



TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al Título de Ingeniero en Automática

Autor

Eduardo Montes de Oca Seguí

Tutor

MSc. Magdelén Bazán de los

Santos

Noviembre, 2023



TRABAJO DE DIPLOMA

Título

**Propuesta de Diseño para el Sistema de
Instrumentación y Control de la
Lavadora/Llenadora de Toneles en la Cervecería
Bucanero S.A**

Autor

Eduardo Montes de Oca Seguí

Tutor

MSc. Magdelén Bazán de los Santos

Noviembre 2023



Hago constar que el presente Trabajo de Diploma fue realizado en la Universidad de Oriente como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución para los fines que estime convenientes, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Nombre y firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Nombre y firma del autor

Nombre y firma del Tutor

Fecha

Nombre y firma del Jefe de Carrera

Fecha

Nombre y firma del Jefe de Departamento

Fecha

Dedicatoria.

Este trabajo está dedicado a todos quienes me dieron su apoyo para culminar con mis estudios. Especialmente a mis padres, sin los cuales no estaría aquí y a mi esposa Lourdes por amarme incondicionalmente.

Agradecimientos.

Expreso mi agradecimiento a:

- Mis tutores por guiarme en cada paso de la realización de este Proyecto.
- A toda mi familia por formarme como estudiante y persona.
- Al personal de la empresa Bucanero S.A por toda la disposición y ayuda brindada en la realización de este trabajo.
- A mi esposa, ya que sin el apoyo de ella hubiera sido imposible alcanzar esta meta.

Listado de imágenes

Figura 1. Funcionamiento de la Línea de toneles Numerado.	20
Figura 2. Lavadora/Llenadora vista desde el TIA Portal.	22
Figura 3. Primer cabezal Diagrama P&ID.	22
Figura 4. Segundo cabezal Diagrama P&ID.	23
Figura 5. Cabezal de Contacto cáustico.	24
Figura 6. Tercer cabezal Diagrama P&ID.	24
Figura 7. Cuarto cabezal Diagrama P&ID.	25
Figura 8. Quinto cabezal Diagrama P&ID.	26
Figura 9. Cabezal de contacto con vapor.	26
Figura 10. Sexto cabezal Diagrama P&ID.	27
Figura 11. Cabezales de llenado Diagrama P&ID.	28
Figura 12. Red Profibus del PLC S7-300.	33
Figura 13. PLC SIMATIC S7-300.	34
Figura 14. fotocélula WL11-2P2432.	35
Figura 15. Sensor inductivo NBB4-12GM50-E2-V1-3G-3D.	36
Figura 16. sensor reed switch SMT-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D.	37
Figura 17. Transmisor de presión PI2794.	37
Figura 18. Horquilla vibrante Liquiphant FTL20-025.	38
Figura 19. Sonda compacta de temperatura TMR31.	39
Figura 20. Medidor de flujo magnético Proline Program 50H.	39
Figura 21. Electroválvula CPV14-M1H-2X3-GLS-1/8.	40
Figura 22. Conector 6GK1500-0FC10.	41
Figura 23. Cable 6XV1830-0EH10.	41
Figura 24. Tubo plástico PUN-H-4X0,75-BL.	42
Figura 25. Panel HMI.	43
Figura 26. Conector FBS-SUB-9-GS-DP-B.	44
Figura 27. Tubería de plástico PFAN-4X0,75-NT.	45
Figura 28. Vista desde el exterior de las islas neumáticas.	46
Figura 29. Vista desde el interior del cajón protector.	46
Figura 30. Conexión de las mangueras a las válvulas neumáticas.	47
Figura 31. Mangueras circulando con el aire comprimido.	47
Figura 32. Estructura Metálica para evitar el paso de los químicos.	47
Figura 33. Láminas de acrílico Transparente. Acrilfrasa.	48
Figura 34. Adhesivo para acrílico Weld On 4.	48
Figura 35. Vista Superior de la Isla Neumática.	49
Figura 36. Dispositivo para la configuración de los nodos.	49
Figura 37. Repetidor RS 485 conectado al PLC.	50
Figura 38. Repetidor RS 485.	50
Figura 39. Módulos E/S conectados al PLC.	51

Figura 40. Tiempos Generales de la Lavadora/Llenadora.....	52
Figura 41. Tiempos Cabezal 1	53
Figura 42. Tiempos del cabezal 2.	55
Figura 43. Tiempos cabezal 3	56
Figura 44. Tiempos de cabezal 4.	57
Figura 45. Tiempos de cabezal 5.	58
Figura 46. Tiempos cabezal 6	59
Figura 47. Tiempos de cabezales 7 y 8.	61
Figura 48. Parámetros de Llenado.....	62
Figura 49. Presiones y Temperaturas.	63
Figura 50. Segmento de código 23 para la introducción de la boquilla en el cabezal 1	64
Figura 51. Esquema Eléctrico del cabezal 1.....	66
Anexo 1. Instrumentación del cabezal 2	75
Anexo 2. Nodos 16 y 17 de la Lavadora Llenadora.	75
Anexo 3 Pin de conexión del conector Profibus FBS-SUB-9-GS-DP-B.	75
Anexo 4 Vista del cabezal 1 desde el Tia Portal.....	76

Resumen

La automatización de los procesos en la industria alimenticia es una tendencia cada vez mayor en las empresas ya que simplifica el seguimiento y control de la producción, así como su eficiencia, más aún en los procesos de envasado y embalaje. Es por ello que la presente investigación fue realizada en la Empresa Bucanero S.A teniendo como objetivo el diseño de un sistema de control optimizado para la Lavadora/Llenadora de Toneles. Para la realización de este proyecto se estudió de manera exhaustiva el flujo tecnológico de la línea de Toneles para conocer el estado actual de la máquina Lavadora/Llenadora. Con este fin se estudiaron las principales características presentes en la instrumentación de la máquina en el estado actual y las características principales del sistema de control con que cuenta la máquina al día de hoy. Los criterios básicos requeridos para balancear la decisión sobre cómo llevar a cabo esta propuesta son minimizar el riesgo de deterioro de la máquina, disminuir el tiempo de detención de la línea por mantenimiento a la Lavadora/Llenadora y mantener al mínimo los costos en la instrumentación y en la adaptación de la misma. En la solución propuesta se propone reutilizar el PLC Siemens S7-300 y su conexión Profibus con los diferentes dispositivos de esta máquina, trasladar las islas neumáticas hacia un lugar más alejado de la zona roja de circulación de los líquidos degradantes y corrosivos, cambiar las mangueras por su estado de degradación y sustituirlas por unas más resistentes.

Palabras claves: Sistema de control; PLC Siemens S7-300; Profibus; Instrumentación.

Abstract:

The automation of processes in the food industry is a growing trend in companies since it simplifies the monitoring and control of production, as well as its efficiency, even more so in the packaging and packaging processes. That is why this research was carried out at the Bucanero S.A Company with the objective of designing an optimized control system for the Barrel Washer/Filler. To carry out this project, the technological flow of the Barrel line was exhaustively studied to know the current state of the Washing/Filling machine. To this end, the main characteristics present in the instrumentation of the machine in the current state and the main characteristics of the control system that the machine has today were studied. The basic criteria required to balance the decision on how to carry out this proposal are to minimize the risk of deterioration of the machine, reduce the downtime of the line for maintenance to the Washer/Filler and keep costs in instrumentation and maintenance to a minimum. in adapting it. In the proposed solution, it is proposed to reuse the Siemens S7-300 PLC and its Profibus connection with the different devices of this machine, move the pneumatic islands to a place further away from the red zone of circulation of degrading and corrosive liquids, change the hoses due to their state of degradation and replace them with more resistant ones.

Keywords: Control system; Siemens S7-300 PLC; Profibus; Instrumentation.

Índice o tabla de contenidos

Índice.

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Listado de imágenes	6
Resumen.....	8
<i>Abstract:</i>	9
Índice o tabla de contenidos.....	10
Introducción.....	12
Capítulo 1. Fundamentos o marco teórico	15
1.1 Generalidades del proceso de envasado de cerveza.....	15
1.1.1 Automatización en el proceso de envasado de cerveza.....	15
1.1.2 Proceso de envasado presente en la Entidad.	16
1.2 Características propias del envasado de cerveza en toneles.....	17
1.2.1 Flujo tecnológico de la Línea de Toneles.....	18
1.2.2 Generalidades sobre las máquinas Lavadoras/Llenadores	20
1.2.3 Flujo tecnológico de la Lavadora Llenadora.	21
1.3 Tipos de Mantenimientos y Características Generales.....	29
1.4 Visualización del Proceso. Sistema SCADA.....	29
1.4.1 SCADA presentes en este Proceso.....	31
1.5 Red Profibus y sus Características.....	32
1.5.1 Red Profibus presente en el Proceso	32
1.6 Controladores Industriales y sus características.....	33
Conclusiones parciales del Capítulo 1	34
Capítulo 2. Propuesta de diseño para el proyecto.....	35
2.1 Instrumentación presente en la máquina.....	35
2.2 Criterio de selección de la instrumentación final.....	43
2.3 Cambios en la Instrumentación resultante después del análisis.....	44

2.4 Elaboración del Plan de Acción.	45
2.4.1 Reposicionamiento de las islas neumáticas y los conectores.....	46
2.4.2 Cambios de mangueras.....	46
2.4.3 Estructuras para frenar el paso de líquidos corrosivos.	47
2.4.4 Reconfiguración de la Red Profibus.	48
2.4.5 Diseño del sistema de control:.....	51
Introducción del nuevo programa.	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	67
Conclusiones.....	67
Recomendaciones.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
Bibliografía	69
ANEXOS	75

Introducción

En la actualidad la automatización de procesos cobra vital importancia en el mundo industrial. Automatizar procesos en el ámbito industrial es necesario para asegurar la competitividad de las empresas. Si bien los sectores más conocidos en este sentido son el metalúrgico y el automovilístico, la automatización en la industria alimentaria es crucial para optimizar procesos y desarrollos [1].

Por tanto, la Industria Alimenticia Una de las industrias más implicadas en la automatización de todos sus procesos productivos, donde se utilizan estos modelos automatizados para optimizar recursos, estandarizar flujos de trabajo, reducir fallas, mejorar la eficiencia y garantizar la calidad del producto.

Dentro de este sector de los alimentos destaca la Industria Cervecera pues La automatización en la industria cervecera es una tendencia creciente en todo el mundo, ya que las empresas buscan mejorar la calidad y la eficiencia de sus procesos de producción [2] .

La automatización en la industria cervecera también puede ayudar a las empresas a adaptarse a los cambios en la demanda del mercado, al permitir una mayor flexibilidad en la producción y una capacidad de respuesta más rápida a las necesidades del cliente [3].

En Cuba los productos de la industria cervecera son altamente cotizados tanto por cubanos como por extranjeros. Para lograr complacer el gusto tanto de consumidores locales como foráneos trabaja incansablemente la Cervecería Bucanero S.A perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria. Esta empresa se encuentra ubicada en la Circunvalación Sur km 3 $\frac{1}{2}$ de la provincia Holguín. Al ser única de su tipo en la provincia Holguín para este importante sector; es interés principal para la dirección de la entidad la revisión y modernización constante de los sistemas de automatización para la cocción y envasado de la cerveza.

Durante el último período de mantenimiento programado en la Línea de Toneles del Taller de Envasado de la entidad se detectaron un conjunto de deficiencias en el funcionamiento de la Lavadora/Llenadora de Toneles como son:

- El deficiente estado de las mangueras por las que circulan aire comprimido hacia las válvulas neumáticas debido al ácido fosfórico y la sosa cáustica derramadas en los procesos de lavado de los toneles.

- Incorrecto accionamiento de las válvulas neumáticas debido al estado de las mangueras.
- Los conectores y las islas neumáticas también son afectados por el derrame de ácido fosfórico y sosa cáustica.
- Los cables de los diferentes sensores, así como los propios sensores también han sido corroídos por estos líquidos agresivos.

Este problema ha sido identificado por varios departamentos de la empresa con competencia en el tema, incluyendo la dirección cubana y la gerencia extranjera de la industria cervecera, los cuales consideran que afecta la imagen de la entidad a ojos del consumidor.

Lo expuesto anteriormente permite formular como **problema científico** el deficiente sistema de control e instrumentación en la Lavadora/Llenadora de la Línea de Toneles en el Taller de Envasado de la Cervecería Bucanero S.A.

Lo que conduce a definir como **objeto de la investigación:** el sistema de control e instrumentación en la Lavadora/Llenadora de la Línea de Toneles en el Taller de Envasado de la Cervecería Bucanero S.A.

Se define como **objetivo general**, la propuesta de un diseño para el mejor funcionamiento del sistema de control e instrumentación en la Lavadora/Llenadora de la Línea de Toneles en el Taller de Envasado de la Cervecería Bucanero S.A.

En correspondencia con el objetivo se define como **campo de acción** los sistemas de automatización para máquinas llenadoras de toneles utilizando autómatas programables.

Para cumplir con el objetivo propuesto, se definen las siguientes **tareas de investigación:**

- Estudio gnoseológico, histórico y actual de la automatización en el proceso del llenado de la cerveza en toneles.
- Estudiar las principales características presentes en la instrumentación en la industria cervecera.
- Seleccionar la instrumentación para la modernización del sistema automático de la Lavadora/Llenadora.
- Diseño de un sistema de control automático para el lavado y llenado de los toneles.

Para el desarrollo de este estudio se utilizaron diversos **métodos y técnicas de investigación** como el histórico-lógico, inducción-deducción y análisis-síntesis para la elaboración.

De este modo se plantea como **hipótesis** que, si se moderniza el sistema de control e instrumentación de la Lavadora/Llenadora, se podría lograr un mejor funcionamiento de la máquina y con ello una mayor seguridad en la entidad.

Por todo lo anteriormente planteado este proyecto planea tener como **contribuciones** principales:

- Diseñar un proyecto que soluciones las deficiencias del sistema de control con que se trabajaba anteriormente
- Servir de referencia para seleccionar materiales resistentes a la corrosión para la instrumentación de la máquina
- Implementación de técnicas de programación de PLC y su aplicación en este proceso en específico
- De aplicarse la solución será posible disminuir los costos de mantenimiento y de consumo de energía además de disminuir las interrupciones por concepto de mantenimiento.

Este proyecto cuenta con una **Introducción** donde se plantea el problema, posteriormente cuenta con un capítulo para el **Marco Teórico** y también un capítulo donde se **Plantea la Propuesta de Diseño**, después unas **Conclusiones** y unas **Recomendaciones**.

Capítulo 1. Fundamentos o marco teórico

En este capítulo se realiza un breve recuento de las principales características internacionales del envasado de la cerveza en general y de los toneles de manera más particular para posteriormente realizar una descripción a fondo de cómo están materializadas estas características generales dentro de la entidad a través del análisis del flujo tecnológico del envasado de toneles dentro de la entidad. También se realizó un estudio acerca de las principales características que deben tener las máquinas Lavadoras/Llenadoras de Toneles industriales y como mediante el análisis del ciclo de trabajo de la Lavadora/Llenadora de Toneles de la empresa se evidencian todas estas características. Además, se mostraron los diferentes mantenimientos que se realizan en la empresa y mediante los cuales se detectó el problema que constituye objetivo de la investigación resolver y por último se realizó una caracterización del sistema de comunicación industrial presente en la empresa y del controlador con que se cuenta para la resolución de la situación problemática; dicha caracterización se realiza primero de manera global y posteriormente desde la realidad de la empresa.

1.1 Generalidades del proceso de envasado de cerveza.

El proceso de envasado de la cerveza es una etapa importante en la producción y venta de esta bebida, este proceso comienza una vez que la cerveza ha fermentado y posterior al mismo pasa a su distribución [4]. Se realizan una serie de pasos previos antes del envasado, como comprobar que ha terminado la fermentación y filtrar la cerveza [4]. El envasado se puede realizar en botellas, latas o barriles, y cada una de estas soluciones tiene sus ventajas y desventajas. Las latas son más económicas que las botellas de vidrio, ocupan menos espacio y son más resistentes a la luz [5], y las latas de última generación llevan en sus componentes una película que impide el contacto entre lata y cerveza, lo que beneficia a la conservación de la originalidad de la cerveza [6].

