



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO  
PARA PROCESOS INDUSTRIALES UTILIZANDO NODE-RED COMO SOFTWARE DE  
GESTIÓN, PARA MEJORAR TIEMPOS DE PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS  
AUTOMATIZADAS EN CENTRO DE CAPACITACIÓN, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE  
VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

**Luis Alberto Canel Cifuentes**

Asesorado por Msc. Ing. Sergio Jonathan Aguilar Carranza

Guatemala, julio 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO  
PARA PROCESOS INDUSTRIALES UTILIZANDO NODE-RED COMO SOFTWARE DE  
GESTIÓN, PARA MEJORAR TIEMPOS DE PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS  
AUTOMATIZADAS EN CENTRO DE CAPACITACIÓN, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE  
VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ALBERTO CANEL CIFUENTES**

ASESORADO POR MSC. ING. SERGIO JONATHAN AGUILAR CARRANZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, JULIO 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

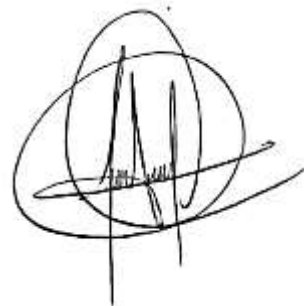
DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Wendy Nora Miranda López
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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 DE LA INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA PROCESOS INDUSTRIALES UTILIZANDO NODE-RED COMO SOFTWARE DE GESTIÓN, PARA MEJORAR TIEMPOS DE PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS AUTOMATIZADAS EN CENTRO DE CAPACITACIÓN, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha de septiembre de 2023.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'L' and 'C' intertwined, with a horizontal line crossing through the middle.

**Luis Alberto Canel Cifuentes**



**EEFPI-PP-0858-2024**

Guatemala, 3 de mayo de 2024

**Dírector**

**Armando Alonso Rivera Carrillo**

**Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**Presente.**

**Estimado Mtro. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA PROCESOS INDUSTRIALES UTILIZANDO NODE RED COMO SOFTWARE DE GESTIÓN, PARA MEJORAR TIEMPOS DE PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS AUTOMATIZADAS EN CENTRO DE CAPACITACIÓN, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Luis Alberto Canel Cifuentes** carné número **201122986**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestión Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

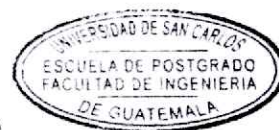
Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Sergio Jonathan Aguilar Carranza  
Asesor(a)

**Sergio Jonathan Aguilar Carranza**  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado No. 16,903

Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez  
Coordinador(a) de Maestría



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIME-0858-2024

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA PROCESOS INDUSTRIALES UTILIZANDO NODE RED COMO SOFTWARE DE GESTIÓN, PARA MEJORAR TIEMPOS DE PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS AUTOMATIZADAS EN CENTRO DE CAPACITACIÓN, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario **Luis Alberto Canel Cifuentes**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, mayo de 2024



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.327.2024

El Decano 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 DE LA INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA PROCESOS INDUSTRIALES UTILIZANDO NODE-RED COMO SOFTWARE DE GESTIÓN, PARA MEJORAR TIEMPOS DE PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS AUTOMATIZADAS EN CENTRO DE CAPACITACIÓN, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, GUATEMALA.**, presentado por: **Luis Alberto Canel Cifuentes** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.

Guatemala, julio de 2024



Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 327 CUI: 1889315460101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la sabiduría y darme vida
<b>Mis padres</b>	Jorge Luis y Floridalma por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mi hermana</b>	Sandra Canel por sus ánimos y apoyo necesario
<b>Mi hermano</b>	Jorge Canel por apoyarme en mi camino para llegar a esta meta.
<b>Mi esposa</b>	Arlette Pérez por su apoyo y amor que me brindo a lo largo de mis días de estudio.
<b>Mis amigos</b>	Pablo León y Alex Pérez por ser mi apoyo de estudio y amistad durante la carrera.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por abrirme sus puertas a la educación superior de calidad.

