala de correlaciones evidenciada en la Tabla 4.

En este apartado se trata de relacionar la influencia de los distintos “QUE” en la obtención de los distintos “COMOS”, es por ello que se tomará en consideración una escala japonesa clásica, acompañado de su estructura, ponderaciones y su simbología respectiva.

(Issuu, 2021)

Tabla 3*Escala Japonesa de relación*

Símbolo	Descripción	Valor
●	Relación fuerte	9
O	Relación moderada	3
▲	Relación débil	1
	Ninguna relación	0

Nota. Tomado de Despliegue de la función de calidad QFD, (Llorente, 2019)

Tabla 4*Escala de correlaciones*

Símbolo	Descripción	Valor
++	Relación fuerte	5
+	Relación moderada	4
0	Relación débil	3
-	Relación muy débil	2
--	Ninguna relación	1

Nota. Tomado de Despliegue de la función de calidad QFD, (Llorente, 2019)

En la Figura 14 se muestra matriz QFD obtenida del proyecto, la cual se la realizó a partir de las necesidades del cliente relacionándola con los requerimientos de diseño ya mencionados, se realiza la ponderación de cada una de ellas ordenándolas de mayor a menor como se evidencia en la Tabla 5.

Figura 14

Matriz QFD

		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	
Núm.	Necesidades	Núm. Imp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Trabajo continuo de la banda	5	●	○		●	●		Δ	○	●	Δ	
2	Trabajo continuo de la cruz de malta	5	●	○		●	○		Δ	○	●	Δ	
3	Trabajo continuo de la corchadora	5	●	○	●	●	○	●	Δ	○	●	Δ	
4	Alimentación de botellas	5	Δ	Δ		○	●	○			●	○	
5	Económica y funcional	3	●		●	Δ	●	●	●	○		●	
6	Llenado automático	4	Δ			○	Δ	●		●	○	○	
7	Corchado Automático	4	Δ	Δ	●	○	Δ	●		●	○	○	
8	Interfaz amigable al operario	5		Δ			●	Δ	●	●		○	
9	Cumplimiento de normas	3	●		○	Δ	○	●	●	Δ		●	
10	Monitoreo de producción	3		●		Δ	●	Δ		Δ		○	
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	

Tabla 5

Resultados de matriz QFD

Hito	Características técnicas	Puntaje
1	HMI adecuado para el usuario	236
2	Funcionamiento cíclico	204
3	Material de calidad	202
4	Normas de la industria alimenticia	194

Hito	Características técnicas	Puntaje
5	Niveles de tensión adecuados	183
6	Resistente	177
7	Componentes estandarizados	132
8	Compresor de aire	117
9	Disponibilidad en el mercado	114
10	Velocidad adecuada de la banda	86

Como se observa en la Tabla 5, las características técnicas con sus ponderaciones respectivas, permitirán la factibilidad del proyecto, como se indica en la matriz QFD.

Con los resultados de la matriz, se procede a clasificar estos en módulos, los cuales se dividen en subsistemas de tal manera que se obtiene una estructura funcional del proyecto, la cual se pretende que cubra todos los requerimientos previstos, por la empresa.

Selección de componentes de control

Controlador

En la industria, los procesos automatizados están controlados por PLC's, en el mercado existe una gran variedad de marcas las cuales se derivan en distintos tipos de controladores, para elegir uno de éstos hay que tomar en cuenta ciertos aspectos como tipos de voltaje de alimentación y entradas, así como el tipo de salidas, entre otros, que se determinan de acuerdo al proceso que se vaya a controlar. Tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, se tienen en el mercado distintas marcas de controladores que pueden trabajar de la misma manera difiriendo en precio, robustez, número de entradas y salidas.

Como primera alternativa se tiene un PLC Logo de Siemens que se observa en la Figura 15, el cual tiene un precio bajo comparado con otros controladores, es robusto frente a

procesos de control domótico y pequeños procesos industriales, posee 8 entradas y 4 salidas de tipo relé.

Figura 15

PLC Logo V8



Nota. Tomado de (Mosvoltaje, s.f.)

La segunda opción es un PLC Siemens s7-1200, se lo puede observar en la Figura 16, tiene un precio un tanto elevado con respecto a otras marcas, es robusto en grandes procesos industriales ya que permite integrar hasta 8 módulos de expansión y tiene alta velocidad de procesamiento, posee 14 entradas digitales, 2 analógicas y 10 salidas digitales tipo relé.

Figura 16

PLC s7-1200

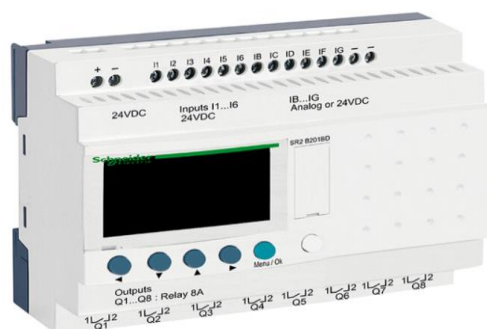


Nota. Tomado de (Mosvoltaje, s.f.)

La tercera opción es un PLC Zelio de Schneider, se lo puede observar en la Figura 17, tiene un precio medio comparado con otros controladores, en varios de los casos ha resultado ser menos robusto que el Logo de Siemens presentando fallas en los relés de las salidas en pocos años de uso, posee 12 entradas y 8 salidas tipo relé.

Figura 17

PLC Zelio



Nota. Tomado de (Electroleg, s.f.)

Una vez descritas las características de cada una de las opciones, se procede a calcular el peso específico de cada criterio en la matriz de selección de alternativas que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6

Evaluación de criterios, PLC

Criterio	Precio	Robustez	E/S	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Precio		1	0,5	2,5	0,31
Robustez	1		1	3	0,38
E/S	0,5	1		2,5	0,31
TOTAL				8	1

En la Tabla 7, se realizó el cálculo de los pesos específicos de cada alternativa en base al peso calculado.

Tabla 7*Evaluación del criterio, Precio*

Precio	Logo	s7-1200	Zelio	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Logo		1	1	3	0,50
s7-1200	0		0	1	0,17
Zelio	0,5	0,5		2	0,33
TOTAL				6	1

En la Tabla 8 se realiza la evaluación del criterio robustez para cada una de las alternativas.

Tabla 8*Evaluación del criterio, Robustez*

Robustez	Logo	s7-1200	Zelio	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Logo		0,5	0,5	2	0,33
s7-1200	1		1	3	0,50
Zelio	0	0		1	0,17
TOTAL				6	1

En la Tabla 9 se realiza la evaluación del criterio entradas y salidas para cada una de las alternativas.

Tabla 9*Evaluación del criterio, E/S*

E/S	Logo	s7-1200	Zelio	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Logo		0	0	1	0,17
s7-1200	1		0,5	2,5	0,42
Zelio	1	0,5		2,5	0,42
TOTAL				6	1

En la Tabla 10, se selecciona la alternativa mejor puntuada.

Tabla 10*Evaluación de los resultados, 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

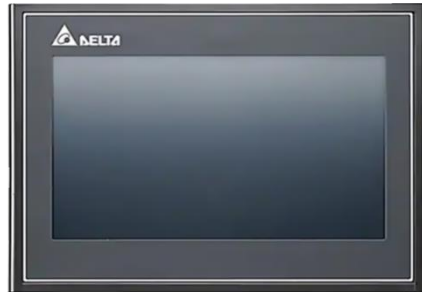
Con los resultados obtenidos en la Tabla 10, se observa que la alternativa correspondiente al PLC s7-1200 está por encima de las otras dos propuestas, siendo así la más apropiada para implementarla en el proyecto en desarrollo.

HMI

Para el control local del proceso y el monitoreo del mismo, se requiere de una Interfaz Humano Máquina, la cual le permite al usuario interactuar con el sistema en tiempo real. Existen varias marcas disponibles en el mercado, de distintos tamaños, en este caso se ha elegido una pantalla de 7 pulgadas, para poder seleccionar una marca en específico hay que tomar en cuenta ciertas características como:

- Resolución
- Precio
- Compatibilidad con el controlador

La primera alternativa es un HMI Delta DOP-107EV, con una resolución de (800x480) pixeles, un precio medio comparado con las otras dos alternativas y si es compatible con el controlador ya seleccionado, sin embargo, se debe utilizar un software diferente al que se necesita para programar el controlador, se la puede observar en la Figura 18.

Figura 18*HMI Delta*

Nota. Tomado de (AUTOMATION, s.f.)

Como segunda alternativa se tiene un HMI de la marca Kinco GI07, se lo puede observar en la Figura 19, tiene una resolución de (800x480) pixeles, un costo bajo y es compatible con varias marcas de controladores incluyendo el controlador ya seleccionado, tomando en cuenta que hay que utilizar un software diferente al que se utiliza para programar el controlador.

Figura 19*HMI Kinco*

Nota. Tomado de (AMSAMOTION, 2022)

Como tercera alternativa, se tiene un HMI de la marca Siemens 6AV2123-2GB03-0AX0, con una resolución de (800x480) pixeles, tiene un precio alto comparado con las otras dos alternativas, pero esto se ve compensado al ser una pantalla robusta y es totalmente compatible con el controlador s7-1200, además se puede utilizar el mismo software para programar la pantalla y el HMI, se la puede observar en la Figura 20.

Figura 20

HMI Siemens



Nota. Tomado (CITY, PLC CITY, s.f.)

Una vez descritas las características a tomar en cuenta en cada alternativa, se procede a calcular el peso específico de cada criterio, en la Tabla 11. La alternativa con mayor puntuación, será la más apta.

Tabla 11

Evaluación de criterios, HMI

Criterio	Resolución	Precio	Compatibilidad	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Resolución		1	0	2	0,36
Precio	0		0	1	0,18
Compatibilidad	0,5	1		2,5	0,45
TOTAL				5,5	1

Posteriormente se calculan los pesos específicos de cada alternativa, en base a los datos obtenidos en la Tabla 12.

Tabla 12*Evaluación del criterio, Resolución*

Resolución	Delta	Kinco	Siemens	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Delta		1	1	3	0,33
Kinco	1		1	3	0,33
Siemens	1	1		3	0,33
TOTAL				9	1

En la Tabla 13, se realiza la evaluación del criterio precio para cada una de las alternativas.

Tabla 13*Evaluación del criterio, Precio*

Precio	Delta	Kinco	Siemens	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Delta		0,5	0,5	2	0,33
Kinco	1		1	3	0,50
Siemens	0	0		1	0,17
TOTAL				6	1

En la Tabla 14, se realiza la evaluación del criterio compatibilidad para cada una de las alternativas.

Tabla 14*Evaluación del criterio, Compatibilidad*

Compatibilidad	Delta	Kinco	Siemens	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Delta		0,5	0,5	2	0,29
Kinco	0,5		0,5	2	0,29
Siemens	1	1		3	0,43
TOTAL				7	1

En la Tabla 15 se selecciona la alternativa mejor puntuada.

Tabla 15*Evaluación de los resultados, HMI*

Conclusión	Resolución	Precio	Compatibilidad	Σ	Prioridad
Delta	0,121	0,061	0,130	0,312	3
Kinco	0,121	0,091	0,130	0,342	2
Siemens	0,121	0,030	0,195	0,346	1

En base a los resultados obtenidos en la Tabla 15, se deduce que la mejor opción es el HMI de la marca Siemens, aunque el precio sea elevado es una pantalla robusta y como se había mencionado con anterioridad, es totalmente compatible con el controlador S7-1200.

Dispositivo Hardware IoT

En el proceso de selección de un dispositivo Gateway IoT, hay que tener en cuenta varios aspectos como la cantidad de datos que se van a subir a la nube y viceversa, en este caso no son tantos los datos que se van a enviar a la web, por lo tanto, no es necesario un dispositivo tan robusto.

Existen varias alternativas, en este caso se han resumido las opciones en tres módulos, los cuales difieren en criterios importantes como:

- Precio
- Disponibilidad en el mercado
- Tipo de comunicación

En la Tabla 16, se describen las características del módulo IoT 2040 de Siemens, el módulo Sukon y la Raspberry pi.

Tabla 16*Alternativas para Gateway IoT*

Alternativa	Características
IOT 2040	Precio alto Bajo pedido Ethernet
Sukon	Precio medio Bajo pedido (China) Ethernet
Raspberry	Precio bajo Ofertada por varios proveedores Ethernet

Una vez descritas las características de cada alternativa, se procede al cálculo de los pesos específicos de cada criterio.

Tabla 17*Evaluación de criterios, Gateway IoT*

Criterio	Precio	Disponibilidad	Comunicación	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Precio		0,5	0,5	2	0,25
Disponibilidad	1		1	3	0,38
Comunicación	1	1		3	0,38
TOTAL				8	1

En la Tabla 18, se realiza la evaluación del criterio precio para cada una de las alternativas.

Tabla 18*Evaluación del criterio, Precio*

Precio	IoT 2040	Sukon	Raspberry	$\Sigma+1$	Peso ponderado
IoT 2040		0	0	1	0,17
Sukon	0,5		0,5	2	0,33
Raspberry	1	1		3	0,50
TOTAL				6	1

En la Tabla 19, se realiza la evaluación del criterio disponibilidad para cada una de las alternativas.

Tabla 19*Evaluación del criterio, Disponibilidad*

Disponibilidad	IoT 2040	Sukon	Raspberry	$\Sigma+1$	Peso ponderado
IoT 2040		0,5	0,5	2	0,33
Sukon	0		0	1	0,17
Raspberry	1	1		3	0,50
TOTAL				6	1

En la Tabla 20 se realiza la evaluación del criterio comunicación para cada una de las alternativas.

Tabla 20*Evaluación del criterio, Comunicación*

Comunicación	IoT 2040	Sukon	Raspberry	$\Sigma+1$	Peso ponderado
IoT 2040		1	1	3	0,33
Sukon	1		1	3	0,33
Raspberry	1	1		3	0,33
TOTAL				9	1

En la Tabla 21, la alternativa mejor puntuada será la que se utilizará para el envío de datos a la nube.

Tabla 21

Evaluación de los resultados, Gateway IoT

Conclusión	Precio	Disponibilidad	Comunicación	Σ	Prioridad
IoT 2040	0,042	0,125	0,125	0,292	2
Sukon	0,083	0,063	0,125	0,271	3
Raspberry	0,125	0,188	0,125	0,438	1

La raspberry es la mejor opción ya que es de bajo costo, se muestra en la Figura 21, además, para la cantidad de datos que se van a enviar a la nube es muy útil, se puede comunicar con el controlador por medio del switch ethernet, y con la nube por medio de conectividad Wi-Fi o ethernet.

Figura 21

Raspberry Pi



Nota. Tomado de (Amazon, 2020)

Variadores de frecuencia

Encargados de regular la velocidad del motor de la banda transportadora, así como de la velocidad de giro del eje impulsor en el mecanismo denominado cruz de malta, y de regular la velocidad de giro de la bomba que alimenta de vino a la llenadora.

En total son 3 variadores de frecuencia, los cuales deben tener la potencia de cada uno de los motores, para elegir el adecuado se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Precio
- Disponibilidad
- Macros de conexión

A continuación, se presentan 3 alternativas en marcas como Siemens, Delta y Weg con sus respectivas características.

Tabla 22

Alternativas para Variador de frecuencia

Alternativa	Características
Sinamics	Precio alto Ofertado por varios proveedores Varios disponibles
Delta	Precio medio Poca variedad Limitado
Weg	Precio alto Poca variedad Limitado

Se procede a realizar la tabla de selección de alternativas, empezando por el cálculo de los pesos de cada criterio.

Tabla 23*Evaluación de criterios, Variador de frecuencia*

Criterio	Precio	Disponibilidad	Macros	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Precio		0,5	0,5	2	0,25
Disponibilidad	1		1	3	0,38
Macros	1	1		3	0,38
TOTAL				8	1

En base al peso calculado anteriormente, se procede al cálculo de la mejor alternativa.

Tabla 24*Evaluación del criterio, Precio*

Precio	Sinamics	Delta	Weg	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Sinamics		0,5	0,5	2	0,33
Delta	1		1	3	0,50
Weg	0	0		1	0,17
TOTAL				6	1

En la Tabla 25, se realiza la evaluación del criterio disponibilidad para cada una de las alternativas.

Tabla 25*Evaluación del criterio, Disponibilidad*

Disponibilidad	Sinamics	Delta	Weg	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Sinamics		1	1	3	0,43
Delta	0,5		0,5	2	0,29
Weg	0,5	0,5		2	0,29
TOTAL				7	1

En la Tabla 26 se realiza la evaluación del criterio macros de conexión para cada una de las alternativas.

Tabla 26*Evaluación del criterio, Macros de conexión*

Macros	Sinamics	Delta	Weg	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Sinamics		1	1	3	0,43
Delta	0,5		0,5	2	0,29
Weg	0,5	0,5		2	0,29
TOTAL				7	1

En la Tabla 27, se muestra la alternativa mejor puntuada, en este caso la marca del variador de frecuencia a utilizar.

Tabla 27*Evaluación de los resultados, Variador de frecuencia*

Conclusión	Precio	Disponibilidad	Macros	Σ	Prioridad
Sinamics	0,083	0,161	0,161	0,405	1
Delta	0,125	0,107	0,107	0,339	2
Weg	0,042	0,107	0,107	0,256	3

En la Figura 27, se observa el variador correspondiente a la primera alternativa, es un Sinamics v20 de Siemens, es un variador con un costo elevado, sin embargo, es robusto en aplicaciones industriales, está disponible en varios lugares que ofertan material eléctrico y tiene varios macros de conexión para poder controlarlo de distintas formas, por lo descrito anteriormente es muy utilizado en la industria, para mover bandas transportadoras, bombas centrífugas, entre otras aplicaciones.

Figura 22

Variador Sinamics v20



Nota. Tomado de (CITY, PLC CITY, s.f.)

Electroválvula neumática para llenadora

La máquina llenadora posee un cilindro neumático encargado de subir y bajar el cuerpo de válvulas que suministran el vino a cada una de las botellas, para controlar dicho movimiento es necesaria una electroválvula neumática. Tomando en cuenta que la presión de trabajo que se maneja en la planta de producción de vino es de 70 PSI, se debe seleccionar el elemento que maneje una presión superior a la ya mencionada.

En la Figura 23, su puede observar la electroválvula de la marca CHELIC 5/3, que maneja una presión máxima de 135 PSI que es superior a la presión de trabajo, un precio medio con respecto a las otras alternativas consideradas y su disponibilidad es inmediata.

Figura 23*Electroválvula CHELIC*

Nota. Tomado de (TOKOPEDIA, s.f.)

Como segunda alternativa, se tiene una electroválvula 5/3 de marca XCPC, tiene un precio alto, es escasa en el mercado, y maneja una presión máxima de 167 PSI, se la puede observar en la Figura 24.

Figura 24*Electroválvula XCPC*

Nota. Tomado de (Romecoindusdustrial, s.f.)

En la Figura 25, se presenta la tercera alternativa que es una electroválvula 5/3 de la marca KLQD con un precio bajo, está disponible bajo pedido y maneja una presión máxima de 116 PSI.

Figura 25*Electroválvula KLQD*

Nota. Tomado de (Romecoindustrial, s.f.)

