



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

INTEGRATEC

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21711275

JOSÉ DAVID SALGUERO PAZ

ASESOR: REYNA ELIZABETH VALLE ORDOÑEZ

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; JULIO ,2022

RESUMEN EJECUTIVO

En un mundo tan competitivo, constantemente aumenta la demanda de producción que requieren sistemas más eficientes que mejoren sus tiempos de elaboración, estos sistemas son los automáticos los cuales utilizan dispositivos de control y monitoreo, donde el usuario ingresa parámetros de entrada y el sistema se encarga de realizar las operaciones interactuando con diversos equipos que trabajan conjuntamente. Muchos de estos procesos de control se vuelven muy complejos y es por eso por lo que se necesita de empresas calificadas para el diseño e implementación de este tipo de proyectos que traen un beneficio considerable a la industria.

Este documento describe detalladamente la práctica profesional realizada en la empresa de automatización y control industrial INTEGRATEC. La práctica tuvo una duración de 10 semanas en las cuales se participó en distintas actividades de varios proyectos de automatización industrial como el diseño y configuración de pantallas HMI, diseño de planos eléctricos de los sistemas de control de bombas de 55KW , sistema de monitoreo y control de bunker, también se colaboró en el respaldo de todas las máquinas de control de cervecería hondureña, se participó en actividades de mantenimiento a servomotores donde se realizaron ajustes a sus fases, se apoyó en la elaboración de tableros de control y potencia, se realizaron visitas técnicas a distintas empresas para dar soluciones puntuales a diversos problemas relacionados al control de máquinas industriales. Los programas que más se utilizaron durante la práctica profesional fueron los softwares de Tia Portal de Siemens para la programación de procesos, diseño y configuración de pantallas HMI, EPLAN Electric P8 para el diseño de planos eléctricos, STEP7 de Siemens para la programación de PLCs.

Palabras claves: Automatización, Diseño, PLC, Tableros eléctricos

ÍNDICE DE CONTENIDO

Glosario	4
I. Introducción	6
II. Generalidades de la empresa.....	7
2.1 Descripción de la Empresa	7
2.2 Descripción del Departamento o Unidad.....	8
2.3 Objetivos de Puesto	9
2.3.1 Objetivo General	9
2.3.2 Objetivos Específicos.....	9
III. Marco Teórico	10
3.1 Automatización Industrial	10
3.2 Elementos involucrados en la automatización industrial	12
3.2.1 Sensores y Actuadores	12
3.2.2 Controlador Lógico Programable	13
3.2.3 Paneles Eléctricos.....	14
3.2.4 HMI.....	14
3.2.5 Tipos de control.....	15
3.3 Mantenimiento	16
IV. Desarrollo.....	18
4.1 Semana 1: abril 27-3 mayo.....	18
4.1.1 Objetivos	18
4.1.2 Descripción de las actividades.....	18
4.2 Semana 2: mayo 4-10.....	20
4.2.1 Objetivos	20
4.2.2 Descripción de las actividades.....	20
4.3 Semana 3: mayo 11-17.....	22
4.3.1 Objetivos	22
4.3.2 Descripción de las actividades.....	22
4.4 Semana 4: mayo 18-24.....	24
4.4.1 Objetivos	24
4.4.2 Descripción de las actividades.....	24
4.5 Semana 5: mayo 25-31.....	26
4.5.1 Objetivos	26

4.5.2 Descripción de las actividades.....	26
4.6 Semana 6: junio 1-7.....	27
4.6.1 Objetivos	27
4.6.2 Descripción de las actividades.....	28
4.7 Semana 7: Junio 8-14	29
4.7.1 Objetivos	29
4.7.2 Descripción de las actividades.....	29
4.8 Semana 8: junio 15-21.....	30
4.8.1 Objetivos	30
4.8.2 Descripción de las actividades.....	30
4.9 Semana 9: junio 22-28.....	31
4.9.1 Objetivos	31
4.9.2 Descripción de las actividades.....	31
4.10 Semana 10: junio 29- 5 Julio.....	33
4.10.1 Objetivos	33
4.10.2 Descripción de las actividades.....	33
4.11 Cronograma de Actividades	34
V. Conclusiones	35
VI. Recomendaciones	36
6.1 Recomendaciones a la universidad	36
6.2 Recomendaciones a la empresa.....	36
Bibliografía	37

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Logo de la empresa INTEGRATEC	7
Ilustración 2. Organigrama	8
Ilustración 3. Aplicaciones control de procesos industriales	11
Ilustración 4. Pirámide jerárquica de la automatización	11
Ilustración 5. Componentes de un automatismo	14
Ilustración 6. Tablero de control de potencia	14
Ilustración 7. Interfaz Hombre Maquina	15
Ilustración 8. Respaldo de imágenes software Acronis	18
Ilustración 9. Máquina-Pantalla de sopladora	19
Ilustración 10. Servomotor FINOTEC	20
Ilustración 11. Lavadora de botella KHS	21
Ilustración 12. Panel antiguo lavadora KHS	21
Ilustración 13. Diseño nuevo pantalla lavadora KHS	22
Ilustración 14. Pantalla antigua empacadora #2	23
Ilustración 15. Cambio de PLC	23
Ilustración 16. HMI comunicando por PROFIBUS	24
Ilustración 17. Tablero de fuerza y control de bombas RN3	25
Ilustración 18. Actualización de programa	26
Ilustración 19. Sensor fotoeléctrico	27
Ilustración 20. Diagramas de conexiones eléctricas EP8	28
Ilustración 21. Diagrama P&ID planta cervecería	28
Ilustración 22. Pantalla de CIP	29
Ilustración 23. Mantenimiento a servomotores	30
Ilustración 24. Variables proceso tratamiento de agua	32
Ilustración 25. Ruta de tubería para cable	32
Ilustración 26. Bloques de programación	33
Ilustración 27. Cronograma de actividades	34

LISTA DE SIGLAS

PLC	Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable, en español).
HMI	Human Machine Interface (Interfaz humano máquina, en español).
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Sistema de supervisión, control y adquisición de datos, en español).
DCS	Distributed Control System (Sistema de control distribuido, en español).
CIP	Clean In Process (Limpieza en proceso, en español)
E/S	Entradas y Salidas

GLOSARIO

Automatización: convertir ciertos movimientos en movimientos automáticos o indeliberados.

Controlador lógico programable: es el encargado de accionar a otros componentes de maquinaria para que realicen acciones que pudieran ser peligrosas para los seres humanos o muy lentas si se hace manualmente.

Mantenimiento: conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

Manufactura: consiste en el proceso de fabricación de un producto que se realiza con ayuda de máquinas o manos.

Optimización: hace referencia a la acción de realizar una actividad de la manera más eficiente posible, utilizando la menor cantidad de recursos y en el menor tiempo posible.

Sensores: dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.

Servomotor: sistema electromecánico que amplifica la potencia reguladora.

Encoder: es un transductor rotativo, que mediante una señal eléctrica sirve para indicar la posición angular de un eje, velocidad y aceleración del rotor de un motor.

Comisionamiento: es la etapa final en la ejecución del proyecto, y el primer paso para establecer el equipo operativo para alcanzar el éxito.

Profibus: es un estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva de las palabras Process Field BUS.

Topología de red: se define como un mapa físico o lógico de una red para intercambiar datos.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la automatización de los procesos industriales forma parte de uno de los principales objetivos de las empresas con el propósito de buscar siempre la competitividad que cataloga al entorno industrial, siendo este tan cambiante y agresivo. Las empresas apuestan por automatizar sus procesos con la finalidad de procurar reducir costes de fabricación, una calidad constante en la producción, librar al ser humano de tareas peligrosas e insalubres para su integridad.