1.1.1 Automatización en el proceso de envasado de cerveza.

Las automatizaciones más comunes en el proceso de envasado de la cerveza, según las fuentes encontradas, son:

- **Sistemas de control y automatización:** los sistemas de control y automatización son comunes en la producción y envasado de cerveza, y están diseñados para reducir el tiempo empleado en gestionar equipos y procesos [7].

- Tecnología de pesaje: la tecnología de pesaje se utiliza para medir las cantidades de llenado con alta precisión, reduciendo el sobrellenado al mínimo absoluto [8].
- Lavadoras y llenadoras de barriles: las lavadoras y llenadoras de barriles son máquinas automáticas que se utilizan para lavar y llenar barriles de cerveza [9].
- Integración de tecnologías: la automatización en el proceso de envasado de la cerveza puede integrar tecnologías como la inteligencia artificial para mejorar la eficiencia y la calidad [6].
- Sistemas de tiraje: los sistemas de tiraje se utilizan para suministrar la cantidad justa de cerveza, la espuma perfecta y con el menor desperdicio posible [10].

Normalmente en estos procesos que normalmente se automatizan se busca conseguir:

- Reducción de errores y mayor precisión: todas las automatizaciones buscan reducir los errores y aumentar la precisión en el proceso de envasado de la cerveza [11].
- Mayor eficiencia y velocidad: las automatizaciones buscan aumentar la eficiencia y velocidad en el proceso de envasado de la cerveza [7].
- Flexibilidad: las automatizaciones buscan ofrecer una mayor flexibilidad en la producción y envasado de diferentes tipos de cerveza [12].
- Reducción de costos: las automatizaciones buscan reducir los costos de producción y aumentar la rentabilidad [7].
- Integración de tecnologías: las automatizaciones buscan integrar tecnologías como la inteligencia artificial para mejorar la eficiencia y la calidad [13].

1.1.2 Proceso de envasado presente en la Entidad.

En la actualidad el taller de envasado cuenta con 3 Líneas para el envasado de cerveza: Botellas, Latas y Toneles en las cuales se envasan los diversos productos provenientes de la zona de cocción como son:

- Cerveza Cristal
- Cerveza Bucanero Fuerte
- Cerveza Mayabe
- Cerveza Cacique
- Malta Bucanero

Actualmente la mayoría de los procesos de estas 3 Líneas son completamente automatizados y la empresa trabaja duramente en lograr que todos los procesos terminen siendo completamente automatizados aumentando así la productividad disminuyendo el riesgo a accidentes laborales y logrando una mayor calidad en el producto final [14].

1.2 Características propias del envasado de cerveza en toneles.

El llenado de cerveza en barriles es una opción popular para la venta y distribución de cerveza. El proceso de llenado es sencillo y se puede realizar inyectando un poco de CO₂ antes de llenarlo [15]. Es importante que el barril pase por un proceso de limpieza y sanitización antes de ser llenado [15]. Además, existen máquinas especializadas para llenar barriles de cerveza. Las máquinas especializadas en el lavado y llenado de toneles tienen por norma general una capacidad de lavado y llenado desde 15 hasta 18 barriles de acero inoxidable y desde 40 hasta 45 barriles de PET por hora [16] y los barriles se construyen de aluminio o acero y se usan para almacenar, transportar y servir la cerveza [5]. El uso de sistemas dispensadores innovadores, como dispositivos de autoenfriamiento y sistemas de extracción de mostrador, ha ganado popularidad en Europa occidental, ofreciendo a los consumidores formas convenientes y eficientes de disfrutar su cerveza en casa o en entornos sociales [17]. La producción y envasado de la cerveza en barriles puede ser tanto industrial como casera y según [18] Los sistemas de barril caseros brindan a los entusiastas de la cerveza artesanal la flexibilidad de preparar en barriles sus propias cervezas únicas y disfrutar de cerveza carbonatada fresca directamente del grifo. El envasado de la cerveza en Toneles tiene algunas características principales que le otorgan ciertas ventajas en comparación con otros métodos de envasado tradicionalmente. Algunas de estas características son que el envasado en barriles ofrece una mayor durabilidad en comparación con otros tipos de envases como las botellas porque los barriles protegen la cerveza de la luz y el oxígeno, lo que ayuda a preservar su frescura y calidad. También los barriles de cerveza suelen tener una capacidad estándar de 30 o 50 litros, aunque también hay otros tamaños disponibles. Esta capacidad de almacenamiento superior a otros medios es ideal para eventos y establecimientos de venta al por mayor por tanto son ampliamente utilizados en la industria de la hospitalidad y en bares, restaurantes y cervecerías. También se utilizan en eventos o festivales de cerveza.

Para lograr que todas las características anteriores se logren en la práctica las Líneas de Toneles deben poseer ciertas características como son:

1. Contrapresión: Durante el llenado de los barriles de cerveza, se utiliza un sistema de contrapresión para evitar la entrada de oxígeno y mantener así la calidad y la frescura del producto, esto evita la formación de espuma excesiva y la pérdida de dióxido de carbono.
2. Llenado aséptico: Para garantizar la seguridad alimentaria y reducir el riesgo de contaminación, el llenado de los barriles de cerveza se lleva a cabo en condiciones asépticas.
3. Control de carbonatación: Durante el llenado de los barriles de cerveza, se controla cuidadosamente el nivel de carbonatación para asegurar una presión y efervescencia adecuadas en el producto final mediante la medición y ajuste precisos de la cantidad de dióxido de carbono disuelto en la cerveza.
4. Llenado automatizado: En la industria cervecera, el llenado de barriles se realiza de manera automatizada, utilizando máquinas llenadoras específicamente diseñadas, minimizando el tiempo de exposición al aire y garantizando una buena calidad de la cerveza envasada.
5. Llenado por gravedad y presión: El llenado por gravedad es adecuado para cervecerías artesanales más pequeñas, mientras que el llenado por presión es utilizado en producciones a gran escala, brindando mayor eficiencia y precisión en el llenado.

1.2.1 Flujo tecnológico de la Línea de Toneles.

Después de poner en marcha la línea, el operador del montacargas debe cargar las paletas de barriles vacíos en el tramo de transporte de la despaletizadora; aquí, la paleta se queda, lista para las operaciones de despaletización manual. El operador saca los barriles de la paleta y los carga, en posición boca abajo (es decir con la válvula hacia abajo), en la cinta de transporte. Cuando la paleta está vacía, el transportador la transfiere al tramo siguiente de la zona de transporte de la despaletizadora para las operaciones de paletización. Los barriles vacíos cargados en este tramo proceden hacia el próximo que es la lavadora exterior para el lavado de la superficie externa de los toneles. La lavadora de barriles realiza un lavado de la superficie exterior de los barriles. Dicha operación se realiza en tres fases consecutivas. 1.-Lavado con solución cáustica 2.-Enjuague con agua caliente 3.-

Enjuague final con agua fría de red. Los barriles que salen de la lavadora Exterior se transfieren a la entrada de la estación de prelavado. La misma está dotada de dos cabezales de tratamiento. Dicha estación trata dos barriles al mismo tiempo, por cada ciclo de trabajo. La máquina realiza también un ciclo de control para comprobar la integridad de la válvula de los barriles, detectando La los que no tienen cánula en su interior. Los barriles defectuosos son rechazados y desviados hacia un tramo de transporte lateral, colocado en la salida de la máquina. Los barriles procedentes de la estación de prelavado alcanzan la siguiente zona que es la entrada de la lavadora/llenadora. Los barriles llenos que salen de la lavadora/llenadora pasan al Volteador+Inkjet, que les da la vuelta para colocarlos en posición boca arriba a la par que le coloca la fecha en la que se llenó. Después del volteo, los barriles son colocado en la entrada de la pesa dinámica. En este tramo se encuentra el primer sistema de infrarrojos para el control de la temperatura de los barriles, bloqueados en esta posición por el tope colocado en la entrada de la pesa. Los barriles que presenten una temperatura elevada son rechazados y desviados hacia un tramo de acumulación rechazos, después de la pesa dinámica. El tope se abre para soltar un barril cada vez que la pesa está libre. La pesa dinámica controla el peso de los barriles y rechaza los toneles cuyo peso es inferior al set point configurado. Los barriles rechazados por la pesa se desvían hacia un tramo de acumulación, colocado en la salida de la misma. Los barriles cuyo peso es correcto siguen su recorrido en el próximo tramo, donde hay otro sistema de control temperatura por infrarrojo. La eventual detección de un barril con temperatura alta provoca la parada inmediata de la línea y genera una señal de anomalía para avisar al operador. Los barriles con temperatura correcta pasan a donde está instalada una Capsuladora+injekt. En la entrada de la capsuladora, una boquilla pulveriza desinfectante en la válvula del barril antes de que el mismo alcance el cabezal de capsulado y ole coloca la fecha de vencimiento. Los barriles que salen de la capsuladora con cápsula pasan al tramo son transferidos a un tope neumático que los bloquea para las operaciones de paletización manual. El tampones se abre y suelta un barril cada vez que el operador, por medio del polipasto, retira un barril para depositarlo en la tarima. Cuando la paleta está llena, el operador comanda su evacuación, transfiriéndola a través de un pedal d accionamiento en la estación giratoria. La estación giratoria gira de 90 grados y

transfiere la paleta hacia la entrada de la envolvedora. Si la envolvedora está libre, transfiere la paleta a la máquina, que la envuelve en el film plástico. La paleta envuelta en film pasa al último tramo de donde el operador del montacargas la puede retirar para llevarla al almacén [14].

Los toneles utilizados en esta línea son del proveedor italiano Supermonte [19], hechos por encargo bajo especificaciones de la Cervecería Bucanero S.A [20]. Con capacidad para 50 litros de cerveza.

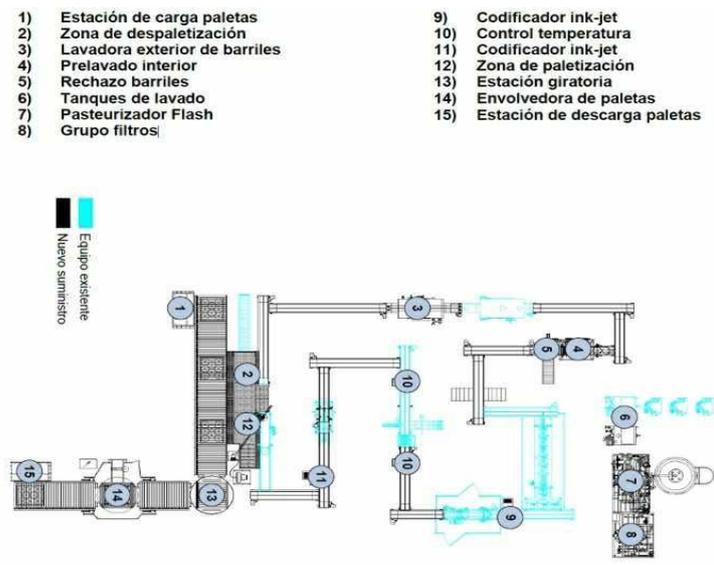


Figura 1. Funcionamiento de la Línea de toneles Numerado.

1.2.2 Generalidades sobre las máquinas Lavadoras/Llenadores

Las máquinas lavadoras/llenadoras especializadas en barriles son automáticas lo que permite un proceso rápido y eficiente, compactas, lo que las hace ideales para pequeñas y medianas empresas, y están dotadas de cabezales de tratamiento que permiten el lavado y llenado de los barriles con precisión [21]. Tienen un control automático por PLC lo que permite ajustar la máquina cuando está en funcionamiento [22] y pueden tener diferentes modos de calentamiento como calentamiento a vapor o calefacción eléctrica [23]. La capacidad de producción y de llenado varía según el modelo, pero en general, pueden llenar entre 50 y 60 barriles por hora [24]. Estas realizan tanto el lavado como el llenado de los barriles de manera automática [22]. Según [25] Los avances en la tecnología de la cerveza en barriles han llevado a mejores medidas de control de calidad y procesos de llenado más eficientes, asegurando la entrega de cerveza fresca y bien

carbonatada a los consumidores. Por lo tanto, debe cumplir las siguientes características:

1. Sistema de lavado: Estas máquinas cuentan con un sistema de lavado que permite la limpieza de los barriles, eliminando cualquier residuo o contaminante previo al llenado. El sistema de lavado puede incluir etapas como enjuague, cepillado, desinfección y enjuague final.
2. Sistema de llenado: Las máquinas lavadoras/llenadoras están equipadas con un sistema de llenado que dosifica la cantidad adecuada de cerveza en cada barril. Este sistema puede funcionar por gravedad o por presión, y suele incluir válvulas de llenado de precisión.
3. Control de CO₂: Estas máquinas pueden tener la capacidad de controlar la presión de CO₂ durante el llenado de los barriles, para asegurar una carbonatación uniforme y evitar la pérdida excesiva de dióxido de carbono durante la operación.
4. Velocidad de llenado: Las máquinas lavadoras/llenadoras están diseñadas para llenar barriles de cerveza de manera eficiente y rápida. La velocidad de llenado puede variar dependiendo del modelo y capacidad de la máquina.
5. Automatización y control: Estas máquinas están equipadas con sistemas de automatización y control, lo que permite monitorear y ajustar parámetros como la presión, el tiempo de llenado y el nivel de llenado de forma precisa.
6. Higiene y limpieza: Dada la importancia de la higiene en la industria cervecera, estas máquinas están diseñadas para ser fáciles de limpiar y mantener. Se utilizan materiales resistentes a la corrosión y se siguen rigurosos protocolos de limpieza para garantizar la inocuidad del producto final.

1.2.3 Flujo tecnológico de la Lavadora Llenadora.

Según [14] la Lavadora/Llenadora implementada en la línea de toneles trabaja con una producción nominal de 120 toneles por hora, aunque en la práctica la eficiencia promedio de la máquina es de 74% o sea unos 90 toneles por hora. A continuación, una descripción detallada de su funcionamiento [14].

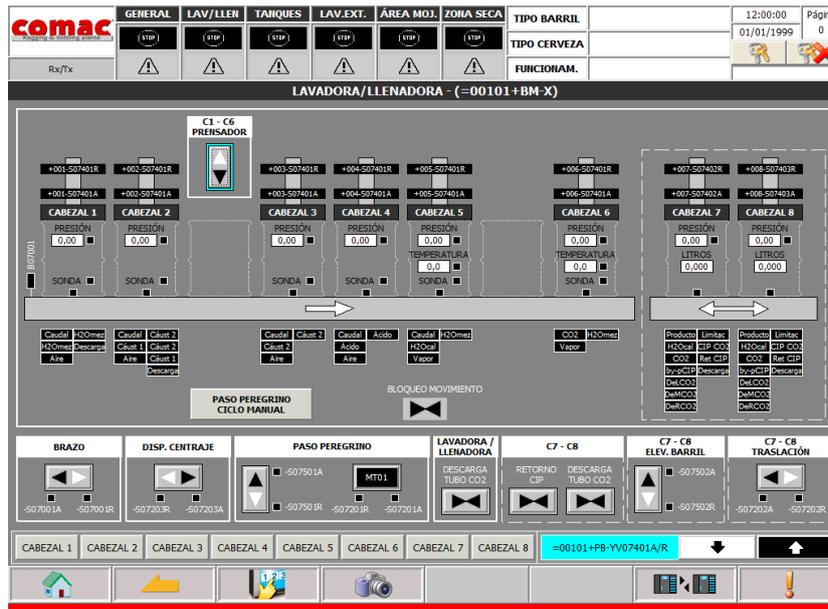


Figura 2. Lavadora/Llenadora vista desde el TIA Portal.