Una vez conocidos los criterios a tomar en cuenta, se procede a calcular sus pesos específicos.

Tabla 28*Evaluación de criterios, Electroválvula*

Criterio	Precio	Disponibilidad	Presión	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Precio		0,5	0	1,5	0,23
Disponibilidad	1		0	2	0,31
Presión	1	1		3	0,46
TOTAL				6,5	1

En las Tablas 25 a las 28, se calculan los pesos específicos para cada alternativa, basados en el peso de la Tabla 28.

Tabla 29*Evaluación del criterio, Precio*

Precio	CHELIC	XPCP	KLQD	$\Sigma+1$	Peso ponderado
CHELIC		0,5	0,5	2	0,31
XPCP	1		1	3	0,46
KLQD	0	0,5		1,5	0,23
TOTAL				6,5	1

En la Tabla 29, se realiza la evaluación del criterio disponibilidad para cada una de las alternativas.

Tabla 30

Evaluación del criterio, Disponibilidad

Disponibilidad	CHELIC	XCPC	KLQD	$\Sigma+1$	Peso ponderado
CHELIC		1	1	3	0,46
XCPC	0		0,5	1,5	0,23
KLQD	0,5	0,5		2	0,31
TOTAL				6,5	1

En la Tabla 30, se realiza la evaluación del criterio presión para cada una de las alternativas.

Tabla 31

Evaluación del criterio, Presión

Presión	CHELIC	XCPC	KLQD	$\Sigma+1$	Peso ponderado
CHELIC		1	1	3	0,33
XCPC	1		1	3	0,33
KLQD	1	1		3	0,33
TOTAL				9	1

Finalmente se presentan las puntuaciones para cada alternativa, la que mayor puntuación tenga es la más óptima.

Tabla 32

Evaluación de los resultados, Electroválvula

Conclusión	Precio	Disponibilidad	Presión	Σ	Prioridad
CHELIC	0,071	0,142	0,154	0,367	1
XCPC	0,107	0,071	0,154	0,331	2
KLQD	0,053	0,095	0,154	0,302	3

En base a la Tabla 32, la alternativa 1 es la mejor puntuada y corresponde a una electroválvula CHELIC de 5 vías y 3 posiciones, tomando en cuenta que la posición central es normalmente cerrada, sus bobinas se accionan con 110 VAC y son intercambiables.

Diseño de elementos mecánicos

Los elementos y máquinas en una línea semiautomática de envasado de vino, son de vital importancia debido a que sus procesos a cumplir se irán complementando con la parte de control, en este apartado se realizará un diseño y selección de los principales componentes de una banda transportadora y cruz de malta.

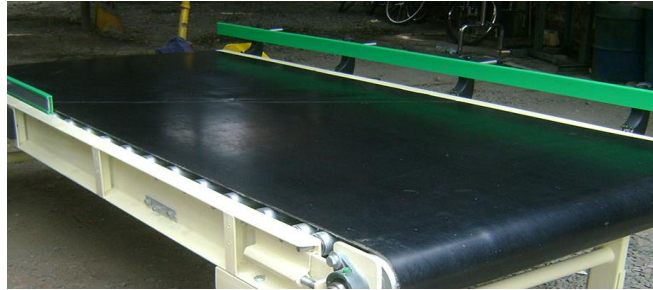
Banda transportadora

Un transportador o también conocida como banda transportadora, es una máquina de gran utilidad en la industria, ya que puede conducir cajas, botellas y diversos materiales a distancias requeridas por la industria. Para la selección de los principales materiales que intervienen en una banda transportadora hay que tomar en cuenta, cual va a ser su aplicabilidad dentro de la línea de automatización, para el caso el transporte es de botellas de vino, entonces se deberá partir de una selección de cinta transportadora la cual permita el correcto transporte de las botellas.

Como primera alternativa se tiene una banda de rodillos que es muy usada en nuestro medio para el transporte de pequeños y grandes sistemas en la industria, consiste en un material ligero de PVC de grado alimenticio tipo finger, se la encuentra en el mercado con normalidad y con las características que se requieran.

Figura 26

Banda tipo PVC tipo finger

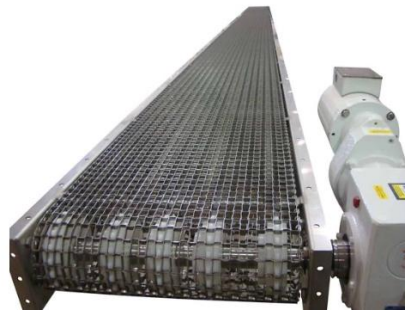


Nota. Tomado de (Sas, 2020)

Como segunda opción se tiene un transportador de malla de alambre, este tipo de transportador se lo utiliza para el transporte de línea alimenticia, están construías en materias de acero inoxidable, pueden soportar altas y bajas temperaturas, es común en el mercado, pero su costo es un tanto elevado por las fibras que tiene en su composición.

Figura 27

Transportador de malla de alambre



Nota. Tomado de (Ultimationinc, 2022)

Como tercera opción tenemos un transportador modular de plástico Intralox, este tipo de bandas y cadenas son fabricados con módulos de plástico , son ensambladas con un modelo acoplado e intercalado con pequeñas varillas que unirán la cadena con una longitud normal y

eficiente, este tipo de bandas se las utiliza exclusivamente en el transporte de botellas, posee alta resistencia y es adaptable a cualquier medida, carga, velocidad, longitud, los lineamientos de este tipo de banda reduce costos y mantenimiento, no se pegan a la base de la estructura de la banda, debido a que en su construcción mecánica posee unos engranajes y se los seleccionará dependiendo la serie de banda que se utilice. (Intralox, Intralox, 2022)

Figura 28

Banda tipo modular de polipropileno Intralox



Nota. Tomado de (Intralox, Intralox, 2022)

Una vez descritas las características de cada una de las opciones, se procede a calcular el peso específico de cada criterio en la matriz de selección de alternativas que se detalla en la Tabla 33.

Tabla 33

Evaluación de criterios, tipos de banda

Criterio	Precio	Robustez	Material	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Precio		1	1	3	0,38
Robustez	1		1	3	0,38
Material	0,5	0,5		2	0,25
TOTAL				8	1

En la Tabla 34, se observa el cálculo de los pesos específicos de cada alternativa en base al peso calculado.

Tabla 34

Evaluación del criterio, Precio

Precio	PVC	Malla	Intralox	$\Sigma+1$	Peso ponderado
PVC		1	0,5	2,5	0,33
Malla	0,5		0,5	2	0,27
Intralox	1	1		3	0,40
TOTAL				7,5	1

En la Tabla 35, se realiza la evaluación del criterio robustez para cada una de las alternativas especificadas.

Tabla 35

Evaluación del criterio, Robustez

Robustez	PVC	Malla	Intralox	$\Sigma+1$	Peso ponderado
PVC		0,5	1	2,5	0,33
Malla	0,5		0,5	2	0,27
Intralox	1	1		3	0,40
TOTAL				7,5	1

Tabla 36

Evaluación del criterio, Material

Material	PVC	Malla	Intralox	$\Sigma+1$	Peso ponderado
PVC		0,5	0,5	2	0,29
Malla	0,5		0,5	2	0,29
Intralox	1	1		3	0,43
TOTAL				7	1

En la Tabla 37 se elegirá la alternativa mejor puntuada en el análisis.

Tabla 37

Evaluación de resultados, tipo de banda

Conclusión	Precio	Robustez	Material	Σ	Prioridad
PVC	0,134	0,087	0,071	0,292	3
Malla	0,107	0,115	0,089	0,312	2
Intralox	0,134	0,173	0,089	0,396	1

En los resultados obtenidos en la Tabla 37, se puede evidenciar que el mejor tipo de banda para el proyecto es la Intralox, la cual es exequible por su precio, calidad, durabilidad, robustez entre otras y permitirá que nuestro transportador de botellas funcione correctamente.

En la Figura 29, se presenta los datos más importantes de la banda Intralox.

Figura 29

Datos banda modular Intralox

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

Nota. Tomado de (Intralox, Intralox, 2022)

Material para la estructura de la banda transportadora

El material que se debe tomar en cuenta para la estructura de la banda, deberá contar con propiedades inoxidables y que se los pueda encontrar en el medio, debido a que la

estructura va a estar expuesta al contacto con agua, vino, entre otros agentes harán que el material se oxide sino es elegido con precaución.

Como primera alternativa se presenta el acero negro el cual posee una eficiente resistencia a la tensión, este tipo de acero posibilita alta carga en su aplicación, es muy común encontrarlo en el campo industrial, este acero cuenta con una alta probabilidad de oxidación y corrosión, lo bueno de este material es que no presenta con minuciosidad daños externos por lo que no requiere un gran mantenimiento. (Aceropedia, 2022)

Figura 30

Acero negro



Nota. Tomado de (Aceropedia, 2022)

Como segunda opción se tiene el aluminio el cual es un tercio más liviano que el acero, en su composición puede adaptarse a la aplicación que se le vaya a dar, el aluminio genera naturalmente una capa muy resistente a la corrosión. La mayor cantidad de aplicaciones del aluminio no requiere ningún recubrimiento protector, El aluminio presenta una resistencia a la tracción de 90 Mpa, dato muy útil que lo convierte un metal óptimo en estructuras.

Figura 31*Aluminio*

Nota. Tomado de (Importancia, 2022)

Como tercera opción tenemos el acero inoxidable, el cual es utilizado en gran parte de la industria alimenticia, según la normativa técnica para alimentos procesados No. ARCSA-DE-067-2015-GGG, indica que los productos procesados o elaborados en líneas de producción certificadas deberán tener buenas prácticas de manufactura, estos productos elaborados no deberán tener contacto con materiales oxidantes debido a que deben obtener una buena calificación sanitaria, sino la empresa no podrá promocionar sus productos en el mercado (Pública, 2016).

Es por ello que el acero inoxidable presenta capacidades antioxidantes, una alta resistencia a la tracción, durabilidad, posee entre el 10% y 12% del cromo y un máximo de 1.2% de carbono en masa, el cual genera sus propiedades antioxidantes y anticorrosión, su precio es moderado en el mercado, presenta robustez en los trabajos estructurales, La resistencia máxima a la tracción de los aceros inoxidables varían entre los tipos AISI 304 y su resistencia es de 515 Mpa, el tipo 304L es de 485 Mpa, así varía respectivamente según su concentración de cromo, carbono y otros materiales que son aleación para el acero inoxidable.

Figura 32*Acero Inoxidable*

Nota. Tomado de (Enacero, 2022)

Una vez descritas las características de las opciones de los materiales que se pueden implementar en la estructura de la banda transportadora, se procede a calcular el peso específico de cada criterio, en la matriz de selección de alternativas que se detalla en la Tabla 38.

Tabla 38

Evaluación criterios, material estructura de la banda

Criterio	Durabilidad	Precio	Apto para Industria Alimenticia	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Durabilidad		1	1	3	0,38
Precio	1		0,5	2,5	0,31
Apto para Industria Alimenticia	0,5	1		2,5	0,31
TOTAL				8	1

Se ha realizado el cálculo de los respectivos pesos específicos de cada alternativa.

Tabla 39*Evaluación del criterio, durabilidad*

Durabilidad	Acero Negro	Aluminio	Acero Inoxidable	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Acero Negro		0	0,5	1,5	0,20
Aluminio	1		1	3	0,40
Acero Inoxidable	1	1		3	0,40
TOTAL				7,5	1

En la Tabla 40, se observa que el criterio de durabilidad es de gran importancia debido a que los trabajos en estructuras se los debe realizar con garantía en cuanto a su duración, es por ello que se lo toma en cuenta para el análisis. Dentro de este análisis se tiene que el acero negro presenta una menor duración debido a que posee menos capacidad antioxidante por la ausencia de cromo, esto hace que su composición esté expuesta a contaminación por agentes oxidantes y reduce su tiempo de vida útil.

Tabla 40*Evaluación del criterio, precio*

Precio	Acero Negro	Aluminio	Acero Inoxidable	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Acero Negro		0,5	0,5	2	0,27
Aluminio	0,5		1	2,5	0,33
Acero Inoxidable	1	1		3	0,40
TOTAL				7,5	1

La relación del precio entre los distintos materiales no tiene mucha variación debido a que son materiales que existen en el mercado y son utilizados en el campo industrial, pero aun así se ha logrado elegir el más óptimo según la necesidad de la empresa.

Tabla 41*Evaluación de criterio, apto para industria alimenticia*

Apto para Industria Alimenticia	Acero Negro	Aluminio	Acero Inoxidable	$\Sigma+1$	Peso ponderado
Acero Negro		0	0,5	1,5	0,23
Aluminio	0		1	2	0,31
Acero Inoxidable	1	1		3	0,46
TOTAL				6,5	1

El campo de la industria alimenticia es muy amplio debido a que las normativas de salud exigen que las máquinas y sus elementos deben ser de acero inoxidable, ya que van a estar en contacto constantemente con el agua y se sabe que el agua genera oxidación en materiales que no sean inoxidables.

Tabla 42*Evaluación de resultados*

Conclusión	Durabilidad	Precio	Apto para industria alimenticia	Σ	Prioridad
Acero Negro	0,075	0,083	0,072	0,230	3
Aluminio	0,150	0,104	0,096	0,350	2
Acero Inoxidable	0,150	0,125	0,144	0,419	1

Como se ha podido ver los análisis respectivos de cada criterio se ha tomado en cuenta las relaciones en cada parámetro de análisis, existe una competencia entre el aluminio y el acero inoxidable ya que ambos están en el campo de la industria alimenticia pero debido al parámetro de durabilidad y una parte de los costos, es por ello que se evidencia que el más viable es el acero inoxidable.

Placas laterales de la banda transportadora

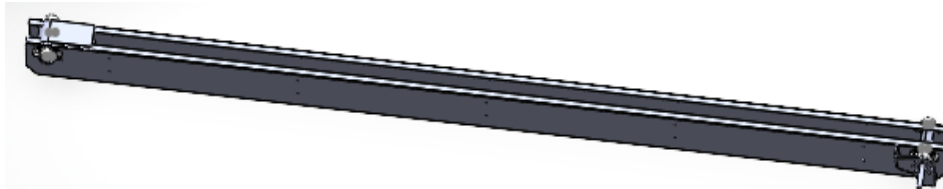
Como ya se analizó anteriormente el tipo de cinta transportadora que se va a implementar en el proceso, la cual fue una Intralox y el recorrido se planea que sea lineal, entonces se procede a especificar las características principales que la empresa ha solicitado para el diseño de la banda transportadora.

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

En la Figura 33 se observa el diseño CAD de las placas laterales de la banda transportadora, la cual se la ha diseñado en base a la medida de la botella de 750 ml que la empresa maneja y con las medidas que va a tener la línea de envasado.

Figura 33

Placas laterales de la banda transportadora.



Las placas laterales serán construidas en base a un perfil tipo C en acero inoxidable AISI 304 y sus medidas son 4200mm de longitud, 190mm de alto y 30mm ancho, estas placas laterales forman parte de la estructura en donde se alojan las chumaceras, eje del motor, piñones, cinta transportadora, entre otros elementos.

Estructura o pedestal de la banda transportadora

Figura 34

Pedestal de la banda transportadora

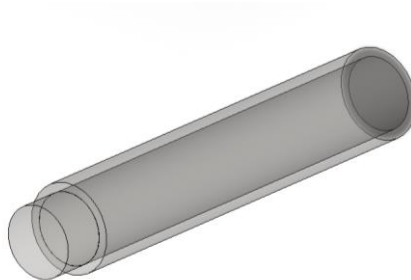


Este pedestal está diseñado en base a un perfil de tubo cuadrado de 50mm, el pedestal cuenta con las siguientes medidas, la base es de 2900mm de largo, dos tubos cuadrados de 815mm de alto y cuenta con dos tubos laterales 650mm de largo y en sus extremos posee unas placas cuadradas de 120mm que servirán para sujetarlas a las placas laterales de la banda transportadora.

Bocines y rodillos de la banda transportadora

Figura 35

Bocines y rodillos de la banda transportadora



Los bocines son ejes pequeños de 100 mm de largo, 8 mm de diámetro, asignado con un material de acero inoxidable AISI 304, los mismos que irán soldados a las placas laterales de la banda transportadora, estos bocines servirán como base para unos rodillos de teflón de

90mm de largo, diámetro externo de 10mm y 8mm de diámetro interno, estos rodillos a su vez servirán como una base para la cinta transportadora, la misma que estará girando en medio de las barras laterales de la banda transportadora y estos rodillos permitirán que el movimiento sea libre en el propio eje de giro de la cinta.

Selección de engranaje

Como se ya se indicó que se va a trabajar con una banda tipo modular de la serie Intralox, la selección de piñones se hará en base al catálogo de Intralox debido a que la empresa ya cuenta con piñones preseleccionados para cada tipo de cinta transportadora.

(Intralox, Manual de Ingeniería Intralox, 2022).

El manual de ingeniería de Intralox presenta algunas consideraciones especiales en la banda modular de serie 900 para la selección del engranaje.

Tabla 43

Selección del engranaje

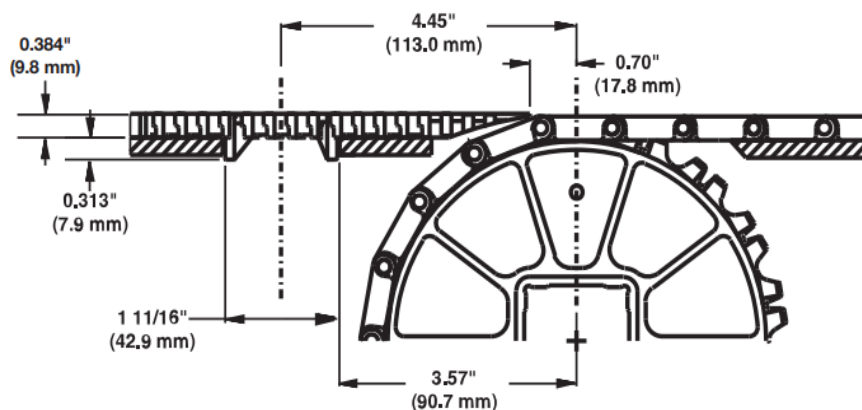
Transportador	Diámetro de paso de engrane recomendado	Tipo de transportador o molde	Ancho del transportador	Número de engranes
		Plano a lo ancho (Flat Top Mold to Width)	3,25 pulgadas 83 mm	2
		Plano a lo ancho (Flat Top Mold to Width)	4,45 pulgadas 113 mm	3
Modular de Intralox serie 900	3.5 pulgadas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

Nota. Tomado de (Intralox, Manual de Ingeniería Intralox, 2022)

Debido al diámetro de la botella es de 74,9 mm se ha elegido que el ancho del transportador sea de 89 mm según el catálogo de Intralox, como se observa en la Tabla 43, se requerirán dos engranes para que la cinta transportadora realice su trabajo de forma continua.

Figura 36

Relación entre la cinta serie 900 y el engrane



Nota. Tomado de (Intralox, Manual de Ingeniería Intralox, 2022)

Potencia del motor

Para movimiento de la banda transportadora se debe colocar un motor el cual permitirá girar la cinta y producirá el movimiento las botellas en la línea de envasado a los largo de todas las etapas

Datos iniciales para el cálculo del motor.