Estos son procesos que incluyen dispositivos tecnológicos de control y monitoreo utilizados en la implementación de los automatismos, este supone una herramienta imprescindible al momento de fabricar una cantidad de productos en un corto tiempo, siendo su función principal la creación de máquinas y sistemas tecnológicos que tengan la capacidad de realizar tareas repetitivas y mecánicas que puedan sustituir por completo la intervención de un ser humano para así poder aumentar la producción. Las principales áreas de integración de la automatización son en las industrias de alimentos, farmacéuticas, automoción, metalúrgicas y químicas.

Las actividades se llevaran a cabo de acuerdo a los proyectos que sean solicitados por otras empresas que requieran de los servicios que INTEGRATEC presta, entre algunos de los proyectos solicitados son mantenimiento a equipos industriales, diseño y armado de tableros eléctricos, faseo y mantenimiento de servomotores, migración de PLCs, respaldo de información de pantallas HMI, programación de PLCs, diseño y comisionamiento de equipos mediante redes industriales de comunicación, en los cuales se estará participando en el periodo que dura la práctica profesional.

En el presente informe se detallarán cada una de las actividades relacionadas durante las semanas en la empresa INTEGRATEC, describiendo cada una de ellas mediante una bitácora de las actividades realizadas durante las 10 semanas, ya que esta es una práctica de carácter cronológico.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En el presente capítulo se describe generalmente la empresa donde se realiza la práctica profesional, se definirá el puesto y departamento asignado, así como los objetivos de este para brindar una mejor comprensión del rol que desempeña.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

INTEGRATEC es una empresa dedicada a la administración e integración de proyectos de tecnología relacionados con la automatización. Su propósito es el de brindar a sus clientes soluciones prácticas y confiables, por medio del desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para análisis, diseño y optimización de sistemas automatizados.



Ilustración 1. Logo de la empresa INTEGRATEC

Fuente: *(La Empresa | Integratec, 2014)*

La empresa se encarga de brindar consultoría y asesoría técnica en temas relacionados con el rubro de automatización de procesos, capacitación y entrenamiento para empresas y desarrollo de proyectos de automatización industrial. Las principales áreas de planeación y ejecución de proyectos están basadas en la ingeniería de embotellado, donde han realizado montajes e instalación de líneas y equipos de embotellado para carbonatados, cerveza, agua y jugos, también han realizado implementación de sistemas centralizados de control para aire comprimido, vapor, amoníaco y CO₂. En el área de transporte han realizado centros de control de motores. distribución, selección e identificación de productos en sistemas de transporte continuos. Por último, en el área textil se han ejecutado proyectos de automatización de equipos de secado de tela, servoposicionadores y redes industriales de campo.

INTEGRATEC ha desarrollado múltiples proyectos en toda la región de Centroamérica, el Caribe y Sudamérica, logrando afianzarse en el mercado local e

internacional brindando soluciones tecnológicas para las necesidades más exigentes de la industria de procesos utilizando tecnología de fabricantes reconocidos como ser Siemens, ABB, Allen Bradley, Endress+Hauser, Festo, B&R, entre otros.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

El departamento de servicio técnico en INTEGRATEC es el encargado de coordinar todos los proyectos de automatización industrial, donde se planifica todas las especificaciones necesarias para la ejecución de un proyecto, como ser la selección de equipos, cantidades, configuración y puesta en marcha.

Normalmente, el personal de servicio técnico suele estar constantemente presente en plantas industriales, ya sea brindando soporte en mantenimiento, diagnósticos o realizando la puesta en marcha de algún proyecto.

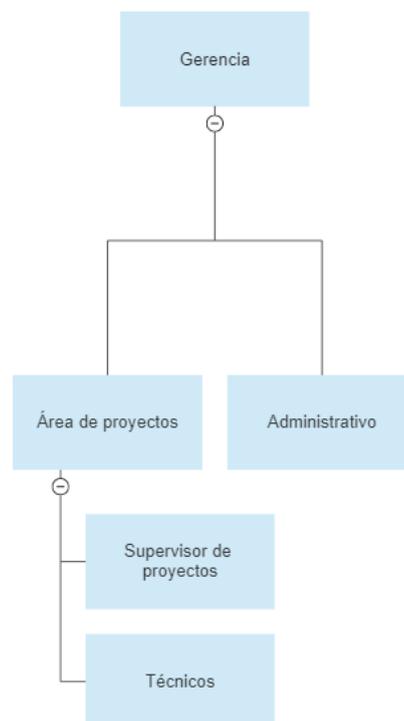


Ilustración 2.Organigrama

Fuente: Elaboración propia.

2.3 OBJETIVOS DE PUESTO

A continuación, se muestra los objetivos del departamento asignado, el departamento de servicio técnico de proyectos de automatización de procesos industriales.

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Colaborar en proyectos que generen soluciones de manera eficiente a problemas que se presentan en la industria mediante la aplicación de diferentes métodos y equipos para su automatización u optimización.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apoyar en el desarrollo de proyectos de automatización, abarcando desde la elaboración de diagramas eléctricos hasta el comisionamiento de equipos para empresas clientes de INTEGRATEC.
- Colaborar en el área de soporte técnico en actividades de mantenimiento relacionadas al área de automatización industrial.
- Elaborar diseños de pantallas para proyectos mediante el análisis del funcionamiento del proceso y las exigencias del cliente.

III. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se definirán conceptos que engloban la temática de lo que fue la práctica profesional, donde se dará a conocer temas relacionados con el proyecto.

3.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Es fundamental reconocer que la automatización industrial se diferencia de otras estrategias de automatización, especialmente en las disciplinas de automatización empresarial o de oficinas. La automatización industrial normalmente se ocupa de la automatización de procesos complejos, en costosos programas de infraestructura y con ciclos de vida de diseño en exceso de 30 años. Los sistemas de automatización instalados en las plantas de ensamblaje de automóviles a fines de la década de 1970 todavía estaban siendo utilizados en 2008 (Boyes, 2010).

El concepto de automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de diversas tareas, industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas. Se aplica la automatización tanto a las tareas más sencillas, tales como la regulación de la temperatura de un horno o el mando secuencial de una máquina herramienta, como a las más complejas, tales como la dirección mediante ordenador de una unidad química o la gestión automatizada de un establecimiento bancario (García Moreno, 2020).

La automatización industrial reduce en gran medida la necesidad de sensoriales humanos, mano de obra humana y costo. Con el rápido aumento en las tecnologías de sensores, control y automatización muchos sistemas de control como el controlador lógico programable (PLC), Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) están desempeñando un papel sumamente importante en la automatización de las industrias por la utilización de herramientas de software y hardware (Chattal et al., 2019).

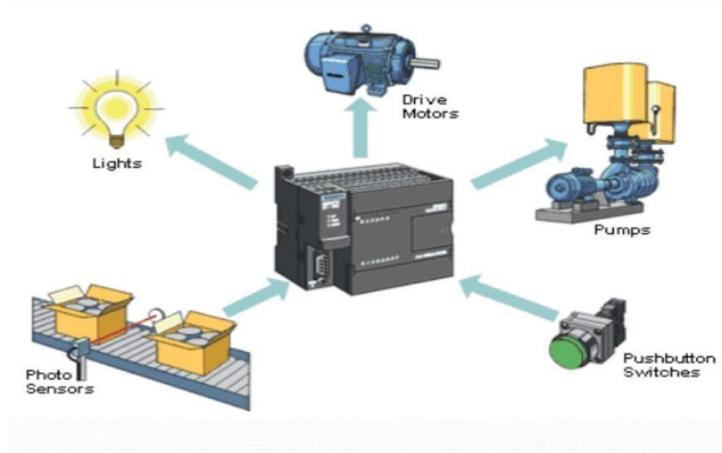


Ilustración 3. Aplicaciones control de procesos industriales

Fuente: (L.Saleh, 2017).

