



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA NUEVA DE
LLENADO DE LATA DE CERVEZA UTILIZANDO PROTOCOLOS DE
COMUNICACIÓN INDUSTRIAL Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA**

Gustavo Adolfo Castillo Gil
Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA NUEVA DE
LLENADO DE LATA DE CERVEZA UTILIZANDO PROTOCOLOS DE
COMUNICACIÓN INDUSTRIAL Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUSTAVO ADOLFO CASTILLO GIL

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA NUEVA DE LLENADO DE LATA DE CERVEZA UTILIZANDO PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica eléctrica, con fecha 27 febrero de 2020.

Gustavo Adolfo Castillo Gil

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 12 de noviembre de 2021.
REF.EPS.DOC.478.11.2021.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Gustavo Adolfo Castillo Gil** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, Registro Académico No. **201213120** y CUI **2279 79540 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA NUEVA DE LLENADO DE LATA DE CERVEZA EN EMBOTELLADORA "CERVECERÍA CENTROAMERICANA"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad"
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado y EPS
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor-Supervisor de EPS
Facultad de Ingeniería
Área de Ingeniería Eléctrica

c.c. Archivo
KIER/ra



Guatemala, 27 de enero de 2020.
P.IME.01.01.2020.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela
Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio le envío para el dictamen y aprobación respectiva el anteproyecto del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) titulado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA NUEVA DE LLENADO DE LATA DE CERVEZA EN EMBOTELLADORA "CERVECERÍA CENTROAMERICANA"". Para realizar dicho proyecto en un período mínimo de 6 meses, a partir del 20 de enero de 2020, fue seleccionado el estudiante universitario Gustavo Adolfo Castillo Gil con carné No. 201213120 quien cursa la carrera de Ingeniería Electrónica y es debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Sin otro particular y agradeciendo de antemano su colaboración.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

cc. Archivo
/ra





REF. EIME 01. 2022.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; GUSTAVO ADOLFO CASTILLO GIL titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA NUEVA DE LLENADO DE LATA DE CERVEZA EN EMBOTELLADORA CERVECERÍA CENTROAMERICANA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 20 DE ENERO 2,022.

LNG.DECANATO.OI.0116.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA AUTOMATIZADA NUEVA DE LLENADO DE LATA DE CERVEZA UTILIZANDO PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA**, presentado por: **Gustavo Adolfo Castillo Gil** , después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, febrero de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser esa motivación de levantarme cada día y salir adelante.
Mis padres	Gustavo Castillo y Phaiphon Gil por su apoyo durante la carrera.
Mi tío	Luis Castillo por su apoyo en la realización de mi EPS y apoyo en mis estudios.
Mis abuelos	Héctor Gil (q. e. p. d.), Olga Juárez, Marta Rodríguez "Lili", por motivarme a seguir adelante siempre y concluir mis estudios

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una casa de estudios que siempre recordaré y representaré con orgullo.

Facultad de Ingeniería

Al personal administrativo y docente por su labor diario en mejorar y comprometerse con la educación de buenos profesionales.

Mis amigos de la Escuela

Quienes en equipo fuimos creciendo como profesionales superando todos los obstáculos que se nos presentaron.

Mis amigos

Por su apoyo incondicional y estar presentes dando apoyo en todo logro alcanzado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1. Misión	1
1.2. Visión.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Línea de producción	3
2.1.1. Características de una línea de producción.....	3
2.1.2. Conformación de una línea de producción	4
2.2. Tipos de línea de producción.....	4
2.2.1. Líneas desbalanceadas	4
2.2.2. Líneas con amortiguación.....	4
2.3. Instalación eléctrica	5
2.3.1. Instalación de gabinetes de control en línea de producción	5
2.3.2. Instalación de canaleta para soporte de cableados de control.....	6
2.4. Conexión de cableado en gabinetes de control.....	6
2.4.1. Interpretación de diagramas de control	6

2.4.2.	Cableado según diagramas de control	7
2.5.	Protocolos de comunicación industrial presentes en la línea	8
2.5.1.	Protocolo <i>Profibus</i>	8
2.5.1.1.	<i>Profibus</i> PA	8
2.5.2.	Protocolo <i>profinet</i>	12
2.6.	Robótica industrial.....	13
3.	DISEÑO	15
3.1.	Proceso de llenado y fases de la línea de llenado	15
3.1.1.	Diseño de diagramas de control y funcionamiento de equipos.....	17
3.1.2.	Normas internacionales de equipos en línea de llenado.....	18
3.2.	Canalización, cableado de control y potencia	19
3.2.1.	Normas internacionales para canalización y cableado eléctrico	19
3.3.	Protección de sistemas eléctricos y electrónicos	20
3.4.	Mantenimiento y operación de la línea de llenado	21
3.5.	Calidad de energía.....	24
4.	ANÁLISIS FINANCIERO DE LA LÍNEA DE LLENADO.....	27
4.1.	Análisis de producción y venta bruta.....	27
5.	IMPLEMENTACIÓN.....	29
5.1.	Inicio de labores y plan de trabajo.....	29
5.2.	Pruebas a cableados según normas internacionales	29
6.	COMPARATIVA.....	35

CONCLUSIONES 37
RECOMENDACIONES 39
BIBLIOGRAFÍA..... 41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Acoplador profibus PA-DP	10
2.	Red <i>profibus</i> PA-DP	11
3.	Ejemplo temperatura de operación	22
4.	Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 1	31
5.	Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 2	31
6.	Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 3	32
7.	Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 4	32
8.	Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 5	33

TABLAS

I.	Comparativa de labores	35
----	------------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kbps	Kilobits por segundo
mA	Miliamperes
Q	Quetzales
ohm	Resistencia eléctrica (ohmios)
V	Voltaje eléctrico

GLOSARIO

IoT	Internet de las cosas (<i>Internet of things</i>).
OSI	Protocolo de lenguaje universal de comunicación de redes.
PLC	Controlador lógico programable (<i>Programmable logic controller</i>).
Profibus	Protocolo de comunicación industrial.
Profinet	Protocolo de comunicación industrial.