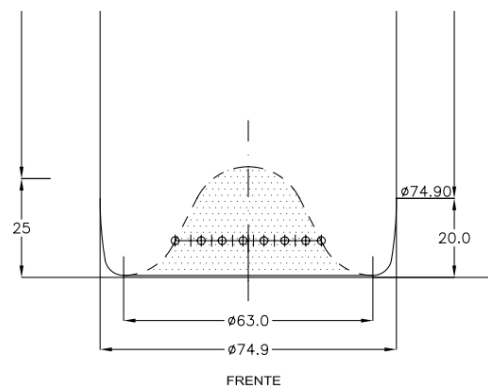
- Longitud de la banda 4200mm
- Ancho de la banda 107mm
- Peso de la cinta para 8 metros de longitud 4.4 kg/m (Intralox, Intralox, 2022)
- Alto del armazón 9.8mm
- Gravedad 9.81 m/s

Para el cálculo de la masa total de la banda se tiene un peso de cada botella de 1.2 Kg considerando q tienen un diámetro de 74,9mm según (Intralox, Intralox, 2022), también influirá la fuerza que hace la llenadora sobre la cinta que es de 950 N.

Una vez obtenidos los datos para la selección del motor se procese a aplicarlos en la Ecuación (3.1).

Figura 37

Tamaño de botella 750 ml



En la Figura 37 se observa, el diámetro de la botella es importante para el cálculo del motor, debido a que los 4200mm del total de la banda serán divididos para los 74,9mm de la botella

Se determina la potencia de cálculo en base a los datos del proyecto.

$$P = \frac{W}{t} \quad (3.1)$$

Donde W es el trabajo realizado y t es la unida de tiempo.

$$P = \frac{F * d}{t} \quad (3.2)$$

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

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

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

$$P = 301,83 \text{ Watt}$$

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

Para la potencia de entrada para la preselección de las características del reductor, la potencia de entrada es la potencia teórica afectada por el rendimiento del reductor, siendo el rendimiento el dato que se obtiene del fabricante. Para el rendimiento se considera un 98,5% según el fabricante Lentax (LENTAX, 2022)

$$P_e = \frac{P}{n} \quad (3.3)$$

Donde P es la potencia calculada y n es el rendimiento

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

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

Para la velocidad de salida del reductor se tiene la Ecuación (3.4)

$$\omega = \frac{Vt}{r} \quad (3.4)$$

Donde Vt es la velocidad en el punto tangente al radio del tambor, ω es la velocidad angular del tambor, r es el radio del tambor.

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

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

Siendo la velocidad de salida del reductor

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

Para la preselección del motor del reductor se rige a la tabla del catálogo de (LENTAX, 2022)

Figura 38

Lentax Motores

Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO	Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuesto		
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		

Nota. Tomado de (LENTAX, 2022)

Para la relación la relación de transmisión se tiene la Fórmula (3,5)

$$i = \frac{V_i}{V_s} \quad (3.5)$$

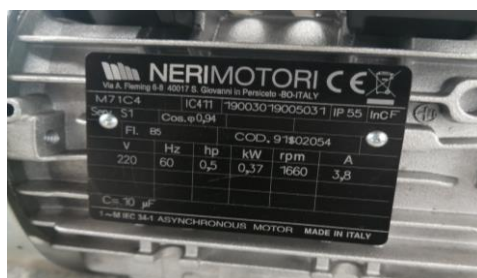
$$i = \frac{1405rpm}{2,10rpm}$$

$$i = 698$$

Según en catálogo de Lentax se ha obtenido un motor que permitirá con los datos indicados en la Figura 39, a continuación, se muestra el motor elegido que se ha encontrado en el mercado y se alinea a los datos obtenidos.

Figura 39

Motor elegido para la banda



Este motorreductor cuenta con un eje de 1 pulgada o 25.4mm, esto nos servirá para la selección de las chumaceras ya que su diámetro va relacionado con el eje del reductor. La chumacera elegida es la LDK 205 la cual cuenta con un diámetro del agujero de 25.4mm, es de acero inoxidable y se la puede sujetar a eje del motor con unos prisioneros de 1/8.

Figura 40

Chumacera LDK 205



Análisis de la estructura

Se evidencia en la Figura 41 las características del material asignado, el cual permitirá obtener resultados puntuales en el análisis.

Figura 41

Selección de material para el análisis

- AISI 1020 Acero laminado en frío
- AISI 1035 Acero (SS)
- AISI 1045 Acero estirado en frío
- AISI 304**
- AISI 316 Barra de acero inoxidable recocido
- AISI 316 Chapa de acero inoxidable (SS)
- AISI 321 Acero inoxidable recocido (SS)
- AISI 347 Acero inoxidable recocido (SS)
- AISI 4130 Acero recocido a 865C
- AISI 4130 Acero normalizado a 870C
- AISI 4340 Acero recocido
- AISI 4340 Acero normalizado
- AISI 316L Acero inoxidable
- AISI Acero para herramientas tipo A2
- Acero aleado
- Acero aleado (SS)
- ASTM A36 Acero

Criterio de fallos predeterminado: Tensión de von Mises máx.

Descripción:

Origen:

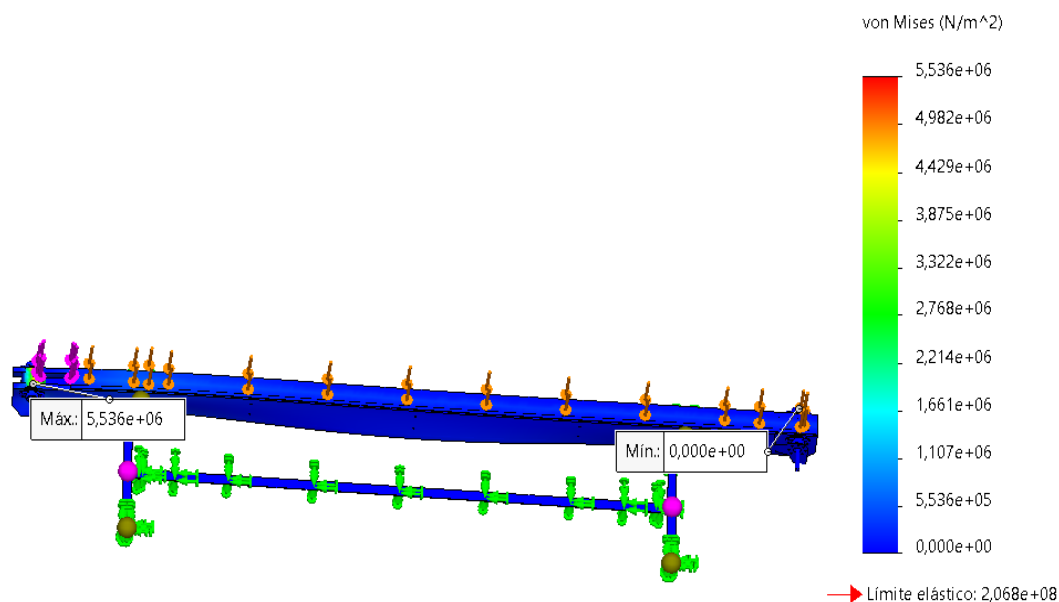
Sostenibilidad: Definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	190000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	75000	N/mm ²
Densidad de masa	8000	kg/m ³
Límite de tracción	517.017	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	206.807	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.8e-05	/K
Conductividad térmica	16	W/(m·K)
Calor específico	500	J/(kg·K)

En la Figura 42 se observa los esfuerzos máximos que puede soportar la banda transportadora, con datos que la empresa solicita para el diseño.

Figura 42

Esfuerzos máximos de la estructura



En la estructura de la banda se aplica una fuerza de 660N, que es el peso distribuido de las botellas a lo largo de las placas laterales. Como el diámetro de las botellas es 74.9mm según el plano de la botella indicada en la Figura 38, y su peso es de 1,2 Kg se divide el total de la longitud de la banda para el diámetro de las botellas, obteniendo 57 botellas que pueden alojarse a lo largo de la banda. En el extremo donde se genera el mayor esfuerzo según la Figura 42, es debido al peso del motor que es 120N aproximadamente, y la fuerza que generará la llenadora cuando las botellas estén en esta etapa, obteniendo así el mayor esfuerzo de 5,36 MPa.

Al otro extremo de la estructura no existe mayor esfuerzo debido a que en ese lugar no existen fuerzas que se apliquen directamente en algún punto, a más de botellas no existen otras fuerzas aplicadas directamente en este punto.

En el análisis de la estructura se compara el esfuerzo generado de 5,36 MPa, con el esfuerzo S_y del acero, para el caso se cumple la condición.

$$\sigma_{vm} < S_y \quad (3.6)$$

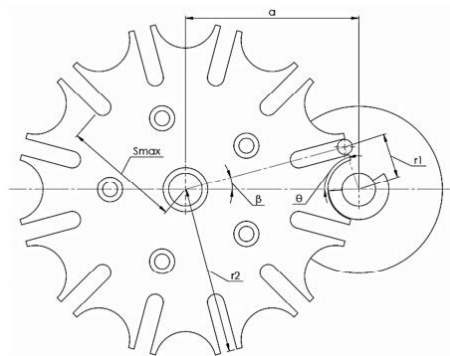
$$5,36 \text{ MPa} < 207 \text{ MPa}$$

Diseño de la cruz de malta

La cruz de malta es un mecanismo que transforma el movimiento rotativo en un movimiento a pasos, mediante un elemento impulsor que tiene una espiga que se introduce en la cruz de malta gira el sistema, mientras la espiga no esté dentro de la cruz, el sistema permanece en reposo, se debe tomar en cuenta que el impulsor siempre está girando. En la Figura 43, se puede observar un esquema de la simbología a manejar de la cruz de malta, para efecto de los cálculos.

Figura 43

Simbología cruz de malta.



Nota. Tomado de "Simbología de la cruz de malta" (p.96), por N. Guayta, 2014, Diseño y construcción de una máquina automática para el proceso de impresión en plásticos para la empresa solplast.uio.

Donde:

- a es la distancia entre centros
- θ es el ángulo de rotación del elemento impulsor
- β es el ángulo de rotación del elemento impulsado
- r_1 es la distancia desde el centro del impulsor hasta la espiga
- r_2 radio del elemento impulsado.
- S_{max} distancia desde el centro del impulsado hasta el ingreso máximo de la espiga del elemento impulsor
- λ es la relación entre r_1/a

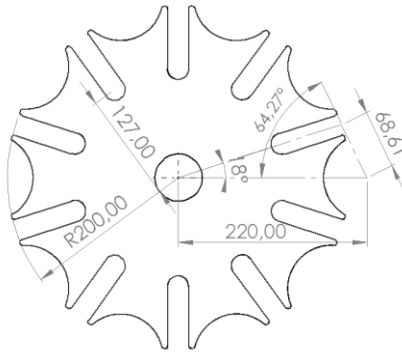
Para empezar con el diseño de la cruz de malta es necesario conocer el número de pasos que se requiere, para esta aplicación los pasos son $k = 10$. Otro dato importante es conocer la velocidad mínima con la que se desea realizar el movimiento en este caso es de 4 segundos en cada paso, es decir, el elemento impulsor debe dar 1 vuelta cada 4 segundos, porque es el tiempo estimado que se demora la corchadora en insertar el corcho en la botella, con este análisis se determina que:

$$n = 15 \text{ rpm} = 1.57 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (3.7)$$

Para obtener un valor de la distancia entre centros, se realiza un bosquejo con la ayuda de un software de diseño CAD, se traza el triángulo que relaciona el centro del elemento impulsado que es la cruz de malta, el centro del elemento impulsor y el centro de la espiga circular, como se presenta en la Figura 44.

Figura 44

Bosquejo cruz de malta.



Partiendo del triángulo de relación, se puede diseñar el impulsado o cruz de malta, tomando en cuenta un valor de espiga con diámetro inicial de 25 mm de diámetro, así también se obtienen los siguientes valores.

- $a = 220mm$
- $\theta = 64.27^\circ$
- $\beta = 18^\circ$
- $r1 = 68.61mm$
- $r2 = 200mm$
- $S_{max} = 127mm$

Para encontrar el valor de la relación λ , se tiene:

$$\lambda = \frac{68.61mm}{220mm} = 0.31 \quad (3.8)$$

La aceleración de la cruz es necesaria para calcular el torque del mecanismo, y así calcular la potencia del motor, para esto se empieza calculando la velocidad angular, con la ecuación (3.9).

$$\omega_{cruz}(\theta) = \left(\frac{\lambda * \cos(\theta) - \lambda^2}{1 - 2 * \lambda * \cos(\theta) + \lambda^2} \right) * n \quad (3.9)$$

Con $\theta = 0$, se obtiene la velocidad angular máxima, entonces:

$$\omega_{m\acute{a}x} = \omega_{cruz}(0) = \left(\frac{0.31 * \cos(0) - 0.31^2}{1 - 2 * 0.31 * \cos(0) + 0.31^2} \right) * 1.57 \frac{rad}{s}$$

$$\omega_{m\acute{a}x} = \left(\frac{0.31 * \cos(0) - 0.31^2}{1 - 2 * 0.31 * \cos(0) + 0.31^2} \right) * 1.57 \frac{rad}{s}$$

$$\omega_{m\acute{a}x} = 0.71 \frac{rad}{s}$$

Para el cálculo de la aceleración, se tiene la ecuación (3.10), que es la derivada de la velocidad con respecto al tiempo.

$$\alpha_{m\acute{a}x}(\theta) = \left(\frac{0.31 * \cos(-0.74) - 0.31^2}{1 - 2 * 0.31 * \cos(-0.74) + 0.31^2} \right) * 0.71 \frac{rad}{s} \quad (3.10)$$

$$\alpha_{m\acute{a}x} = 0.32 \frac{rad}{s^2}$$

El primer paso para obtener la inercia total del sistema con respecto a un eje de giro, en este caso el eje del elemento impulsor, es calcular la inercia que producen las botellas con respecto al eje impulsado. Se coloca la botella de 750 ml llena en la balanza y se obtiene una masa de 1.2 Kg, que al multiplicarla por 5 que es el número de botellas máximo que estarán en la cruz de malta se obtiene un total de 6 Kg. La inercia total de las 5 botellas es de 35327.09 Kg * mm², con el teorema de ejes paralelos de la ecuación (3.11), se tiene:

$$I_T = I_C + M * d^2 \quad (3.11)$$

Donde:

- I_T Inercia total
- I_C Inercia del elemento
- M Masa del elemento

- d^2 Distancia del elemento con el eje de giro

Se tiene una distancia entre el centro de la botella y el eje de giro de 350 mm, reemplazando en (3.11), se tiene:

$$I_T = 35327.09 \text{ Kg} * \text{mm}^2 + (6 \text{ Kg} * (350\text{mm})^2) \quad (3.12)$$

$$I_T = 35327.09 \text{ Kg} * \text{mm}^2 + (6 \text{ Kg} * 350\text{mm}^2)$$

$$I_T = 770327.09 \text{ Kg} * \text{mm}^2$$

Como siguiente paso se calcula la inercia de todos los elementos que están sobre el eje de la cruz de malta, con respecto al eje de entrada que es el eje impulsor, para realizar este cálculo se debe recordar la distancia entre centros que es de 220 mm. Tomando en cuenta el valor de la inercia calculada en (3.12), y mediante el software CAD utilizado se obtiene una masa total de los elementos de 57.56 Kg, y una inercia total de 1960587.25 Kg * mm².

Para el cálculo de la potencia del motor se debe calcular primero el torque, con la ecuación (3.13) de manera que:

$$T = I_{TOTAL} * \alpha(\theta) \quad (3.13)$$

$$T = 1960587.25 \text{ Kg} * \text{mm}^2 * 0.32 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T = 1.96 \text{ Kg} * \text{m}^2 * 0.32 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T = 0.62 \text{ Nm}$$

Con la ecuación (3.14), se calcula la potencia del motor, tomando en cuenta que la velocidad calculada es de 15 rpm.

$$P = \frac{T * n}{9.555} \quad (3.14)$$

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

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

Para seleccionar el motorreductor, se deben tomar en cuenta la potencia obtenida, y las rpm, se dispone en el mercado de un motorreductor de marca WEG de 2HP el cual se instalará en el mecanismo.

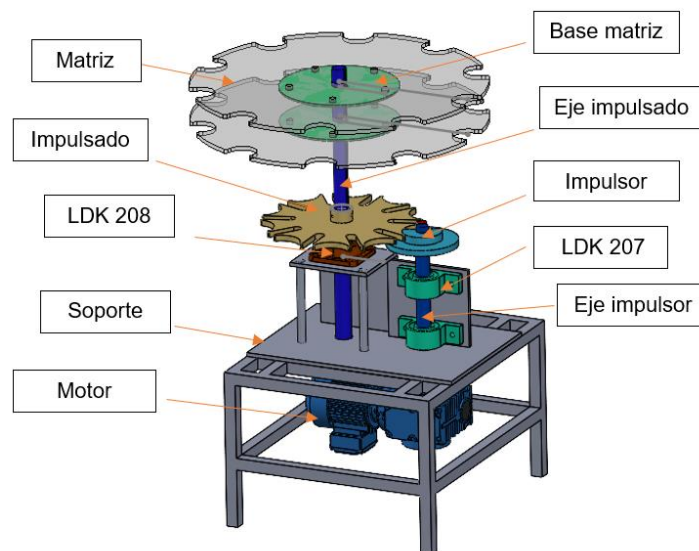
Para seleccionar el motorreductor, se deben tomar en cuenta la potencia obtenida, y las rpm, se dispone en el mercado de un motorreductor de marca WEG de 2HP el cual se instalará en el mecanismo.

Análisis de esfuerzos en el mecanismo cruz de malta

Una vez realizado el diseño de todas las piezas del mecanismo denominado cruz de malta, se puede observar en la Figura 45 el ensamble.

Figura 45

Mecanismo Matriz Cruz de Malta



A simple vista, todo el peso recae sobre el soporte por lo que es necesario realizar un análisis CAE, que nos permitirá mediante el esfuerzo de Von Mises conocer si la estructura de

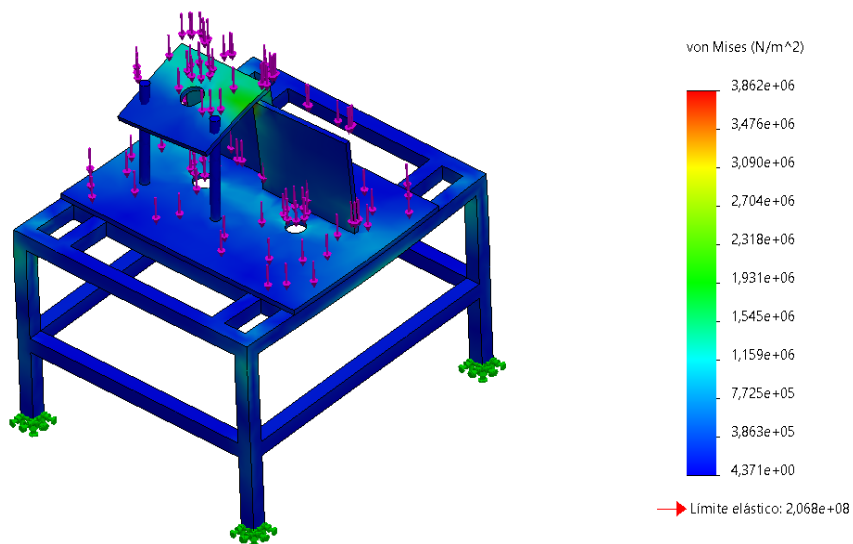
la base está diseñada adecuadamente, en la Tabla 44, se describe el peso de cada elemento estimado con la ayuda del software de diseño.