Primer cabezal:

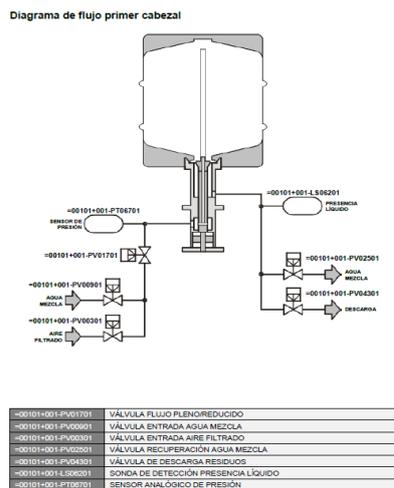


Figura 3. Primer cabezal Diagrama P&ID.

Ciclo de trabajo

1. Carga y bloqueo automático del barril en el cabezal
2. Control del acoplamiento entre barril y cabezal por medio de aire filtrado (esta fase se realiza solo si el control de la presión residual está inhabilitado)
3. Introducción de la boquilla
4. Control de la presión residual interna del barril (si está habilitado)
5. Lavado por impulsos con agua mezcla
6. Lavado con flujo reducido de agua mezcla

7. Recuperación del agua mezcla por medio de empuje de aire filtrado
8. Descarga de la presión residual del barril
9. Extracción de la boquilla
10. Descarga presión residual del cabezal
11. Subida prensadores y desplazamiento del barril a la estación sucesiva.

Segundo cabezal:

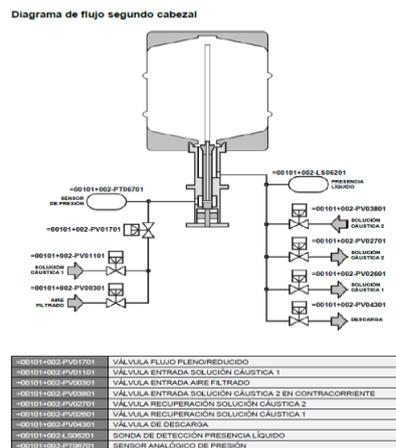


Figura 4. Segundo cabezal Diagrama P&ID.

Ciclo de trabajo

1. Carga y bloqueo automático del barril en el cabezal
2. Control acoplamiento barril/cabezal con aire filtrado
3. Introducción de la boquilla
4. Lavado por impulsos con solución cáustica 1
5. Lavado con flujo reducido de solución cáustica 1
6. Recuperación de la solución cáustica 1 por medio de un empuje de aire filtrado
7. Descarga de la presión residual del barril;
8. Llenado parcial del barril con solución cáustica 2
9. Lavado con flujo reducido de solución cáustica 2
10. Extracción de la boquilla;
11. Recuperación de la solución cáustica 2 presente en el cabezal
12. Descarga presión residual del cabezal
13. Subida prensadores y desplazamiento del barril a la estación sucesiva.

Estacionamiento para contacto con solución cáustica 2

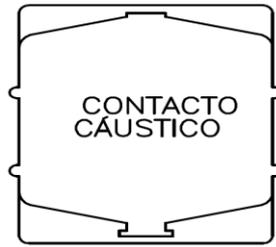


Figura 5. Cabezal de Contacto cáustico.

El barril, llenado parcialmente con solución cáustica 2 y descargado del segundo cabezal, permanece durante un ciclo completo en la estación de pausa que se encuentra entre el segundo y el tercer cabezal. Por lo tanto, los componentes internos de la válvula del barril permanecen sumergidos en la solución cáustica 2 durante toda la pausa, para una acción de desinfección más eficaz.

Tercer cabezal:

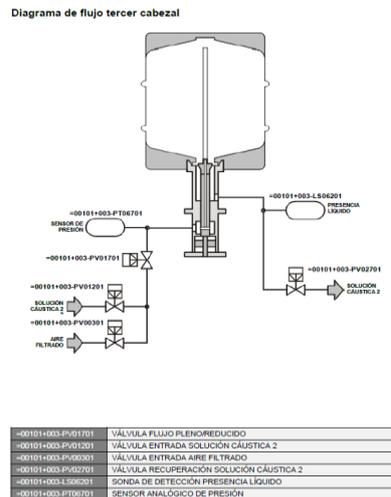


Figura 6. Tercer cabezal Diagrama P&ID.

Ciclo de trabajo

1. Carga y bloqueo automático del barril en el cabezal
2. Control acoplamiento barril/cabezal con aire filtrado
3. Introducción de la boquilla;
4. Lavado por impulsos con solución cáustica 2
5. Lavado con flujo reducido de solución cáustica 2
6. Recuperación de la solución cáustica 2 por medio de un empuje de aire filtrado
7. Descarga de la presión residual del barril
8. Extracción de la boquilla;
9. Descarga presión residual del cabezal;

10. Subida prensadores y desplazamiento del barril a la estación sucesiva.

Cuarto cabezal:

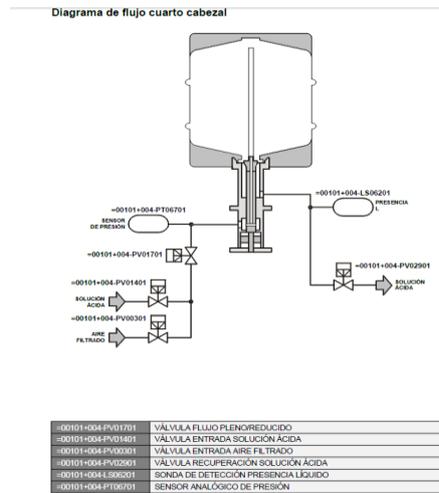


Figura 7. Cuarto cabezal Diagrama P&ID.

Ciclo de trabajo

1. Carga y bloqueo automático del barril en el cabezal
2. Control acoplamiento barril/cabezal con aire filtrado
3. Introducción de la boquilla;
4. Lavado por impulsos con solución ácida
5. Lavado con flujo reducido de solución ácida
6. Recuperación de la solución ácida por medio de un empuje de aire filtrado
7. Descarga de la presión residual del barril
8. Extracción de la boquilla;
9. Descarga presión residual del cabezal;
10. Subida prensadores y desplazamiento del barril a la estación sucesiva.

Quinto cabezal:

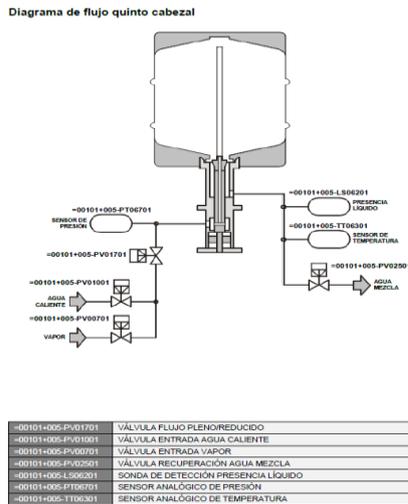


Figura 8. Quinto cabezal Diagrama P&ID.

Ciclo de trabajo

1. Carga y bloqueo automático del barril en el cabezal
2. Control acoplamiento barril/cabezal con aire filtrado
3. Introducción de la boquilla
4. Lavado por impulsos con agua caliente
5. Lavado con flujo reducido de agua caliente
6. Recuperación del agua caliente por medio de un empuje de vapor
7. Presurización del barril con vapor
8. Extracción de la boquilla
9. Descarga presión residual del cabezal;
10. Subida prensadores y desplazamiento del barril a la estación sucesiva.

Estacionamiento para esterilización con vapor



Figura 9. Cabezal de contacto con vapor.

El barril, presurizado con vapor filtrado y descargado del cuarto cabezal, permanece durante un ciclo completo de elaboración en la estación de pausa que se encuentra entre el cuarto y el quinto cabezal. Durante toda la pausa, la superficie interior del barril permanece en contacto con el vapor, para un mejor efecto de esterilización.

Sexto cabezal:

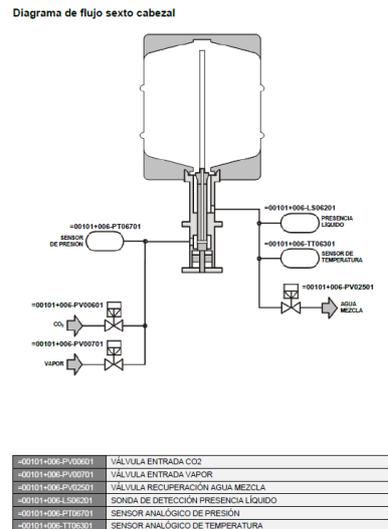


Figura 10. Sexto cabezal Diagrama P&ID.

Ciclo de trabajo

1. Carga y bloqueo automático del barril en el cabezal
2. Introducción de la boquilla
3. Control de la presión residual del barril
4. Presurización del barril con vapor
5. Descarga del condensado presente en el barril
6. Flujo de CO 2 en el barril
7. Presurización del barril con CO 2
8. Extracción de la boquilla
9. Esterilización de la válvula del barril y del cabezal con agua caliente
10. Descarga presión residual del cabezal
11. Subida prensadores y desplazamiento del barril a la estación sucesiva.

Séptimo y octavo cabezal:

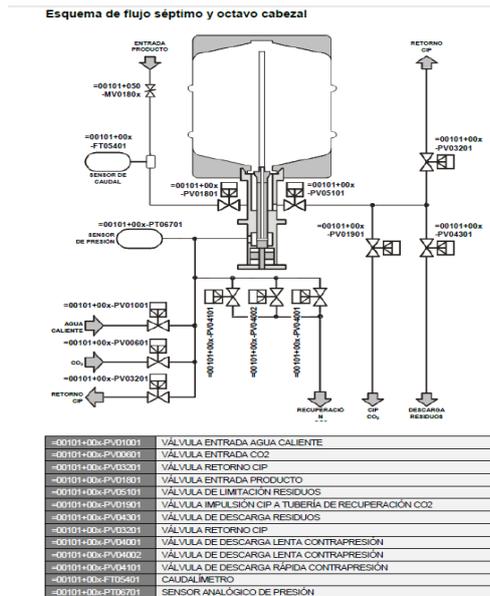


Figura 11. Cabezales de llenado Diagrama P&ID.

Ciclo de trabajo

1. Carga y bloqueo automático del barril en el cabezal
2. Control acoplamiento barril/cabezal con CO 2
3. Lavado de la válvula del barril y del cabezal con agua caliente
4. Expulsión del agua de lavado por medio de empuje de CO 2
5. Descarga presión interna del cabezal
6. Introducción de la boquilla
7. Control de la presión interna del barril
8. Descarga presión para llenado
9. Comienzo llenado del barril con el producto
10. Apertura en secuencia descargas lentas
11. Apertura de la descarga en modalidad rápida al alcanzar el valor de ajuste del volumen
12. Cierre de la descarga en modalidad rápida al alcanzar el valor de ajuste del volumen
13. Final de la fase de llenado y cierre válvulas de descarga lenta y del producto
14. Extracción de la boquilla;
15. Expulsión de los residuos de producto presentes en el cabezal por medio de un empuje de CO2
16. Lavado de la válvula del barril y del cabezal con agua caliente
17. Expulsión del agua de lavado por medio de empuje de CO2

18. Descarga presión interna del cabezal

19. Subida prensadores y desplazamiento del barril a la estación sucesiva.

1.3 Tipos de Mantenimientos y Características Generales

Debido a la importancia que marca el mantenimiento para el desarrollo de ese trabajo parece oportuno marcar una definición de este concepto. La definición del mantenimiento ha sido expresada por varios autores en [26] [27] [28] los cuales concuerdan con, que el mantenimiento es la integración de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos, a partir de la observación y reducción de su desgaste, con el fin de alargar su vida útil, con una mayor disponibilidad y fiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad durante su ciclo de vida. El objetivo del mantenimiento según lo expuesto en [29] es garantizar la máxima disponibilidad y fiabilidad de los equipos e instalaciones, satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa, cumplir todas las normas de seguridad para evitar accidentes y mantener la conservación del medio ambiente, maximizar la productividad y eficiencia, prolongar la vida útil económica de los activos fijos, conseguir estos objetivos a un costo razonable.

Existen diversos tipos de mantenimiento, cada uno con sus ventajas y desventajas, los cuales se pueden aplicar según la finalidad de la empresa, presupuesto, etc. Autores de [30] y [31] simplifican la clasificación del mantenimiento industrial en 3 tipos principales:

- **Mantenimiento preventivo:** Es aquel enfocado en la prevención de fallos en equipos e instalaciones, con una revisión constante y planificada según las necesidades de cada industria.
- **Mantenimiento correctivo:** El mantenimiento correctivo es aquel cuyo fin es corregir cualquier defecto que se presente en el equipo o instalación. Corrige acciones sólo cuando se ha detectado la avería.
- **Mantenimiento predictivo:** Este tipo de mantenimiento es más técnico y avanzado. Esto, porque requiere de formación específica, conocimientos analíticos y necesita de equipos especializados. Al igual que el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo busca anteponerse a la avería.

1.4 Visualización del Proceso. Sistema SCADA.

El término **SCADA** proviene de las siglas en inglés (Supervisory Control and Data Acquisition). Se trata de un software diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, RTUs¹ e instrumentación industrial), supervisando y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa [32]. En [33] se menciona que las **funciones básicas** realizadas por un sistema SCADA están dada por:

1. Adquirir, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, acerca del estado de los dispositivos de campo, además de mediciones y alarmas.
2. Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador.
3. Alertar al operador de los cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas), como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Los cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
4. Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de anomalías, etc.

Un SCADA debe cumplir varios **objetivos** o requisitos para que su instalación sea bien aprovechada [32]:

1. Debe ser un sistema de arquitectura abierta, capaz de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
2. Debe comunicar con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa.
3. Debe ser un programa sencillo de instalar, sin excesivas exigencias de hardware y fácil de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.
4. Ser independiente del sector y la tecnología.
5. Funciones de mando y supervisión integradas.

En [34] se explica cómo las aplicaciones SCADA ahora están presentes en la mayoría de las empresas industriales y representan una ayuda indispensable, independientemente de su tamaño y el sector de actividad porque permite mantener

los estándares de calidad, de servicio y productividad. Entre los **beneficios** de los sistemas SCADA se destacan:

- El aumento de la productividad, al realizar de forma repetitiva tareas de control y monitorización.
- Proporcionan una gran cantidad de información (Big Data industrial).
- Ofrecen una visión sintética e intuitiva del sistema (HMI).
- Adaptarse fácilmente a medida que crece la empresa.
- Permiten el control centralizado de distintos componentes distribuidos.
- Sistema de medición más rápido y confiable
- Reducción de los costos de producción, operación y mantenimiento

1.4.1 SCADA presentes en este Proceso

En esta máquina se cuenta con 2 SCADAs por el momento los cuales son el TIA Portal V13.3 y el STEP 7 V5.6. A continuación unas características de ambos softwares:

TIA Portal:

TIA Portal es un software utilizado para la configuración y programación de instalaciones industriales, incluidos sistemas SCADA [35] [36]. Es un producto de Siemens, una empresa alemana que es uno de los principales actores del sector [35]. Algunas características específicas del TIA Portal como sistema SCADA incluyen:

- Fácil integración: TIA Portal se puede integrar fácilmente con otros productos de Siemens, como WinCC (SCADA), para crear una solución completa [37].
- Programación: TIA Portal se utiliza para programar PLC (controladores lógicos programables) [36]. Incluye herramientas de software como STEP7, WinCC y SINAMICS Startdrive [35].
- Visualización: TIA Portal permite la visualización de procesos industriales [38]. Incluye funciones para monitorear y controlar procesos, así como para análisis y presentación de informes de datos [35].

Step 7:

Siemens Step 7 es un software utilizado para programar y configurar controladores lógicos programables (PLC) de Siemens [39]. Es ampliamente utilizado en el mundo de la programación y ha estado en uso desde la introducción de la gama S7 en 1994 [39]. Tiene un administrador llamado Simatic Step 7, que se utiliza para

estructurar y comprender todo el sistema [40], tiene también diferentes tipos de bloques, como bloques OB y bloques FC, que se utilizan para diferentes propósitos [41]. Ofrece funciones que permiten el desplazamiento y la rotación, que son importantes para la programación. Hay muchos tutoriales disponibles en YouTube que cubren diferentes aspectos de Step 7, desde guías para principiantes hasta temas más avanzados [42]. Algunas de las características principales aparte de las ya mencionadas son:

- Step 7 es un software de programación de PLCs (Controladores Lógicos Programables) de Siemens [43] [38].
- Permite la programación de diferentes tipos de PLCs, como S7-1200, S7-1500, S7-300, S7-400, entre otros [43].
- Incluye herramientas de programación, como el editor de bloques de función, el editor de bloques de organización, el editor de bloques de datos, entre otros [43] [38].
- Permite la simulación de programas antes de su descarga al PLC [38].
- Ofrece una interfaz gráfica de usuario intuitiva y fácil de usar [43] [38].