RESUMEN

El presente trabajo es la recopilación de todos los procesos, logística y manejo de personal para el correcto funcionamiento de una línea de llenado de lata. El presente trabajo de EPS se inició en enero de 2020 y debido a los problemas derivados de la emergencia del Covid-19 se finalizó en fechas posteriores a los 6 meses.

El presente informe está enfocado en los protocolos de comunicación industriales empleados en la línea de producción, así como una parte de la instalación de cableado de potencia y control, normas que rigen los distintos dispositivos eléctricos presentes en la línea y la planificación de personal.

Se detalla lo que compone los protocolos de comunicación industrial y su implementación dentro de la línea de producción. También se detallan protocolos de comunicación de campo utilizados y todo lo referente a comunicación de dispositivos de uso industrial.

OBJETIVOS

General

Diseñar una línea de llenado de lata en una cervecera nacional.
Implementar el diseño de una línea de llenado de lata en una cervecera nacional.

Específicos

1. Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería electrónica, así como aprender en el campo cosas que no se aprenden en las aulas de la facultad.
2. Aprender sobre procesos industriales de la electrónica de potencia, conocer personas con años de experiencia en el ámbito y aprender de ellos.
3. Aprender de estándares internacionales sobre instalaciones de equipos electrónicos como variadores de velocidad, protección de cableados de control y de potencia, PLC's, redes de comunicación industrial, entre otras.

INTRODUCCIÓN

El trabajo a presentarse es el anteproyecto del ejercicio profesional supervisado (EPS), este trabajo tiene por objetivo la implementación de una línea automatizada de llenado de lata y logística de materiales y personal que conlleva el trabajo de implementar una línea de producción. Instalación e implementación de equipo electrónico de potencia y control, dichos equipos son: variadores de frecuencia, PLC's, motores trifásicos de distinta potencia, pantallas de control, entre otros.

Este proyecto se realizó en conjunto con la empresa CEINSA, que es la empresa en donde al momento de realizar este proyecto laboraba, KRONES que es una empresa Transnacional que vendió todo el equipo y quien contrató a la empresa CEINSA para la instalación y puesta en marcha en conjunto de dicha línea de producción. La instalación se llevó a cabo en Cervecería Centroamericana Zona 2, ciudad de Guatemala.

Este proyecto será ejecutado a cargo del en la Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado EPS Tomando en cuenta lo anterior, el título del proyecto será:

Diseño e implementación de una línea automatizada nueva de llenado de lata de cerveza utilizando protocolos de comunicación industrial y electrónica de potencia.

1. ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN

Este proyecto se realizó en conjunto con la empresa CEINSA, que es la empresa en donde al momento de realizar este proyecto laboraba, KRONES que es una empresa Transnacional que vendió todos los equipos y quien contrató a la empresa CEINSA para la instalación y puesta en marcha en conjunto de dicha línea de producción. La instalación se llevó a cabo en Cervecería Centroamericana zona 2, ciudad de Guatemala.

1.1. Misión

Realizar instalaciones eléctricas confiables con productos de calidad, personal altamente calificado para brindar un excelente servicio a nuestros clientes.

1.2. Visión

Ser la mejor empresa en instalaciones eléctricas con tecnología de punta para la satisfacción de nuestros clientes, industriales y comerciales a nivel centroamericano.

- Políticas:
 - Brindar servicios seleccionados y específicos a nuestros clientes.
 - Dar solución a las diferentes necesidades que se presenten.
 - Trato justo y esmerado hacia los demás.
 - Lograr que nuestros procesos se desarrollen de forma eficaz y segura.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Línea de producción

Es el conjunto de operaciones secuenciales en las que se organiza el proceso para el llenado del producto.

2.1.1. Características de una línea de producción

Una línea de producción es el conjunto de máquinas industriales automatizadas que lleva a cabo procesos secuenciales para elaborar un producto final que cumpla con las normas de calidad e inocuidad de la empresa que elabora dicho producto. Estos procesos se encargan de transformar materia prima en productos de consumo humano o animal. Existen diferentes compañías que elaboran distintos tipos de maquinaria de procesos industriales, este informe se enfocara en máquinas industriales de lata de cerveza.

KRONES es una empresa especializada en el desarrollo de líneas de producción, tiene sedes en varios países de Latinoamérica, sus oficinas centrales están Alemania. CEINSA ha trabajado en varias ocasiones con KRONES conformando equipos de trabajo de electricistas e ingenieros para la puesta en marcha de varias líneas de producción tanto a nivel local como en otros países de Latinoamérica.

2.1.2. Conformación de una línea de producción

La línea de producción que se tomará en este informe es una línea de llenado de lata la cual cuenta con máquinas de inspección, lavado, llenado, envolvente, entre otras. Conforme se avance en este informe se darán a conocer los distintos procesos y dispositivos utilizados en cada una de las máquinas de la línea de producción. Cabe resaltar que se enfocara en protocolos de comunicación industrial, así como dispositivos de control y seguridad.

2.2. Tipos de línea de producción

El diseño de la línea de producción es crucial para la eficiencia y productividad del llenado del producto. A continuación, se presentan los diferentes tipos de producción que se utilizaron.

2.2.1. Líneas desbalanceadas

“Cuando la cantidad de trabajo en cada estación no es igual”¹. Una línea desbalanceada es una línea que posee varias etapas o estaciones de trabajo que realizan procesos que no están optimizados y afectan la productividad de la misma.

2.2.2. Líneas con amortiguación

Una línea con amortiguamiento sirve para optimizar los procesos de la misma.

¹ Prezi. *Líneas de producción*. <https://prezi.com/3bwqum32bdli/lineas-de-produccion/?frame=2f3d368c5dfada90b2f27d933a8942e11d12dc0e>. Consulta: 25 de mayo de 2019.

Consisten en mejorar el proceso de producción mediante métodos de operación. Su principal objetivo es mejorar el proceso y reducir tiempos que se pueden aprovechar para incrementar la productividad de la línea de producción.

2.3. Instalación eléctrica

En la industria, es necesario tener unas instalaciones eléctricas industriales adecuadas que permitan que el proceso productivo se desarrolle con total normalidad. La maquinaria requerida en este espacio consume gran cantidad de recursos eléctricos, y por ello se vio necesario que se realicen acometidas eléctricas a gran escala que permitan que toda la maquinaria funcione a la perfección.