Tabla 44

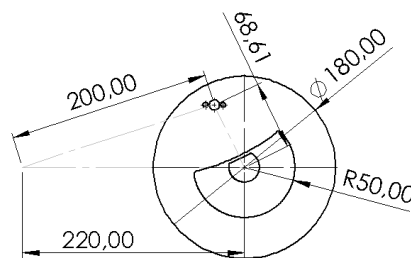
Datos obtenidos modo automático

Elemento	Masa (Kg)	Fuerza (N)
Matriz	4,49	44,05
Eje impulsado	6,73	66,02
Base matriz	2,96	29,04
Impulsado	10,6	103,99
LDK 208	3,3	32,37
Impulsor	3,92	38,46
LDK 207	2,9	28,45
Eje impulsor	4,05	39,73
Motor	15	147,15

Una vez descritos los pesos de cada elemento, la fuerza que van a aplicar sobre el soporte y tomando en cuenta que el soporte está construido con tubo cuadrado de 3 mm, de acero inoxidable AISI 304 se obtiene un esfuerzo máximo de 3.862 MPa como se observa en la Figura 106, este valor es mucho menor al límite elástico del acero inoxidable por lo que el soporte es seguro.

Figura 46*Análisis de esfuerzos estructura****Análisis de la espiga impulsora***

Al tener las medidas del triángulo que relaciona los centros del impulsor, el impulsado y la espiga cilíndrica se puede diseñar la pieza completa del impulsor, junto a la media luna que va tangente a la cruz de malta para evitar que cuando la espiga no esté dentro de la cruz, el mecanismo se mueva, sino esté en la posición que le deja el impulsor mediante la espiga. En la Figura 47 se puede observar el elemento impulsor con sus principales medidas.

Figura 47*Impulsor*

Para la espiga cilíndrica se debe realizar un análisis de esfuerzos cortantes, mediante la ecuación (1.15).

$$\tau = \frac{v}{A} \quad (3.15)$$

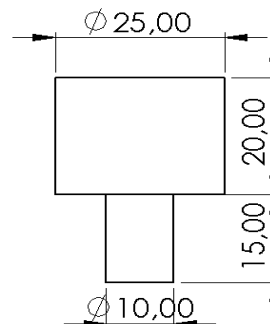
Donde:

- τ esfuerzo cortante (MPa)
- v fuerza aplicada (N)
- A Área de aplicación de la fuerza (mm^2)

En la Figura 48 se muestran las medidas de la espiga del elemento impulsor.

Figura 48

Espiga impulsora



Reemplazando datos en la ecuación (2) se tiene:

$$\tau = \frac{71.23 \text{ N}}{\frac{\pi * (10\text{mm})^2}{4}}$$

$$\tau = 0.91 \text{ MPa}$$

El material con el que está hecha la espiga es acero inoxidable ya que la norma NTE INEN-ISO 8442-7 establece que todo material que pueda estar en contacto con alimentos debe ser acero inoxidable, este material tiene un módulo de corte de 11.2 GPa, por lo tanto, se tiene:

$$0.91 \text{ MPa} < 11.2 \text{ GPa} \quad (3.16)$$

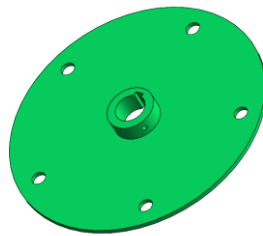
Con la comparación realizada en (3.16), se afirma que la espiga soporta los esfuerzos a los que está sometida.

Complementos del sistema

Las matrices que empujan las botellas al ser de un material frágil con respecto al material del eje, deben sujetarse en bases de acero mediante pernos, y estas bases deben sujetarse al eje mediante chaveta y prisioneros, la base se observa en la Figura 49.

Figura 49

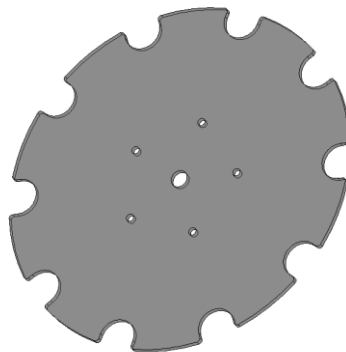
Bases de las matrices



Las matrices son hechas en planchas de nylon, con un espesor de 10 mm suficiente para arrastrar las botellas hacia la corchadora, tomando en cuenta que son dos matrices las que hacen el trabajo.

Figura 50

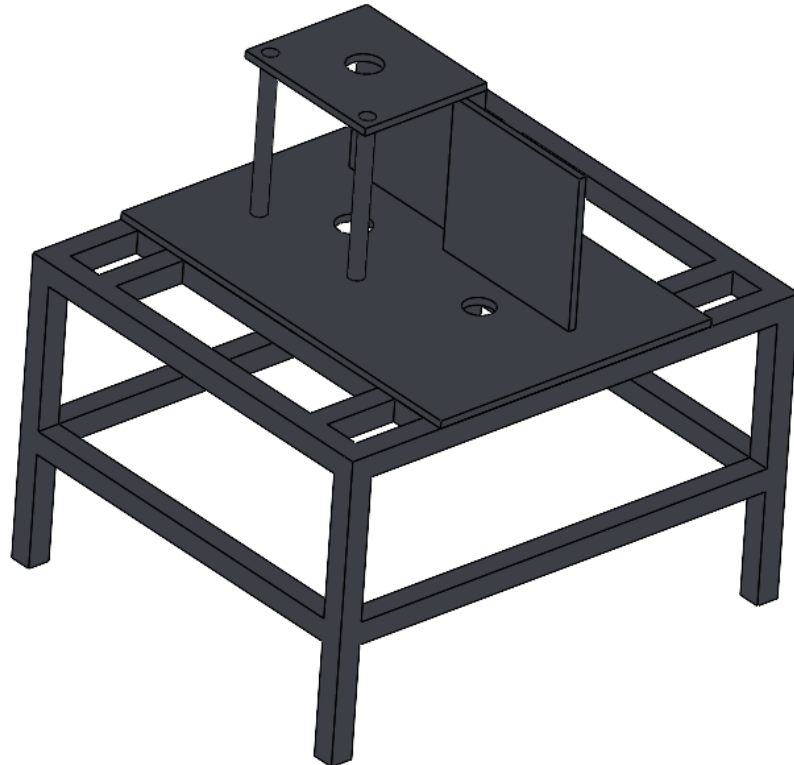
Matriz de nylon



El soporte es una de las partes más importantes del diseño, ya que en él descansan todas las partes del sistema, tomando en cuenta que tiene patas regulables que van sujetas al piso, el diseño se observa en la Figura 51.

Figura 51

Soporte



Diseño del tablero de control

El tablero de control es importante ya que en él se encuentra el controlador que hace referencia al cerebro del sistema, en la tabla se detallan todos los elementos de mando, de protección, entre otros.

Tabla 45*Componentes del tablero de control*

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

Dimensionamiento protecciones de control

El primer interruptor termomagnético permite energizar elementos como los descritos en la Tabla 45, en el caso de las bobinas de las electroválvulas, se multiplica el consumo de cada una por el total de bobinas.

Tabla 46*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)	$I_{bobinas} = 0.052 A * 5 bobinas = 0.26 A$

Una vez conocidas las corrientes que consume cada elemento, se procede a la suma de las mismas para obtener el total de intensidad de corriente que va a circular por el interruptor termomagnético.

$$I_{total} = I_{fuente} + I_{router} + I_{plc} + I_{bobinas} \quad (3.17)$$

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

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

El total de corriente que va a circular viene a ser la corriente nominal, el termomagnético debe ser elegido con un 25% más que la calculada, por lo tanto, se tiene. (Martín, 2012)

$$I_{term 1} = I_{nominal} * 1.25 \quad (3.18)$$

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

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

El interruptor termomagnético a seleccionar debe tener la corriente calculada con la ecuación (3.18), o una corriente mayor. El más cercano a esta necesidad es de la marca Schneider y se lo puede observar en la Figura 48.

Figura 52*Interruptor termomagnético*

Nota. Tomado de (Homecenter, s.f.)

En la Tabla 47, se muestran las características del interruptor termomagnético seleccionado.

Tabla 47

Características del termomagnético.

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

Una vez elegido el termomagnético, se procede a la selección del calibre del cable que soporte la corriente calculada con la ecuación (3), en la Figura 49 se tienen diferentes valores.

Figura 53

Tabla de amperaje - calibre de cable

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Nota. Tomado de (Construyendo, s.f.)

Al ser elementos costosos, los que estarán conectados al termomagnético se opta por colocar también un fusible cerámico de Ø10x38 que se dispara mucho más rápido que el interruptor automático, con una corriente nominal de 10 Amperios para la fase, como se muestra en la Figura 53.

Figura 54

Fusible



Nota. Tomado de (Electromaterial, 2021)

Para poder sujetar el fusible al tablero de control, es necesario un porta fusible el cual puede ser de corriente mayor a la nominal del fusible, en este caso se encontró en el mercado uno de 32 Amperios y se lo puede observar en la Figura 55.

Figura 55

Porta fusible



Nota. Tomado de (Alibaba, s.f.)

Para el cálculo del segundo termomagnético hay que tener en cuenta el consumo de corriente de cada relé de 8 pines y el consumo de corriente del relé de 11 pines, como se detalla en la Tabla 48.

Tabla 48

Consumo de corriente relés

Relé	Consumo corriente
8 pines	$I_{8 \text{ pines}} = 0.012 \text{ A} * 7 \text{ relés} = 0.084 \text{ A}$
11 pines	$I_{11 \text{ pines}} = 0.012 \text{ A}$

Se suman las corrientes para obtener el total y se lo multiplica por 1.25 para calcular el valor de corriente del termomagnético, encargado de energizar las bobinas de los relés.

$$I_{total} = I_{8\ pines} + I_{11\ pines}$$

$$I_{total} = 0.084\ A + 0.012\ A$$

$$I_{total} = 0.096\ Amperios$$

Mediante la ecuación (4), se realiza el cálculo del termomagnético.

$$I_{term\ 2} = I_{nominal} * 1.25 \quad (3.19)$$

$$I_{term\ 2} = 0.096\ A * 1.25$$

$$I_{term\ 2} = 0.12\ Amperios$$

En el mercado se encuentra disponible el interruptor termomagnético de corriente nominal 10 Amperios bipolar para proteger las bobinas de los relés de 8 y 11 pines.

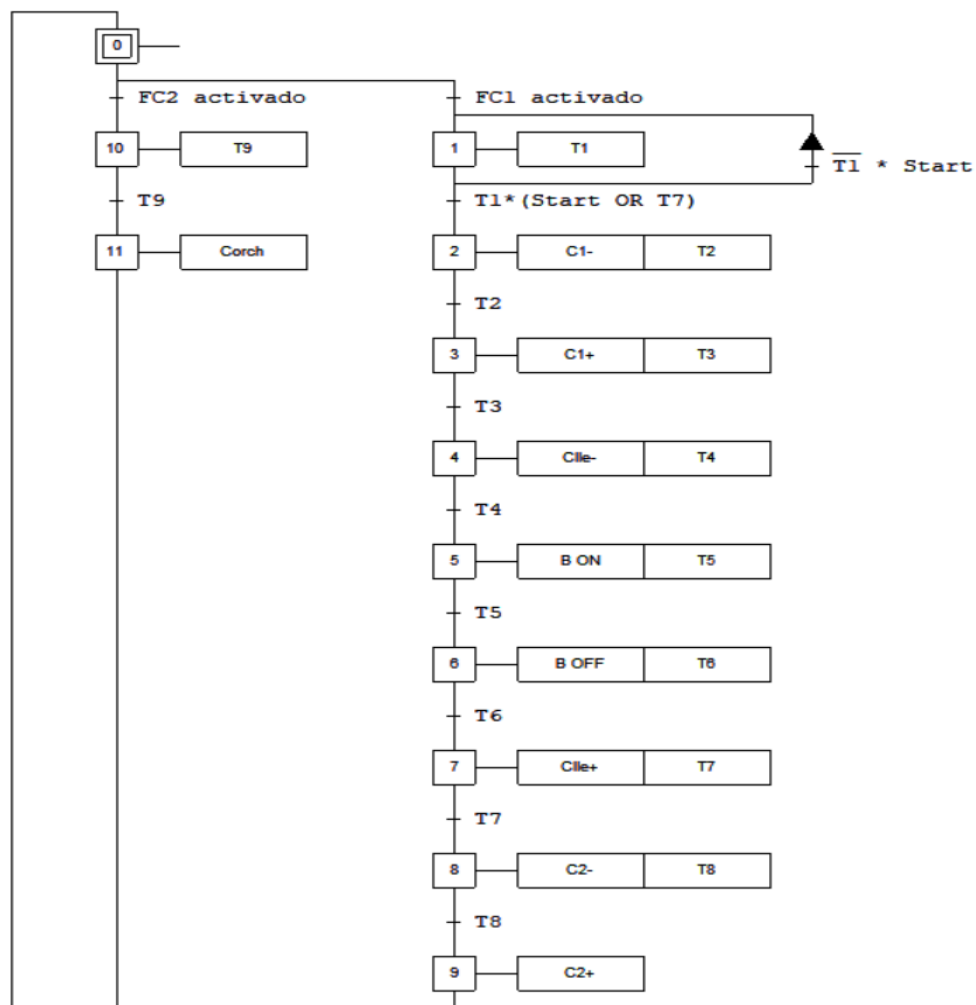
Grafcet del proceso

En la Figura 56, se presenta el Grafcet donde se encuentra la secuencia de control que seguirá el proceso de envasado, transporte y corchado de botellas de vino, a continuación, se describen las abreviaturas situadas en el diagrama.

- FC1 = final de carrera 1
- Trans time1 = Tiempo 1 transcurrido
- C1+ = Cilindro neumático 1 expandido
- C1- = Cilindro neumático 1 retraído
- C1e+ = Cilindro llenadora expandido
- C1e- = Cilindro llenadora retraído
- B ON = Bomba impulsora de vino encendida
- B OFF = Bomba impulsora de vino apagada
- Corch = Corchar

Figura 56

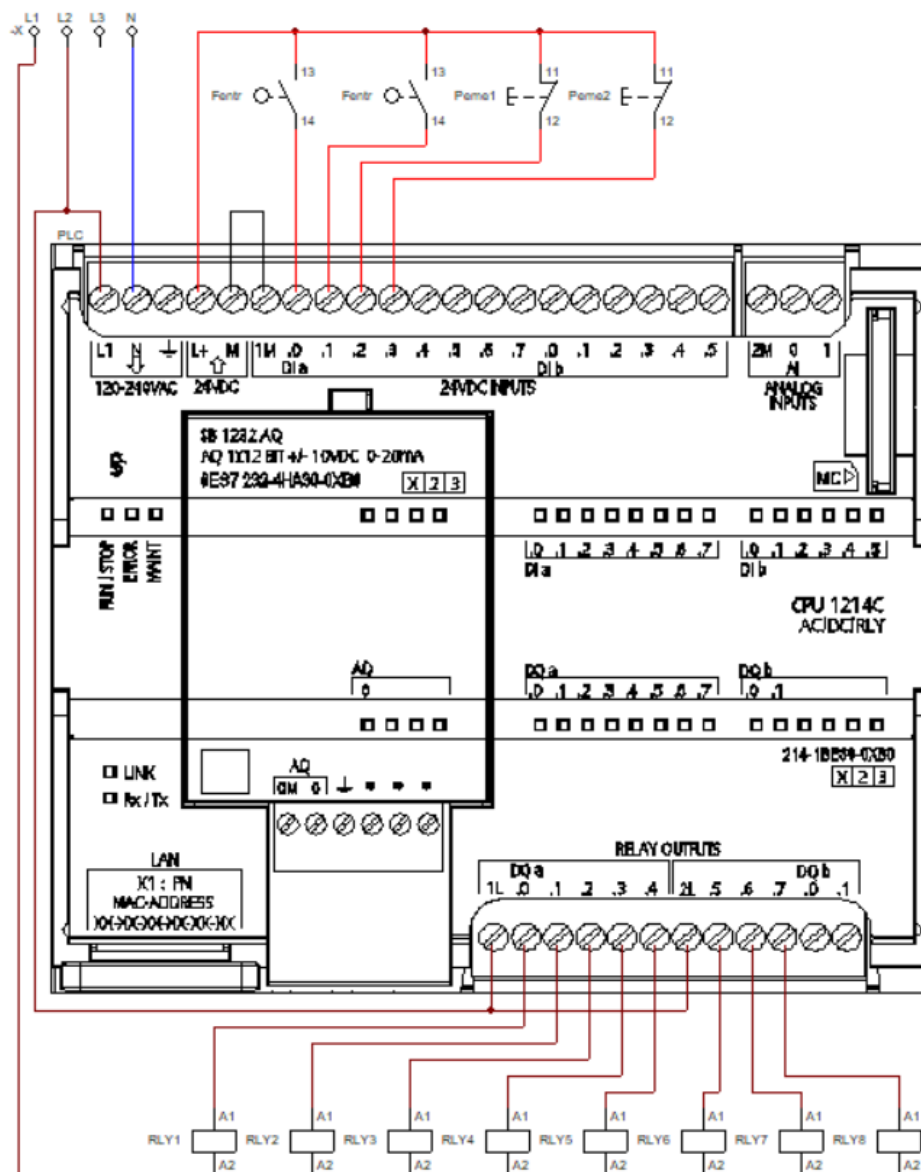
Graficet del proceso

**Diagrama de control**

En el software Cade Simu se realiza el esquema de conexión del tablero de control, en él predomina el PLC que es el gestor de todas las acciones de control del proceso, y se lo puede observar en la Figura 57.

Figura 57

Diagrama de control



Como se está utilizando lógica programada, el esquema de conexión es muy reducido, como entradas se tienen dos finales de carrera y dos paros de emergencia, en las salidas se tienen 7 relés redondos de 8 pines y el octavo relé es de 11 pines.

Diseño del tablero de fuerza

En el tablero de fuerza se encuentran todos los elementos necesarios para controlar la velocidad de giro del motor de la banda transportadora, de la cruz de malta y del encargado del bombeo de vino desde el tanque contenedor hacia la máquina llenadora, en la Tabla 49, se puede observar más a detalle cada elemento del tablero de fuerza.

Tabla 49

Componentes del tablero de fuerza

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

Dimensionamiento protecciones fuerza

Los variadores de frecuencia contienen elementos de protección para el motor, por lo que solo es necesario colocar protecciones entre la línea de alimentación y el variador, para ello se detalla en la Tabla 49, la corriente que consume cada variador, toando en cuenta que en

la selección de componentes obtuvo mejor puntuación los de la marca Siemens Sinamics V20 a 230 VAC.