La producción a gran escala involucra tareas repetitivas, donde se debe mantener, además, un conjunto de magnitudes (por ejemplo, la presión, la temperatura, etc.) dentro de márgenes preestablecidos. La aplicación de los dispositivos electromecánicos y electrónicos en el área industrial permitió automatizar las tareas repetitivas, aumentando así los niveles de producción, y controlar las magnitudes físicas en forma más precisa. Automatizar y controlar, las principales funciones que desempeñan los sistemas de control (Daneri, 2009).

Izaguirre Castellanos (2012) menciona la denominada pirámide jerárquica de automatización, que está compuesta por 4 niveles de automatismo jerárquicamente distribuidos. Cada uno se distingue por sus características peculiares en lo que respecta a elementos de hardware y funciones asignadas. Como se muestra en la ilustración 3.



Ilustración 4. Pirámide jerárquica de la automatización

Fuente: (Izaguirre Castellanos, 2012).

A continuación, se detalla cada uno de los niveles representados en la pirámide:

- Nivel de campo: En este nivel se incluye lo que son sensores, transductores, motores, válvulas, actuadores, elementos de control final, instrumentación de campo, módulos de E/S, PLC's destinados al control de máquinas aisladas, dispositivos o procesos simples, lazos de control, robots, control de motores, etc.
- Nivel de máquinas y agregados tecnológicos: Este nivel abarca las máquinas, líneas de producción, líneas de ensamblaje, procesos industriales. Donde su función básica es la automatización centralizada (que incluye control y supervisión).
- Nivel de planta: Abarca toda la planta incluyendo la gestión de la producción.
- Nivel de fábrica: Este nivel abarca toda la Empresa o entidad en su conjunto. Su función básica es la planificación y control de la producción (Izaguirre Castellanos, 2012).

3.2 ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

3.2.1 SENSORES Y ACTUADORES

Los sensores y los actuadores conforman el principal medio de enlace entre el PLC y el proceso a controlar o monitorear. Básicamente los sensores o transductores son dispositivos que transforman una magnitud física de entrada en otra de salida equivalente. Los sensores eléctricos, son aquellos cuya salida es una señal eléctrica de tensión o corriente. Esta salida puede ser digital, en los casos donde funcionan como elementos de detección, o analógica, cuando se trata de una medición de una variable física (Daneri, 2009). Básicamente la decisión sobre cuál es el sensor más adecuado depende del material del objeto el cual debe detectarse. Si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo o si objeto es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético (Escalona Moreno, 2007)

Según (Bolton, 2021) la selección de un sensor para una aplicación en particular requiere la consideración de:

1. La naturaleza de la medición requerida, es decir, la entrada del sensor. Este significa considerar la variable a medir, su valor nominal, el rango de valores, la precisión requerida, la velocidad requerida de medición, la fiabilidad requerida y el entorno condiciones en las que se va a realizar la medición.
2. La naturaleza de la salida requerida del sensor está determinando el procesamiento de señal requerido. La selección de sensores no puede ser tomada aisladamente de una consideración de la forma de salida que es requerido del sistema después del procesamiento de la señal, y por lo tanto a ser un matrimonio adecuado entre el sensor y el procesamiento de señales.

3.2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Cuarenta años después de su introducción, Los PLC siguen siendo la plataforma de implementación más frecuente para sistemas de automatización en muchas industrias. Después de 1992, su éxito aumentó mucho con la introducción del estándar IEC 61131 que reduce el número de idiomas disponibles en la plataforma PLC (Basile et al., 2013).

En su artículo Singh (2021) menciona que un PLC es un sistema de control de computadora digital adaptado para controlar los dispositivos robóticos y otros procesos de fabricación. Involucra un estudio básico sobre microcontroladores, circuitos digitales y habilidades de diseño. Proporciona controladores programables fáciles, flexibles y de alta confiabilidad adecuados para entornos simples y hostiles. Se encarga de monitorear el estado de los dispositivos de entrada, toma decisiones y controla los dispositivos de salida. El PLC varía desde dispositivos pequeños con pocas entradas/salidas hasta dispositivos grandes con miles de entradas/salidas. Por lo tanto, el PLC se trata de:

- Control de dispositivos de salida en base a parámetros preprogramados.
- Registro de datos de tiempo de ejecución para aumentar la productividad de la máquina y los procesos automotrices.
- Programa que está diseñado para controlar las operaciones de la máquina.



Ilustración 5. Componentes de un automatismo

Fuente: (Daneri, 2009)

3.2.3 PANELES ELÉCTRICOS

En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos se consideran la parte principal. En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación. En palabras sencillas, los tableros eléctricos son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente (MENESES*info:eu-repo/dai/mx/cvu/*894879, 2018, p. 13)

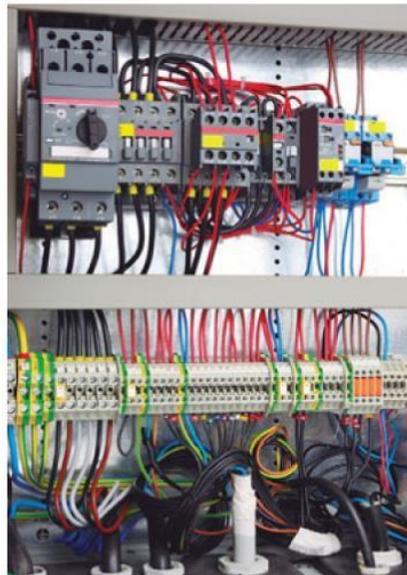


Ilustración 6. Tablero de control de potencia

Fuente: (Jiménez Raya, 2015)

3.2.4 HMI

Una interfaz hombre-máquina (HMI) es una interfaz de usuario o tablero que conecta a una persona con una máquina, sistema o dispositivo. Si bien este término técnicamente

se puede aplicar a cualquier tipo de pantalla que permita a un usuario interactuar con un dispositivo, HMI se usa más comúnmente en el contexto de un proceso industrial (Channi, 2019).

Según Rodríguez (2008) las interfaces formalmente conocidas como Hombre-Máquina, son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLCs y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear temperaturas o presiones para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma.

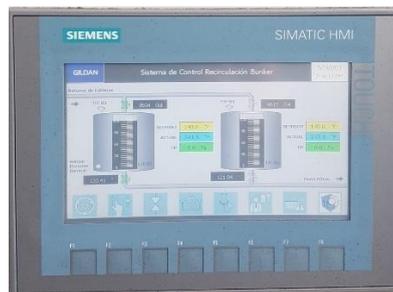


Ilustración 7. Interfaz Hombre Maquina

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5 TIPOS DE CONTROL

En esta sección se describirán los tipos de sistemas de control. Básicamente un sistema de control es aquel en el que las variables de salida se comportan de acuerdo con las ordenes que envían las variables de entrada.

Un sistema de control de lazo abierto (Open loop control system) se caracteriza porque el sistema de control no recibe información de retroalimentación acerca del valor que tiene la variable del producto o proceso que quiere controlar un claro ejemplo sería una lavadora "automática" común, ya que ésta realiza los ciclos de lavado en función a una base de tiempo, sin interesarse por el grado de limpieza de la ropa (Herrero, 2022)

Según Ogata (2010) un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado.