2.3.1. Instalación de gabinetes de control en línea de producción

Un gabinete de control es un elemento donde se centraliza todo el cableado de potencia y de control de la línea de producción, en él se pueden encontrar dispositivos que controlan toda la parte de arranques de motores, control de sensores, secuencias de arranque, entre otros.

Los gabinetes de control de la línea de producción son los encargados de que los elementos que controlan la línea estén protegidos contra cualquier falla eléctrica a tierra, polvo, humedad, salpicaduras o cualquier causa externa que pueda afectar a los dispositivos electrónicos dentro de ellos. Adicional a esto permiten que el control de toda la línea de producción se encuentre centralizado en un punto, esto reduce cableados y tiempo de instalación.

2.3.2. Instalación de canaleta para soporte de cableados de control

Otro elemento importante en una línea de producción es la canalización, esta permite una comunicación física desde los gabinetes de control hasta el elemento final de control, que pueden ser motores eléctricos, sensores industriales, controladores de campo, entre otros.

Una correcta canalización y ordenamiento de cableado permite que los cables de potencia eviten el sobrecalentamiento debido al efecto del campo electromagnético, permite una identificación de cables más eficaz, un dimensionamiento correcto de canalización permite separar el cableado de control del de potencia y evitar inducción eléctrica en los cables de control, ya que en una canal muy pequeña no habría espacio y no se podría ordenar y el cableado de control y potencia estaría junto y podría causar ruido eléctrico.

2.4. Conexión de cableado en gabinetes de control

Los sistemas de cableado estructurado poseen muchos elementos que, por su naturaleza o condiciones de instalación, deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas eléctricas. A pesar de esto, muchas personas involucradas en el diseño e instalación no cumplen con estos requisitos de aplicación obligatoria, ya sea por negligencia o desconocimiento.

2.4.1. Interpretación de diagramas de control

Un diagrama de control industrial es el diseño de cómo se tienen que conectar los dispositivos en campo, sensores de campo, motores eléctricos,

controladores industriales, entre otros. Indica como es el control y la conexión eléctrica de los dispositivos que se encuentran en la línea de producción.

Un diagrama de control muestra el circuito eléctrico que compone al panel eléctrico, este panel puede poseer uno o más diagramas de control que conectan con más paneles de control dentro de la línea de producción. Para comprender estos diagramas es necesario tener el conocimiento del funcionamiento de los distintos dispositivos presentes en la línea de producción, circuitos eléctricos, sistemas de control industrial, electrónica de potencia y de control.

El diagrama de control posee adicionalmente una serie de anotaciones específicas de cada instrumento de control para evitar confusiones con dispositivos similares dentro del circuito eléctrico, existen normas para dibujar dispositivos de control y potencia en diagramas de control, una de ellas es la norma UNE-EN 60617 que trata sobre los símbolos para esquemas eléctricos y de control, así como de operadores lógicos, entre otros. Esta norma consta de 12 capítulos que cubren lo relacionado a los símbolos gráficos para esquemas eléctricos y de control.

2.4.2. Cableado según diagramas de control

Posterior a la correcta identificación de los diagramas de control se debe de conectar cada uno de los equipos. Se debe de tener en cuenta la identificación de cada cableado para evitar conexiones de campo incorrectas que puedan ocasionar algún daño, el número de la bornera y las dimensiones del cable son importantes ya que estos elementos conforman parte importante de los paneles eléctricos y un dispositivo mal conectado aparte de causar daños puede ocasionar retrasos para el arranque de la línea de producción.

2.5. Protocolos de comunicación industrial presentes en la línea

Los protocolos de comunicación industrial son la manera en la cual los dispositivos de control como PLC's se comunican entre sí para permitir el correcto funcionamiento de la línea de producción.

Existen varios protocolos a nivel industrial pero este informe se enfocará en los que estaban presentes en la línea de producción, dichos protocolos son los siguientes:

2.5.1. Protocolo *Profibus*

El Protocolo *Profibus* es un bus de campo industrial que conecta a 2 o más dispositivos dentro de la red industrial, este permite la conexión de dispositivos que admiten este protocolo, dentro de la red industrial los dispositivos que admitían este protocolo eran PLC'S Siemens S7, Variadores de Velocidad, entre otros.

Existen distintos tipos de protocolos profibus, en la industria actual se utilizan 2, *Profibus PA* y *Profibus DP*.

2.5.1.1. Profibus PA

Por sus siglas en inglés (*Profibus for Process Automation*), es un protocolo que cumple las normativas para automatización industrial, este es un protocolo de campo que conecta dispositivos de campo como medidores de flujo, sensores de presión, temperatura, entre otros. Se emplea para sustituir en algunas ocasiones los estándares de 4-20 mA. Se emplea para transmisión de datos seguros y sistemas de seguridad. Este protocolo permite la supervisión a través

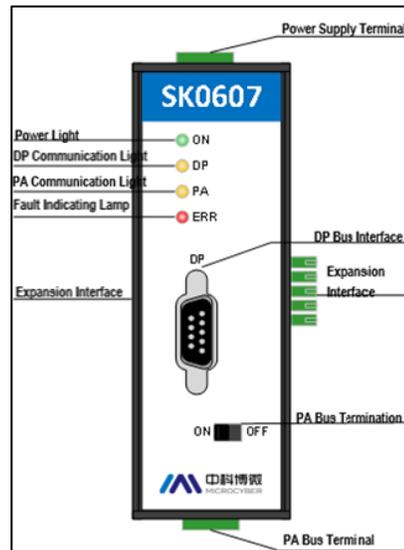
de una sola línea con 2 cables, el cableado exterior posee una chaqueta color morado con interior con malla de cobre apantallado y los 2 cables internos de color verde y rojo. Este protocolo se desarrolló para cumplir requisitos especiales para su área de aplicación:

- “Transmisión de datos a través de acopladores de red profibus PA con el bus de Profibus DP”².
- Transmisión de datos y poder sobre el mismo cableado según norma IEC 61158-2.
- Permite comunicación entre distintos dispositivos de distintos fabricantes al ser un protocolo estándar industrial.