Tabla 50

Consumo de corriente variadores

Variador	Consumo corriente
Sinamics V20 1HP	$I_{1hp} = 10 A$
Sinamics V20 1HP	$I_{1hp} = 10 A$
Sinamics V20 2HP	$I_{2hp} = 19.7 A$

Tomando en cuenta los valores de corriente, se realiza el cálculo para el interruptor termomagnético con el 25% sobre el valor nominal de consumo del variador de 1 HP, mediante la ecuación (3.15).

$$I_{term\ 1hp} = I_{variador\ 1hp} * 1.25 \quad (3.19)$$

$$I_{term\ 1hp} = 10 A * 1.25$$

$$I_{term\ 1hp} = 12.5 \text{ Amperios}$$

Se utilizarán dos interruptores termomagnéticos de 16 Amperios, uno en cada variador de 1 HP, y 4 fusibles de la misma corriente con sus respectivos porta fusibles, para proteger los variadores de frecuencia.

En el caso del variador de 2 HP, se realiza el cálculo del 25% sobre la corriente nominal de consumo gracias a la ecuación (3.20).

$$I_{term\ 2hp} = I_{variador\ 2hp} * 1.25 \quad (3.20)$$

$$I_{term\ 2hp} = 19.7 A * 1.25$$

$$I_{term\ 2hp} = 24.6 \text{ Amperios}$$

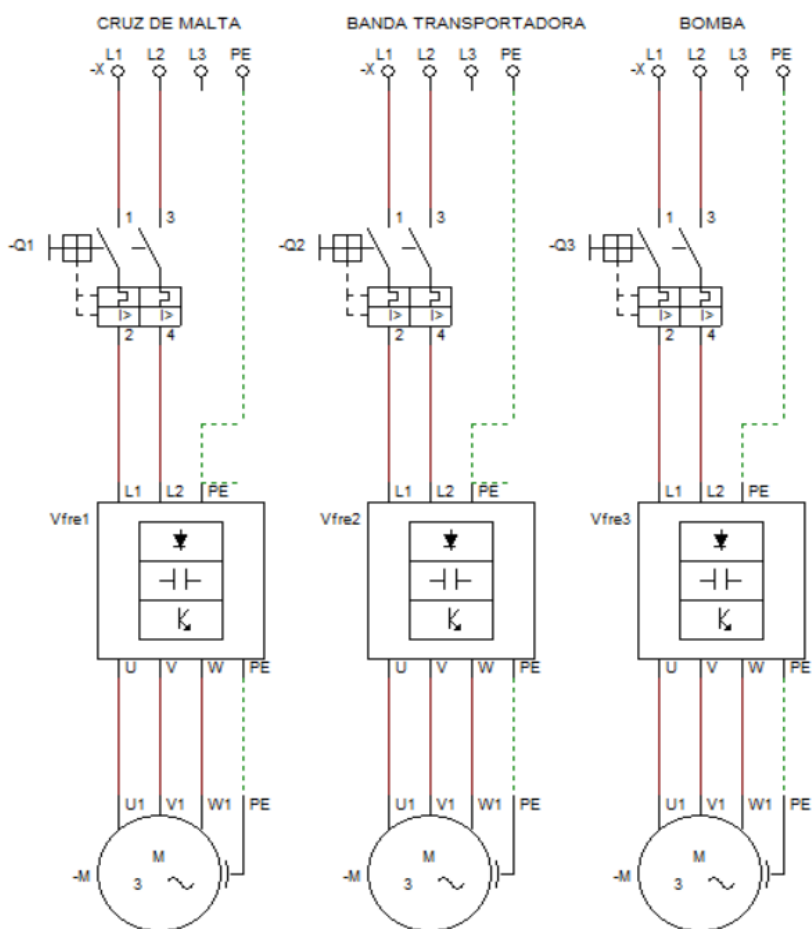
El interruptor termomagnético disponible en el mercado es de 25 Amperios, y los fusibles cerámicos $\varnothing 10 \times 38$, con la misma denominación de corriente.

Diagrama de fuerza

En la Figura 54 se presenta el esquema de fuerza para los 3 motores que se van a controlar, con el símbolo del variador de frecuencia reducido, tomando en cuenta que las entradas del variador son monofásicas y las salidas son trifásicas.

Figura 58

Diagrama de fuerza



Diseño del sistema neumático

En la Tabla 50, se enlistan los elementos encargados del manejo de aire comprimido, tomando en cuenta los 2 cilindros neumáticos colocados en la banda transportadora y el cilindro ya existente en la máquina llenadora.

Tabla 51

Componentes sistema neumático

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

En la Figura 59 se puede observar la placa de datos del compresor con el que cuenta la asociación, tomando en cuenta que gracias a un regulador de presión trabajan a 70 PSI.

Figura 59

Placa de datos compresor



Se tiene un caudal de 388 L/min que abastece al cilindro neumático de la llenadora que consume 0.97 NI/min, para calcular el consumo de los cilindros neumáticos a colocar como topes en la banda transportadora se tiene la ecuación (3.21) tomando en cuenta que se busca en el mercado un cilindro con recorrido de mínimo 200 mm, para que cubra transversalmente la banda transportadora. Se tienen dos cilindros con las medidas requeridas, en la tabla 66 se detallan las características del cilindro neumático.

Tabla 52

Características cilindro neumático

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

Con la ecuación (3.21), se realiza el cálculo del consumo de aire del cilindro que se tiene a disposición.

$$Q = \frac{\pi}{4} * d^2 * c * n * P * N * 10^{-6} \quad (3.21)$$

Donde:

- 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

En este caso se calcula el consumo en condición normal, es decir con una temperatura ambiente de 273°K, un valor de presión atmosférica de 1.01 bar y una humedad relativa del 0%.

Con la ecuación (3.22), se calcula el valor de la presión absoluta en bares sumando el valor de la presión relativa de trabajo que es de 70 PSI, en bares es de 4.286 y la presión atmosférica que es de 1.01 bar.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión relativa de trabajo} + 1.01 \text{ bar} \quad (3.22)$$

$$\text{Presión absoluta} = 4.286 \text{ bar} + 1.01 \text{ bar}$$

$$P = 5.296 \text{ bar}$$

Tomando en cuenta que N para un cilindro de doble efecto tiene un valor de 2 y el número de ciclos por minuto son 2, se calcula el consumo de aire.

$$Q = \frac{\pi}{4} * d^2 * c * n * P * N * 10^{-6} \quad (3.23)$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (32\text{mm})^2 * 20\text{mm} * 2 * 5.296 \text{ bar} * 2 * 10^{-6}$$

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

Una vez obtenido el valor de consumo del cilindro que funcionará como tope, se multiplica el valor por dos ya que son dos topes y se obtiene un consumo total de los dos cilindros de 0.68 Nl/min, este valor se suma con el consumo del cilindro de la llenadora y se compara con el caudal de la placa de datos del compresor.

$$Q_{\text{consumo}} = Q_{\text{topes}} + Q_{\text{llenadora}} \quad (3.24)$$

$$Q_{\text{consumo}} = 0.68 \frac{\text{Nl}}{\text{min}} + 0.97 \frac{\text{Nl}}{\text{min}}$$

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

El caudal que proporciona el compresor es de 388 L/min, para convertir este valor en caudal normal se debe calcular el 15%, obteniendo un valor de 329.8 NI/min en condiciones ambientales del país.

$$Q_{consumo} < Q_{compresor} \quad (3.25)$$

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

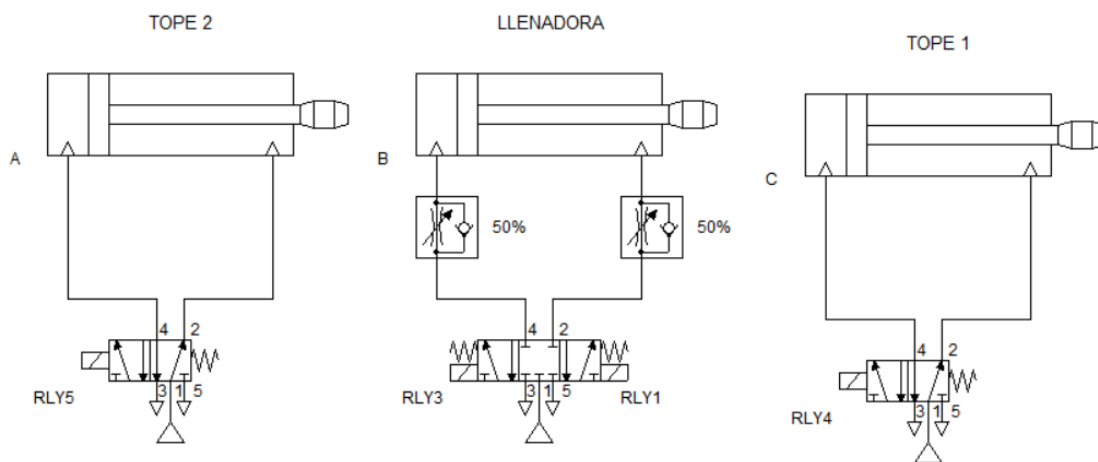
El consumo de aire incluyendo los cilindros neumáticos para automatizar la línea de envasado es muy inferior al valor que proporciona el compresor, por lo tanto, es viable utilizar los cilindros CHELIC disponibles en el mercado propuestos al inicio del análisis.

Diagrama neumático

Se debe controlar la expansión y retracción de 3 cilindros neumáticos de doble efecto, dos funcionan como topes para detener las botellas y el restante permite subir y bajar la llenadora, en la Figura 60, se puede observar el esquema de conexión neumático.

Figura 60

Diagrama neumático



Físicamente se alimenta todo el sistema neumático con un solo compresor, y tomando en cuenta que los dos topes en su posición inicial son normalmente expandidos.

Diseño del HMI

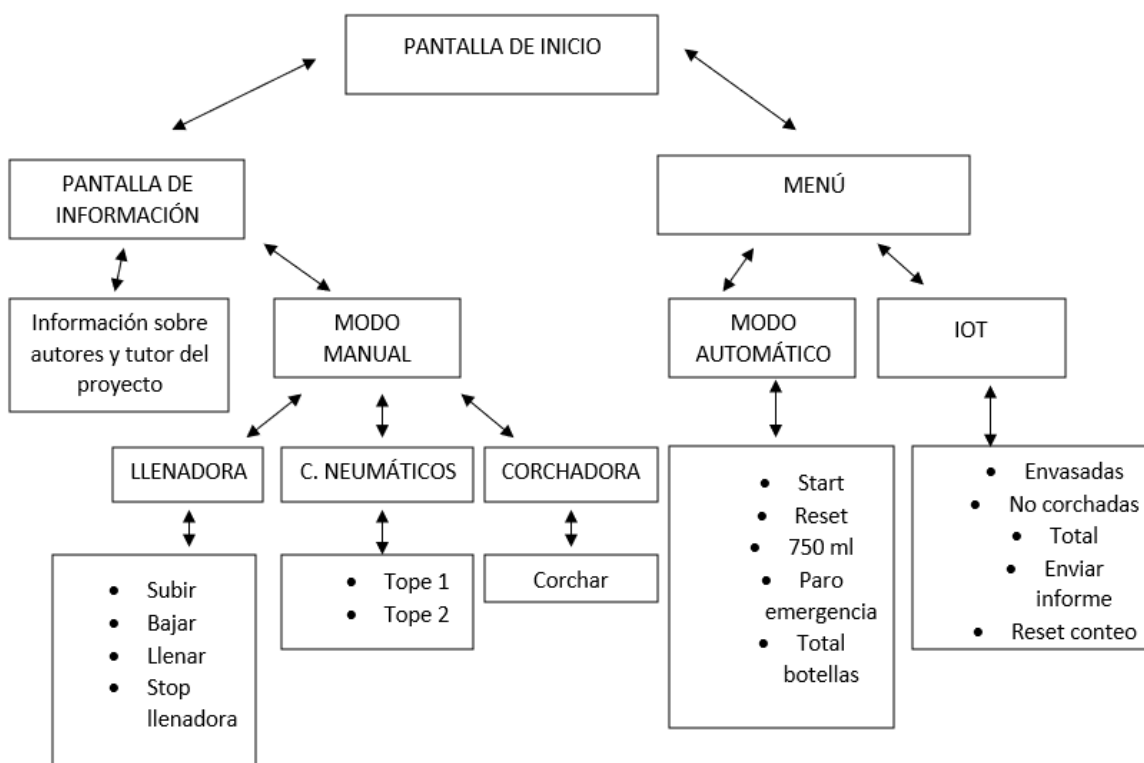
En el HMI se podrá monitorear el proceso, además se contará con controles de inicio y parada del sistema, pantalla de información, pantalla de modo manual y de envío de datos de botellas envasadas a la nube. Para diseñar cada una de las pantallas descritas, se utiliza el entorno de desarrollo WinCC, del software TIA Portal versión 11.

Estructura del HMI

En la figura se detalla la estructura del HMI, en donde se desglosan todas las pantallas utilizadas para el manejo del sistema, las principales son la de inicio, menú y modo manual, modo automático e IoT para el envío de datos a la nube.

Figura 61

Estructura del HMI



Pantalla de inicio

En la Figura 62, se observa la pantalla de inicio en donde se detalla el título resumido del proyecto, el nombre de la asociación en donde se realiza el trabajo, además el botón de información y el de menú que lleva a los modos de operación.

Figura 62

Pantalla de inicio



Pantalla de información

En la pantalla de información se tiene una descripción resumida del proyecto, conjuntamente con los datos de los autores y tutor del proyecto se la puede observar en la Figura 63.

Figura 63

Pantalla de información



Pantalla menú

Se tienen 3 opciones, modo manual, modo automático e IoT, se la puede observar en la

Figura 64.

Figura 64

Pantalla MENÚ

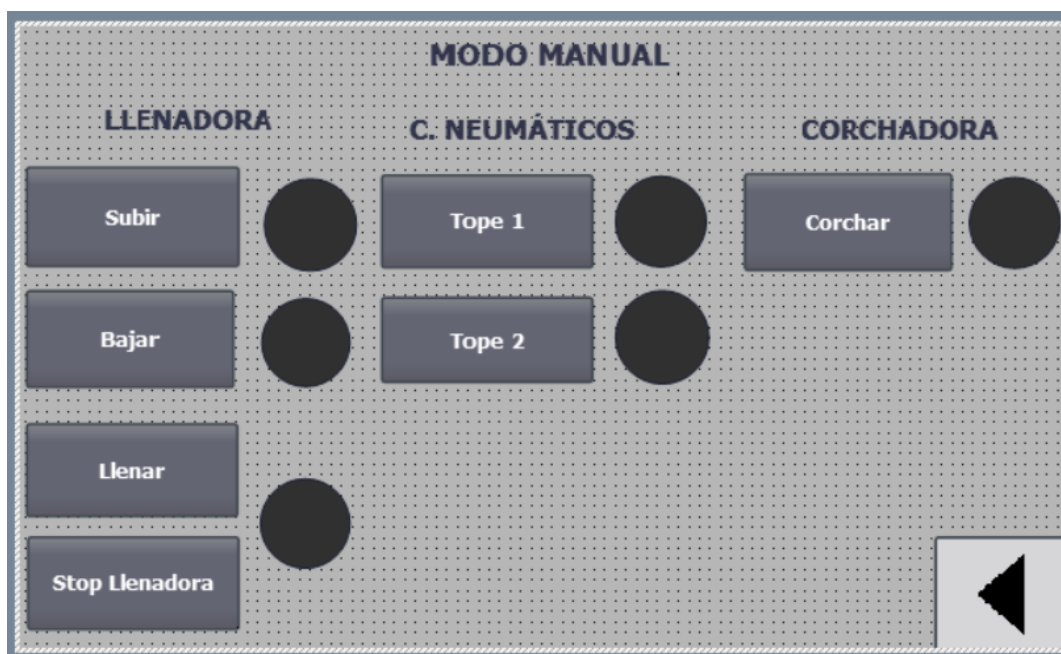


Pantalla modo manual

En la Figura 65, se pueden observar las opciones de la pantalla modo manual, empezando por la llenadora en donde se puede subir, bajar y llenar; así como también expandir y retraer los topes, finalmente se puede corchar desde el HMI.

Figura 65

Pantalla modo MANUAL



Pantalla modo automático

En la Figura 66 se puede observar la pantalla principal en la cual se va a monitorear el proceso, como indicadores se tienen el sensor de entrada que detecta la presencia de botellas en la banda transportadora, el de la llenadora que indica que se están llenando las botellas y el de la corchadora que indica cuando se está corchando una botella. Además, se tiene el total de botellas producidas y botones de inicio del sistema, paro de emergencia y reset.

Figura 66

Pantalla modo AUTOMÁTICO



Pantalla IoT

En esta pantalla se detallan valores de botellas envasadas, las no corchadas por falta de corchos en el alimentador de la corchadora, y el total de producción, además dos botones, el uno para enviar los datos a la nube y el otro para resetear el conteo de botellas producidas, se la puede observar en la Figura 67.

Figura 67

Pantalla IoT



Capítulo IV

Implementación

Implementación de la banda transportadora

Como punto de partida para la construcción de la banda transportadora se tomará en cuenta las condiciones de diseño mencionadas, materiales de construcción, cinta transportadora, chumaceras, rodamientos, ejes, entro otros.

Estructura de la banda transportadora

Se dispone de una estructura de acero inoxidable AISI 304, está construida en base a un perfil de tubo cuadrado de 50mm y 2,5 mm de espesor, el pedestal cuenta con las siguientes medidas, la base es de 2900mm de largo, dos tubos cuadrados de 815mm de alto y cuenta con dos tubos laterales 650mm de largo y en sus extremos posee unas placas cuadradas de 120mm que servirán para sujetarlas a las placas laterales de la banda transportadora.

Figura 68

Base de banda transportadora



Como se observa en la figura 50 el pedestal armado consta de perfiles cuadrados soldados con suelda TIG, para esta suelda se utilizaron las siguientes especificaciones, según el manual de soldadura y robótica.

Figura 69

Voltajes y Amperajes recomendados para soldadura TIG

Diametro del Electrodo		CC en Amp.		CA en Amps.	
		Polaridad Directa	Polaridad Inversa	Onda Desbalan.	Onda Balan.
Inch.	mm	DCEN	DCEP		
0.010	0.3	0.1- 15	No Aplicable	0.1-15	0.1-15
0.020	0.5	5-20	No Aplicable	5-20	5-20
0.040	1.0	15-80	No Aplicable	10-80	20-60
0.060	1.6	70-150	10-20	70-150	60-120
0.093	2.4	150-250	15-30	140-235	100-180
0.125	3.2	250-400	25-40	225-325	160-250
0.156	4.0	400-500	40-55	300-400	200-320
0.187	4.8	500-750	55-80	400-500	290-390
0.250	6.4	750-1000	80-125	500-630	340-525

Nota. Tomado de (Moreno, 2012)

En base a estos valores, se ha tomado como referencia para realizar la suelda de este pedestal de la banda transportadora, en la Tabla 53 se observa los valores aplicados en el trabajo realizado.