1.5 Red Profibus y sus Características

Profibus es un estándar industrial de comunicación de bus de campo utilizado para la comunicación entre dispositivos de automatización, como PLCs, sensores y actuadores [44]. Es ampliamente reconocido y utilizado en diferentes industrias. El mismo permite la comunicación en tiempo real entre los dispositivos conectados en la red [44], lo que asegura una transmisión rápida y confiable de datos y señales dentro del sistema de automatización [45]. También admite diferentes topologías de red, como bus, estrella, anillo, árbol y mixtas. Esto proporciona flexibilidad en el diseño y la instalación de la red de comunicación, permitiendo adaptarse a las necesidades específicas del sistema [46]. Profibus ofrece diferentes velocidades de transmisión de datos, que varían desde 9.6 kbit/s hasta 12 Mbit/s, dependiendo de los requerimientos de la aplicación [47]. Esto permite una comunicación eficiente y rápida en sistemas tanto de baja como alta complejidad.

1.5.1 Red Profibus presente en el Proceso

La red Profibus de este proceso está configurada en la forma Profibus DP, y los nodos pertenecientes a la Lavadora/Llenadora son del 14 al 19.

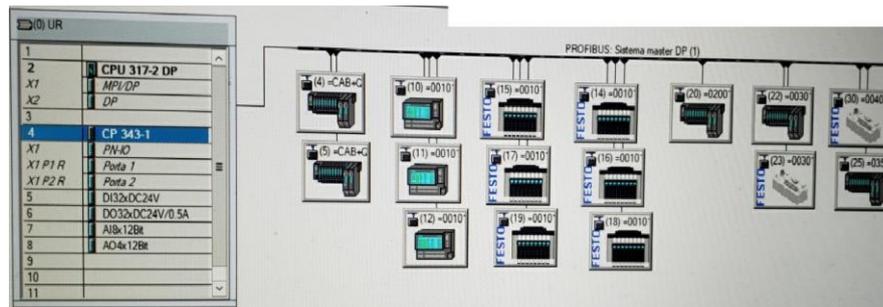


Figura 12. Red Profibus del PLC S7-300

El protocolo de comunicación PROFIBUS-DP permite una comunicación bidireccional y multiplex entre dispositivos de automatización industrial, utilizando un bus de datos en lugar de cables individuales para cada dispositivo [48]. El mismo cumple con una serie de requisitos evidenciados en este proceso como son:

- Alta velocidad: Puede transmitir datos a velocidades de hasta 12 Mbps [44] [47].
- Flexibilidad: Puede utilizar en una variedad de aplicaciones, incluida la automatización discreta y de procesos [44] [46].
- Fácil integración: Se puede integrar fácilmente con otros sistemas de comunicación industriales, como Profinet y AS-Interface [44] [46].
- Confiabilidad: Es una red robusta y confiable que puede operar en entornos industriales hostiles [44] [45].

1.6 Controladores Industriales y sus características

Mientras que las empresas están invirtiendo considerablemente en la digitalización de sus procesos, las nuevas tecnologías de automatización siguen evolucionando, al igual que las soluciones de ingeniería industrial existentes [49]. Los controladores lógicos programables (PLC) son dispositivos electrónicos utilizados para controlar y automatizar procesos industriales. Estos se utilizan para controlar y automatizar procesos industriales, como la producción de alimentos, la fabricación de automóviles y la producción de energía y en este caso el envasado de la cerveza [50]. Los PLC se programan utilizando software especializado, como Siemens Step 7, que permite a los usuarios configurar y programar los controladores [50] [51]. Utilizan diferentes tipos de bloques, como bloques OB y bloques FC, que se utilizan para diferentes propósitos [52] [51]. Los PLC son compatibles con diferentes series, como por ejemplo en Siemens, como S7-300/400 y S7-1200/1500 [53].

El PLC con el que se cuenta para el manejo de este proceso es el PLC de Siemens SIMATIC S7-300:



Figura 13. PLC SIMATIC S7-300.

El mismo está configurado con las siguientes características:

Memoria de trabajo: 1024KB; 0,025ms/1000 instr., conexión MPI+DP (maestro DP o esclavo DP); configuración en varias filas hasta 32 módulos; emisor y receptor para comunicación directa; equidistancia; routing; comunicación S7(Fbs/FCs cargables); firmware V3.3.

Conclusiones parciales del Capítulo 1

Como resultado de la búsqueda de información para la ejecución de este proyecto; el análisis de las características internacionales y dentro de la entidad con las que cuenta este proceso y la revisión de bibliografía especializada en el objetivo de este diseño se puede concluir que:

- Se deben incluir cambios en la instrumentación de la lavadora llenadora para mejorar la seguridad laboral y aumentar la producción.
- Se propone hacer uso de una nueva programación dentro del PLC con el funcionamiento correcto del sistema y que tenga en cuenta las variables controladas durante el lavado y llenado de los toneles, de esta forma se minimizan los errores que se puedan cometer, garantizando la seguridad en su funcionamiento.
- Las consideraciones teóricas planteadas en este capítulo sobre las herramientas que se utilizarán para darle solución a la situación problemática son de vital importancia en la realización de este proyecto.

Capítulo 2. Propuesta de diseño para el proyecto

En este capítulo se muestra el resultado del diagnóstico realizado a la Lavadora/Llenadora de la Línea de Toneles, para luego dar solución a los problemas detectados. Se detalla la propuesta de mejora al sistema de instrumentación a partir de los resultados que aportaron los estudios realizados, la cual se realizará con una serie de medidas encaminadas al mejor funcionamiento de la máquina teniendo en cuenta las condiciones que dan paso a la ejecución del proceso.

2.1 Instrumentación presente en la máquina.

El sistema de instrumentación presente en la máquina Lavadora/Llenadora cuenta con una serie de sensores y accionamientos para el correcto funcionamiento de la misma. El estado de la instrumentación es crítico para que el sistema de medición de la máquina cumpla con la norma fijada como referencia en cada una de las variables que intervienen en este proceso; también es necesario preservar la integridad de la instrumentación con que cuenta la Lavadora/Llenadora para la correcta comunicación del PLC con los Periféricos que se encuentran en la máquina. La instrumentación que presenta esta máquina se presenta a continuación.

Fotocélula WL11-2P2432:



Figura 14. fotocélula WL11-2P2432

A la entrada de la máquina se encuentra La fotocélula WL11-2P2432, que es un sensor fotoeléctrico retrorreflectante fabricado por Sick (Alemania), ubicado para detectar los toneles que provienen de la estación de la Prelavadora. Este dispositivo electrónico transforma la energía lumínica en energía eléctrica mediante el principio funcional de barrera fotoeléctrica réflex, con una lente doble. Es adecuado para aplicaciones en las que se requiere la detección de objetos a larga distancia y por eso se ubica en la entrada de la máquina. La altura del sensor es de 48,5 mm, su longitud es de 42 mm. Su función de impulso es una Conmutación con claro/oscur.

El material de la superficie óptica es de plástico. El alcance del sensor es de 10 m. Su salida es PNP. El cableado del conector es M12, tiene varios grados de protección como IP66 e IP67. Tiene una tensión de alimentación de 24 V DC, un consumo de corriente de 50 mA, Su frecuencia de conmutación de 1000Hz. La fotocélula WL11-2P2432 cumple con los estándares de seguridad de la Unión Europea y cuenta con la certificación CE. No requiere mantenimiento regular, pero es importante realizar inspecciones periódicas para asegurarse de que está funcionando correctamente. Es importante limpiar regularmente la superficie óptica de la fotocélula para evitar la acumulación de polvo o suciedad que pueda afectar su rendimiento [54].

Sensor inductivo NBB4-12GM50-E2-V1-3G-3D:



Figura 15. Sensor inductivo NBB4-12GM50-E2-V1-3G-3D

Los sensores inductivos NBB4-12GM50-E2-V1-3G-3D de Pepper+Fulch (México) son dispositivos utilizados para detectar objetos metálicos sin necesidad de contacto físico. Se encuentran ubicados en los cabezales de los toneles y también uno en el brazo mecánico para detectar si el tonel se encuentra centrado en el paso peregrino. Su función de conmutación es de tipo Normalmente abierto (NO). Su salida es PNP. Su distancia de operación nominal es de 4 mm. La polaridad de su salida es DC. El diámetro de la superficie es de 12 mm, su cuerpo es cilíndrico su conexión es de tipo M12 x 1, 4 pines. Además, el sensor inductivo NBB4-12GM50-E2-V1-3G-3D tiene un LED que indica el estado de conmutación. Este sensor es adecuado para su uso en entornos industriales y puede ser utilizado en aplicaciones como la detección de piezas en líneas de producción. Su voltaje de operación es de 24 V DC. La corriente de carga nominal de 20 mA. Tiene protección contra polaridad inversa y contra cortocircuitos. Está diseñado para una temperatura ambiente de -25 ... 70 °C (-13 ... 158 °F). Tiene un tiempo de retardo antes de la disponibilidad ≤ 10 ms. Como indicador de estado de conmutación tiene un LED multihole amarillo. El material del cuerpo es de latón niquelado; su grado de

protección es IP67 en conformidad con los estándares EN 60947-5-2:2007 e IEC 60947-5-2:2007 [55].

Sensor Reed Switch SMT-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D:



Figura 16. sensor reed switch SMT-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D

El sensor reed switch SMT-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D es un sensor de proximidad fabricado por Festo (Alemania) utilizado para detectar objetos metálicos sin necesidad de contacto físico. Estos dispositivos están ubicados en la parte superior de los cabezales para conocer la posición de los prensadores de los toneles. Su función de conmutación es de tipo Normalmente abierto (NO), su tipo de salida es de tipo PNP, la distancia de operación nominal de este dispositivo es de 8 mm. Su conexión es de cableado con conector M8 de 3 pines, la longitud del cable es de 0.3 m, la tensión de alimentación es de 24 V DC, la corriente nominal de carga es de 200 mA. Este dispositivo tiene protección contra polaridad inversa y contra cortocircuitos, el tiempo de retardo antes de la disponibilidad es ≤ 7.3 ms. La frecuencia máxima de conmutación es de 130 Hz, el material del cuerpo de este sensor es de latón niquelado reforzado con fibra de vidrio y acero inoxidable de alta aleación, su grado de protección es IP67. Su montaje puede ser atornillado e insertado en la ranura desde arriba; su peso es de 8.9 g [56].

Transmisor de presión PI2794:



Figura 17. Transmisor de presión PI2794

El transmisor de presión utilizado en esta máquina es el transmisor de presión con membrana aflorante PI2794 fabricado por Ifm electronics (Alemania), el mismo se

encuentra ubicado en todos los cabezales de la Lavador/Llenadora excepto en los cabezales de contacto cáustico y esterilización con vapor. Este sensor está configurado para el rango de medición de entre 2.8 y 3.2 psi, El tipo de rosca que utilizo este sensor a la hora de su instalación fue una G1 rosca exterior Aseptoflex Vario, tiene una señal de salida analógica, aunque también cuenta con una señal de conmutación como salida. Posee una precisión de $\pm 0,5\%$ del rango de medición, resiste una temperatura de operación de $-25...80$ °C. La tensión de alimentación es de 24 V DC con una corriente de 4-20 mA como señal de salida. Tiene varios grados de protección como IP65, IP67, IP69K. Su conexión es para conector M12 de 4 pines, Tiene una pantalla LED de 4 dígitos, tiene 2 salidas digitales y una analógica que es la que se utiliza, el material de la carcasa y el de la conexión es de acero inoxidable/316L, el material de la junta es de FPM (Viton). Para su ajuste cuenta con botones. Tiene protección contra polaridad inversa y contra cortocircuitos, tiene una resistencia a la presión de hasta 725 psi. Su tiempo de respuesta es de 10 ms y su frecuencia de conmutación es de 1 kHz, su peso es de 200g [57].

Horquilla vibrante Liquiphant FTL20-025:



Figura 18. Horquilla vibrante Liquiphant FTL20-025.

Este sensor digital de Endress-Hausser (Suiza) se encuentra ubicado en todos los cabezales también excepto en los de contacto cáustico y contacto por vapor este sensor es utilizado por su funcionamiento seguro y uso universal, además porque su medición no se ve alterada por la conductividad, adherencias, caudales o burbujas de aire, tiene una puesta en marcha fácil y rápida y no requiere calibración pues no tiene partes mecánicas móviles lo que provoca que carezca de mantenimiento. Posee un funcionamiento seguro gracias a su autosupervisión y además tiene un test de funcionamiento sencillo mediante imán. Resiste una temperatura de procesos de -40 °C ... 150 °C, su límite de sobrepresión máxima es de 580 psi en vacío y necesita y está configurado para una densidad mínima del

medio de 0.7 g/cm^3 , su suministro es de 24 V DC-PNP, su conexión al proceso es G1/2". La longitud de sensor es de 64 mm [58].

Sonda compacta de temperatura TMR31:



Figura 19. Sonda compacta de temperatura TMR31

La sonda compacta de temperatura TMR31 es un producto del fabricante Endress-Hausser (Suiza) la cual es termorresistencia que se encuentra ubicada en los cabezales 5 y 6 que es donde se utiliza vapor para esterilizar el tonel. Este sensor tiene una salida de 4 a 20 mA ante una entrada de temperatura, el mismo trabaja con una tensión de alimentación de 24 V DC, tiene un tiempo de respuesta $\leq 3 \text{ s}$ con transmisor, su rango de medición está configurado en la máquina para una temperatura de 68 a 72 °C. El error medido máximo es de 0,1 K (0,18 °F) o 0,08 % de la referencia marcada la influencia de la carga es de $\pm 0,02\%/100 \Omega$ el por ciento es en del valor de la referencia. El sensor está equipado con sensores de película delgada integrados a prueba de vibraciones que garantizan la mayor seguridad operacional en los tiempos de respuesta más rápidos. El sensor tiene una precisión de $\pm 0,15 \text{ °C}$ o $\pm 0,2 \%$ de la lectura. Tiene una conexión de proceso de rosca G1/2" [59].

Medidor de flujo magnético Proline Program 50H:



Figura 20. Medidor de flujo magnético Proline Program 50H

El medidor de flujo magnético Proline Program 50H es un producto del fabricante Endress-Hausser (Suiza) con una salida de 4-20 mA para una variación en el paso de la cerveza. Este se encuentra en los cabezales 7 y 8 que son los cabezales de llenado y estos regulan el paso de la cerveza hacia los toneles para su llenado. Este flujómetro cuenta con un concepto de instalación flexible y un ahorro energético en la medición del caudal sin pérdidas de carga gracias a un estrangulamiento transversal; tiene una puesta en marcha rápida con un menú de configuración específico para cada aplicación, su modo de funcionamiento es seguro con un indicador que proporciona una lectura fácil con información de todo el proceso. Su error de medición máxima es de $\pm 0.5\%$ la medición real y su exactitud es de $\pm 2\%$ de la medición real. Está Programado para alcanzar los 50 litros por tonel que en función de la productividad de la Línea en la actualidad alcanza los 430 hL/hora. Resiste una temperatura del medio de $-20\dots+150^{\circ}\text{C}$. El rango de diámetro nominal es de $1/6''$. El Proline Promag 50H puede medir la tasa de flujo de líquidos conductores con una conductividad mínima de $\geq 5 \mu\text{S/cm}$. Este sensor puede medir la tasa de flujo de líquidos en ambas direcciones, hacia adelante y hacia atrás. La clasificación máxima de presión de proceso para el Proline Promag 50H es PN40 [60].