La interconexión entre los 2 tipos de red *profibus* se realiza mediante un acoplador *Profibus* DP/PA. Este Hardware permite la conexión de un protocolo de bus de campo con otro y su terminal física de conexión es RS485, este protocolo de comunicación *profibus* se rige bajo el modelo de red OSI. La función de este acoplador es convertir una transmisión RS485 a MBP (32 segmentos) o MBP-IS (10 segmentos) a 31,25 kbps.

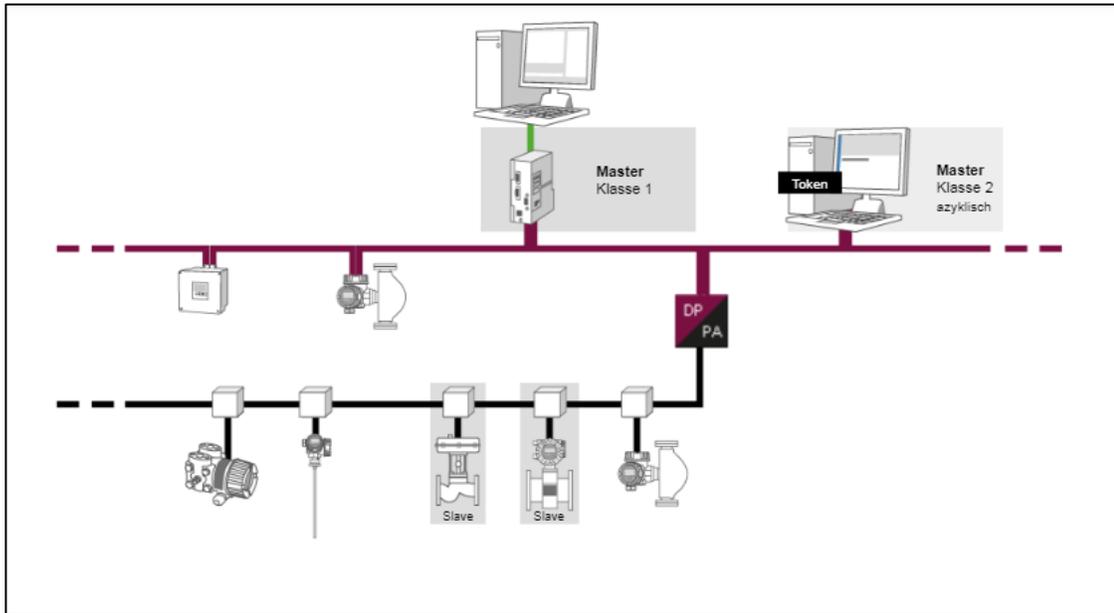
² Aula21. Centro de información técnica para la industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-profibus/#:~:text=Una%20comunicaci%C3%B3n%20transparente%20a%20trav%C3%A9s,la%20tecnolog%C3%ADa%20IEC%2061158%2D2>. Consulta: 25 de mayo de 2019.

Figura 1. Acoplador profibus PA-DP



Fuente: Microcyber. *Conector de bus con y sin puerto de programación*. <http://es.microcyber-fieldbus.com/product/bus-connector-with-without-programming-port>. Consulta: 2 de septiembre de 2021.

Figura 2. **Red profibus PA-DP**



Fuente: Microcyber. *Conector de bus con y sin puerto de programación*. <http://es.microcyber-fieldbus.com/product/bus-connector-with-without-programming-port>. Consulta: 2 de septiembre de 2021.

MBP y MBP-IS por sus siglas en ingles *Manchester bus powered* y *Manchester bus powered intrinsic safety* son protocolos de transmisión de bits, son protocolos síncronos de transmisión a 8 bits.

Utiliza la capa física RS485 o fibra óptica, emplea velocidades de hasta 12 Mbits/s, por este motivo es mayormente empleado a nivel industrial y con gran cantidad de equipos que emplean este protocolo.

Profibus en general forma parte de los estándares de bus de campo IEC 61158 e IEC 61784.

La tasa de transmisión del protocolo profibus es de: 9,6 – 12 kbps, con una longitud máxima de segmento de: 15 KM con hasta 32 nodos por segmento.

2.5.2. Protocolo *profinet*

Profinet es un protocolo de comunicación Ethernet industrial, al igual que *profibus* se utiliza para la interconexión de controladores y dispositivos dentro de la red industrial.

Profinet ofrece mayores ventajas sobre *Profibus*:

- Espacio de direcciones prácticamente ilimitada
- Tamaño de mensaje mayor (1 440 vs 244 bytes)

Profinet está basado en Ethernet industrial, TCP/IP. *Profinet* incorpora funcionalidades denominadas perfiles de utilidad llamadas *ProfiSafe* o *ProfiEnergy*. Para los perfiles de seguridad se transmiten datos de seguridad y para *energy* se utilizan datos y comandos de control y ahorro energético.³

La seguridad en la transmisión de datos es importante, proteger brechas de seguridad y puntos débiles:

³ Incibe-cert. *Características y seguridad en PROFINET*. <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>. Consulta: 2 de septiembre de 2021.

- Manejo de incidentes.
- Prevención frente accesos no autorizados.
- Implementación de estándares de seguridad y corta fuegos.
- Modificación de contraseñas por defecto.

Profinet proporciona un intercambio de datos síncrono. Esto se aprovecha especialmente para priorizar información más relevante. Esto se esencial en aplicaciones exigentes como *conveyors* (control de movimiento) y otras aplicaciones con un control más preciso. Los tiempos de los ciclos en el bus de datos.

2.6. Robótica industrial

Dentro de la línea de producción hay 2 etapas que requirieron la implementación de robótica industrial. Para que esto fuese posible fue necesario que se cumplan los requerimientos mínimos de la robótica industrial:

- Precisión
- Seguridad física
- Integridad

Un brazo robótico requiere una gran precisión para optimizar su implementación ya que de lo contrario existirán pérdidas en el tiempo de producción y se atrasaran los demás procesos de la línea, seguridad física para los operarios y evitar accidentes dentro de la planta ya que estos brazos robóticos son automáticos, la integridad del robot debe de conservarse para evitar daños a sí mismo.⁴

⁴ Incibe-cert. *Características y seguridad en PROFINET*. <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>. Consulta: 2 de septiembre de 2021.