Tabla 53

Datos de suelda para la construcción de la banda transportadora

Tipo de suelda	Espesor del perfil cuadrado	Corriente aplicada	Voltaje aplicado	Tipo de aporte	Grado
TIG	0.2-10 mm	70 A	220-240 V	Varilla de acero	301,304,304L 316,316L,321
		75 A		inoxidable diámetro	
		80 A		(1,1-1,6-2-2,4) mm	

El cordón en la soldadura TIG. Se debe tomar las siguientes consideraciones para obtener un buen cordón en la soldadura.

- Soldeo
- Ángulo
- Elección del electrodo de tungsteno
- Selección del aporte
- Distancia al material
- Elección de aporte inoxidable

Figura 70

Suelda del pedestal de la banda



En la Figura 70 se puede observar que la distancia entre el electrodo y la superficie a soldar es cercana a 5mm de la punta del electrodo al material a soldar, en cuanto a la inclinación se menciona que el ángulo debe ser entre 75° a 90°, dependiendo la posición del material y el soldador, evidenciando de esta manera que se cumple con el ángulo recomendado para soldadura. (Atlántico, 2020)

Para los cordones de soldadura el ancho del mismo no deberá superar en 3 veces al ancho de del electrodo que se está soldando, para el caso de los aceros inoxidable se utilizan de 2mm, 2.5mm, 3.2mm (INGEMECÁNICA, s.f.).

Construcción de las placas laterales y bocines.

Para el armado de las placas laterales se continúa trabajando con el acero inoxidable AISI 304, mediante una dobladora, corte plasma, suelda, se ha realizado la forma ya diseñada que es de 4200 mm de largo y 107mm de ancho, la misma que será una base denominada cama en donde se asentará en transportador.

Figura 71

Placas laterales y bocines



Como se evidencia en la Figura 71, se encuentran rodillos o bocines tanto en acero inoxidable como en teflón, los cuales permitirán que la banda gire sobre estos elementos

mientras traslada las botellas de vino. Los bocines son ejes pequeños de 100 mm de largo, 8 mm de diámetro, los bocines de teflón

Figura 72

Placas laterales y bocines

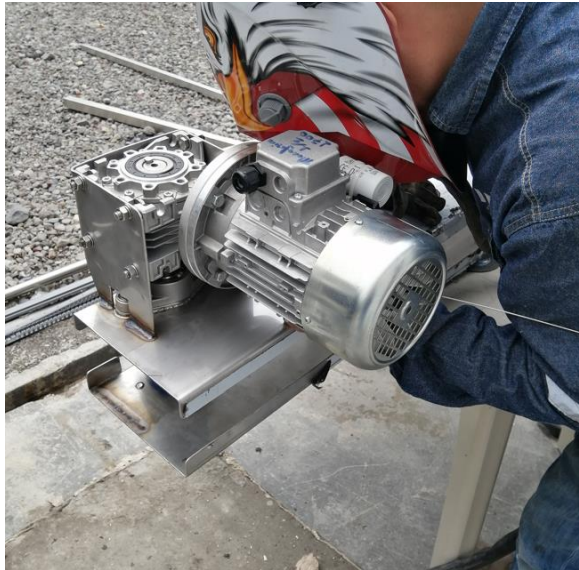


De esta manera se evidencia que las placas laterales servirán de apoyo para que se pueda asentar el transportador sobre ellas, además se observa que los bocines de acero inoxidable que están soldados a las placas laterales ya estos servirán como guía para los bocines de teflón y estos girarán en su propio eje mientras este girando la cinta transportadora, mientras que la otra placa está perforada para poder asegurar estos bocines mediante unos pernos de seguridad M8.

Implementación del reductor a la estructura del transportador

Figura 73

Implementación del motor



Como se observa en la Figura 73, se ha implementado un motorreductor trifásico de 0.5HP, el mismo que ha sido instalado en una base para que el eje de 1 pulgada o 25,4mm que tiene el reductor pueda estar firme a la estructura, esta base acoplada al reductor es de acero inoxidable, a continuación, se presenta la placa de datos del motor, la cual servirá para el control de la velocidad que se le asigne al transportador.

Implementación de chumaceras y eje del reductor

Para el sistema elaborado se tiene un reductor con un eje de 1 pulgada, para ello ha elegido la una chumacera de piso LDK 205, la cual posee un diámetro de 1 pulgada y servirá para dar apoyo al eje de rotación que viene desde el reductor.

Figura 74

Chumacera LDK 205



Se evidencia el montaje de la chumacera junto al eje del reductor, en la estructura de la cinta transportadora

Armado de engranajes y separadores

Figura 75

Engranajes y separadores



Una vez ya instalado el motor se procede a colocar dos engranes rectos, los cuales servirán de guía para la cinta transportadora permitiendo así que la cinta gire y no se salga de

la estructura. Se observa unos separadores de color azul, los cuales servirán para mantener a los engranes en una posición fija y no cambien de posición mientras la cinta esté en movimiento. Tanto los separadores como los engranes fueron sujetos mediante pernos M6 al eje del motor de 1 pulgada. Este engranaje posee un radio de 90,7mm y diámetro interno de 25,4mm.

Armado total de la banda transportadora

Al finalizar el armado de la banda se tiene que colocar que son unas guías de teflón a lo largo de la estructura de la banda, esto permitirá que la cinta no se desgaste en el movimiento, estas guías serán colocadas sobre unos rieles de la estructura de acero inoxidable y se los sujetará con unos pernos Allen M6, como se indica en la Figura 75.

Figura 76

Guías de teflón



Para el montaje de las placas laterales se utilizará el pedestal y la estructura de la llenadora que servirán de base para la banda transportadora, las placas laterales como se ha ido explicando en su composición interna llevan todos los elementos de funcionamiento del sistema transportador.

Figura 77

Montaje de las placas laterales y pedestal



En la Figura 77, se observa la estructura del transportador armada, incluyendo en la misma unos soportes para riel guías, se las evidencia de color negro, las mismas que sirven de apoyo para que las botellas mantengan su curso en la línea de envasado.

Finalmente, en la Figura 78, se tiene la cintra modular de Intralox serie 900 ya elegida anteriormente implementada ya en todo el sistema transportador.

Figura 78

Montaje total de la banda transportadora



Implementación de la matriz Cruz de Malta

La matriz se la utiliza para el transporte de botellas desde la banda transportadora hasta la corchadora, se tomará en cuenta los mismos parámetros para materiales de construcción y serán en el acero inoxidable AISI 304.

Construcción de la mesa

Figura 79

Mesa Cruz de Malta



La mesa sirve como una base para todos los elementos que intervienen en la construcción de la cruz de malta los cuales son, placas de acero inoxidable, chumaceras, ejes de soporte para las placas, matriz impulsada e impulsora, matriz de nylon para botellas de 750ml, esta mesa se la ha construido de un perfil cuadrado de espesor 2.5 mm, con las siguientes medidas, 560 mm de largo, 450 mm de ancho y 400mm de alto. El tipo de suelda utilizada para su construcción fue la TIG, como son perfiles cuadrados se utilizaron los mismos parámetros de la Figura 69.

Implementación de placas

La placa base a utilizar es de acero inoxidable con las siguientes especificaciones, 560mm de largo, 400 de ancho y 10mm de espesor.

Figura 80

Placas para el sistema



Como se observa en la figura 63, existen otras placas que sirven como base para las chumaceras de pared y tiene la siguiente medida 200mm de alto, 210 mm de largo y espesor 10mm, la placa para la chumacera de piso es 200 mm de alto y 220 mm largo, espesor 10mm.

Además, se evidencia que el sistema cuenta con dos ejes de soporte para la base de la chumacera de pared, sus medidas son 20 mm de diámetro, 125mm de alto.

Figura 81

Placa base para el motor



En la Figura 81, se muestra la colocación de la placa base para el reductor trifásico con las siguientes medidas, 190mm de alto, 500mm de ancho, espesor 10mm.

Todas las placas de acero inoxidable fueron soldadas con la suelda TIG, como son placas de 10mm de espesor, se procede a indicar los parámetros de soldadura aplicados.

Tabla 54

Parámetros de suelda para placas

Tipo de suelda	Espesor de placa	Corriente aplicada	Voltaje aplicado	Tipo de aporte	Grado
TIG	10mm	120-175 A	220-240 V	Varilla de acero inoxidable diámetro (1,1-1,6-2-2,4) mm	301,304,304L 316,316L,321

Instalación de chumaceras

Para colocar las chumaceras de pared se procede tomar el dato de construcción de los ejes, los cuales son de 35 mm de diámetro y 220 de longitud. En este caso se selecciona una chumacera LDK 208 con un diámetro de 35 mm de diámetro y serán sujetadas con unos pernos M8 a la placa respectiva.

Figura 82

Chumaceras de piso



Para las chumaceras de pared se aplica la misma selección en base al diámetro del eje impulsado que es de 40mm de diámetro y 251mm de longitud, se elige una chumacera LDK 208. Todas las chumaceras son de acero inoxidable debido a que deben cumplir las normativas de industria alimenticia.

Figura 83

Implementación chumaceras de piso



Matrices conductora y conducida

Estas matrices se las ha diseñado como se indicó en el capítulo tres tomando como relación, la posición y el número de botellas que se desea tener en el sistema, gracias al diseño previo de las matrices, se pudo mecanizar en acero inoxidable.

Como punto de partida para el mecanizado, se realizó el diseño CAD, posteriormente el diseño se lo envía a un software de mecanizado 3D, el cual enviará el código del programa a un centro de mecanizado automático que irá dando el detalle de las matrices.

La matriz conductora cuenta con diámetro de 180mm, un bocín de 50mm que permitirá sujetar la matriz al eje del motor mediante prisioneros 1/8.

La matriz conducida cuenta con unas ranuras de 12.5mm de diámetro y unos orificios de 100mm en donde se alojarán las botellas cuando estén siendo transportadas a la etapa de corchado.

Figura 84

Matriz impulsada e impulsora

***Implementación final***

Como parte final de la implementación de la matriz cruz de malta, se realiza el mecanizado 3D de unas matrices de nylon para que las botellas de 750ml puedan tener estabilidad al momento de ser transportadas a la etapa de corchado, su diámetro es de 700mm para que puedan llevar 10 botellas, el eje que sale desde la matriz conducida están asegurados mediante unas chavetas de 20mm de ancho y 200mm de longitud, estas chaveras permitirán a las matrices estar sujetas al eje de movimiento.

Figura 85

Matriz cruz de malta

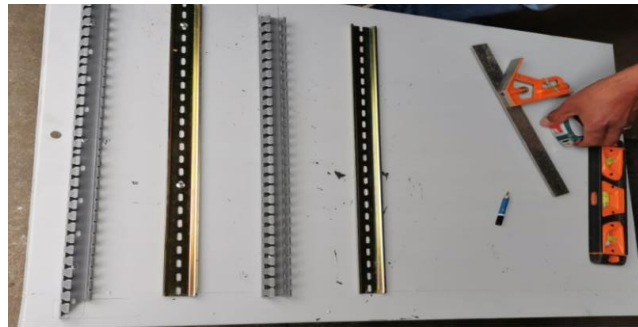


Implementación del tablero de control

Se montan los elementos enlistados, en un tablero de medidas (800 x 600) mm elaborado bajo las normas NTE INEN 2568 y NEMA 250. Para organizar los conductores se utilizan canaletas ranuradas que son colocadas horizontal y verticalmente tomando en cuenta las medidas de los elementos a ser montados en el riel DIN, como se puede observar en la Figura 86.

Figura 86

Sujeción de riel DIN y canaletas



En la Figura 87 se puede observar el montaje de los elementos en el tablero de control, para posteriormente realizar su cableado.

Figura 87

Montaje de elementos, tablero de control



Una vez montados los elementos en el tablero de control, se procede al cableado a través de las canaletas ranuradas, como se puede observar en la Figura 88.

Figura 88

Tablero de control terminado



Implementación del tablero de fuerza

Con el mismo proceso realizado en la implementación del tablero de control, se procede al montaje de canaletas, riel DIN y componentes encargados de mover los 3 motores utilizados en el proceso, como se puede observar en la Figura 89.

Figura 89

Implementación tablero de fuerza



En la Figura 90, se observa el tablero de fuerza ya cableado y con las tapas en las canaletas ranuradas, tomando en cuenta que se realizó la conexión de los indicadores en la tapa y los potenciómetros de cada variador.

Figura 90

Tablero de fuerza terminado



En la Figura 91, se observa la tapa del tablero de fuera en donde bajo la norma IEC 60204-1, la luz piloto verde indica que el equipo está energizado y listo para trabajar, el color rojo indica algún fallo, esta alerta es proporcionada por el variador, y por último los potenciómetros para regular la velocidad de cada motor.

Figura 91

Tapa del tablero de fuerza



Implementación del tablero neumático

En la Figura 92, se observa el tablero neumático en donde se sigue el mismo proceso del tablero de control, al no ser las electroválvulas para riel DIN se las sujetan al tablero por medio de pernos con sus respectivas tuercas.

Figura 92

Tablero neumático



Implementación del código en el PLC y HMI

Se utiliza el lenguaje Ladder para programar el controlador, todo el código se basa en distintos tipos de temporizadores, en la Tabla 55 se detallan las entradas y salidas del PLC que hay que tomar en cuenta para la programación.

Tabla 55

E/S del PLC

Variable	Descripción
I0.0	Señal final de carrera botellas de entrada
I0.1	Señal final de carrera botella en la corchadora
I0.2	Paro de emergencia en la banda t.
I0.3	Paro de emergencia junto al HMI

Variable	Descripción
Q0.0	Bajar la llenadora
Q0.1	Start del variador de la bomba
Q0.2	Subir la llenadora
Q0.3	Expandir/ contraer el tope de entrada de botellas
Q0.4	Expandir/ contraer el tope de la llenadora
Q0.5	Stop llenadora
Q0.6	Corchar
Q0.7	Stop banda, cruz, corchadora

El programa empieza leyendo el estado del final de carrera ubicado al inicio de la banda donde se colocan las botellas vacías, como se puede observar en la Figura 93.

Figura 93

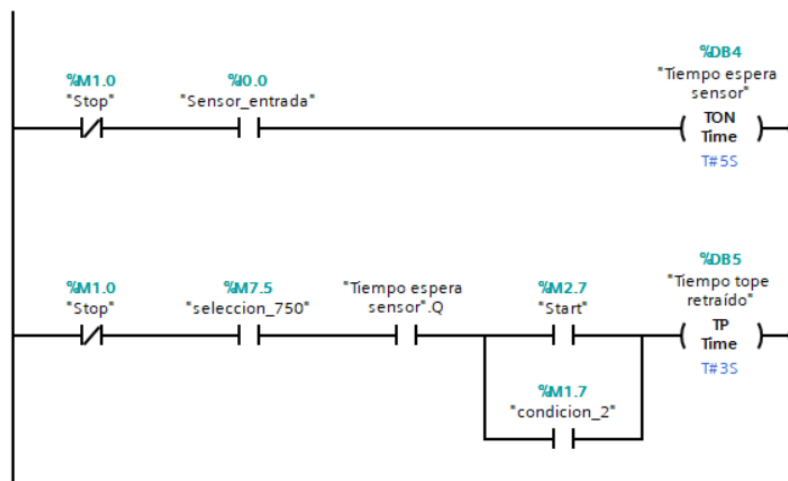
Final de carrera de entrada



Al presionar Start y al estar activado el final de carrera de entrada se inicia el proceso, activando un temporizador que retrae el tope 1 y permite que circulen las botellas por la banda hasta llegar al tope 2, que detiene a las botellas en la llenadora, el segmento del código se detalla en la Figura 94.

Figura 94

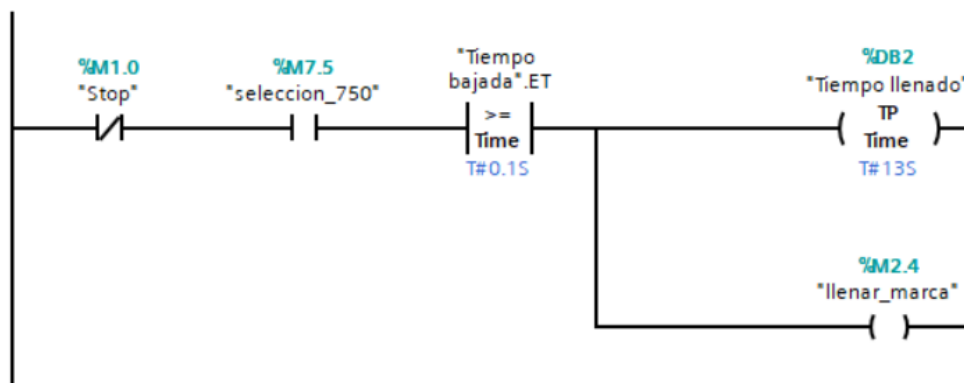
Segmento de inicio del modo automático



Cuando las botellas estén en el tope 2, la llenadora desciende por cierto tiempo hasta que las válvulas ingresen en cada una de las 4 botellas, se enciende la bomba y empieza a llenarlas de vino por cierto tiempo, el segmento se observa en la Figura 95.

Figura 95

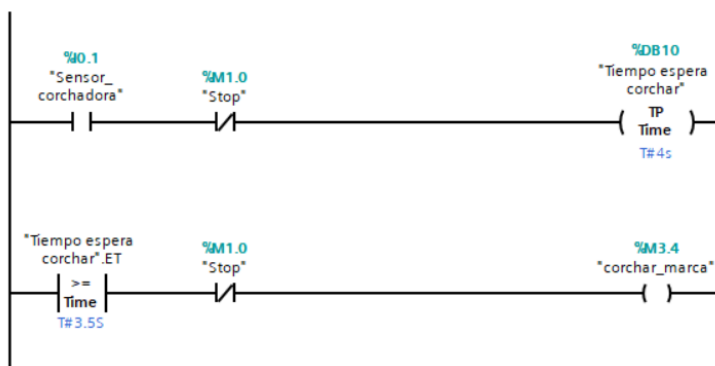
Segmento de llenado



Una vez llenas las botellas, se alza la llenadora y se retrae el tope 2 para que las botellas puedan ser transportadas por la banda hacia la corchadora, una vez en la corchadora pasan las botellas por el final de carrera que envía la señal al PLC para que se corchen las botellas, el segmento del código se lo puede observar en la Figura 96.

Figura 96

Segmento de corchado



Para cargar las imágenes en la KTP 700 se utiliza el cable ethernet. Una vez cargadas las imágenes, se calibran valores de brillo y se activan o desactivan sonidos que genera la pantalla al presionar cualquier botón, esto de acuerdo a la comodidad de usuario, y se lo ubica en un pedestal móvil junto al paro de emergencia que detiene todo el proceso, se lo puede observar en la Figura 97.

Figura 97

Imágenes en la KTP 700



Parámetros en los variadores de velocidad

Basándose en las instrucciones de servicio proporcionadas por Siemens para los variadores Sinamics V20, se describen en la tabla 54 los parámetros más importantes configurados para poner en marcha los variadores.