Electroválvulas CPV14-M1H-2X3-GLS-1/8 de las islas neumáticas:



Figura 21. Electroválvula CPV14-M1H-2X3-GLS-1/8

La electroválvula CPV14-M1H-2X3-GLS-1/8 es un producto de Festo (Alemania). Según su nombre se pueden referir varias características. CPV14 indica que la electroválvula es parte de la serie CPV, que son terminales de rendimiento compacto para controlar actuadores neumáticos. M1H se refiere al tipo de módulo de válvula utilizado en el terminal. El módulo M1H es una válvula de 3/2 vías con una función normalmente cerrada. 2X3 indica el número de posiciones de la válvula y el número de bobinas solenoides. En este caso, la electroválvula tiene 2 posiciones y 3 bobinas solenoides. GLS se refiere al tipo de conexión eléctrica utilizada en el módulo de válvula. La conexión GLS es un conector de enchufe con

una conexión central a tierra. 1/8 indica el tamaño del puerto de conexión en el módulo de válvula. En este caso, el tamaño del puerto es de 1/8 de pulgada. Su tipo de accionamiento es eléctrico, su tamaño es de 14 mm, la Tensión de alimentación es de 24 V DC su grado de protección es de IP65 se sentido de flujo es no reversible su presión de control es de 0.3 a 0.8 MPa y su presión de mando es de 3 a 8 bar [61].

Conector 6GK1500-0FC10 Profibus:



Figura 22. Conector 6GK1500-0FC10

El conector para la red Profibus de las islas neumáticas en la Lavadora llenadora es el conector 6GK1500-0FC10 de Siemens (Alemania). Este es un conector PROFIBUS FC RS 485 de 180 grados con enchufe FastConnect y salida de cablede cable axial para la red. Tiene una velocidad de transferencia de 12 Mbit/s. El conector es de tipo D-Sub macho recto con 9 pines y contactos bañados en oro. El portacontactos es blanco. El cuerpo del conector es plástico, gris. Cuenta con una resistencia terminal conmutable. El conector tiene una clasificación IP20. Presenta un diseño pequeño que ahorra espacio durante la instalación. Tiene un mecanismo de bloqueo de tornillo y una resistencia de cierre con una función de seccionamiento. Tiene 2 conexiones eléctricas para cables Profibus y 1 para componentes de red o equipos terminales [62].

Cable 6XV1830-0EH10:



Figura 23. Cable 6XV1830-0EH10

El cable 6XV1830-0EH10 es un cable de bus blindado de 2 hilos del fabricante Siemens (Alemania) con una configuración especial para un montaje rápido. Está diseñado para instalaciones fijas y tiene un color morado para una fácil identificación. El conductor está hecho de alambre de cobre desnudo con un diámetro de 0.039 x 0.025 pulgadas, y los colores del núcleo son verde y rojo. El cable tiene una doble protección que consiste en una cinta de plástico de aluminio y una trenza de alambre de cobre. El cable está disponible en diferentes longitudes. El cable es adecuado para su uso con sistemas de comunicación Profibus-DP de Siemens. Tiene una impedancia característica de 150 Ω de valor nominal. Tiene 2 conductores eléctricos [63].

Tubos PUN-H-4X0,75-BL para aire comprimido:



Figura 24 Tubo plástico PUN-H-4X0,75-BL

El tubo plástico PUN-H-4X0,75-BL del fabricante Festo (Alemania) es un tubo flexible de plástico azul utilizado para aire comprimido, con un diámetro exterior de 4 mm y un diámetro interior de 2.6 mm. Es apto para cadenas de energía y tiene una presión de funcionamiento de -0.095 MPa a 0.6 MPa. Además, tiene un radio de curvatura relevante para el caudal de 16 mm y un radio de flexión mínima de 8 mm. El material del tubo es TPE-U. Resistente a la hidrólisis y apto para aplicaciones en contacto con agua. Resistente medianamente a la corrosión y de material apto para la mayoría del sector de la alimentación [64].

HMI:

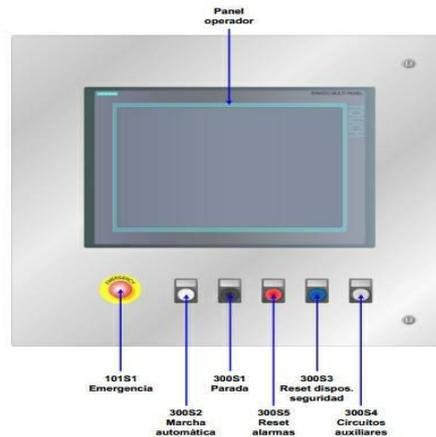


Figura 25. Panel HMI

El equipo terminal MP377 permite analizar los parámetros de proceso y controlar los actuadores de manera fácil y rápida por medio de la pantalla táctil. Presionando directamente los pulsadores o los campos de introducción visualizados en la pantalla, el operador puede intervenir para solucionar todo tipo de problema. Se trata de un equipo terminal fácil de utilizar, diseñado para ser utilizado como interfaz en muchas aplicaciones. Construido con inteligencia y destinado a un amplio mercado, realiza operaciones que pueden ser efectuadas incluso por un operador no especializado, pues la facilidad de uso se concreta en símbolos gráficos muy claros. Sus dimensiones son 400x310 mm y pesa unos 7 kilos. Está dotado de una pantalla táctil LCD TFT de 10,4", de retroiluminación por medio de tubos MTBF (duración 50.000 horas); resolución gráfica de 1024x768 pixel con máximo 65.000 colores visualizables. Se basa en el sistema operativo Windows CE 5.0 y está dotado de una memoria para proyecto de 6 MB. Además, está dotado de un puerto serial RS422, un puerto RS485, dos puertos USB, dos puertos Ethernet RJ45 [14].

2.2 Criterio de selección de la instrumentación final.

Para realizar el control efectivo de una variable cualquiera la instrumentación debe cumplir con todas las exigencias necesarias del proceso para evitar el incorrecto comportamiento en este caso de la máquina Lavadora/Llenadora, para garantizar que la instrumentación sea en efecto la adecuada se deben atender a varios criterios. Entre los principales elementos que se deben tener en cuenta están:

- El margen de medición de cada sensor.
- Nivel de exactitud.
- Nivel de agresividad del medio y de la sustancia que se mida.
- Resistencia de la instrumentación a la agresividad del medio

- Protocolo de comunicación entre los dispositivos que forman el lazo de control
- Relación calidad-precio.

Siguiendo estos criterios podemos detectar que la instrumentación de la máquina en la actualidad no es del todo la adecuada debido a una serie de problemas que se describieron en la detección de los problemas. En vista de eso se determina los defectos de la instrumentación como:

- El tubo plástico PUN-H-4X0,75-BL no es lo suficientemente resistente al ácido fosfórico ni a la sosa cáustica, lo que es la principal causa de los problemas detectados en la máquina.
- Los conectores 6GK1500-0FC10 presentan problemas de compatibilidad con las islas neumáticas de la red Profibus.
- El cable 6XV1830-0EH10 de la red Profibus debe reconectarse por un lugar alejado de la influencia de las sustancias agresivas.
- Algunos sensores deben ser cambiados por verse también afectados por la sosa cáustica y el ácido fosfórico.

2.3 Cambios en la Instrumentación resultante después del análisis.

Hecha una investigación en función de solucionar los defectos en la instrumentación se determinó que los cambios en la instrumentación deben ser los siguientes.

Conector FBS-SUB-9-GS-DP-B:



Figura 26. Conector FBS-SUB-9-GS-DP-B.

El conector FBS-SUB-9-GS-DP-B es un conector de interfaz de bus de campo utilizado para conectar dispositivos en sistemas de automatización de fábricas fabricado por Festo (Alemania). Presenta un ancho de 20 mm, altura de 62 mm, longitud de 61 mm y un peso de 60 g. Es un conector para la red de comunicación industrial PROFIBUS. Su elemento de control es un interruptor DIL y tiene funciones adicionales de desconexión. Tiene un enchufe macho y cuenta con terminales de resorte 2x2 para conectar cables. Es compatible con RoHS. Es parte de la gama

completa de productos de Festo para la automatización de fábricas. El conector tiene una clasificación de protección IP65/IP67 en condiciones de montaje según la norma IEC 60529. El diámetro del cable permitido para el conector es de 5 a 10 mm. Es compatible con la desconexión rápida de los tubos de una instalación neumática [65].

Tubería de plástico PFAN-4X0,75-NT:



Figura 27. Tubería de plástico PFAN-4X0,75-NT

La tubería de plástico PFAN-4X0,75-NT del fabricante Festo (Alemania) está construida de material sintético PFA (perfluoroalcoxi). Tiene un diámetro exterior de 4 mm y un diámetro interior de 2,9 mm. Tiene color transparente. Su longitud es de 5 m por bobina. Es flexible y resistente a productos químicos incluyendo ácidos, bases, solventes y otros productos químicos agresivos y de limpieza, soporta temperaturas de hasta 260°C y una presión máxima de 10 bar. Es ampliamente utilizado en el sector industrial con sistemas de aire comprimido. Estas características hacen que la tubería de plástico PFAN-4X0,75-NT sea un producto confiable y versátil para diversas aplicaciones industriales [66].

El resto de la instrumentación no será cambiada pues cumple perfectamente todos los parámetros para ser apta en el proceso en cuestión solo se cambiará el dispositivo afectado y se instalará otro igual en la misma posición.

2.4 Elaboración del Plan de Acción.

Dispuestas las herramientas con que se cuenta para el diseño y a partir del análisis histórico de las características de este problema, la lectura de bibliografía especializada; consulta con especialistas expertos en problemáticas similares, métodos teóricos como el de inducción-deducción y prácticos como el experimental se plantea las siguientes acciones en el diseño de la propuesta:

- Reposicionamiento de las islas neumáticas en un lugar más seguro lejos de la influencia de la sosa cáustica y el ácido fosfórico

- Protección de los sensores ubicados en la máquina, así como de sus cables con estructuras que frenen el avance de estos líquidos
- Reubicación del cableado existente en la máquina hacia un lugar más alejado para la protección de la información entre los periféricos ubicados en la máquina y el PLC S7-300 de Siemens.
- Reconfiguración de la red PROFIBUS entre los periféricos y el PLC.
- Introducción de un nuevo código con paradas preventivas.

2.4.1 Reposicionamiento de las islas neumáticas y los conectores.

La reubicación de las islas neumáticas se realizará hacia un lugar en donde estén seguras y alejadas de todo riesgo de líquidos corrosivos y se pondrán dentro de un cajón para proteger más aún su integridad aumentando su durabilidad.



Figura 28. Vista desde el exterior de las islas neumáticas

Como se aprecia en la Figura 29 una vez en el interior se puede apreciar que no están en contacto con las sustancias del exterior.



Figura 29. Vista desde el interior del cajón protector.

2.4.2 Cambios de mangueras.

Las mangueras nuevas se cambiarán desde la nueva posición de las islas neumáticas hasta las válvulas neumáticas ubicadas en la maquina como se ven en las imágenes a continuación.



Figura 30. Conexión de las mangueras a las válvulas neumáticas

En la Figura 31 se ven las mangueras trasladando el aire comprimido por todo el cableado existente hasta las válvulas neumáticas.



Figura 31. Mangueras circulando con el aire comprimido

2.4.3 Estructuras para frenar el paso de líquidos corrosivos.

Para reforzar la estructura de la máquina y evitar que se propaguen el ácido y la sosa cáustica se deben colocar estructuras metálicas para forrar los lugares por donde pasa todo el cableado cercano al proceso como se ve en la Figura 32.



Figura 32. Estructura Metálica para evitar el paso de los químicos.

También debe rodearse la máquina con las Láminas de Acrílico Transparente de 1.80 x 2.40 m de 6mm del fabricante Acrilfrasa de México. Estas láminas se seleccionaron por su resistencia y durabilidad ante líquidos corrosivos y químicos [67].



Figura 33. Láminas de acrílico Transparente. Acrilfrasa.

Para fijar las láminas unas al lado de otras se utilizará el adhesivo Weld-On 4 por su rápida acción y su resistencia ante ambientes agresivos. Este es un adhesivo para acrílicos que se presenta en una botella aplicadora con aguja. Es un cemento de disolvente que se adhiere a los acrílicos de manera moderadamente rápida. El adhesivo es transparente, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere una unión invisible. Está formulado como un cemento resistente al rubor para unir acrílico (poli-metacrilato de metilo) a sí mismo. La botella aplicadora contiene 1 pinta (16 fl oz) de adhesivo. Además de unir acrílicos, el Weld-On 4 también se unirá a estireno, butirato y policarbonato a sí mismos. La unión inicial se forma rápidamente, lo que permite una manipulación temprana de las piezas unidas. El adhesivo tiene una viscosidad delgada y no es inflamable [68].



Figura 34. Adhesivo para acrílico Weld On 4

2.4.4 Reconfiguración de la Red Profibus.

La red Profibus deberá reconfigurarse en función de las necesidades del proceso ubicando primeramente la numeración correspondiente a cada isla neumática para que coincida con el nodo asignado. Esto se hace configurando la isla mediante un

dispositivo que se encuentra ubicado en la parte superior de la misma el cual se le coloca una numeración en binario como se muestra en la figura 36 y esta numeración en binario debe ser el número del nodo. Posteriormente se les asignan a las electroválvulas una capacidad dentro de las que posee la isla neumática a conveniencia del diseño. Esto es posible hacerlo pues cada isla neumática tiene la capacidad de 2 bytes o sea 16 bits. En el caso de los nodos de la Lavadora/Llenadora se utilizan los 16 bits en todos los nodos facilitando así su configuración.



Figura 35. Vista Superior de la Isla Neumática.



Figura 36. Dispositivo para la configuración de los nodos.

Una vez que se vuelvan a configurar las islas, se definan los bits para cada electroválvula del proceso, se pongan los nuevos conectores Profibus de modelo FBS-SUB-9-GS-DP-B que son compatibles con estas islas neumáticas y se reubique el cableado de la red Profibus en un lugar alejado de la influencia de estos químicos entonces se lleva la señal al PLC, pero para asegurar que no haya una pérdida en la señal se colocará un repetidor de Siemens modelo RS 485 como se muestra en la Figura 37.



Figura 37. Repetidor RS 485 conectado al PLC.

El repetidor RS 485 de Siemens se utiliza para conectar el sistema de bus PROFIBUS DP comunicando los 16 nodos con el PLC S7-300 de Siemens, este tiene una velocidad de transmisión máxima de 12 Mbit/s. El repetidor está montado en un Riel DIN con el PLC. Tiene una función de diagnóstico que permite una fácil solución de problemas y mantenimiento. El repetidor está modelado como un esclavo DP, lo que le permite integrarse en una variedad de sistemas diferentes. El repetidor RS 485 amplifica la señal de datos en el cable de bus y acopla varios segmentos de red entre sí [69].



Figura 38. Repetidor RS 485.

Esta señal Profibus que llega al PLC a través del repetidor es procesada por el mismo y este envía entonces también mediante vía Profibus las señales a los Modulos E/S que se conectan a los acopladores del PLC como se ve en la figura



Figura 39. Módulos E/S conectados al PLC.

Estos módulos están conectados a las entradas y salidas tanto analógicas como digitales y a través de estos se activan los accionamientos de los actuadores en los procesos completando así el lazo.

2.4.5 Diseño del sistema de control:

Para diseñar este sistema de control primero debe ser definido, el sistema de control que se utilizara para la realización de este proyecto es el sistema ON-OFF el cual cumple con los requisitos para alcanzar los objetivos de este proyecto.

el proceso se define a lazo abierto pues carece de retroalimentación dado que los toneles no serán rechazados hasta más adelante por la pesa y el hecho de que un tonel sea idóneo o rechazado no varía los valores de las variables involucradas.

Definir los valores de las variables involucradas:

Primeramente, definimos los valores de los tiempos generales de la Lavadora/Llenadora los cuales son

Tiempo mínimo estacionamiento esterilización con vapor (s) : Define, en segundos, el tiempo mínimo de permanencia del barril en la estación de pausa colocada entre el primer y el segundo cabezal; el sistema de desplazamiento debe esperar que termine dicho tiempo antes de desplazar los barriles, aunque todos los cabezales hayan terminado su ciclo de trabajo.