El área de recepción de latas ocupa un brazo robótico tipo elevador para integrar las latas que le llegan al transporte, la otra área que emplea 2 brazos robóticos es el área de paletizado para apilar los paquetes.

Estos brazos robóticos están integrados al circuito de control de *Profinet* y *Profibus*, *estos son gobernados por un control central que recibe señales si el transporte se encuentra saturado* El área de recepción de latas ocupa un brazo robótico tipo elevador para integrar las latas que le llegan al transporte, la otra área que emplea 2 brazos robóticos es el área de paletizado para apilar los paquetes.

Estos brazos robóticos poseen la tecnología más reciente respecto a la tecnología industrial y es que pueden ser controlados a distancia, con su respectiva seguridad, mediante el IoT. Esto facilita la manera de solucionar problemas de calibración o cambios en la misma sin poner en peligro a los operarios de la línea.

3. DISEÑO

3.1. Proceso de llenado y fases de la línea de llenado

El proceso de llenado de la línea de producción consta de 5 fases principales que son las siguientes:

- Despaletizado

Este es la primera etapa del proceso de la línea de producción que consiste en agrupar todas las latas vacías que provienen del proveedor para ser trasladadas por el transporte de latas, durante este trayecto existen subestaciones de control de calidad de la lata que verifica que la lata se encuentre en perfectas condiciones para pasar a la siguiente fase de la línea de producción.

Esta, como todas las demás etapas consta de sus propios paneles eléctricos, dichos paneles son los encargados de monitorear y controlar los motores eléctricos, sensores de proximidad, sensores de altura, entre otros. Esta etapa posee comunicación con todas las demás etapas para monitorear el proceso en general, mediante protocolos de comunicación industrial, los buses de campo que se utilizan son *Profibus* y *Profinet* que posteriormente se detallaran. Si existe alguna interrupción en estos protocolos por seguridad todo el proceso se detiene hasta que se arregle la falla que lo provoca.

- Llenado

La etapa de llenado es la etapa más compleja de la línea de producción ya que posee varios mecanismos de seguridad para evitar que la cerveza Este es la primera etapa del proceso de la línea de producción que consiste en agrupar todas las latas vacías que provienen del proveedor para ser trasladadas por el transporte de latas, durante este trayecto existen subestaciones de control de calidad de la lata que verifica que la lata se encuentre en perfectas condiciones para pasar a la siguiente fase de la línea de producción. Esta como toda la demás etapa consta de sus propios paneles eléctricos, dichos paneles son los encargados de monitorear y controlar los motores eléctricos, sensores de proximidad, sensores de altura, entre otros. Esta etapa posee comunicación con todas las demás etapas para monitorear el proceso en general, mediante protocolos de comunicación industrial, los buses de campo que se utilizan son *Profibus* y *Profinet* que posteriormente se detallaran. Si existe alguna interrupción en estos protocolos por seguridad todo el proceso se detiene hasta que se arregle la falla que lo provoca.

- Pasteurizado

El proceso de pasteurizado consiste en que una vez la lata este llena se calienta a cierta temperatura para eliminar microorganismos que puedan alterar el sabor o calidad del producto, en una línea de producción es una máquina de gran envergadura en la que caben gran cantidad de latas que son pasteurizadas para posteriormente irse por el transporte, en este transporte las latas se secan y se les añade la fecha de caducidad de la misma. Este proceso de pasteurizado posee, al igual que las demás etapas, comunicación con las etapas anteriores y posteriores para funcionar correctamente, todo esto realizándose mediante bus de comunicación *Profinet* y *Profibus*.

- Prepaletizado

El prepaletizado es el proceso posterior a la pasteurización, las latas ya secas y con fecha de caducidad son agrupadas para formar paquetes de cerveza de 24 latas, este proceso es realizado mediante sensores, motores de precisión (servo motores), sensores de proximidad, entre otras operaciones mecánicas. Al inicio de esta máquina las latas son agrupadas en 4 grupos de 6 latas, dependiendo de la presentación, posteriormente se les asigna un plástico especial termo reducible, posterior a este proceso los paquetes de cerveza son enviadas a la última etapa que es paletizado.

- Paletizado

El Paletizado consiste en agrupar los paquetes de latas de cerveza en secciones para ser almacenadas a su destino, esta etapa del proceso consiste en varias máquinas, como envolvedoras, elevadores, brazos robóticos, entre otras. Para esta etapa la sincronización es muy importante ya que el volumen que se maneja puede ocasionar lesiones a la maquinaria o a los operadores, existen gran cantidad de sensores de proximidad, infrarrojos y paneles eléctricos.

3.1.1. Diseño de diagramas de control y funcionamiento de equipos

Para el proceso de elaboración de un diagrama de control se deben de conocer varios factores, el tipo de alimentación eléctrica presente en el área, el tipo de conexión de control que llevara la máquina, protocolo de comunicación, entre otras. Un diagrama de control industrial debe de poseer como mínimo las siguientes indicaciones; entradas de circuito de control, elementos de mando

local, especificaciones y codificación de cableado, código de colores, numero de proyecto, equipo al que pertenece el diagrama, datos técnicos.

El funcionamiento de los equipos se controla mediante dispositivos de potencia y de control, los PLC's son los encargados de controlar el funcionamiento de toda la línea de producción, mediante las señales que reciben de sensores y de otros controladores. Los diagramas de control sirven para que los controladores estén conectados con los sensores y maquinas necesarias y evitar que los cableados sean conectados a equipos incorrectos dentro de la línea de producción.