3.3 MANTENIMIENTO

Básicamente el mantenimiento industrial surgió ante la necesidad del ser humano de alargar o preservar la funcionalidad de sus herramientas primarias. Después, evolucionó debido al interés de conservar los dispositivos y equipos utilizados en la fabricación de productos. Durante 1914 las técnicas de mantenimiento fueron orientadas al cuidado físico de la maquinaria. Por lo general el mantenimiento correctivo solo se aplicaba cuando la maquinaria presentaba una falla o se tenía que parar por completo la producción, y fue a partir de ese año, y hasta 1950, que se establecieron algunas labores preventivas para evitar fallas no deseadas (González Ajuech, 2017).

La necesidad del mantenimiento se fundamenta en que cualquier máquina o equipo sufre una serie de degradaciones a lo largo de su vida útil de operación. Si no se evitan o eliminan, el objetivo para el que se crearon no se cumplirá plenamente, tanto el rendimiento como su vida útil se reduce considerablemente. Esto implica la necesidad de personal no sólo para manejarla, también se depende de personal para repararla y conservarla. El hecho de que una planta esté más automatizada se requerirá de menos cantidad de personal para producir unidades, pero esto hace que el número de elementos que pueden dañarse aumentará considerablemente. Entonces para poder tener una tasa de utilización alta se necesita contar un departamento de mantenimiento sólido (Boero, 2020).

En su texto (Jiménez Raya, 2015) menciona que, cuando se habla de mantenimiento habría que empezar desde la recepción de los equipos hasta su instalación y puesta en marcha, teniendo en cuenta siempre las especificaciones técnicas del fabricante de dicho equipo. Dentro de las funciones de mantenimiento se podrían destacar:

- Vigilancia periódica del funcionamiento de equipos e instalaciones.
- Las acciones correctivas, que básicamente corresponden a la reparación de los equipos averiados o con mal funcionamiento.
- Las acciones preventivas, que consisten en intervenciones en los equipos antes de que se produzca la avería.
- Modificaciones o sustitución de equipos, también realizadas por el equipo de mantenimiento. Gestión de útiles y repuestos.

Según Pablo et al. (2022) el mantenimiento predictivo se basa en la medición de varios parámetros clave de un proceso industrial específico que están íntimamente relacionados con el ciclo de vida del componente. Por lo tanto, la vida restante del componente se estima de manera confiable definiendo la historia de la relación entre la magnitud física y la condición de la máquina. Este historial se produce monitoreando y tomando medidas de ciertas magnitudes a intervalos periódicos hasta que el componente se rompe o falla.

Por otro lado, está el mantenimiento correctivo que son una serie de actividades que se requieren efectuar en las propiedades o activos de una empresa cuando dejan de proporcionar el servicio para el cual fueron diseñados. Este se realiza cuando se ha detectado una falla en los equipos como maquinaria, dispositivos, componentes o piezas; en la industria o cualquier otro ámbito (González Ajuech, 2017).

En el texto de Linarez González (2015) expone que el mantenimiento correctivo puede ser planificado o no planificado. Se dice que es planificado cuando se conoce con anticipación qué operaciones hay que realizar en el equipo averiado, por lo que se dispone del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para llevarlo a cabo. no planificado consiste en el mantenimiento de emergencia debido a una avería imprevista o a tener que satisfacer un problema de seguridad, de contaminación o de normativa.

IV. DESARROLLO

4.1 SEMANA 1: ABRIL 27-3 MAYO

4.1.1 OBJETIVOS

1. Realizar respaldos de pantallas de la línea de producción #5 de Cervecería Hondureña.
2. Comprobar por medio de la puesta en marcha la reparación del servomotor de la empresa FINOTEC

4.1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Durante la primera semana se realizaron copias de seguridad de imágenes de las pantallas de cada una de las maquinas que están en la línea de producción número 5 de cervecería hondureña, con el propósito de tener respaldada toda la planta para futuras mejoras de los equipos. Esta línea es la encargada de la producción de agua dasani y jugos del valle. Se utilizo Acronis el cual es un software de copia de seguridad de imagen completa. La ilustración 7 muestra una copia de imagen con el software de Acronis.

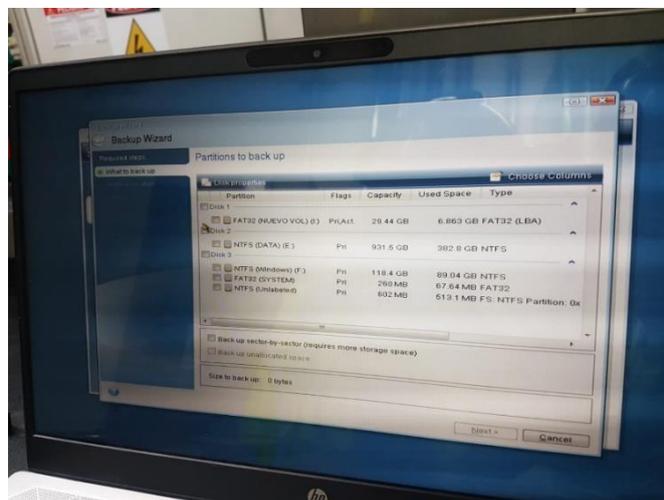


Ilustración 8. Respaldo de imágenes software Acronis

Fuente: **E**laboración propia.

Cada una de las líneas cuenta por lo general con una pantalla para controlar las máquinas de transporte, sopladora, llenadora, carbonatado, etiquetadora y envoladora. Todo esto depende del producto que cada línea elabore. También se realizó el respaldo

del CIP (clean in place) de esa línea, este un método de limpieza automatizada de las superficies interiores de tuberías, tanques, filtros, etc. La ilustración 8 muestra la máquina que controla la sopladora de la línea #5.



Ilustración 9. Máquina-Pantalla de sopladora

Fuente: Elaboración propia.

Semanas atrás llevaron el servomotor a las oficinas de INTEGRATEC para repararlo debido a que presentaba vibraciones anormales, la solución para eso fue realizar una corrección en los ángulos del encoder o lo que se conoce también como faseo, el cual consiste en ajustar las fases del servomotor para así lograr un óptimo funcionamiento. Una vez reparado se llevó a la empresa FINOTEC propietaria del equipo para probarlo y verificar que se había reparado, este es uno de los motores encargados de mover los rodillos de la impresora de stickers, una vez que se montó el motor a la línea de transmisión y se encendió la máquina, se pudo comprobar que el motor ya con su carga normal operaba sin ningún tipo de vibraciones, por lo tanto, se confirmó que se había reparado.



Ilustración 10. Servomotor FINOTEC

Fuente: Elaboración propia.

4.2 SEMANA 2: MAYO 4-10

4.2.1 OBJETIVOS

1. Elaborar diseño de pantalla interactiva HMI para lavadora industrial de botellas.
2. Solucionar problema con el pulsador de paro en maquina cortadora de tela en el parque industrial GILDAN en la planta de MAYAN textiles.

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

En esta segunda semana se realizó el diseño y configuración de una pantalla Siemens TP 1200 para la lavadora industrial KHS Innoclean de botellas de vidrio de la línea de producción #1 de cervecería hondureña. En la ilustración 10 se aprecia la lavadora industrial.



Ilustración 11. Lavadora de botella KHS

Fuente: Elaboración propia.

La solicitud del cliente fue reemplazar el mímico que tenía anteriormente por algo más moderno donde se pudieran visualizar todas las alarmas del proceso en un gráfico visual. En la ilustración 11 se muestra el mímico antiguo.



Ilustración 12. Panel antiguo lavadora KHS

Fuente: Elaboración propia.

Durante toda la semana se trabajó en la creación de la imagen y la configuración de todas las alarmas que están involucradas en el proceso, también se añadió una pestaña en la pantalla para poder visualizar el tiempo real un gráfico de 24hrs que muestre los golpes/min a los que esta seteada la máquina, se añadió también una pestaña para que muestre el historial de mantenimientos. Se trató de hacerla lo más

parecida posible para que los operadores no se sintieran ajenos al proceso. El diseño de la pantalla final se muestra en la siguiente imagen.