C1...C6 – Retardo bajada paso peregrino (s): Define, en segundos el tiempo de retardo de la maniobra de bajada del sistema de traslación de los barriles al final de la maniobra de avance; permite sincronizar la bajada del sistema de traslación de los barriles con los cilindros prensadores, a fin de colocar los barriles en los cabezales de tratamiento sin que resbalen (este parámetro concierne solo solo cabezales de 1 a 6).

C1...C6 – Retardo bajada prensador (s): Define, en segundos, el tiempo de retardo de la maniobra de bajada de los cilindros prensadores; permite sincronizar la bajada de los cilindros prensadores con la bajada del sistema de traslación de

los barriles, a fin de colocar los barriles en los cabezales de tratamiento sin que resbalen (este parámetro concierne solo solo cabezales de 1 a 6).

Cx – Retardo subida prensador (s): Define, en segundos, el tiempo de retardo de la maniobra de subida de los cilindros prensadores; permite sincronizar la subida de los cilindros prensadores con la subida del sistema de traslación de los barriles, a fin de quitar los barriles de los cabezales de tratamiento sin que resbalen (este parámetro concierne solo solo cabezales 7 y 8).

Cx – Retardo bajada prensador (s): Define, en segundos, el tiempo de retardo de la maniobra de bajada de los cilindros prensadores; permite sincronizar la bajada de los cilindros prensadores con la bajada del sistema de traslación de los barriles, a fin de colocar los barriles en los cabezales de tratamiento sin que resbalen (este parámetro concierne solo solo cabezales 7 y 8).

Cx – Retardo bajada elev barril (s): Define, en segundos, el tiempo de retardo de la maniobra de bajada de los cilindros de las mesas de soporte barril; permite sincronizar la bajada de los cilindros prensadores con la bajada del sistema de elevación de los barriles, a fin de colocar los barriles en los cabezales de tratamiento sin que resbalen (este parámetro concierne solo solo cabezales 7 y 8).

En la Figura 40 se muestran los valores definidos para estas variables visualizados desde el SCADA Tia Portal.

GENERAL		LAV/LLEN	TANQUES	LAV.EXT.	ÁREA MDJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:25:06	Página
Rx/Tx							TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	360
							FUNC. LINEA	Sin VJ 1		
LAVADORA/LLENADORA - TIEMPOS										
General								Set	Actual	
Tiempo mínimo estacionamiento esterilización barril con vapor (s)								20,0	0,0	
C1...C6 - Retardo bajada paso peregrino (s)								0,8	0,0	
C1...C6 - Retardo bajada prensador (s)								0,0	0,0	
C7 - Retardo subida prensador (s)								0,8	0,0	
C7 - Retardo bajada prensador (s)								0,0	0,0	
C7 - Retardo bajada elev barril (s)								0,3	0,0	
C8 - Retardo subida prensador (s)								0,8	0,0	
C8 - Retardo bajada prensador (s)								0,0	0,0	
C8 - Retardo bajada elev barril (s)								0,3	0,0	

Figura 40. Tiempos Generales de la Lavadora/Llenadora

A continuación, se fijan entonces los tiempos particulares de cada cabezal empezando por el cabezal 1 cuyas variables se definen como:

Control pos. barril con presión externa (s): Define, en segundos, la duración del control de estanqueidad entre barril y cabezal, realizado por medio de aire filtrado.

Tiempo límite control presión residual (s): Define, en segundos, el tiempo máximo antes del cual se debe detectar el correcto valor de presión residual del barril.

Número lavados por impulsos con agua mezcla: Define el número de impulsos a utilizar para el lavado por impulsos con agua mezcla.

Lavado por impulsos con agua mezcla (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado por impulsos del barril con agua mezcla.

Lavado flujo reducido con agua mezcla (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado del barril con flujo reducido de agua mezcla.

Tiempo límite expulsión H2O mezcla (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe expulsar el agua recuperada presente en el interior del barril después del lavado.

Tiempo límite descarga presión interior (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la despresurización del barril al final de las fases de expulsión de líquidos por medio de aire.

Descarga final presión cabezal (s): Define, en segundos, el tiempo necesario para la despresurización del cabezal al final del ciclo de trabajo.

Tiempo límite descarga residuos rechazo (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe completar la expulsión de los líquidos presentes en el barril en el caso de que el mismo sea rechazado

En la Figura 41 se muestran los valores de estas variables visualizados desde el Tia Portal.

GENERAL	LAV/LLEN	TAIQUES	LAV.EXC.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:26:41	Página
						TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	361
Rx/Tx						FUNC. LINEA	Sin VJ 1		
LAVADORA/LLENADORA - CABEZAL 1 - TIEMPOS									
Descripción								Set	Actual
Control pos. barril con presión externa (s)								1,5	0,0
Tiempo límite control presión residual (s)								5,0	0,0
Número lavados por impulsos con agua mezcla								2	0
Lavado por impulsos con agua mezcla (s)								3,5	0,0
Lavado flujo reducido con agua mezcla (s)								1,0	0,0
Tiempo límite expulsión H2O mezcla (s)								20,0	0,0
Tiempo límite descarga presión interior (s)								10,0	0,0
Descarga final presión cabezal (s)								1,0	0,0
Tiempo límite descarga residuos rechazo (s)								30,0	0,0

Figura 41. Tiempos Cabezal 1

En los campos de la columna “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de la columna “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

En el cabezal 2 las variables que se definen son:

Control pos. barril con presión externa (s): Define, en segundos, la duración del control de estanqueidad entre barril y cabezal, realizado por medio de aire filtrado.

Número lavados por impulsos con solución cáustica 1: Define el número de impulsos a utilizar para el lavado por impulsos con solución cáustica 1.

Lavado por impulsos con solución cáustica 1 (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado por impulsos del barril con solución cáustica 1.

Lavado flujo reducido con solución cáustica 1 (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado del barril con flujo reducido de solución cáustica 1.

Tiempo límite recuperación solución cáustica 1 (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la eliminación de la solución cáustica 1 presente en el barril.

Tiempo límite descarga presión interior (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la despresurización del barril al final de las fases de expulsión de líquidos por medio de aire.

Llenado parcial con solución cáustica 2 (s): Define, en segundos, la duración de la fase de llenado parcial del barril con solución cáustica 2.

Tiempo límite recuperación solución cáustica (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe expulsar la solución cáustica 2 que se ha quedado en el cabezal al terminar el lavado.

Descarga final presión cabezal (s): Define, en segundos, el tiempo necesario para la despresurización del cabezal al final del ciclo de trabajo.

Tiempo límite descarga residuos por rechazo (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe completar la expulsión de los líquidos presentes en el barril en el caso de que el mismo sea rechazado.

En la Figura 42 se muestran los valores de las variables definidas para el cabezal 2 visualizadas desde el Tia Portal:

comac		GENERAL	LAV./LLEN	TANQUES	LAV.EXT.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:27:09	Página
Rx/Tx								TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	362
								FUIC. LINEA	Sin VJ 1		
LAVADORA/LLENADORA - CABEZAL 2 - TIEMPOS											
Descripción										Set	Actual
Control pos. barril con presión externa (s)										1,5	0,0
Número lavados por impulsos con solución cáustica 1										2	0
Lavado por impulsos con solución cáustica 1 (s)										3,5	0,0
Lavado flujo reducido con solución cáustica 1 (s)										1,0	0,0
Tiempo límite recuperación solución cáustica 1 (s)										20,0	0,0
Tiempo límite descarga presión interior (s)										10,0	0,0
Llenado parcial con solución cáustica 2 (s)										1,5	0,0
Tiempo límite recuperación solución cáustica 2 (s)										20,0	1,1
Descarga final presión cabezal (s)										0,5	0,0
Tiempo límite descarga residuos por rechazo (s)										30,0	0,0

Figura 42. Tiempos del cabezal 2.

En los campos de la columna “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de la columna “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

En el cabezal 3 las variables que se definen son:

Control pos. barril con presión externa (s): Define, en segundos, la duración del control de estanqueidad entre barril y cabezal, realizado por medio de aire filtrado.

Número lavados por impulsos con solución cáustica 2: Define el número de impulsos a utilizar para el lavado por impulsos con solución cáustica 2.

Lavado por impulsos con solución cáustica 2 (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado por impulsos del barril con solución cáustica 2.

Lavado flujo reducido con solución cáustica 2 (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado del barril con flujo reducido de solución cáustica 2.

Tiempo límite recuperación solución cáustica 2 (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la eliminación de la solución cáustica 2 presente en el barril.

Tiempo límite descarga presión interior (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la despresurización del barril al final de las fases de expulsión de líquidos por medio de aire.

Descarga final presión cabezal (s): Define, en segundos, el tiempo necesario para la despresurización del cabezal al final del ciclo de trabajo.

Tiempo límite descarga residuos rechazo (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe completar la expulsión de los líquidos presentes en el barril en el caso de que el mismo sea rechazado.

En la Figura 43 se muestran los valores de las variables definidas para el cabezal 3 visualizadas desde el Tia Portal:

comac		GENERAL	LAV/LLEN	TANQUES	LAV.EXT.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:27:35	Página
Rx/Tx								TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	363
								FUNC. LINEA	Sin VJ 1		
LAVADORA/LLENADORA - CABEZAL 3 - TIEMPOS											
Descripción										Set	Actual
Control pos. barril con presión externa (s)										1,5	0,0
Número lavados por impulsos con solución cáustica 2										2	0
Lavado por impulsos con solución cáustica 2 (s)										3,0	0,0
Lavado flujo reducido con solución cáustica 2 (s)										1,0	0,0
Tiempo límite recuperación solución cáustica 2 (s)										20,0	0,0
Tiempo límite descarga presión interior (s)										10,0	0,0
Descarga final presión cabezal (s)										0,5	0,0
Tiempo límite descarga residuos rechazo (s)										30,0	0,0

Figura 43. Tiempos cabezal 3

En los campos de la columna “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de la columna “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

En el cabezal 4 las variables que se definen son:

Control pos. barril con presión externa (s): Define, en segundos, la duración del control de estanqueidad entre barril y cabezal, realizado por medio de aire filtrado.

Número lavados por impulsos con solución ácida: Define el número de impulsos a utilizar para el lavado por impulsos con solución ácida.

Lavado por impulsos con solución ácida (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado por impulsos del barril con solución ácida.

Lavado flujo reducido con solución ácida (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado del barril con flujo reducido de solución ácida.

Tiempo límite recuperación solución ácida (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la eliminación de la solución ácida presente en el barril.

Tiempo límite descarga presión interior (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la despresurización del barril al final de las fases de expulsión de líquidos por medio de aire.

Descarga final presión cabezal (s): Define, en segundos, el tiempo necesario para la despresurización del cabezal al final del ciclo de trabajo.

Tiempo límite descarga residuos rechazo (s): Define el tiempo máximo dentro del cual se debe completar la expulsión de los líquidos presentes en el barril en el caso de que el mismo sea rechazado.

En la Figura 44 se muestran los valores de las variables definidas para el cabezal 4 visualizadas desde el Tia Portal:

comac		GENERAL	LAV/LLEN	TANQUES	LAV.EXT.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:28:03	Página 364
Rx/Tx								TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	
								FUNC. LINEA	Sin VJ 1		super
LAVADORA/LLENADORA - CABEZAL 4 - TIEMPOS											
Descripción										Set	Actual
Control pos. barril con presión externa (s)										1,5	0,0
Número lavados por impulsos con solución ácida										2	0
Lavado por impulsos con solución ácida (s)										3,5	0,0
Lavado flujo reducido con solución ácida (s)										1,0	0,0
Tiempo límite recuperación solución ácida (s)										20,0	0,0
Tiempo límite descarga presión interior (s)										10,0	0,0
Descarga final presión cabezal (s)										0,5	0,0
Tiempo límite descarga residuos rechazo (s)										30,0	0,0

Figura 44. Tiempos de cabezal 4.

En los campos de la columna “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de la columna “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

En el cabezal 5 las variables que se definen son:

Control pos. barril con presión externa (s): Define, en segundos, la duración del control de estanqueidad entre barril y cabezal, realizado por medio de aire filtrado.

Número lavados por impulsos con H2O caliente: Define el número de impulsos a utilizar para el lavado por impulsos con agua caliente.

Lavado por impulsos con agua caliente (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado por impulsos del barril con agua caliente.

Lavado flujo reducido con agua caliente (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado del barril con flujo reducido de agua caliente.

Tiempo límite espera temperatura agua caliente (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe detectar el valor correcto de temperatura durante el lavado con agua caliente.

Tiempo límite recuperación agua caliente por medio de vapor (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual debe terminar la recuperación del agua caliente por medio de un empuje de vapor.

Esterilización (s): Define, en segundos, la duración de la fase de esterilización del barril con vapor.

Tiempo límite presión alcanzada (s): Define, en segundos, el tiempo límite dentro del cual se debe detectar el valor correcto de presión en el barril durante la fase de esterilización con vapor.

Descarga final presión cabezal (s): Define, en segundos, el tiempo necesario para la despresurización del cabezal al final del ciclo de trabajo.

Tiempo límite descarga residuos rechazo (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe completar la expulsión de los líquidos presentes en el barril en el caso de que el mismo sea rechazado.

En la Figura 45 se muestran los valores de las variables definidas para el cabezal 5 visualizadas desde el Tia Portal:

comac		GENERAL	LAV/LLEN	TANQUES	LAV.EXT.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:28:29	Página
Rx/Tx								TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	365
								FUNC. LINEA	Sin VJ 1		
LAVADORA/LLENADORA - CABEZAL 5 - TIEMPOS											
Descripción										Set	Actual
Control pos. barril con presión externa (s)										1,5	0,0
Número lavados por impulsos con H2O caliente										2	0
Lavado por impulsos con agua caliente (s)										3,0	0,0
Lavado flujo reducido con agua caliente (s)										1,0	0,0
Tiempo límite espera temperatura agua caliente (s)										30,0	0,0
Tiempo límite recuperación agua caliente por medio de vapor (s)										20,0	0,0
Esterilización (s)										6,0	0,0
Tiempo límite presión alcanzada (s)										20,0	0,0
Descarga final presión cabezal (s)										0,5	0,0
Tiempo límite descarga residuos rechazo (s)										30,0	0,0

Figura 45. Tiempos de cabezal 5.

En los campos de la columna “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de la columna “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

En el cabezal 6 las variables que se definen son:

Tiempo límite control presión residual (s): Define, en segundos, el tiempo máximo antes del cual se debe detectar el correcto valor de presión residual del barril.

Esterilización (s): Define, en segundos, la duración de la fase de esterilización del barril con vapor.

Tiempo límite presión alcanzada (s): Define, en segundos, el tiempo límite dentro del cual se debe detectar el valor correcto de presión en el barril durante la fase de esterilización con vapor.

Descarga condensado (s): Define, en segundos, la duración de la fase de descarga, por medio de CO₂, del condensado que se ha formado en el barril debido a la fase de esterilización.

Número flujos por impulsos: Define el número de impulsos de flujo con CO₂ para la descarga del vapor que se queda en el barril debido a la fase de esterilización.

Tiempo ciclo flujo CO2 (s): Define, en segundos, la duración de las fases de flujo de CO2 para la descarga del vapor que se queda en el barril debido a la fase de esterilización.

Tiempo descarga presión flujo CO2: Define, en segundos, la duración de las fases descarga durante las fases de flujo de CO2 para la descarga del vapor que se queda en el barril debido a la fase de esterilización.

Tiempo límite presurización con CO2 (s): Define, en segundos, el tiempo límite dentro del cual se debe detectar el valor correcto de presión durante la fase de presurización del barril con CO2.

Esterilización boca barril (s): Define, en segundos, la duración de la fase de esterilización de la válvula del barril con vapor.

Descarga final presión cabezal (s): Define, en segundos, el tiempo necesario para la despresurización del cabezal al final del ciclo de trabajo.

Tiempo límite descarga residuos rechazo (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe completar la expulsión de los líquidos presentes en el barril en el caso de que el mismo sea rechazado.