3.1.2. Normas internacionales de equipos en línea de llenado

Dentro de la línea de llenado existen diferentes dispositivos como interruptores, PLC's, variadores de frecuencia, que deben de cumplir con normas que cumplan especificaciones internacionales para que la línea de producción este certificada y con garantía, al estar los dispositivos que componen a la línea de producción certificados o normados indica que estos han sido construidos para una función específica y cumplen con normas de inocuidad y sanidad, lo que crea confianza en los clientes ya que el proceso de elaboración. Las normas presentes en la línea de producción son:

- IEC 60757

Esta norma es la que se utiliza en los diagramas de control para la designación de colores de los cableados, indica de qué color deben de quedar las distintas fases de una conexión de eléctrica.

- IEC 61439-1

Esta norma es la que contiene las especificaciones y condiciones de servicio de los interruptores de baja tensión, características técnicas y de construcción de los mismos.

- IEC 60204-1

Esta norma es referente a la seguridad de las personas que interactúan con máquinas industriales, referente a los peligros eléctricos, así como algún defecto de los dispositivos eléctricos.

3.2. Canalización, cableado de control y potencia

Son una parte fundamental de cualquier instalación eléctrica. Las canalizaciones eléctricas son esencialmente tubos de distintos materiales y características cuyo objetivo principal es proteger los conductores de cualquier daño, ya sea mecánico o derivado de la acción de otros agentes del medio, como la corrosión.

3.2.1. Normas internacionales para canalización y cableado eléctrico

Para la canalización de igual manera existen normas de cómo se deben de ordenar los cableados de potencia y de control. Esta normativa se encuentra en el NEC (*National Electrical Code*) específicamente en el artículo 392 referente a canalización, el NEC es la norma de Estados Unidos para todo lo referente a cableado y alumbrado eléctrico, dentro del artículo 392 existe una especificación de la distancia necesaria para cableado eléctrico. En esta se especifica que la

distancia entre cables conductores debe de ser de por lo menos 2,15 veces el diámetro del cable, para cable monoconductor. Para cableado multiconductor eléctrico la separación entre cables debe de ser no menor al diámetro del cable multiconductor. Estas normas son para evitar el calentamiento de los cables en la canalización eléctrica y evitar la inducción electromagnética.

Los cableados de control son más susceptibles a interferencia causada por la inducción de los cables de potencia, por esta razón los cables de potencia van separados de los de control, ya que los sensores funcionan con señales analógicas de 4-20 ma, una inducción electromagnética podría causar mala interpretación en el controlador y causar daños a la maquinaria o alguna persona, por esta razón es muy importante la separación de los cableados.

3.3. Protección de sistemas eléctricos y electrónicos

En la instalación de los equipos eléctricos y electrónicos es importante la protección de estos equipos, ya que son muy susceptibles a cambios de corriente y picos de voltaje. Existen en el mercado distintos tipos de protecciones para mitigar estos efectos eléctricos, en la línea de producción existen los siguientes:

- UPS

Un *UPS (Uninterruptable power Supply)* es un dispositivo que suministra energía eléctrica mediante baterías incorporadas, al momento de existir una falla en el suministro eléctrico, este dispositivo suministra la energía necesaria para evitar que se apaguen los equipos por un periodo de tiempo, dependiendo de la carga eléctrica que se le conecte el tiempo de suministro eléctrico puede variar. Otras de las especificaciones de un *UPS* es que puede regular el voltaje de salida hacia los dispositivos.

En la línea de producción existe un *UPS* central que sirve para evitar que a los dispositivos de control como lo son los *PLC*'s, variadores de frecuencia, dispositivos de red e instrumentos de medición pierdan la energía de alimentación, esto con el objetivo de que no pierdan su configuración al perder la conexión principal de energía eléctrica.

- Fusibles

Un fusible es un dispositivo que se utiliza principalmente para mitigar sobre corrientes hacia los dispositivos electrónicos, actúa como un intermediario entre el cable de alimentación y la conexión al equipo. Estos están fabricados de diferentes materiales dependiendo del tiempo de acción y de la potencia que debe de soportar, existen de cerámica, vidrio, fibra de carbón, entre otros.

- Tierra Física

Una parte muy importante para eliminar cualquier factor de riesgo es la tierra física del área, una buena tierra física la constituye un buen estudio del tipo de suelo del área, la potencia a disipar de la tierra física, entre otros factores. La tierra física son un conjunto de varillas de cobre enterradas en un área específica distribuidas en un orden específico a manera de disipar la energía residual de los sistemas eléctricos/electrónicos.

3.4. Mantenimiento y operación de la línea de llenado

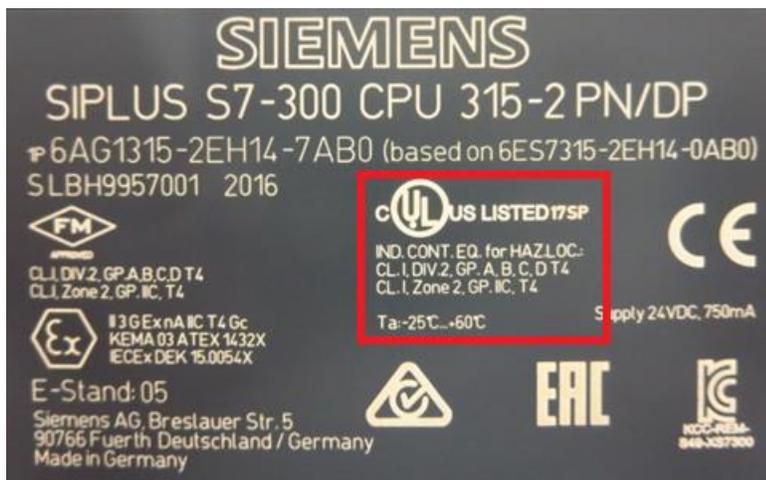
Como todo equipo industrial los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos requieren un mantenimiento preventivo para evitar fallos durante la operación, así como los motores eléctricos requieren mantenimiento mecánico, los *PLC* de igual manera, deben de estar en las condiciones óptimas para trabajar

sin ningún problema, en general todo equipo electrónico y eléctrico debe de operar bajo las siguientes normas en general:

- Temperatura de operación

La temperatura juega un papel crucial en el funcionamiento de equipos electrónicos, cada dispositivo dentro de la línea de producción posee un indicador de los rangos de temperatura en los que pueden trabajar los equipos, exceder estos límites puede dañar la electrónica en el largo y corto plazo, además de perder garantía por el fabricante.