Tabla 56

Parámetros configurados de variadores

Parámetro	Descripción
P0304	Voltaje nominal de motor
P0305	Corriente nominal del motor
P0307	Potencia del motor
P0309	Eficiencia del motor
P0310	Frecuencia de trabajo
P0311	Velocidad nominal del motor
P1080	Frecuencia mínima de trabajo
P1082	Frecuencia máxima de trabajo
P1120	Tiempo rampa de subida
P1121	Tiempo rampa de bajada

Con los botones de navegación se accede a cada uno de los parámetros y se los configura, así también se configura el macro de conexión a utilizar para tener control con las botoneras, en la Figura 95 se puede observar la botonera para Start y Stop de la banda transportadora, además del paro de emergencia que detiene todo el proceso, la máquina denominada cruz de malta también posee su botonera de Start y Stop.

Figura 98

Botonera banda transportadora



Una vez conectados los cables según el diagrama del macro de conexión a utilizar que se encuentra en los anexos, el variador queda listo para trabajar como se puede observar en la Figura 99.

Figura 99

Variador configurado



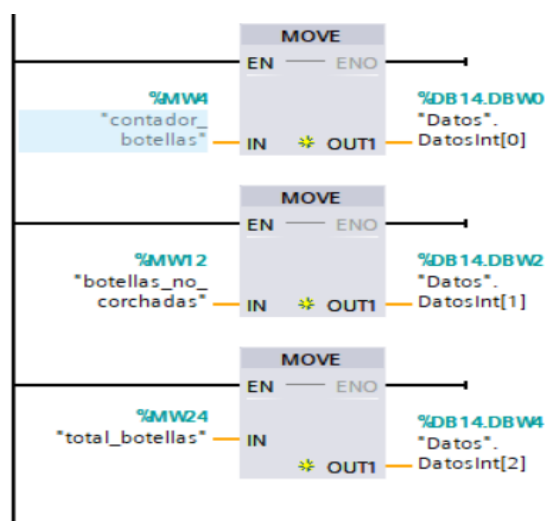
IoT

En la pantalla denominada IoT de la KPT 700 se tiene la opción de Enviar Informe, para que los datos se envíen a la nube se utiliza Snap7 que es un software preconfigurado de la

raspberry Pi, se empieza creando un bloque de datos en TIA Portal en donde se colocan todas las variables que se desean enviar, en este caso se está enviando las botellas envasadas, las no corchadas, el total de botellas producidas y el dato de activación del paro de emergencia, se muestra en la Figura 100.

Figura 100

Variables a bloque de datos



Una vez creado el bloque de datos, se crea el PLC y las variables en la herramienta Node-RED, en la paleta de opciones denominada PLC se utiliza s7 in, para poder leer el valor de la variable que se desee desde el controlador, como se puede observar en la Figura 101.

Figura 101

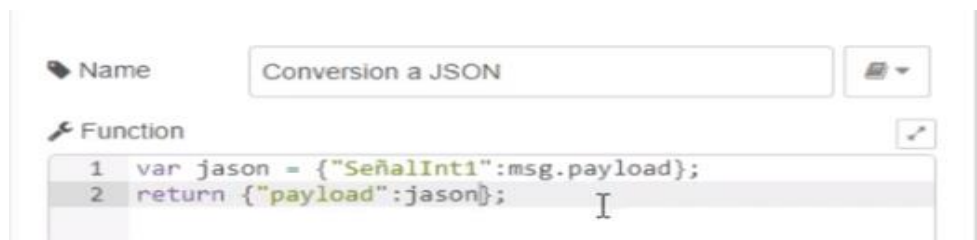
Paleta PLC en Node-RED



Como se desea enviar un valor entero a la nube se lo debe convertir a JSON, como se observa en la Figura 102, de esta manera la plataforma utilizada para monitorear el valor en tiempo real podrá interpretar el dato.

Figura 102

Conversión a JSON



```

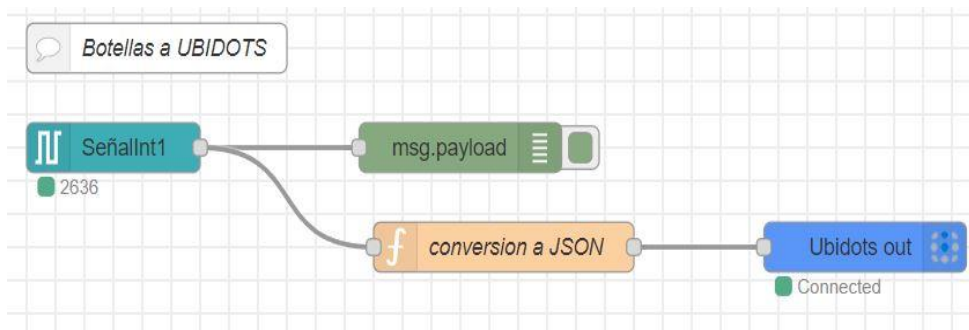
Name Conversion a JSON
Function
1 var jason = {"SeñalInt1":msg.payload};
2 return {"payload":jason};

```

Se selecciona el bloque denominado Ubidots out para enviar el dato a la plataforma que tiene el mismo nombre, escribiendo el token y el device que nos proporciona Ubidots cuando se cree el dispositivo, se puede observar en la Figura 103.

Figura 103

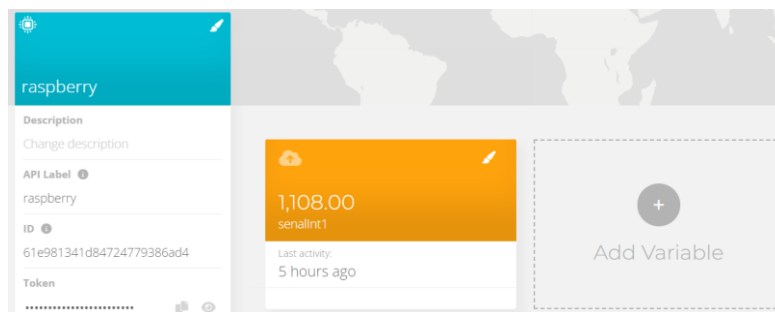
Dato a Ubidots



Creando una cuenta con licencia estudiantil se puede crear el dispositivo como se observa en la Figura 104, se denomina raspberry, permite añadir las variables que se deseen con ciertas limitantes de acuerdo a la licencia que se tenga.

Figura 104

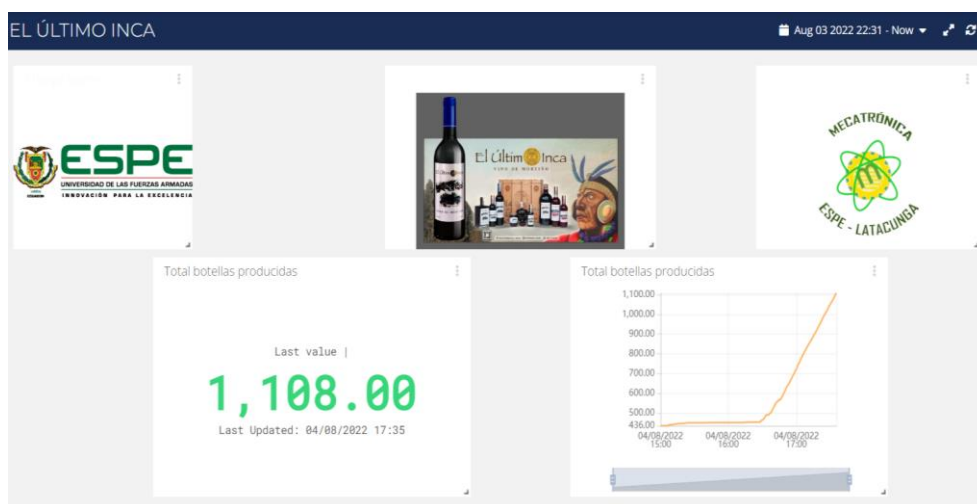
Dato a Ubidots



Finalmente se crea el dashboard, que es el entorno en donde se va a reflejar el dato de producción total de botellas de vino, como se observa en la Figura 105, en este caso se tiene un indicador numérico y una gráfica de botellas procesadas vs línea de tiempo real.

Figura 105

Dashboard en Ubidots



También se tiene un registro de datos en dos hojas de cálculo de Google, en la primera se registrarán datos de botellas envasadas, no corchadas y el total, mientras que en la otra el historial de aro de emergencia, como se observa en la Figura 106.

Figura 106

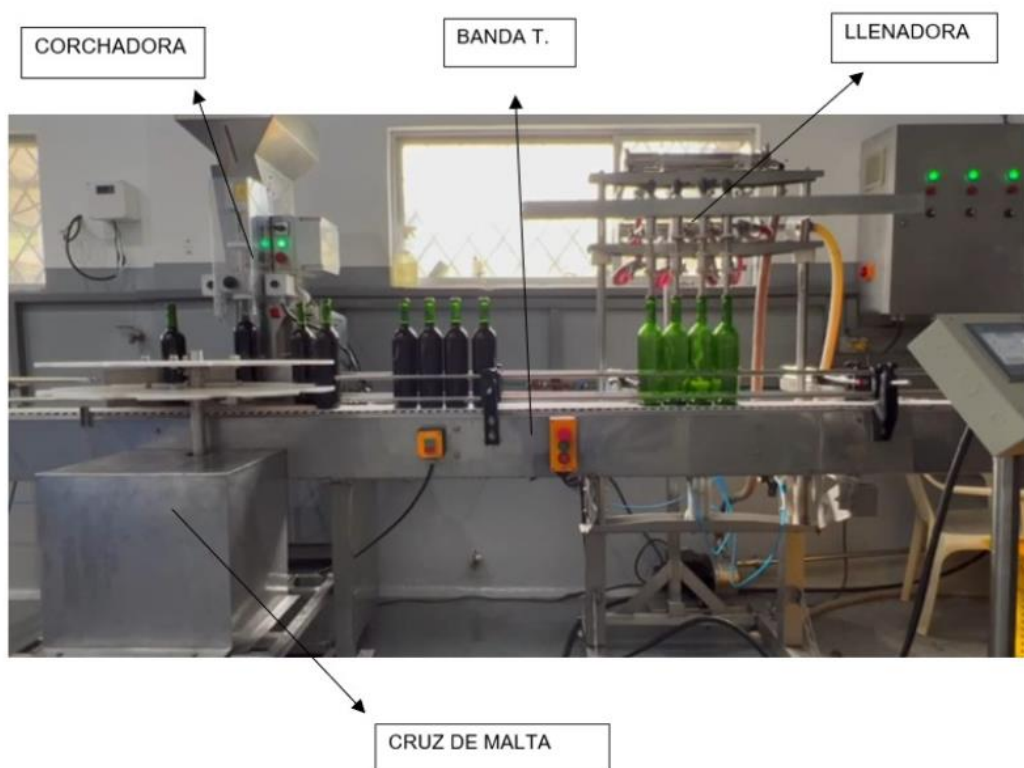
Hoja de cálculo para registro de datos

	A	B	C	D
1		PRODUCCIÓN BOTELLAS 750 ml		
2	Marca temporal	Botellas envasadas	Botellas no corchadas	Total botellas envasadas

En la Figura 107 se observa la línea de envasado finalizada.

Figura 107

Línea de envasado



Presupuesto de materiales para proyecto implementado

Tabla 57

Presupuesto línea de envasado

Detalle	Costo
Corchadora manual P45	\$ 10.500
Banda transportadora	\$ 7.000
Matrix Cruz de Malta	\$ 5.500
Modificación Llenadora	\$ 1.200
Material eléctrico y de control	\$ 6.500
Varios	\$ 1.500
Total	\$ 32.200

Trabajos futuros

Se implementará de matrices de nylon para las botellas de 37ml, Se sugiere añadir dos válvulas más de llenado para envasar en lotes de 6 botellas. La empresa en los próximos meses realizará la compra de una máquina para encapsulado y etiquetado a continuación de las etapas ya desarrolladas, esta máquina seleccionada es una Gama R1000-R1500 y cuenta con un sistema para ser acoplada a la línea construida, los datos técnicos se incluirán en el anexo de la maquinaria seleccionada, adicionalmente se puede implementar un plato acumulador de botellas al final de la línea de proceso.

Capítulo V

Pruebas y Resultados

Pruebas de la banda transportadora

En el movimiento de la banda transportadora, se ha tomado en cuenta el parámetro de la velocidad, el cual permitirá conducir a las botellas en una forma adecuada a sus distintas etapas. Para ello se han tomado los valores que pueden ser óptimos en el movimiento.

Tabla 58

Pruebas de la banda Transportadora

Prueba	Frecuencia variador (Hz)	Tiempo que cumple el proceso (s)	Observaciones
1	5	-	Sin movimiento
2	10	-	Sin movimiento
3	15	-	Sin movimiento
4	20	-	Sin movimiento
5	25	150	Movimiento lento
6	30	145	Movimiento lento
7	32	141	Movimiento lento
8	34	137	Movimiento lento
9	36	131	Movimiento normal
10	38	126	Movimiento normal
11	40	121	Movimiento óptimo
12	41	120	Movimiento óptimo
13	43	No cumple	Velocidad excesiva
14	45	No cumple	Velocidad excesiva

En la Tabla 58 se puede observar las distintas pruebas que se hizo con el movimiento de la banda, este movimiento fue gracias al variador de frecuencia que se instaló, el cual variando poco a poco su velocidad en base al sistema que se tenía armado, el tiempo que cumple el proceso está tomado las tres etapas de llenado, transporte y corchado de las botellas de vino de 75ml. En primeras pruebas se evidencia que el motor no arrancó porque que no tenía la fuerza suficiente para romper suficiente para generar movimiento en el motor.

Fue así que el variador aplicado a los 25Hz pudo generar movimiento, pero se tardaba demasiado tiempo en conducir las distintas etapas de la línea de envasado. La frecuencia óptima de movimiento fue entre los 39 a 41 HZ, en estas frecuencias la banda transportadora no generaba mayor tardanza en su movimiento, se tomaron en cuenta lotes de 4 botellas desde el inicio de la etapa hasta el finalizarla, es decir que las 4 botellas terminaban su proceso en un tiempo estimado de 120 segundos, este tiempo podía variar dependiendo de la velocidad que se configure en el variador, tomando en cuenta que la etapa de llenado es la más lenta, entonces el sistema debe ir acondicionado a esta etapa, porque no sería de mucha utilidad enviar la banda a una alta velocidad si la etapa de llenado se mantiene con sus mismos parámetros. En la Figura 108 se puede observar la frecuencia de trabajo estándar de la banda.

Figura 108

Parámetro estándar de funcionamiento



Pruebas matriz cruz de malta

El movimiento de la matriz cruz de malta fue de gran utilidad en la línea de envasado permitiendo que las botellas se transporten de la banda hacia su etapa de corchado y nuevamente las botellas vuelvan a la banda para continuar con el proceso.

En la tabla 59 se muestra la frecuencia de trabajo de la matriz cruz de malta.

Tabla 59

Pruebas Matriz Cruz de Malta

Prueba	Frecuencia variador (Hz)	Tiempo que cumple el proceso (s)	Observaciones
1	1	-	Sin movimiento
2	2.5	-	Sin movimiento
3	3	-	Sin movimiento
4	3.5	28	Movimiento lento
5	4	26	Movimiento lento
6	4.5	24	Movimiento lento
7	5	22	Movimiento lento
8	5.5	20	Movimiento lento
9	6	18	Movimiento lento
10	6.5	16	Movimiento normal
11	7	14	Movimiento normal
12	7.5	12	Movimiento normal
13	8	10	Velocidad óptima
14	8.20	8	Velocidad óptima

Prueba	Frecuencia variador (Hz)	Tiempo que cumple el proceso (s)	Observaciones
15	8.5	6	Velocidad excesiva
16	8.8	No cumple	Velocidad excesiva
17	9	No cumple	Velocidad excesiva
18	9.2	No cumple	Velocidad excesiva
19	9.5	No cumple	Velocidad excesiva
12	10	No cumple	Velocidad excesiva

En las pruebas realizadas de la matriz cruz de malta se evidencia que el motor no debe girar rápido debido a que es un proceso bastante meticuloso, en el transporte desde la banda a la corchadora existe una guía que servirán de base para cumplir este proceso, motivo por el cual el movimiento de la cruz no debe ser brusco, es por ello que se toman valores pequeños en la frecuencia del variador correspondiente a la cruz.

Otro aspecto a tomar en cuenta es el final de carrera, si no es accionado correctamente no enviará la señal a la corchado y la botella no será corchada, esto suele suceder si la botella pasa muy rápidamente en el sensor y no lo accionada de forma correcta. Motivo por el cual en todas las pruebas realizadas el valor promedio de trabajo de la cruz con las condiciones indicadas es de 8 a 8.3 Hz en la frecuencia, entre este rango se tendrá un trabajo moderado en la etapa de corchado, permitiendo que las botellas terminen esta etapa en 8 segundos.

Otro aspecto a tomar en cuenta en el sistema es cuando la cruz de malta tiene baja frecuencia en su variador, esto traerá como consecuencia que las botellas se almacenen en entre la banda y la cruz de malta, como se indica en la figura 106.

Figura 109

Línea de proceso



Gracias a las pruebas realizadas se puede establecer la frecuencia óptima de trabajo en la cruz de malta, como se indica en la Figura 110.

Figura 110

Frecuencia de trabajo de la matriz cruz de malta



Pruebas de tableros

Una vez realizado el cableado en el tablero de control, se procede a energizarlo con el primer termomagnético y así verificar que el controlador se ponga en modo RUN como se puede observar en la Figura 111, es decir que está trabajando con normalidad y existan las

señales de entrada activando de forma manual los finales de carrera y los paros de emergencia.

Figura 111

Pruebas de controlador



En el tablero de fuerza se suben los termomagnéticos para cada motor, empezando por la banda transportadora y presionando el botón de marcha, de la misma manera se procede con la cruz de malta, así los variadores indican en sus pantallas el símbolo de motor en marcha, como se puede observar en la figura

Figura 112

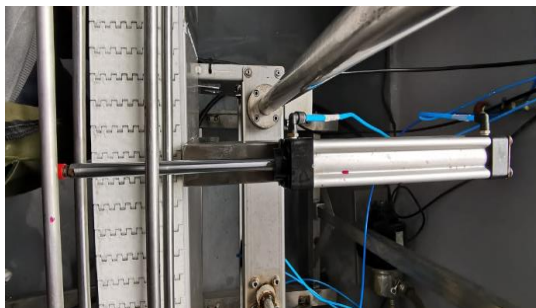
Pruebas variadores



Para el sistema neumático, se tienen botones de mando en cada electroválvula, al presionarlos, los cilindros neumáticos se retraen o se expanden acorde sea el caso, como se puede observar en la figura

Figura 113

Pruebas cilindros



Una vez realizadas las pruebas, se concluye que los dispositivos de control, fuerza y neumáticos funcionan de manera adecuada.

Pruebas de llenado

Se empiezan las pruebas con una frecuencia en el variador de la bomba de vino de 5 Hz, como se observa en la Tabla 60, el valor es bajo para evitar la espuma en el llenado y de esta manera no hacer pausas para que baje la espuma, tomando en cuenta que las pausas realizadas también se sumarían al tiempo de llenado.