En la Figura 46 se muestran los valores de las variables definidas para el cabezal 6 visualizadas desde el Tia Portal:

comac		GENERAL	LAV/LLEN	TANQUES	LAV.EXT.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:28:53	Página
										25/12/2016	366
Rx/Tx	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	TIPO CERVEZA	cerveza		
								FUNC. LINEA	Sin V3 1		super
LAVADORA/LLENADORA - CABEZAL 6 - TIEMPOS											
Descripción										Set	Actual
Tiempo límite control presión residual (s)										1,5	0,0
Esterilización (s)										8,0	0,0
Tiempo límite presión alcanzada (s)										20,0	0,0
Descarga condensado (s)										2,5	0,0
Número flujos por impulsos										1	0
Tiempo ciclo flujo CO2 (s)										2,0	0,0
Tiempo descarga presión flujo CO2 (s)										1,0	0,0
Tiempo límite presurización con CO2 (s)										10,0	0,0
Esterilización boca barril (s)										1,5	0,0
Descarga final presión cabezal (s)										0,5	0,0
Tiempo límite descarga residuos rechazo (s)										30,0	0,0

Figura 46. Tiempos cabezal 6

En los campos de la columna “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de la columna “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

En los cabezales de llenado 7 y 8 las variables que se definen son:

Control barril con presión externa (s): Define, en segundos, la duración del control de estanqueidad entre barril y cabezal, realizado por medio de aire filtrado.

Cabezal lavado (s): Define, en segundos, la duración de la fase de lavado de la válvula del barril y del cabezal de llenado con agua caliente.

Evacuación residuos con CO2 (s): Define, en segundos, la duración de la fase de expulsión del agua caliente por medio de CO2.

Tiempo límite control presión residual (s): Define, en segundos, el tiempo máximo antes del cual se debe detectar el correcto valor de presión residual del barril.

Tiempo límite descarga presión interior (s): Define, en segundos, el tiempo máximo dentro del cual se debe realizar la despresurización del barril al final de las fases de esterilización con vapor.

Retardo apertura descarga rápida (s): Define, en segundos, el retardo después del cual se abre la descarga rápida cuando el llenado es temporizado, con el caudalímetro inhabilitado.

Retardo cierre descarga rápida (s): Define, en segundos, el retardo después del cual se cierra la descarga rápida cuando el llenado es temporizado, con el caudalímetro inhabilitado.

Tiempo mínimo llenado (s): Define, en segundos, el tiempo mínimo necesario para realizar el llenado del barril con el producto.

Tiempo límite llenado (s): Define, en segundos, el tiempo máximo necesario para realizar el llenado del barril con el producto.

Recuperación residuos (s): Define, en segundos, la duración de la fase de recuperación de los residuos de producto que se quedan en el cabezal al terminar la fase de llenado de los barriles.

Descarga final presión cabezal (s): Define, en segundos, el tiempo necesario para la despresurización del cabezal al final del ciclo de trabajo.

Tiempo llenado (s): Define, en segundos, la duración de la fase de llenado del barril con producto, cuando dicha fase es temporizada y el caudalímetro está inhabilitado. En la Figura 47 se muestran los valores de las variables definidas para los cabezales 7 y 8 visualizadas desde el Tia Portal:

comac		GENERAL	LAV/LLEN	TARQUES	LAV.EXT.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:29:27	Página
								TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	367
Rx/Tx								FUNC. LINEA	Sin VJ 1		super
LAVADORA/LLENADORA - CABEZAL 7/8 - TIEMPOS											
Descripción								Set	Cabezal 7	Cabezal 8	
Control barril con presión externa (s)								1,5	0,0	0,0	
Cabezal lavado (s)								1,0	0,0	0,0	
Evacuación residuos con CO2 (s)								1,0	0,0	0,0	
Tiempo límite control presión residual (s)								10,0	0,0	0,0	
Tiempo límite descarga presión interior (s)								60,0	0,0	0,0	
Retardo apertura descarga rápida (s)								5,0	0,0	0,0	
Retardo cierre descarga rápida (s)								120,0	0,0	0,0	
Tiempo mínimo llenado (s)								15,0	0,0	0,0	
Tiempo límite llenado (s)								120,0	0,0	0,0	
Recuperación residuos (s)								1,0	0,0	0,0	
Descarga final presión cabezal (s)								1,0	0,0	0,0	
Tiempo llenado (s)								60,0	0,0	0,0	

Figura 47. Tiempos de cabezales 7 y 8.

En los campos de la columna “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de la columna “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

Parámetros de Llenado:

Definidas las variables de los tiempos de los cabezales se definen los Parámetros de Llenado estos son:

Barril lleno (Lt): Define, en litros, el volumen de producto que se debe introducir en los barriles durante las fases de llenado controlado por medio de caudalímetro.

Histéresis llenado (Lt): define una cantidad de producto (en litros) que permite anticipar el cierre de la válvula del producto al final de la fase de llenado para que no se supere el volumen correcto programado.

Apertura descarga rápida (Lt): define la cantidad de producto (en litros) introducida en el barril que determina la activación de la modalidad de llenado rápido.

Cierre descarga rápida (Lt): define la cantidad de producto (en litros) introducida en el barril que determina la desactivación de la modalidad de llenado rápido.

Caudal (Lt/s): visualiza en tiempo real el caudal del producto, en litros/segundo, que el caudalímetro detecta durante las fases de llenado.

Presión llenado actual (bar): visualiza en tiempo real el valor de presión detectado en el interior del barril durante las fases de llenado.

Presión mínima llenado (bar): define el valor mínimo de presión que debe ser mantenido dentro del barril durante las fases de llenado.

En la Figura 48 se muestran los valores definidos para los Parámetros de Llenado visualizados desde el Tia Portal:



Figura 48. Parámetros de Llenado.

En los campos de las columnas “Set” es posible programar los diferentes parámetros de elaboración alistados, mientras que en los campos de las columnas “Actual” es posible comprobar los valores programados en tiempo real.

El gráfico permite analizar las variaciones del caudal del producto (curva verde), de la presión interna de los barriles (curva amarilla) y del volumen de producto introducido en los barriles (curva celeste) a lo largo del tiempo. Los pulsadores colocados debajo del gráfico permiten desplazarse a lo largo del eje de los tiempos y examinar las curvas visualizadas en el gráfico.

Parámetros de presiones y temperaturas:

Los parámetros de presión definidos son:

Ctrl pos. barril por medio de presión exterior (bar): Define el valor de presión que se debe detectar durante el control del acoplamiento entre barril y cabezal.

Descarga presión interior (bar): Define el valor de presión por debajo del cual termina la fase de depresurización del barril.

Residual (bar): Define el valor mínimo de presión que se debe detectar durante el control de la presión residual del barril.

Esterilización (bar): Define el valor de presión a detectar durante la fase de esterilización del barril con vapor.

Presurización con CO2 durante producción (bar): Define el valor de la presión que se debe alcanzar durante la fase de presurización del barril con CO2 antes del llenado.

Presurización con CO2 durante lavado (bar): Define el valor de la presión que se debe alcanzar durante la fase de presurización del barril con CO2 para la realización del ciclo de lavado solo.

Presión diferencial antes del llenado (bar): se trata de la diferencia de presión entre el producto en entrada y el interior del barril que se debe detectar para que la fase de llenado pueda empezar.

Presión mínima entrada líquido (bar): Define el valor mínimo de presión que se debe alcanzar durante las fases de lavado de los barriles con flujo pleno de líquidos. Los parámetros de temperaturas definidos son:

Retorno H2O caliente (°C): Define el valor de temperatura que se debe detectar durante las fases de lavado del barril con agua caliente.

Retorno vapor (°C): Define el valor de temperatura que el sistema debe detectar durante la fase de esterilización del barril con vapor.

En la Figura 49 se muestran los valores de estos parámetros visualizados desde el Tia Portal:

comac									
GENERAL	LAV/LLEN	TANQUES	LAV.EXT.	ÁREA MOJ.	ZONA SECA	TIPO BARRIL	50L	16:37:45	Página 370
Rx/Tx						TIPO CERVEZA	cerveza	25/12/2016	
						FUNC. LINEA	Sim V3 1		
LAVADORA/LLENADORA - PRESIONES CABEZALES									
Descripción	Set	Cabezal 1	Cabezal 2	Cabezal 3	Cabezal 4	Cabezal 5	Cabezal 6	Cabezal 7	Cabezal 8
Actual (bar)	0,07	2,11	2,17	0,19	0,13	0,03	1,58	0,00	
Ctrl pos.barril por medio de presión exterior (bar)	0,50	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Descarga presión interior (bar)	0,85	✓	✓	✓	✓				
Residual (bar)		0,10					0,10	1,50	1,50
Esterilización (bar)						2,40	1,50		
Presurización con CO2 durante producción (bar)							3,00		
Presurización con CO2 durante lavado (bar)							1,00		
Presión diferencial antes del llenado (bar)								0,30	0,30
Presión mínima entrada líquido (bar)	0,00	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LAVADORA/LLENADORA - TEMPERATURAS CABEZALES									
Descripción	Cabezal 1	Cabezal 2	Cabezal 3	Cabezal 4	Cabezal 5	Cabezal 6	Cabezal 7	Cabezal 8	
Actual (bar)					65,8	149,5			
Retorno H2O caliente (°C)					75,0				
Retorno vapor (°C)					90,0	105,0			

Figura 49. Presiones y Temperaturas.

Los parámetros de presión se encuentran en la sección superior de la página. Los campos están divididos en columnas: En la columna “Set” se introducen los valores de presión que se utilizan en diferentes cabezales (el signo al lado del cabezal indica los cabezales en los que se utilizan todos los parámetros comunes durante la elaboración); en los campos de las columnas “cabezal 1 - cabezal 8” se

introducen los valores de presión que se utilizan en un sólo cabezal pues pueden ser diferentes de los programados en la columna "Set".

En la primera línea se indican, en tiempo real, los valores de presión detectados por los sensores de cada cabezal de la lavadora/llenadora.

Los parámetros de temperatura se encuentran en la sección inferior de la página.

Por cada cabezal es posible configurar los valores de temperatura utilizados durante los ciclos de trabajo.

En la primera línea se indican, en tiempo real, los valores de temperatura detectados por los sensores de cada cabezal de la lavadora/llenadora.

Introducción del nuevo programa.

El nuevo programa una vez simulado fuera del proceso agregará una serie de aspectos al anterior programa como paradas de emergencia en casos necesarios para preservar la integridad de la máquina aumentando su vida útil. En la Figura 50 se muestra un segmento de este nuevo programa referido a la introducción de la boquilla en el cabezal 1 de la máquina para empezar su ciclo de trabajo.

```

Segm. 23: =00101+001-YV07601A/R - Plunger insertion

U      "W/F - DATA CYCLE H1".MICROCYCLES.CYCLES._1_CYCLE      DB210.DBX244.0      -- Plunger introduction
=      #ComAutA                                                #ComAutA           -- Valve automatic command (A)

O      "W/F - DATA CYCLE H1".MICROCYCLES.CYCLES33._1_CYCLE   DB210.DBX304.0      -- Plunger withdrawal
O      "W/F - DATA CYCLE H1".MICROCYCLES.CYCLES502._1_CYCLE  DB210.DBX442.0      -- Plunger extraction for rejected keg
=      "=00101+001-S07401R"                                    E52.0              -- W/F - H1 KEG PRESSER UP
=      #ComAutB                                                #ComAutB           -- Valve automatic command (B)

UN     "=00101+001-S07601A"                                    E54.0              -- W/F - H1 PLUNGER INTRODUCED
=      #AuxFC                                                    #AuxFC             -- Auxiliary variable

CALL  "C_VALVE_FC"
      FC28              -- Valve control with limit switch
ENABLE_COM      :=TRUE
ENABLE_SWITCH   :=TRUE
ENABLE_MAN_FORCE:=FALSE
MAN             :=#Man      #Man              -- Machine en manuel
AUT             :=#Aut      #Aut              -- Machine en automatique
PRE_CON        :=TRUE
COM_AUT_A      :=#ComAutA   #ComAutA         -- Valve automatic command (A)
COM_AUT_B      :=#ComAutB   #ComAutB         -- Valve automatic command (B)
FC_A           :="=00101+001-S07601A"  E54.0            -- W/F - H1 PLUNGER INTRODUCED
FC_B           :=#AuxFC     #AuxFC             -- Auxiliary variable
NUM_ALL        :=881
OUT_VAL_A      :="=00101+001-YV07601A" A62.0            -- W/F - H1 PLUNGER INSERTION UP
OUT_VAL_B      :=#Aux      #Aux              -- Auxiliary variable

```

Figura 50. Segmento de código 23 para la introducción de la boquilla en el cabezal 1

En este segmento de código programado en Listado de Instrucciones queda marcado que si no está correctamente posicionado el tonel en el cabezal y las válvulas para comprobar su habilitación no marcan la presión marcada como referencia se detiene la producción pues esto indica que el tonel no está correctamente colocado en la boquilla entonces cuando pasen los químicos agresivos se producirá una fuga que afecta la integridad de la máquina.

Se utilizó este lenguaje para la realización del programa pues, aunque este sea más complejo que lenguaje de Esquema de Contactos que es más familiar y accesible para el usuario a la hora de programar PLC el lenguaje de Lista de Instrucciones tiene una serie de características que le da ciertas ventajas ante los demás lenguajes de programación de PLC pues, aunque requiere un mayor conocimiento técnico para su programación y comprensión, la programación en Lista de Instrucciones utiliza un lenguaje de programación de bajo nivel basado en código mnemotécnico. Esto permite un control más preciso y detallado de los elementos del PLC, es eficiente en el uso de recursos del PLC, ya que las instrucciones se codifican directamente en la memoria del PLC, lo que implica un uso eficiente del espacio disponible y una rápida ejecución del programa. Este permite un mayor control sobre las operaciones del PLC, ya que cada instrucción se puede especificar en detalle y personalizar según los requisitos específicos del sistema. Esto brinda una mayor flexibilidad en la implementación y personalización de la lógica del programa. La programación en Lista de Instrucciones se basa en una secuencia de instrucciones lógicas, como comparaciones, saltos condicionales y operaciones aritméticas. Esto le da al programador un alto grado de control sobre el flujo lógico del programa. Por último, la Programación en Lista de Instrucciones tiende a ser más compacta y concisa en comparación con otros lenguajes de programación de PLC. Esto puede resultar beneficioso en términos de eficiencia del programa y optimización del espacio de memoria del PLC.

En la Figura 51 se muestra el esquema eléctrico de este cabezal para una mayor comprensión del código mostrado en la Figura 50.

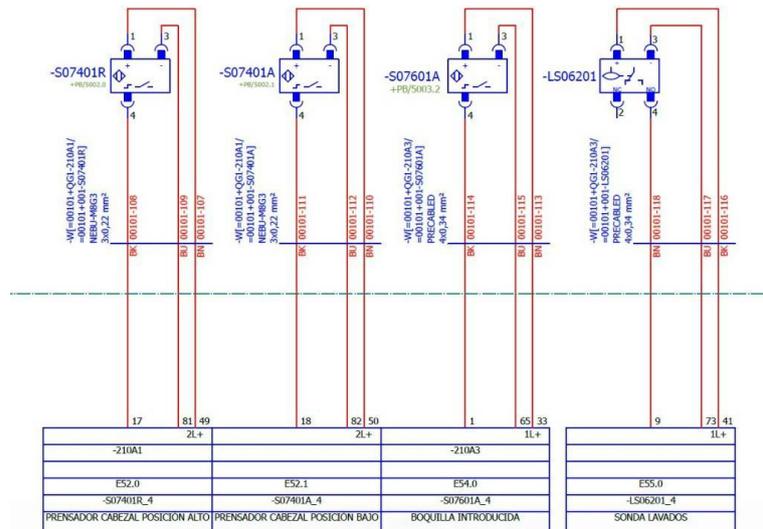


Figura 51. Esquema Eléctrico del cabezal 1.