Figura 3. **Ejemplo temperatura de operación**



Fuente: Siemens. *¿Por qué es posible que el rango de temperatura especificado en la placa de características del dispositivo en los módulos SIPLUS difiera de las temperaturas especificadas en la hoja de datos?* <https://support.industry.siemens.com/cs/document/65358096/>.

Consulta: 2 de septiembre de 2021.

- Instalación de equipos de instrumentación

Los equipos de instrumentación requieren una instalación correcta para que los valores medidos sean reales y no exista una medición errónea, por ejemplo los medidores de flujo requieren cierto diámetro de tubería recta para que el flujo medido sea laminar y no turbulento, los sensores de nivel requieren que el líquido a medir no posea espuma y la temperatura del proceso sea a la temperatura especificada por el fabricante, en general es mejor que el fabricante sea quien instala los equipos en la línea de producción.

- Calibración de equipos

Todo equipo de medición posee partes mecánicas que sufren desgaste a lo largo de su vida útil y es necesario darles mantenimiento como calibrarlos cada periodo de tiempo, una calibración constituye comparar el equipo en cuestión contra un equipo patrón que este certificado para calibrar y si existe alguna desviación respecto al equipo patrón este se pueda ajustar y quedar dentro de los parámetros de medición.

Esto permite saber con certeza que lo que se está midiendo el equipo es verdadero y así poder estimar costos de producción y venta.

- Operación

Para la operación de la línea de producción una vez terminadas las pruebas de funcionamiento, es necesario explicar a los operadores de la línea el funcionamiento de cada uno de los equipos, cada maquina posee características especiales y requieren conocimientos de los dispositivos de control e instrumentación que poseen cada uno, si no existe un manual de operación de

las maquinas por una mala operación de los mismos, se pueden dañar los instrumentos.

3.5. Calidad de energía

Dentro de todo sistema eléctrico es necesario conocer la eficiencia con la que se emplea la energía eléctrica en las máquinas de producción, ya que todo sistema eléctrico posee perdidas, por calor, por armónicos eléctricos, por desgastes mecánicos, entre otras.

Para estudiar lo que son los armónicos de voltaje es necesario saber las causas que los provocan, calentamiento de cables de transmisión, capacitores e inductores de equipos, entre otras causas. De este fenómeno físico nace el factor de potencia que es la relación entre la potencia consumida y la potencia desperdiciada por los equipos. Para no profundizar en este tema la relación del cociente entre la potencia consumida y la potencia desperdiciada debe ser lo más cercano a 1 ya que esta relación nos indica la eficiencia del sistema.

Un sistema con bajo factor de potencia indica que se está desperdiciando energía, esto es multado por la empresa distribuidora dependiendo lo bajo que este el factor, así que las empresas buscan la manera de mantener el factor de potencia lo más cercano a 1. Existen varios métodos para corregir el factor de potencia, pero para propósitos de este proyecto se estudiará el banco de capacitores. Un banco de capacitores es un conjunto de capacitores de distintas capacidades utilizados para inyectar al sistema eléctrico carga capacitiva y evitar el desfase de corriente y voltaje causado por la carga inductiva de distintos equipos. De esta necesidad para saber cómo se encuentra el factor de potencia de la línea de producción existen los estudios de calidad de energía, estos permiten analizar el sistema y determinar los desfases entre voltaje y corriente,

armónicos, las cargas inductivas y capacitivas, el consumo total, entre otras. Con el estudio de calidad de energía permite saber cuánta capacidad

4. ANÁLISIS FINANCIERO DE LA LÍNEA DE LLENADO

4.1. Análisis de producción y venta bruta

El siguiente análisis financiero de la línea de producción representa un estimado del retorno de inversión, debido a confidencialidad de la misma los datos exactos del costo no pudieron obtenerse. A continuación, se detalla un estimado sencillo sin tomar en cuenta muchos factores ajenos a la línea de producción, tales como costos de lata, materia prima, personal operativo, entre otras. Únicamente se tomará en cuenta costo estimado de línea de producción vs elaboración de lata por hora.

Esta línea de producción es de 102 000 latas por hora, suponiendo una venta bruta de Q 3,50 de quetzal por lata elaborada, en 1 hora se tendrían Q 357,000.00, suponiendo una tasa de trabajo de 8hrs al día durante 1 semana de lunes a domingo se tendrían, Q 19 992 000,00. Al mes se tendría un total de Q 79 968 000,00. Es decir que en un año estimada mente se tendrían Q 959 616 000,00. Esto sería el análisis en bruto de la línea de producción.

Para realizar la instalación de esta nueva línea de producción se requirió un estudio previo para preparar el área donde se iba a instalar dicha línea, todos estos costos no se toman en cuenta para el retorno de inversión de dicha línea de producción.

5. IMPLEMENTACIÓN

5.1. Inicio de labores y plan de trabajo

El inicio de esta línea de producción se realizó en febrero de 2020, en el cual la logística de personal fue esencial para evitar retrasos en el proyecto, el plan de trabajo consistió en 4 parejas de electricistas más 1 supervisor de proyecto.

Cada pareja estaba encargada del montaje de canalización y cableado de las distintas maquinas durante un periodo establecido, en la línea de producción se inicia por la des empacadora de lata, para esta máquina se estableció un periodo de trabajo de 8 semanas, posterior a esta máquina se encuentra el transporte de lata que consiste en llevar la lata vacía desde la des empacadora a las máquinas de rechazo, para este transporte se estableció un periodo de trabajo de 10 semanas.

5.2. Pruebas a cableados según normas internacionales

Para la entrega de la línea de llenado era necesario realizar pruebas a los cableados, para verificar su correcta instalación y evitar accidentes en planta, las pruebas que se realizaron son:

- Prueba de *Megger*: esta prueba se realiza en los cableados de potencia, consiste en inyectar un alto voltaje (600 V) en los cableados de las fases, para verificar el aislamiento entre ellas, para pasar esta prueba el aislamiento debía de estar sobre 1 M ohm, ya que si existe un valor debajo

de este valor significaba que existía riesgo de corto circuito en ese cable y debía de reemplazarse.