Ilustración 13. Diseño nuevo pantalla lavadora KHS

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó visita técnica a la planta de Mayan Textiles en el parque de GILDAN, donde se presentaba el problema con una máquina cortadora de tela, específicamente con el botón de paro que no estaba ejecutando la acción, se revisó el cableado del panel para ver cuál era el problema de porque no enviaba la señal al PLC, una vez se confirmó que el cable se había desconectado del puerto de entrada al PLC, se conectó nuevamente y se verifico con el programa que el puerto donde se estaba conectando en realidad pertenecía al botón de paro.

4.3 SEMANA 3: MAYO 11-17

4.3.1 OBJETIVOS

1. Reemplazar pantalla de empacadora #2 de la línea #1 de producción.
2. Realizar la migración de PLC S5 por PLC S7-300.
3. Instalación de la pantalla de la lavadora KHS Innoclean en cervecería hondureña.

4.3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

En esta semana se realizó el cambio de pantalla de la empacadora #2 de la línea #1, se reemplazó debido a que ya presentaba ciertos daños en sus botones, por lo tanto,

se realizó el cambio con tiempo para evitar un paro en la línea y de igual manera se realizó la migración del PLC que controla la maquina donde se reemplazó el SIMATIC S5 por un S7-300 de la marca siemens. Toda la programación que tenía el CPU del SIMATIC S5 se realizó en el programa STEP7 que es donde se programan el S7-300, la programación estuvo a cargo del jefe de ingeniería debido a que es una maquina compleja. Se brindo cierta colaboración al momento de realizar la elaboración de la programación. La siguiente ilustración muestra la pantalla que se solicitó cambiar.



Ilustración 14. Pantalla antigua empacadora #2

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de “migración” consiste en trasladar todo el software y hardware de un dispositivo discontinuado por los fabricantes a uno más reciente, se deben de conectar los cables a cada una de las E/S de los módulos de la misma forma en como estaban colocados en el PLC anterior para evitar mal funcionamiento. Se realizaron las pruebas en planta para comprobar que la máquina estaba operando correctamente.

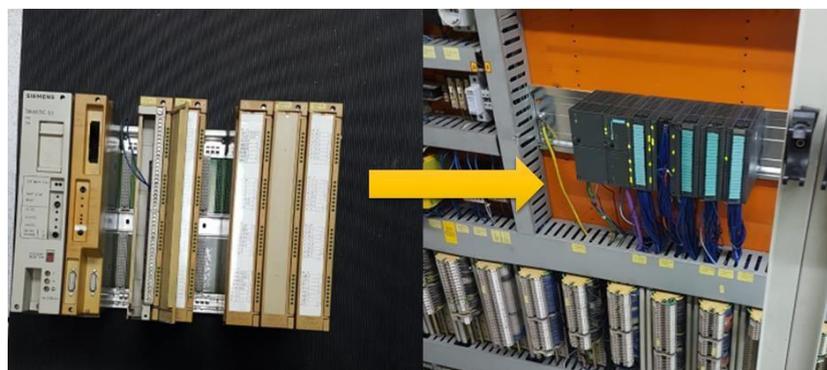


Ilustración 15. Cambio de PLC

Fuente: elaboración propia.

También durante esta semana se llevó a cabo la instalación de la pantalla de la lavadora KHS Innoclean, donde se añadió a la topología de red PROFIBUS de la línea de producción #1. La pantalla se configuró como un esclavo porque solamente se encarga de recibir los datos del maestro que es el PLC de la lavadora.



Ilustración 16. HMI comunicando por PROFIBUS

Fuente: Elaboración propia.

4.4 SEMANA 4: MAYO 18-24

4.4.1 OBJETIVOS

1. Realizar visita técnica al parque industrial GILDAN a las plantas RN3 Y RN4.
2. Actualizar el software de los PLCs de la planta RN3
3. Elaborar diagramas eléctricos en el software EPLAN/ agua fría y caliente RN3

4.4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

A comienzos de esta semana se realizó visita técnica a las plantas RN3 Y RN5 de Gildan, donde se inspeccionaron los gabinetes de fuerza y control del sistema de control de bombas de agua fría y caliente de dichas plantas, con el propósito de tener la idea de cómo estaban armados para la posterior creación de los planos eléctricos y esquemáticos de cada tablero, lo normal es realizar primero los planos antes que el armado de los tableros, pero esta situación fue distinta, ya que las plantas sufrieron daños por inundaciones y tenían que poner en marcha lo más pronto posible. En la ilustración 16 se muestran los tableros de control.



Ilustración 17. Tablero de fuerza y control de bombas RN3

Fuente: Elaboración propia.

Durante la misma semana se realizaron actualizaciones de los PLCs que controlan los sistemas de agua suave, fría, caliente, potable, suavizadores y bunker, con el propósito de realizar algunos cambios visuales de cada una de las pantallas. Este proceso consiste básicamente en cargar un nuevo programa al PLC con cambios, ya sea en la parte visual o en la programación del proceso. La ilustración 17 muestra el cable ethernet que usa conector RJ45 conectado al PLC donde se realiza una conexión punto a punto con la computadora para poder cargar el programa directamente.

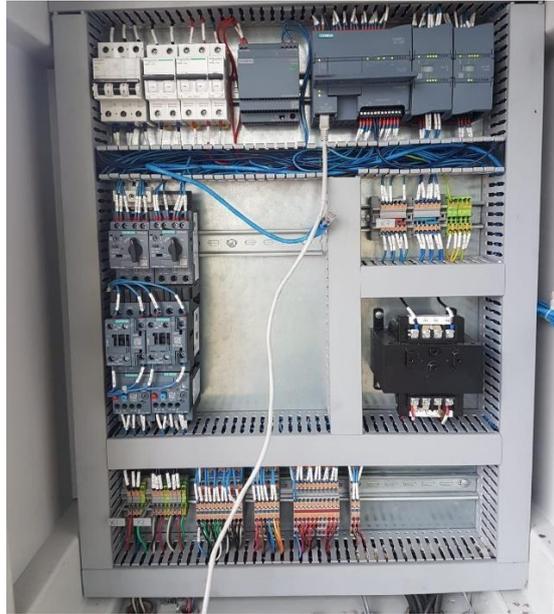


Ilustración 18. Actualización de programa

Fuente: Elaboración propia.

A finales de semana se comenzó con el diseño de los tableros eléctricos en el programa de EPLAN Electric P8 el cual es un sistema de ingeniería planificar y diseñar la ingeniería eléctrica de máquinas y sistemas de plantas. Se inicio con el diseño esquemático del sistema de control de bombas de agua fría y caliente de la planta RN3. Este diseño fue un reto por el hecho de utilizar un software complejo y totalmente desconocido.

4.5 SEMANA 5: MAYO 25-31

4.5.1 OBJETIVOS

1. Continuar con la elaboración de diagramas eléctricos en el software de EPLAN Electric de agua fría y caliente de RN3 y RN4.
2. Visitar empresa de plásticos para solución de problemas con sensor fotoeléctrico.

4.5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Durante esta semana se ha continuado con la elaboración de los planos del sistema de bombeo de agua fría y caliente de RN3 y RN4, los cuales requieren de bastante tiempo de trabajo por la cantidad de conexiones y componentes que tiene cada

hoja. También se realizó visita técnica a una empresa de plásticos por problemas con un sensor fotoeléctrico de una maquina etiquetadora, este era el encargado de detectar botellas de plástico, el cliente argumentaba que el sensor estaba fallando, la función de este sensor era enviar una señal al PLC para informar si había o no detección de botella, cuando el sensor no detectaba un actuador bloqueaba el paso de las botellas que se trasladaban por una cinta transportadora y también hacía que el mecanismo que tenía el papel del etiquetado y la pega se detuviera. Después del análisis de la situación se llegó a la conclusión de que el proceso de etiquetado no se detenía por problemas con el sensor, si no que era porque en la programación del PLC de la maquina tiene un contador programado para que después de cierta cantidad de botellas por cada ciclo se detuviera. A continuación, se muestra una imagen del sensor que se reemplazó.