Tabla 60

Pruebas de llenado

Prueba	Frecuencia variador (Hz)	Tiempo llenado (s)	Observaciones
1	5	22	Sin espuma
2	5,55	21,3	Sin espuma
3	7	20,4	Sin espuma

Prueba	Frecuencia variador (Hz)	Tiempo llenado (s)	Observaciones
4	9,3	19,3	Sin espuma
5	12	19	Sin espuma
6	14	18,6	Sin espuma
7	19	17	Sin espuma
8	25	15,1	Sin espuma
9	33	13,7	Poca espuma
10	38,12	13	Poca espuma
11	38,12	13	Poca espuma
12	38,12	13	Poca espuma
13	38,12	13	Poca espuma
14	38,12	13	Poca espuma
15	39	12,7	Mucha espuma
16	40	12	Mucha espuma
17	42	11,2	Mucha espuma
18	44	10,7	Mucha espuma
19	45	10,2	Mucha espuma
20	45,5	10	Mucha espuma
21	46	9,6	Mucha espuma
22	46,5	9	Mucha espuma
23	47	8,6	Mucha espuma
24	50	7,3	Mucha espuma
25	55	6	Mucha espuma

En base a la Tabla 60, se afirma que el variador de la bomba de vino debe configurarse a 38.12 Hz ya que es un buen tiempo de llenado y no genera mucha espuma, tomando en cuenta con valores inferiores a esta frecuencia aumenta el tiempo de llenado pese a no tener presencia de espuma, sin embargo, esto alarga el tiempo de producción. Por otro lado, si se requiere disminuir el tiempo de llenado se puede aumentar la frecuencia, pero la espuma que se genera es demasiada obligando así a detener la bomba por períodos de tiempo en los que la espuma disminuya.

En la Figura 114, se muestra uno de los valores más bajos utilizados para realizar la prueba de llenado.

Figura 114

Frecuencia variador bomba



En la Figura 115 se muestra el valor más óptimo obtenido en base a las pruebas de llenado realizadas, siendo un tiempo aceptable sin la generación de mucha espuma.

Figura 115

Frecuencia óptima variador



El tiempo de llenado en cada prueba es tomado desde que empiezan a llenarse las botellas, hasta que todas se llenen al mismo nivel como se muestra en la Figura 116 tomando en cuenta que es el nivel máximo que permite alcanzar la máquina llenadora.

Figura 116

Nivel de líquido



Pruebas IoT

El conteo de botellas se visualiza en la KTP 700 como se observa en la Figura 117, para esta prueba se tienen 490 botellas envasadas, 0 no corchadas, dando un total de 490 botellas producidas.

Figura 117

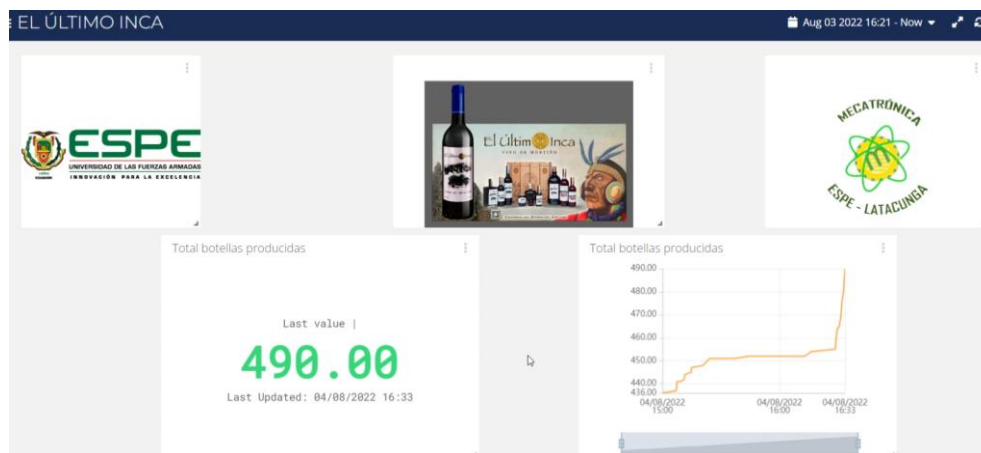
Conteo en HMI



El total de botellas producidas se ve reflejado en la nube, en este caso 490 en la plataforma Ubidots, como se observa en la Figura 118.

Figura 118

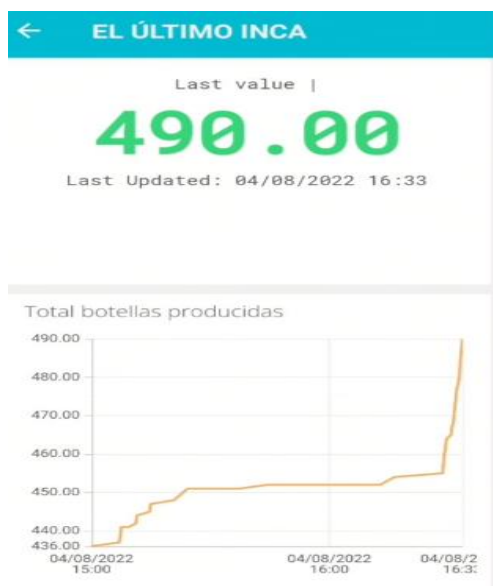
Monitoreo Ubidots



Si el usuario no dispone de una computadora, pero posee un teléfono móvil puede acceder al monitoreo de datos en tiempo real como se puede apreciar en la Figura 119.

Figura 119

Monitoreo Celular



Para realizar la prueba del registro de la producción diaria, semanal o mensual acorde a lo que requiera el usuario se debe presionar el botón Enviar Informe como se observa en la Figura 120.

Figura 120

Enviar Informe



Enseguida se refleja el dato en una hoja de cálculo de Google, como se aprecia en la Figura 121, por lo tanto, el sistema IoT funciona de manera adecuada, siempre y cuando el módem que se utiliza para enlazar los dispositivos tenga conexión a internet.

Figura 121

Registro en hoja de Google

Producción botellas 750 ml

	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

En la Tabla 61, se pueden observar los datos tomados al realizar pruebas de envío de datos a la nube tanto en el monitoreo en tiempo real de la variable producción total, y de los informes enviados a las hojas de cálculo de Google que son los de producción y historial de Paro de Emergencia.

Tabla 61

Pruebas de llenado

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

Prueba	Tiempo a Ubitos (s)	Tiempo informe (s)
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

En base a los datos obtenidos en la Tabla 61, se concluye que para el caso del monitoreo en tiempo real en Ubidots el tiempo no supera los 2 segundos, desde que el final de carrera envía el dato de conteo al controlador hasta que se ve reflejado en la plataforma, como el tiempo entre botella y botella es de aproximadamente 7 segundos, no existe interferencia entre el envío de dato y dato. En el caso de los informes de la misma manera no superan los 2 segundos, desde que se presiona el botón Enviar Informe o Paro de Emergencia, hasta que se ve reflejado el dato en la hoja de cálculo de Google.

Validación de la hipótesis

Para determinar si se cumple la hipótesis planteada se ha cronometrado el tiempo empleado de los trabajadores en envasar y corchar de forma manual, y el tiempo que tarda el proceso automatizado. Se realizan 25 pruebas en bloques de 4 botellas, que dan un total de 100 botellas envasadas y corchadas con ambos métodos. En la Figura 119, se muestra al personal realizando el trabajo en modo manual.

Figura 122

Proceso en modo manual



En la Figura 123, se muestra el envasado y corchado de forma automática.

Figura 123

Proceso modo automático



En la Tabla 62, se muestran los tiempos obtenidos al envasar 25 grupos de botellas por los trabajadores de la empresa en forma manual.

Tabla 62*Datos obtenidos modo manual*

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

Envasado (lotes de 4)	Tiempo (s)
02523	36,78
24	37,45
25	34,15
Promedio	37,909
Desviación estándar	2,343

En la Tabla 63, se muestran los tiempos obtenidos al envasar 25 grupos de botellas utilizando el proceso automatizado.

Tabla 63

Datos obtenidos modo automático

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

Envasado (lotes de 4)	Tiempo (s)
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

Para validar si existe aumento en la producción con el proceso automatizado con respecto al proceso realizado de forma manual, se aplica el método T-Student, con la ecuación (4.1).

$$T = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad (4.1)$$

Donde:

- 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

Para aplicar el método se deben tomar en cuenta los tiempos de las Tablas 104-105 a partir del dato 2, aplicando la ecuación (4.2).

$$Dato_1 = t_1 - t_0 - t_{ajuste} \quad (4.2)$$

t_{ajuste} Es el tiempo desde que se coloca las primeras cuatro botellas en el proceso de inicio, cursando así el tiempo que se demora en llenar, transporte hasta la cruz, movimiento de la cruz y el corchado de las cuatro botellas, es por ello que este tiempo se lo resta debido a que las siguientes cuatro botellas vendrán una a continuación de otra.

Reemplazando los datos de la Tabla 63, en la ecuación (6), se tiene:

$$Dato_1 = 36.24 - 93 - 93$$

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

De esta manera el dato el dato 2 de la Tabla 62, que es 36.24 segundos, pasa a ser el dato 1 del análisis por el método T-Student, para la Tabla 63, es el mismo proceso. De este modo, reemplazando los datos en la ecuación (4.3) se tiene:

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

$$T = -1183.13 \quad (4.3)$$

Se plantean la siguiente hipótesis, tomando en cuenta una confiabilidad del 90%:

H_o = 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.

Tomando en cuenta que los grados de libertad son igual al número de muestras menos uno, en este caso 23 y en base a la Tabla del Anexo 21, se obtiene el valor crítico.

$$t_{\alpha} = 1.319$$

Comparando con el valor de T-Student que es de -1183.13, se obtiene:

$$T < t_{\alpha} \quad (4.4)$$

$$-1183.13 < 1.319$$

En base a la comparación (7), se acepta la hipótesis nula, en donde se muestra que el tiempo de producción con el proceso automatizado es menor que el empleado en forma manual. De este modo se afirma que se aumenta la producción con el proceso automatizado.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

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 estructura de la banda transportadora fue diseñada en base a la Norma INEN 1094, en donde menciona que se debe manejar en bebidas, materiales anticorrosivos, por lo tanto, se utilizó acero inoxidable 304 en tubos, chumaceras, ejes y guías.
- 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.
- 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.
- 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 vencer 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.
- 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.

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.
- 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.
- 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.

Bibliografía

A. Miravete, E. L. (2002). *Transportes en la Ingeniería Industrial*. Barcelona, España: Reverté, S.A.

Aceropedia. (2022). *Aceropedia*. Obtenido de <http://aceropedia.com/tipos-de-acero/acero-negro/>

Alibaba. (s.f.). *Alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Cheap-1600467898616.html>

Alonso Marcos, C. (2017). *Soldadura Tic en Acero Inoxidable*. Madrid: Paraninfo.

Altamirano, S. (2022). *suileraltamirano*. Obtenido de <https://www.suileraltamirano.com/>

Amazon. (2020). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Raspberry-Modelo-2019-Quad-Bluetooth/dp/B07TD43PDZ?th=1>

AMSAMOTION. (2022). *AMSAMOTION*. Obtenido de <https://www.amsamotion.store/product/gl070-gl070e>

Areatecnología. (2013). *Areatecnología*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>

Atlántico, T. (2020). *Tornillo Atlántico*. Obtenido de <https://tornillosatlantico.com/blog/f/cord%C3%B3n-perfecto-proceso-de-soldadura-tig>

AUTOMATION, I. (s.f.). *IAS AUTOMATION*. Obtenido de <https://deltaelectronicsdistribuidor.com/pantallas-hmi-delta/>

Autycom. (2020). *Autycom*. Obtenido de <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-hmi/>

Búa, M. T. (2014). *edu.xunta.gal*. Obtenido de

https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/57_cruz_de_malta.html

Cabrera, L. (2022). *Variadores de Velocidad*. Pereira, Colombia.

Castillo, J. C. (2017). *Electrónica*. Madrid: Editex S.A.

cdtecnología. (2022). *cdtecnología*. Obtenido de <https://cdtecnologia.net/relas/583-contactor-trifasico-monofasico-32a-220v-lc1-d1810.html>

CITY, P. (2020). *PLC CITY*. Obtenido de <https://www.plc-city.com/shop/es/siemens-simatic-hmi-basic-panels-2nd-generation/6av2123-2gb03-0ax0.html>

CITY, P. (2022). *PLC CITY*. Obtenido de https://www.plc-city.com/shop/en/siemens-power-supply-sitop-smart/6ep1333-2ba20.html?SubmitCurrency=1&id_currency=3&gclid=Cj0KCQjwof6WBhD4ARIsAOi65aiWg3HDuRy3IPi6BBce_gvxB7TXhRGHWDYkgIfNGb8f_XA1LwMHDNQaAhDtEALw_wcB

CITY, P. (s.f.). *PLC CITY*. Obtenido de <https://www.plc-city.com/shop/es/siemens-simatic-hmi-basic-panels-2nd-generation/6av2123-2gb03-0ax0.html>

Construyendo. (s.f.). *Construyendo*. Obtenido de <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>

Electroleg. (s.f.). *Electroleg*. Obtenido de <https://www.electroleg.com/products/SR2B201BD.html>

Electromaterial. (2021). *Electromaterial*. Obtenido de <https://www.electromaterial.com/Fuse-10x38-10A>

- Enacero. (2022). *Enacero*. Obtenido de <https://www.enaceroinox.com/shop/lamina-en-acero-inoxidable-serie-430-y-pulido-no-4-784#attr=751,605>
- Forbo. (2021). *Forbo Movent Systems*. Obtenido de <https://www.forbo.com/movement/en-gl/>
- Higuera, A. G. (2005). *El Control Automático en la Industria*. Murcia: Universidad de Castilla - La Mancha.
- Homecenter, P. (s.f.). *Promart Homecenter*. Obtenido de <https://www.promart.pe/interruptor-termomagnetico-easy-9-mcb-2x10a/p>
- Importancia. (2022). *Importancia.com*. Obtenido de <https://www.importancia.org/aluminio-2.php>
- Industrial, B. (2020). *Boletín Industrial*. Obtenido de <https://www.boletinindustrial.com/producto.aspx?pid=91612>
- Industrialesandes. (2022). *Industrialesandes*. Obtenido de <https://industrialesandes.co/maniobra/132-rele-de-bobina-de-8-pines-110v-ac-mk2pi.html>
- Industriasgsl. (2022). *Industriasgsl*. Obtenido de <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>
- ingecom. (s.f.). *ingelcom*. Obtenido de <https://www.ingelcom.com.ec/shop/product/n50250-breaker-enchufable-square-d-2p-50a-12320>
- IngeMecanica. (2012). *Cálculo y Diseño*. Obtenido de Cálculo y Diseño: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>
- INGEMECÁNICA. (s.f.). *INGEMECÁNICA*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn58.html#:~:text=3%20mm%20cuando%20se%20deposite,hasta%2010%20mm%20de%20espesor%3B&text=4%2C5%20mm>

%20cuando%20se,hasta%2020%20mm%20de%20espesor%3B&text=5%2C6%20mm
 %20cuando%20se,de%2020%20mm%20de%20espesor.

Intralox. (2022). *Intralox*. Obtenido de <https://www.intralox.com/es/resources/engineering-manual>

Intralox. (2022). *Manual de Ingeniería Intralox*. Obtenido de <https://www.intralox.com/es/products/modular-plastic-belting>

Issuu. (2021). <https://issuu.com>. Obtenido de https://issuu.com/zenaida.9714/docs/cat_lago_herramientas_lean/s/11221533

jdeléctricos. (2021). *jdeléctricos*. Obtenido de <https://jdelectricos.com.co/como-funciona-un-breaker-electrico/>

LDK. (2022). *LDK*. Obtenido de <https://es.ldk-bearings.com/category/downloads/1>

LENTAX. (2022). *LENTAX*. Obtenido de <https://www.motorreductores.com.ar/wp-content/uploads/2019/10/motoreductor-lineaf-lentax.pdf>

Llorente, J. L. (2019). *Despliegue de la Función Calidad*. Obtenido de <http://gestioncalidad.com/wp-content/uploads/2016/09/QFD.pdf>

Martín, R. T. (2012). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE LAVADO DE ZANAHORIA DE 10t/h*. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1759/REQUENA_JOSE_AUTOMATIZACION_PLANTA_ZANAHORIA_ANEXOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Mesurex. (2022). *Mesurex*. Obtenido de <https://mesurex.com/industria-4-0-caracteristicas-ventajas-e-inconvenientes/>

- Metalmecánica, A. (2018). *serviprecisionarburola*. Obtenido de <https://www.serviprecisionarburola.co.cr/producto/bandas-transportadoras/>
- Moreno, J. C. (2012). *Soldadura y robots industriales*. Obtenido de <https://www.josecarlosmoreno.com/single-post/2016/10/02/electrodos-de-tungsteno-para-soldadura-tig-gtaw>
- Mosvoltaje. (s.f.). *Mosvoltaje*. Obtenido de <https://masvoltaje.com/siemens-logo/1607-logo8-24ce-mod-logicodisplay-al-e-s-24v-24v-24v-transistor-4034106029418.html>
- Ponsa Asencio, P. R. (2006). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*. CATALUNYA: Tecfoto, Ciudad de Granada 55, 08005 Barcelona.
- Pública, M. d. (2016). *Control Sanitario*. Obtenido de www.controlsanitario.gob.ec: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/04/ARCSA-DE-067-2015-GGG_NORMATIVA-T%C3%89CNICA-SANITARIA-PARA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf
- Pulido, M. Á. (2000). *Convertidores de Frecuencia, Controladores de Motores y SSR*. Barcelona: Marcombo, S.A.
- Quimel, S. (19 de Marzo de 2019). *SL Quimel*. Obtenido de <https://www.automatizacion-industrial.es/>
- Romecoindusdustrial. (s.f.). *Romecoindusdustrial*. Obtenido de <https://www.romecoindustrial.com/producto/4v230e-08-electrovalvula-neumatica-52-centro-abierto-puertos-14%E2%80%B3/>
- Sabaca, M. (2006). *Automatismos y cuadros eléctricos*. España: Mc Graw Hill.
- Sas, M. (2020). *Moin Sas*. Obtenido de <https://www.moinsas.com/transportadores-de-banda-sobre-rodillo/>

Siemens. (2022). *NIHIVE*. Obtenido de <https://motores-electricos.com.ar/catalogo/variadores-de-frecuencia/variador-frecuencia-sinamics-v20-siemens/>

TOKOPEDIA. (s.f.). *TOKOPEDIA*. Obtenido de <https://www.tokopedia.com/sinarberdikari/solenoid-valve-chelic-5-3-type-sv8233-sw8233-double-coil-3-8-inc>

Ulbrinox. (2022). *ulbrinox.com*. Obtenido de <https://www.ulbrinox.com.mx/blog/que-son-los-aceros-inoxidables-1>

Ultimationinc. (2022). *ultimationinc.co*. Obtenido de <https://www.ultimationinc.com/es/sistemas-de-transporte-industrial/transportador-alimentos/>

Vicente, M. d. (1999). *Nueva Enciclopedia del Automóvil*. Barcelona: Ceac, S.A.

Anexos