- Prueba *Profibus*: la prueba de comunicación Profibus debía de realizarse para saber si la instalación física del cable estaba correcta, esta consistía de un tester del fabricante “Siemens”, se colocaba en los extremos del anillo de comunicación y se verificaba la resistividad de estos cables.
- Prueba *Profinet*: esta prueba consistía en utilizar un dispositivo de marca *fluke* que verificaba físicamente que los cables de la instalación, ya que *profibus* consta de 4 hilos (naranja, blanco, azul, verde) únicamente verificaba que físicamente los hilos no estuviesen en mal estado.
- Prueba RCD: algunos de los paneles poseen conexiones externas para su configuración y poseen tomacorrientes, a estos debe de hacerse una prueba de corriente residual para evitar descargas eléctricas a los dispositivos internos de los paneles, la prueba a estos paneles consta del tiempo de reacción del dispositivo tipo *breaker*.

Figura 4. Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 1



Fuente: elaboración propia, Empresa Cervecería Centroamericana Zona 2, Guatemala, Salón 5B.

Figura 5. Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 2



Fuente: elaboración propia, Empresa Cervecería Centroamericana Zona 2, Guatemala, Salón 5B.

Figura 6. **Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 3**



Fuente: elaboración propia, Empresa Cervecería Centroamericana Zona 2, Guatemala, Salón 5B.

Figura 7. **Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 4**



Fuente: elaboración propia, Empresa Cervecería Centroamericana Zona 2, Guatemala, Salón 5B.

Figura 8. **Fotografías en implementación de la línea de llenado y pruebas a cableados, 5**



Fuente: elaboración propia, Empresa Cervecería Centroamericana Zona 2, Guatemala, Salón 5B.

6. COMPARATIVA

Tabla I. **Comparativa de labores**

Inicio de labores	Final de labores
Al inicio de labores de este proyecto se encontraba la obra gris donde se estaría implementando la instalación de la línea de producción.	Una vez finalizada la obra en el salón 5B de Cervecería Centroamericana Zona 2, quedo instalada una de las líneas nuevas para llenado de cerveza.
La maquinaria y piezas de la línea de llenado llegaron en embalajes de madera, los cuales había que consultar con la guía.	Parte por parte cada pieza de la maquinaria se fue ensamblando, en lo que respecta a la comunicación industrial en cada maquina existe un maestro <i>profibus</i> que se comunica con las demás partes de la línea para evitar que hallan accidentes y todo funcione correctamente.
Para que cada máquina de llenado quede aprobada para su funcionamiento debe deben de realizarse una serie de pruebas mecánicas y eléctricas.	Al final de la instalación se realizaron pruebas de comunicación, pruebas de aislamiento de los cableados y pruebas de tierra física.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

CONCLUSIONES

1. Para poder desarrollar proyectos de este tipo es necesario poseer experiencia y conocimientos para entender diagramas de conexión, redes industriales, electricidad y electrónica, este proyecto en lo personal me ayudo a comprender de mejor manera como es que funcionan los procesos industriales y protocolos de comunicación industrial.
2. Diseñar el proceso de cableado de potencia y de control, así como el análisis de las redes de comunicación para la línea de llenado requiere un conocimiento de instrumentación, análisis de redes, electrónica de potencia y control, entre otras.
3. Implementar la línea es el proceso posterior al diseño y para que esto ocurra los protocolos de comunicación y pruebas deben de haber sido exitosas, este proceso es el más complejo ya que si existe alguna mala comunicación o algún cable está mal conectado hay que buscar la falla, lo cual lleva mucho tiempo, esto retrasa la fecha establecida para la entrega de la línea y puede llevar alguna penalización.
4. Con el desarrollo de este proyecto se aprendió mucho de las distintas herramientas para desarrollar programas en PLC's, protocolos de comunicación y distintas empresas que se dedican a la automatización de proyectos, así como empresas locales que venden este tipo de electrónica.

RECOMENDACIONES

1. Sugerir a alguien que quiera realizar este tipo de proyectos es necesario investigar de los temas anteriormente mencionados y tener una mente abierta a nuevos conocimientos, en lo personal los técnicos del área conocen mucho de estos temas y gracias a ellos y su apoyo logre superar retos que se me presentaron en el proyecto.
2. Investigar sobre temas que se desconocen, preguntar a los encargados y tener un plan de trabajo es elemental para cumplir con los tiempos establecidos y no causar demoras en la ejecución del proyecto. Tener un equipo de trabajo eficiente y comprometido con el proyecto, tener los materiales necesarios y conocer de manejo de personal son áreas donde se aprendió mucho.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aula21. *Centro de información técnica para la industria*. [en línea]. <<https://www.cursosaula21.com/que-es-profibus/#:~:text=Una%20comunicaci%C3%B3n%20transparente%20a%20trav%C3%A9s,la%20tecnolog%C3%ADa%20IEC%2061158%2D2>>. [Consulta: 25 de mayo de 2019].
2. Instituto Nacional de Ciberseguridad, Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. *Características y seguridad en PROFINET*. [en línea]. <<https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>>. [Consulta: 2 de septiembre de 2021].
3. _____. *Los ciber desafíos de la seguridad en la robótica industrial*. [en línea]. <<https://www.incibe-cert.es/blog/los-ciberdesafios-seguridad-robotica-industrial>>. [Consulta: 2 de septiembre de 2021].
4. Microcyber. *Conector de bus con y sin puerto de programación*. [en línea]. <<http://es.microcyber-fieldbus.com/product/bus-connector-without-programming-port>>. [Consulta: 2 de septiembre de 2021].
5. Optieng. *Redes de comunicaciones industriales*. [en línea]. <<http://optieng.com/comunicacoes-industriaais.php?lang=es>>. [Consulta: 2 de septiembre de 2021].

6. Prezi. *Líneas de producción*. [en línea].
<<https://prezi.com/3bwqum32bdli/lineas-de-produccion/?frame=2f3d368c5dfada90b2f27d933a8942e11d12dc0e>>. [Consulta: 25 de mayo de 2019].