Ilustración 19. Sensor fotoeléctrico

Fuente: Elaboración propia.

4.6 SEMANA 6: JUNIO 1-7

4.6.1 OBJETIVOS

1. Revisión y corrección de diagramas eléctricos de los planos de agua fría y caliente de RN3 y RN4.
2. Estudiar y analizar plano P&ID de planta de tratamiento de agua de cervecería.

4.6.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se revisaron los diagramas eléctricos de los planos de agua fría y caliente de las plantas RN3 y RN4 para posteriormente realizar las respectivas correcciones de las partes que lo requirieron.

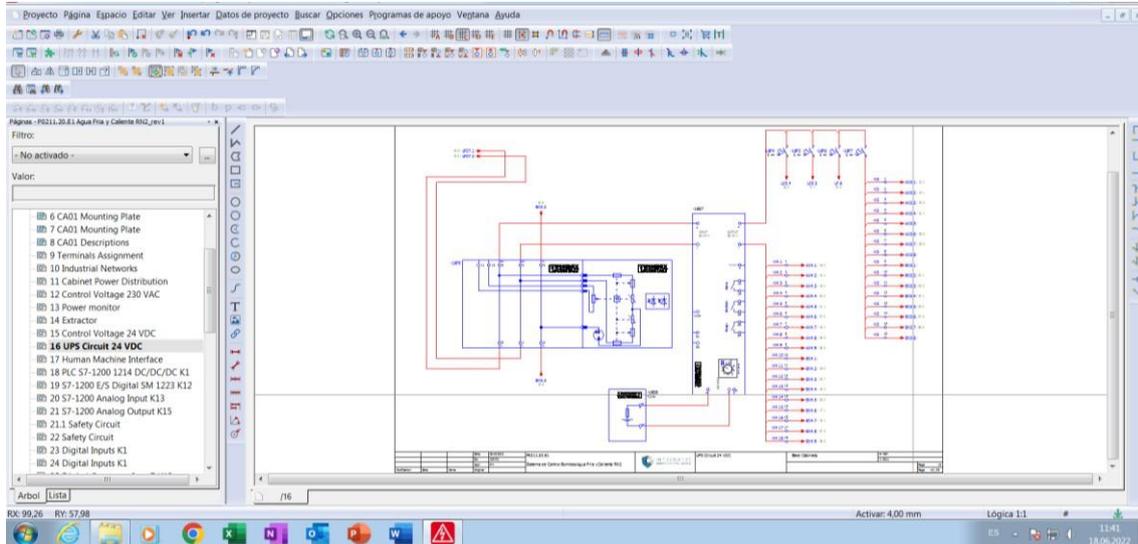


Ilustración 20. Diagramas de conexiones eléctricas EP8

Fuente: Elaboración propia.

También se presentó un nuevo proyecto de una planta de cervecería de Costa Rica, donde solicitan la programación completa del sistema y la realización del diseño de las pantallas que controlaran y monitorearan el mismo, por lo tanto, se estudió el plano P&ID que ellos mismos presentaron.

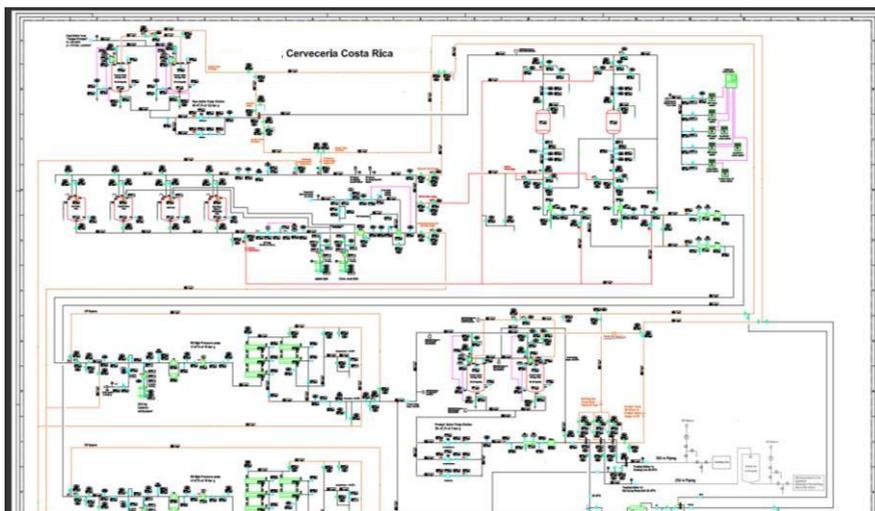


Ilustración 21. Diagrama P&ID planta cervecería

Fuente: Elaboración propia.

4.7 SEMANA 7: JUNIO 8-14

4.7.1 OBJETIVOS

1. Realizar diseño de pantallas de procesos de planta de cervecería de Costa Rica.

4.7.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se comenzó a realizar el primer machote de las pantallas de los procesos que están involucrados en el proceso de tratamiento de agua de la planta de cervecería, el primer diseño que se realizó fue la del CIP (clean in place) que es el proceso encargado de hacer una limpieza interna total de todas las tuberías de transporte de líquidos. La cual está conformada por 4 tanques que almacenan los líquidos necesarios para hacer la limpieza, instrumentos de control y medición, bombas centrifugas y un intercambiador de calor. Posteriormente se realizaron las pantallas que contienen el sistema de agua cruda, los filtros de carbono, osmosis inversa, luces ultravioletas y por último la pantalla del sistema de almacenamiento del agua ya como producto final.

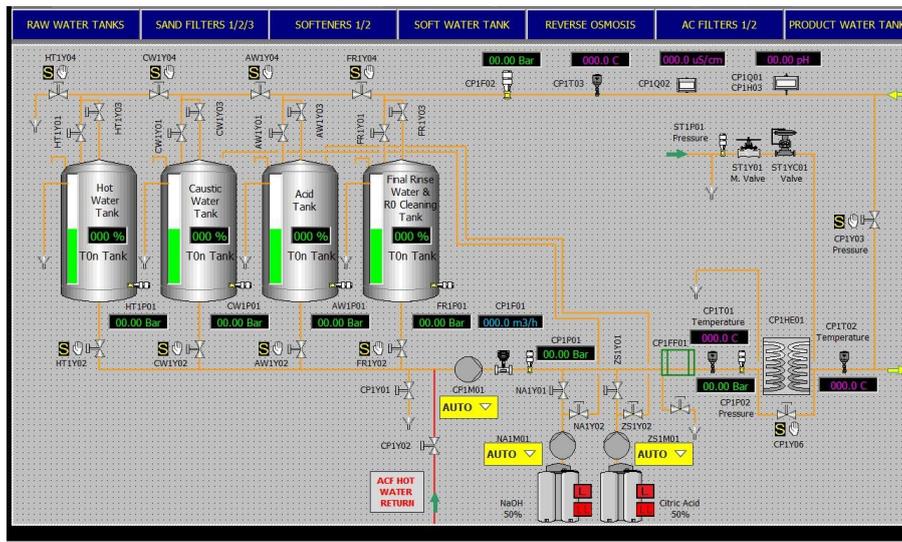


Ilustración 22. Pantalla de CIP

Fuente: Elaboración propia.