Una vez se implemente completamente el diseño propuesto en este proyecto se planea mejorar la situación actual de la máquina para los siguientes aspectos:

- Se evitan los salideros en las mangueras de aire comprimido mejorando el accionamiento de las válvulas
- Mejor funcionamiento de la máquina sin paradas por averías.
- Mejora en la comunicación Profibus entre los periféricos existentes en la máquina y el PLC
- Aumenta la durabilidad de la máquina en el tiempo al reducir el riesgo de deterioro.
- El producto final alcanza mayor calidad.
- La producción de cerveza aumenta en 11 puntos la eficiencia, alcanzado un 85% de la misma lo que se traduce en alrededor de 102 Toneles/hora.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

La realización de esta investigación para la realización del proyecto para el diseño permitió arribar a las conclusiones siguientes:

- Se efectuó una investigación de los estándares para los sistemas de llenado de toneles en la industria cervecera.
- Se realizó una caracterización del autómata programable disponible S7-300
- Se desarrolló un diseño para optimizar el funcionamiento de la máquina en materia de seguridad de la misma y calidad de la cerveza.
- La propuesta constituye una mejora al estado actual del proceso de lavado y llenado de los toneles actualmente.
- Este proyecto se desarrolló siguiendo los estándares internacionales de las normas existentes para el llenado de toneles de cerveza.
- Se evidencia la contribución del proyecto al cuidado y preservación del medio laboral y la seguridad tanto de la máquina como los trabajadores.

Recomendaciones

Una vez alcanzados los objetivos de este proyecto se recomienda.

- Se aplique la propuesta de este diseño en la máquina Lavadora/Llenadora de Toneles.
- Se extienda esta investigación realizada los otros procesos de las tres líneas existentes en Envasado que también trabajen en medios agresivos para obtener resultados favorables en otros procesos con problema similares.
- Continuar perfeccionando las técnicas empleadas en esta investigación en busca de mejores resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- [1] Oasys-sw, Claves de la automatización en la industria alimentaria, Barcelona, 2018.
- [2] Global Market Insights Inc, "Brewing Equipment Market Size By Technology (Manual, Automatic, Semi-automatic), By Brewery Type (Macrobrewery, Craft Brewery, Microbrewery), By Mode of Operation (Pub Brewery, Regional Brewery, Microbrewery), Industry Analysis Report, Regional Outlook,, Delawere, 2021.
- [3] Food Engineering Magazine, «Automation helps craft brewers meet demand,» *Food Engineering Magazine*, 2021.
- [4] 3BTours, «Envasado de la cerveza | Tour de la Cerveza en Praga,» [En línea]. Available: <https://3btourspraga.com/tour-de-la-cerveza/elaboracion-de-la-cerveza/envasado-de-la-cerveza/>.
- [5] Comac - Envasado de cerveza, «/www.comacitalia.es,» Envasado de cerveza - Comac , [En línea]. Available: <https://www.comacitalia.es/envasado-de-cerveza/>.
- [6] AECAI, «10 preguntas y respuestas express sobre cerveza,» AECAI , [En línea]. Available: <https://aecai.es/preguntas-respuestas-express-cerveza/>.
- [7] Rockwell Automation, «Sistemas de control y automatización de la producción y el envasado de cerveza,» Rockwell Automation, [En línea]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/industries/food-beverage/brewery-production-automation.html>.
- [8] HBM , «Tecnología de pesaje para automatizar procesos de llenado,» HBM , [En línea]. Available: <https://www.hbm.com/es/6992/tecnologia-de-pesaje-para-automatizar-procesos-de-%20llenado/>.
- [9] Interempresas, «El caso de éxito de automatización de la cerveza tradicional Westheimer Brauerei y los robots Kawasaki,» Interempresas , [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/258173-exitoso-caso-automatizacion-cerveza-tradicional-Westheimer-Brauerei-robots-Kawasaki>.
- [10] P. -. Scribd, «Automatizacion de Cerveza,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/495982789/automatizacion-de-cerveza>.
- [11] R. UTN, «Automatización de proceso para elaboración de cerveza artesanal,» [En línea]. Available: <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/2873/Informe%20Proyecto%20Final%20-%20Automatizaci%C3%B3n%20de%20Proceso%20para%20Elaboraci%C3%B3n%20de%20Cerveza%20Artesanal.pdf?isAllowed=y&sequence=1>.
- [12] R. U. -. U. T. Nacional, «Planta Automatizada De Fabricación De Cerveza Artesanal Der Konig,» [En línea]. Available:

- https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4393/Planta%20a%20automatizada%20de%20elaboracion%20de%20cerveza%20artesanal_Bruschini%20Quinteros.pdf?isAllowed=y&sequence=1.
- [13] dspace, «Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control en los procesos de cocción y fermentación para la planta de pro,» [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19902/1/UPS-CT008979.pdf>.
- [14] Comac: keggins & bottling plants , «Lavadora/ llenadora de barriles,» de Manual de Uso y Mantenimiento Línea de Toneles, Holguín, 2007. .
- [15] Maltosaa , «Todo lo que tienes que saber sobre el embotellado de cerveza,» [En línea]. Available: <https://maltosaa.com.mx/embotellado-de-cerveza/>.
- [16] Comac, «Máquina para cerveza en barril: modelos y ventajas,» [En línea]. Available: <https://www.comacitalia.es/maquina-para-cerveza-en-barril-modelos-y-ventajas/>.
- [17] W. M. & S. T. Brück, de "*Beer packaging trends in Western Europe: a focus on beer crates and dispensing systems.*", Packaging Technology and Science, 2009 , pp. 443-450.
- [18] S. Murray, "The complete guide to beer kegging: how to build a home draft system for your craft beer.", Brewers Publications., 2013.
- [19] SUPERMONTE srl, «kegsmanufacturing,» 2023. [En línea]. Available: https://www.kegsmanufacturing.com/barril_inox_cerveza_fabricante_contenedores_acero_inoxidable_kegs.htm.
- [20] Cervceria Bucanero S.A, «VPO QUAL 3 1 02.2 Especificaciones Tonel Vacio,» Holguín, 2023.
- [21] Comac , «Lavadora/llenadora para barriles,» [En línea]. Available: <https://www.comacitalia.es/lavadora-llenadora-para-barriles/>.
- [22] Alibaba , «Lavadora y llenadora automática de barril de cerveza, máquina de lavado y llenado de botellas de barril,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Automatic-beer-keg-washer-and-filler-60836868697.html>.
- [23] yuxin-industrial, «Lavadora automática de barriles de cerveza,» [En línea]. Available: <http://es.yuxin-industrial.com/product/automatic-beer-keg-washer>.
- [24] Smart Brew , «Lavadora y Llenadora de Barriles TX,» [En línea]. Available: <https://smartbrew.cl/tienda/lavadora-y-llenadora-de-barriles-tx/>.
- [25] K. F. & W. G. L. Mantzke, de "*The evolution of keg technology: kegs, keg lines, and dispensing equipment.*", In The Institute of Brewing & Distilling Asia Pacific Section Proceedings, 2004, pp. 98-110..
- [26] J. Knezevic, ««MANTENIMIENTO por Jezdimir Knezevic - PDF Free Download»,» [En línea]. Available: <https://docplayer.es/1232644-Mantenimiento-por-jezdimir-knezevic.html> . [Último acceso: 30 octubre 2023].
- [27] P. F. Download, ««Ingeniería de mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial - PDF Free Download»,»

- [En línea]. Available: <https://docplayer.es/3966676- Ingenieria-de-mantenimiento-manual-practico-para-la-gestion-eficaz-delmantenimiento-industrial.html>. [Último acceso: 30 octubre 2023].
- [28] F. A. P. Rondón, de «*CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*», p. 112.
- [29] F. Castela, «mantenimientoindustrialweb,» [En línea]. Available: <http://elmanagerpasmado.wordpress.com>. [Último acceso: 30 octubre 2023].
- [30] V. Soluciones, «¿CUAL ES LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL?,» 10 julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/importancia-delmantenimiento-industrial/>. [Último acceso: 31 octubre 2023].
- [31] Euroinnova Business School. , «E. B. School, «¿Cuáles son los 3 tipos de mantenimiento industrial?,» [En línea]. Available: <https://www.euroinnova.us/cuales-son-los-3-tiposde-mantenimiento-industrial>. [Último acceso: 31 octubre 2023].
- [32] L. P. Acosta, «Propuesta de Sistema SCADA código abierto para Sistemas Embebidos,» Santa Clara, 2017.
- [33] E. I. Castellanos, «Sistemas de Automatización,» Samuel Feijóo, Carretera a Camajuaní, km 5 ½ Santa Clara, 2012.
- [34] v. ferrer, «SCADA en la Industria 4.0 - Tipos de sistemas y características,» 27 mayo 2019. [En línea]. Available: <https://vicentferrer.com/scada-industria/>. [Último acceso: 2 noviembre 2023].
- [35] A. D. UPM, «INTRODUCCIÓN A TIA PORTAL CON S7-300,» [En línea]. Available: https://oa.upm.es/49911/1/PFC_PEDRO_CENTENO_POMARETA.pdf.
- [36] Repositorio UPS , «Diseño e Implementación de una Red SCADA con PLCs en Maestro Esclavo Aplicado para la Enseñanza.,» [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19477/1/UPS-GT003038.pdf>.
- [37] Siemens Global Website, «SIMATIC SCADA Systems - Automation Software,» [En línea]. Available: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/scada.html>.
- [38] Siemens Industry Online Support , «SIMATIC WinCC Basic V13.0,» [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/840/91379840/att_110005/v1/WinCC_Basic_V13_esES_es-ES.pdf.
- [39] Reverso Context , «step 7 - examples,» [En línea]. Available: <https://context.reverso.net/translation/english-spanish/step+seven>.
- [40] SpanishDict, «Step 7,» [En línea]. Available: <https://www.spanishdict.com/translate/step%207>.
- [41] My memory, «Translate step 7 in Spanish with contextual examples,» [En línea]. Available: <https://mymemory.translated.net/en/English/Spanish/step-7>.

- [42] Linguee , «step 7,» [En línea]. Available: <https://www.linguee.com/english-spanish/translation/step+7.html>.
- [43] YouTube, «step7 #3.5 Software LIBRERÍAS. necesitas conocer todas las funciones que encontrarás AQUÍ.,» [En línea]. Available: https://youtube.com/watch?v=GVb_4FEbvm4.
- [44] Aula21, «PROFIBUS: Qué es, para qué sirve y cómo funciona,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-profibus/>.
- [45] UTP, «implementación de una red profibus dp en un sistema -,» [En línea]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/bitstream/11059/4353/1/6298E18.pdf>.
- [46] PI North America, «PROFIBUS: Página de tecnología,» [En línea]. Available: <https://us.profinet.com/tecnologia/profibus-es/>.
- [47] etitudela, «PROFIBUS,» [En línea]. Available: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/profibusteoría.pdf>.
- [48] V. Guerrero, «Profibus DP,» de *Comunicación Industrial*, Madrid, Paraninfo. , (2007)., p. Página 123.
- [49] Aula21 |Formación para la Industria, «7 Tendencias de la Automatización Industrial en 2022,» Aula 21, 20 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/tendencias-automatizacion-industrial/> . [Último acceso: 3 noviembre 2023].
- [50] Siemens , «PLC programming with SIMATIC STEP 7 (TIA Portal),» [En línea]. Available: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/step7-tia-portal.html>.
- [51] Youtube, «Siemens step 7 #0 por qué NECESITAS APRENDER a programar con SIMATIC MANAGER,» [En línea]. Available: <https://youtube.com/watch?v=crmWtXewqxU>.
- [52] SpanishDict, «Step 7 | Spanish Translator,» [En línea]. Available: <https://www.spanishdict.com/translate/step%207>.
- [53] S7 Automation, «STEP 7 Professional 2010 COMBO with TIA Portal -,» [En línea]. Available: <https://www.s7automation.com/product/6es78105cc110ya5/>.
- [54] SICK Germany, «[PDF] WL11-2P2432 - W11-2,» [En línea]. Available: https://cdn.sick.com/media/pdf/9/59/259/dataSheet_WL11-2P2432_1048542_es.pdf. [Último acceso: 31 Octubre 2023].
- [55] Pepperl+Fuchs , «[PDF] Inductive sensor NBB4-12GM50-E2-V1-3G-3D,» [En línea]. Available: https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/pds/212426_eng.pdf. [Último acceso: 31 Octubre 2023].
- [56] Festo , « SMT-8M-A-PS-24V-E-0,3-M8D,» [En línea]. Available: <https://us.rs-online.com/product/festo/smt-8m-a-ps-24v-e-0-3-m8d/70993009/>. [Último acceso: 31 Octubre 2023].
- [57] Ifm Electronic , «PI2794,» Ifm Electronic, 2023. [En línea]. Available: <http://www.ifm.com/es/es/product/PI2794..> [Último acceso: 30 Octubre 2023].

- [58] Endress Hauser , «Liquiphant FTL20-025,» Endress Hauser, 2023. [En línea]. Available: <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/detector-nivel-liquiphant?t.tabId=product-overview..> . [Último acceso: 1 Noviembre 2023].
- [59] Endress+Hauser , «Easytemp TMR31 Compact thermometer,» Endress+Hauser , 2023. [En línea]. Available: <https://www.us.endress.com/en/field-instruments-overview/temperature-measurement-thermometers-transmitters/Compact-thermometer-easytemp-tmr31>. [Último acceso: 1 noviembre 2023].
- [60] Endress+Hauser, «Promag 50H,» Endress+Hauser, 2023. [En línea]. Available: <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/flow-measurement-product-overview/electromagnetic-flowmeter-promag-50h>. [Último acceso: 1 Noviembre 2023].
- [61] Festo ES , «Electroválvula CPV14-M1H-2X3-GLS-1/8,» Festo, 2023. [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/161362/?q=161362~%3AfestoSortOrderScored>. [Último acceso: 1 Noviembre 2023].
- [62] TURCK, «[PDF] 6GK1500-0FC10 Conector Sub-D Conector macho, recto,» 2023. [En línea]. Available: https://www.turck.de/datasheet/_es/edb_6780088_esl_es.pdf. [Último acceso: 1 Noviembre 2023].
- [63] Siemens Industry Mall, «6XV1830-0EH10,» Siemens Industry Mall, 2023. [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/ww/Catalog/Product/6XV1830-0EH10>. [Último acceso: 1 Noviembre 2023].
- [64] Festo , «Tubo de plástico PUN-H-4X0,75-BL,» Festo, 2023. [En línea]. Available: <https://www.festo.com/pe/es/a/197383/>. [Último acceso: 30 Octubre 2023].
- [65] Festo , «FBS-SUB-9-GS-DP-B - Conector,» Festo, 2023. [En línea]. Available: <https://www.festo.com/ar/es/a/532216/>. [Último acceso: 1 noviembre 2023].
- [66] Festo ES , «Tubo de plástico PFAN-4X0,75-NT,» Festo, 2023. [En línea]. Available: <https://www.festo.com/es/es/a/197061/>. [Último acceso: 31 Octubre 2023].
- [67] Acrilfrasa, «lamina-de-acrilico-transparente-de-180-x-240-m-de-6mm,» Acrilfrasa, 2023. [En línea]. Available: <https://www.acrilfrasa.mx/productosacrilicopolicarbonato/tienda/lamina-sacrilico/acrilico-transparente/acrilico-cell-cast/acrilico-de-6-mm/lamina-de-acrilico-transparente-de-180-x-240-m-de-6mm/>. [Último acceso: 2 Noviembre 2023].
- [68] Amazon.com , «Weld-On 4 acrílicos adhesivo. Botella aplicadora con aguja,» Amazon, 2023. [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/Weld-acr%C3%ADlicos-adhesivo-Botella-aplicadora/dp/B0096T6P1Y>. [Último acceso: 2 Noviembre 2023].

- [69] Siemens Industry Mall , «Repetidor RS 485 para PROFIBUS,» Siemens Spain, [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Products/10008350>.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumentación del cabezal 2



Anexo 2. Nodos 16 y 17 de la Lavadora Llenadora.



Anexo 3 Pin de conexión del conector Profibus FBS-SUB-9-GS-DP-B.



Anexo 4 Vista del cabezal 1 desde el Tia Portal