4.8 SEMANA 8: JUNIO 15-21

4.8.1 OBJETIVOS

1. Realizar mantenimiento correctivo y preventivo a servomotores.
2. Revisión y corrección de diseños de pantallas de procesos de planta de cervecería de Costa Rica.

4.8.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se realizaron mantenimientos a dos motores uno de marca Siemens y otro Krones, a los cuales se les realizó la configuración de sus fases, el cual consiste en ajustar el ángulo de giro del encoder para que el motor funcione de forma óptima, sin vibraciones ni ruidos mecánicos. Para realizar el faseo se necesita equipo electrónico especializado para dicha función, también se hace uso de software especial del fabricante de los equipos de electrónicos. Normalmente estos equipos pierden su configuración la mayoría de las veces por problemas de esfuerzos mecánicos.



Ilustración 23. Mantenimiento a servomotores

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron las revisiones y correcciones a las pantallas del proceso de tratamiento de agua de la planta de cervecería, la mayoría de los cambios de diseño surgieron debido a que varias de las pantallas estaban demasiado cargadas con mucho

elemento gráfico y hacía que estuvieran de cierto modo amontonados, lo cual no es bueno porque la mayoría de los elementos tiene una acción para ejecutar y deben de tener un espacio libre para poder clicar sin temor a presionar otro elemento no deseado. Se trabajó en la reacomodación de estos elementos en las pantallas.

4.9 SEMANA 9: JUNIO 22-28

4.9.1 OBJETIVOS

1. Crear las variables o *tags* del proceso en el software de Tia Portal en base a los diagramas eléctricos de la planta de tratamiento de agua de Costa Rica.
2. Agregar animaciones y variables a los componentes de la pantalla HMI.
3. Levantamiento de medidas para tubería transportadora de cable de sensores en Gildan RN3.

4.9.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Durante la semana se agregaron los tags o variables a la tabla de variables del programa Tia Portal de todos los componentes del proceso que requieren de control, como válvulas, sensores, actuadores, alarmas, entre otros. Estas variables se obtuvieron de los diagramas eléctricos de la planta que los proporcionó la empresa cliente. Se crearon más de 2000 tags. Como se puede observar en la imagen 24.

A las mismas pantallas también se le agregaron en sus propiedades los mismos tags creados para que estas puedan tener animaciones dependiendo de los estados de los componentes.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Ench...	Valid...	Supervis...	Comentario
1625	Bool	NAM12.2						
1626	Bool	NAM12.3						
1628	Bool	NAM12.4						
1630	Bool	NAM12.5						
1631	Bool	NAM12.6						
1632	Bool	NAM12.7						
1633	Bool	NAM12.8						
1634	Bool	NAM12.9						
1635	Bool	NAM12.10						
1636	Bool	NAM12.11						
1637	Bool	NAM12.12						
1638	Bool	NAM12.13						
1639	Bool	NAM12.14						
1640	Bool	NAM12.15						
1641	Bool	NAM12.16						
1642	Bool	NAM12.17						
1643	Bool	NAM12.18						
1644	Bool	NAM12.19						
1645	Bool	NAM12.20						
1646	Bool	NAM12.21						
1647	Bool	NAM12.22						
1648	Bool	NAM12.23						
1649	Bool	NAM12.24						
1650	Bool	NAM12.25						
1651	Bool	NAM12.26						
1652	Bool	NAM12.27						
1653	Bool	NAM12.28						
1654	Bool	NAM12.29						
1655	Bool	NAM12.30						
1656	Bool	NAM12.31						
1657	Bool	NAM12.32						
1658	Bool	NAM12.33						
1659	Bool	NAM12.34						
1660	Bool	NAM12.35						
1661	Bool	NAM12.36						
1662	Bool	NAM12.37						
1663	Bool	NAM12.38						
1664	Bool	NAM12.39						
1665	Bool	NAM12.40						
1666	Bool	NAM12.41						
1667	Bool	NAM12.42						
1668	Bool	NAM12.43						
1669	Bool	NAM12.44						
1670	Bool	NAM12.45						
1671	Bool	NAM12.46						
1672	Bool	NAM12.47						
1673	Bool	NAM12.48						
1674	Bool	NAM12.49						
1675	Bool	NAM12.50						
1676	Bool	NAM12.51						
1677	Bool	NAM12.52						
1678	Bool	NAM12.53						
1679	Bool	NAM12.54						
1680	Bool	NAM12.55						
1681	Bool	NAM12.56						
1682	Bool	NAM12.57						
1683	Bool	NAM12.58						
1684	Bool	NAM12.59						
1685	Bool	NAM12.60						
1686	Bool	NAM12.61						
1687	Bool	NAM12.62						
1688	Bool	NAM12.63						
1689	Bool	NAM12.64						
1690	Bool	NAM12.65						
1691	Bool	NAM12.66						
1692	Bool	NAM12.67						
1693	Bool	NAM12.68						
1694	Bool	NAM12.69						
1695	Bool	NAM12.70						
1696	Bool	NAM12.71						
1697	Bool	NAM12.72						
1698	Bool	NAM12.73						
1699	Bool	NAM12.74						
1700	Bool	NAM12.75						

Ilustración 24. Variables proceso tratamiento de agua

Fuente: Elaboración propia.

También se realizó levantamiento de medidas en la planta de RN3 de Gildan, con el propósito de determinar la cantidad de tubería se necesitará para el transporte de cables de sensores que conectaran directamente a las entradas analógicas del PLC encargado de controlar el proceso de agua caliente de dicha planta.



Ilustración 25. Ruta de tubería para cable

Fuente: Elaboración propia.

4.10 SEMANA 10: JUNIO 29- 5 JULIO

4.10.1 OBJETIVOS

1. Elaborar bloques de programación para el control de bombas en automático y manual y control de válvulas.
2. Continuar con la creación de variables o tags del proceso en el software de Tia Portal en base a los diagramas eléctricos de la planta de tratamiento de agua de Costa Rica.

4.10.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se realizó la programación en el software de Tia Portal para el control de más de 135 bombas/motores en modo automático y modo manual. Este tipo de programación se puede considerar como una forma correcta o profesional de controlar este tipo de procesos debido a que en un solo bloque se muestran los status de las entradas y salidas. Donde como salidas para las bombas se tienen los modos auto, hand y por último el null para indicar que el contactor que acciona la bobina del motor esta apagado. De igual forma se realizaron bloques de programación para el control de válvulas, para saber si están siendo operadas en manual o de forma automática, status de operación on/off y el envío de señal para su apertura de nivel.

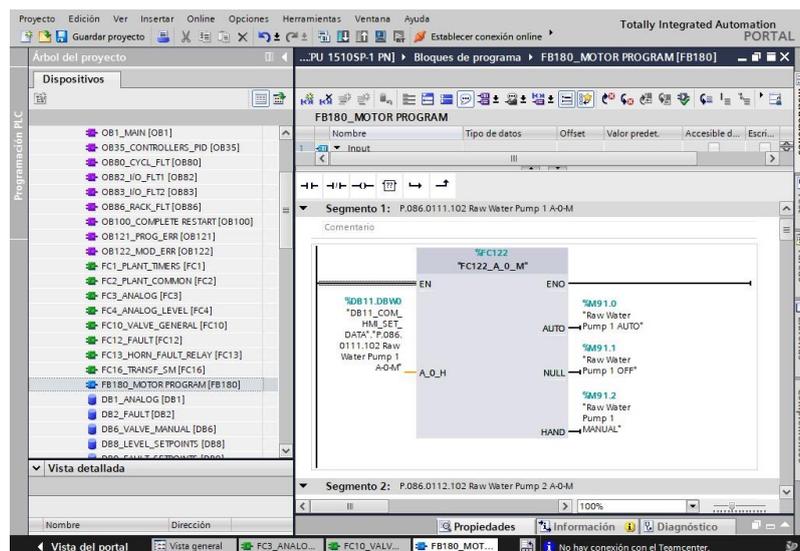


Ilustración 26. Bloques de programación

Fuente: Elaboración propia

4.11 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la ilustración 24 se detallan los trabajos que se han realizado durante las semanas de práctica profesional en la empresa INTEGRATEC.

NO.	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Cerveceria Hondureña: Respaldos a la linea de produccion #5	■									
2	Oficina INTEGRATEC: Reparación de servomotor	■									
3	Oficina INTEGRATEC: Diseño de pantalla HMI para lavadora INNOCLEAN		■								
4	MAYAN TEXTILES: Resolución de problema técnico con pulsador de parada		■								
5	Cerveceria Hondureña: Reemplazo de pantalla de empacadora #2 línea #1			■							
6	Cerveceria Hondureña: Migración de PLC(S5 a S7-300)			■							
7	Cerveceria Hondureña: Instalación de pantalla de lavadora INNOCLEAN			■							
8	GILDAN(RN3 Y RN4): Visita técnica para revisión de armarios eléctricos				■						
9	RN3: Actualización de software a los plcs de la planta				■						
10	Oficina INTEGRATEC: Elaboración de diagrama electricos de RN3 Y RN4				■	■					
11	Visita a empresa empresa de plásticos para solución de problema de sensor				■	■					
12	Oficina INTEGRATEC: Revisión y corrección de diagrama de RN3 Y RN4					■					
13	Oficina INTEGRATEC: Estudiar planos P&ID de planta de tratamiento de agua					■	■				
14	Oficina INTEGRATEC: Diseño de pantallas HMI para planta de tratamiento de agua						■	■	■		
15	Oficina INTEGRATEC: Mantenimiento preventivo y correctivo a servomotores							■	■	■	
16	Oficina INTEGRATEC: Revisión y corrección de pantallas de planta de agua							■	■	■	
17	Oficina INTEGRATEC: Crear tags de la planta de tratamiento de agua								■	■	■
18	Oficina INTEGRATEC: Agregar animaciones y variables al diseño de pantalla HMI									■	■
19	GILDAN(RN3 Y RN4): Levantamiento de medidas tubería para cables de sensores									■	■
20	Oficina INTEGRATEC: Programacion en el software de Tia Portal										■

Ilustración 27. Cronograma de actividades

V. CONCLUSIONES

- Se colaboró en proyectos donde se generaron soluciones de manera eficiente a problemas que se presentaron en la industria mediante el uso de diferentes métodos y equipos para su automatización u optimización.
- Se elaboraron diseños de planos de control y distribución para proyectos de distintas empresas utilizando nomenclatura IEC, haciendo uso de software especializado para diseño de este tipo y a su vez en base a estos diagramas eléctricos se realizaron el armado de tableros de control y distribución para brindar soluciones ingenieriles a empresas clientes de INTEGRATEC.
- Se colaboró con el equipo técnico a la solución de problemas técnicos y mantenimientos relacionados a la automatización de procesos.
- Se elaboraron diseños de pantallas para distintos proyectos mediante el análisis de los procesos a tratar y a su vez se atendieron las exigencias de diseño del cliente.

VI. RECOMENDACIONES

6.1 RECOMENDACIONES A LA UNIVERSIDAD

- Se recomienda a la universidad reforzar la metodología de enseñanza de las clases de la carrera con contenido práctico aplicado a la industria (aprender-haciendo) para que de esta forma todo lo teórico aprendido en clase se pueda ver reflejado en la práctica.
- Se recomienda a la universidad quitar algunas clases que no aportan mucho a nuestra formación como ingenieros y añadir otras que engloben contenido práctico de neumática, circuitos de control y fuerza, instrumentación y control, electricidad básica, ya que estos temas son cruciales para lograr una mejor comprensión al momento de recibir las clases de PLC y redes industriales, que hasta el momento se llegaba sin noción alguna de esos temas y son pilares en nuestro desempeño como ingenieros mecatrónicos/automatización.
- Cambiar significativamente las prácticas de la clase de sensores y actuadores, convertirla en una verdadera clase de instrumentación con equipo industrial y dejar de utilizar en las practicas Arduino y sus componentes, que si bien algunos de los conceptos son similares jamás se compararan con equipos de campo industrial.

6.2 RECOMENDACIONES A LA EMPRESA

- Se recomienda la creación de un cronograma de actividades específicas semanales para evitar problemas de asignaciones de trabajos y así evitar confusiones y tiempos muertos.
- Se recomienda tener en consideración la creación de un departamento de diseño para así reducir carga de trabajo a los ingenieros de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Author, K., & Singh, K. (2021). *PLC AND SCADA USED FOR INDUSTRIAL AUTOMATION*.
- Basile, F., Chiacchio, P., & Gerbasio, D. (2013). On the Implementation of Industrial Automation Systems Based on PLC. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 10(4), 990-1003. <https://doi.org/10.1109/TASE.2012.2226578>
- Bolton, W. (2021). *Instrumentation and Control Systems*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-00286-0>
- Boyes, W. (2010). Basic Principles of Industrial Automation. En *Instrumentation Reference Book* (pp. 19-21). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8308-1.00002-4>
- Channi, H. (2019). *Human machine interface*.
- Chattal, M., Bhan, V., Madiha, H., & Shaikh, S. A. (2019). INDUSTRIAL AUTOMATION & CONTROL THROUGH PLC AND LABVIEW. *2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICOMET.2019.8673448>
- Daneri, P. A. (2009). *PLC: Automatización y control industrial*. Editorial Hispano Americana HASA. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/66558>
- Escalona Moreno, I. (2007). *Transductores y sensores en la automatización industrial*. https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/34463?as_all=automatizacion&as_all_op=unaccent_icontains&prev=as
- García Moreno, E. (2020). *Automatización de procesos industriales: Robótica y automática*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/129686>

González Ajuech, V. L. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/40508>

Herrero, A. B., Pablo San Segundo y Rebeca. (2022). *1.5 Sistemas de control | Introducción a la Automatización Industrial*. Recuperado 8 de mayo de 2022, de https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sistemas-de-control.html

Izaguirre Castellanos, E. (2012). *Sistemas de automatización*. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/124330>

Jiménez Raya, F. (2015). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial*. ELEM0311. IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/59239>

La Empresa | Integratec. (2014). Recuperado 6 de mayo de 2022, de <http://integratec.hn/quienes-somos/>

Linarez González, V. (2015). *Diagnosis de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial*. ELEM0311. IC Editorial. https://elibro.net/es/lc/unitechn/titulos/59237?as_all=mantenimiento__correctivo&as_all_op=unaccent_icontains&prev=as

L.Saleh, A. (2017). *Industrial Automation*.

MENESES*info:eu-repo/dai/mx/cvu/*894879, R. M. (2018). *Manual de mantenimiento al tablero general eléctrico*. <http://reini.utcv.edu.mx:80/handle/123456789/444>

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna (5a. Ed.)*. Pearson Educación. <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=47220>

Pablo, V., Ivorra, E., Pérez, M., & Ocariz, I. (2022). Towards the Automation of Infrared Thermography Inspections for Industrial Maintenance Applications. *Sensors*, 22, 613. <https://doi.org/10.3390/s22020613>

Rodriguez, A. (2008). *Sistemas SCADA - Marcombo, S.A. (ediciones técnicas)*. MARCOMBO. Recuperado 29 de mayo de 2022, de <https://www.marcombo.com/sistemas-scada-9788426717818/>