**Mi amigo**

Ing. Sergio Carranza, por su apoyo durante el proceso de estudio de esta maestría y por su asesoramiento.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	IV
GLOSARIO .....	VII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1. Contexto general .....	9
3.2. Descripción del problema .....	10
3.3. Formulación del problema .....	10
3.3.1. Pregunta central .....	11
3.3.2. Preguntas Auxiliares .....	11
3.4. Delimitación del problema .....	11
3.4.1. Delimitación geográfica .....	11
3.4.2. Delimitación de los sujetos de investigación.....	12
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos .....	15
6. ALCANCES .....	17
6.1. Exploratorio .....	17
6.2. Descriptivo .....	17
6.3. Explicativo .....	18
6.4. Beneficiarios de los resultados .....	18
7. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	21
8. MARCO TEÓRICO.....	23
8.1. Historia de sistemas de visualización industrial.....	23

8.1.1.	Sistemas de control .....	24
8.1.1.1.	Sistemas de monitoreo y conectividad .....	24
8.1.1.2.	Las Cuatro revoluciones industriales.....	25
8.1.1.3.	Industria Conectada 4.0 .....	26
8.1.1.4.	Interfase Hombre-Maquina (HMI, MMI) .....	27
8.1.2.	La automatización de la fabricación .....	28
8.1.3.	Autómatas programables .....	29
8.1.4.	Comunicaciones industriales.....	31
8.1.5.	Software Node-RED .....	32
8.2.	El sistema SCADA .....	33
8.3.	Partes de una instalación automática.....	33
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	35
10.	METODOLOGÍA .....	37
10.1.	Diseño .....	37
10.2.	Tipo de estudio.....	37
10.3.	Alcances.....	37
10.4.	Variables e indicadores .....	38
10.4.1.	Variable independiente.....	38
10.4.1.1.	Implementación del sistema de monitoreo utilizando Node-RED .....	38
10.5.	Variables dependientes.....	39
10.5.1.	Tiempos de producción en líneas automatizadas. ..	39
10.5.2.	Eficiencia en la gestión de fallas .....	39
10.6.	Variables controladas.....	40
10.6.1.	Características del centro de capacitación .....	40
10.6.2.	Condiciones del entorno industrial simulado .....	41
10.6.3.	Conocimientos y habilidades del personal .....	41
10.7.	Operacionalización de variables .....	42
10.8.	Fases de la investigación .....	43

10.8.1.	Fase 1: Revisión documental.....	43
10.8.2.	Fase 2: recolección de la información .....	44
10.8.3.	Fase 3: Análisis de la información .....	45
10.8.4.	Análisis de datos.....	45
10.8.5.	Análisis documental.....	45
10.8.6.	Fase 4: Interpretación de los resultados .....	46
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	47
11.1.	Técnicas de Análisis Univariado De Datos .....	47
11.1.1.	Estadística Descriptiva .....	47
11.2.	Análisis de Variables Cualitativas.....	48
11.2.1.	Estadística Descriptiva .....	48
11.3.	Métodos de Análisis Multivariado .....	48
11.3.1.	Análisis de Componentes Principales (PCA) .....	48
11.3.2.	Análisis de Clúster (Cluster Analysis) .....	49
11.3.3.	Análisis de Regresión Múltiple.....	49
11.4.	Recursos Tecnológicos .....	49
11.4.1.	Herramientas de Visualización de Datos .....	49
12.	CRONOGRAMA.....	51
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	53
13.1.	Recursos Humanos .....	53
13.2.	Recursos físicos .....	54
13.3.	Recurso financiero.....	55
	REFERENCIAS .....	57
	APÉNDICES .....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Esquema de desarrollo de las fases de solución .....	21
<b>Figura 2.</b>	Las cuatro etapas de la revolución industrial.....	26
<b>Figura 3.</b>	Relación entre la variedad de productos y el volumen de producción de un sistema de fabricación .....	29
<b>Figura 4.</b>	Autómata programable Siemens .....	30
<b>Figura 5.</b>	Sistema centralizado de control .....	31
<b>Figura 6.</b>	Logotipo de software libre Node-Red .....	32
<b>Figura 7.</b>	Línea de producción moderna automatizada. ....	34
<b>Figura 8.</b>	Cronograma de actividades.....	51

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Operacionalización de variables.....	42
<b>Tabla 2.</b>	Recursos físicos que se usaran en el desarrollo del proyecto.....	54
<b>Tabla 3.</b>	Recursos financieros estimación .....	55





## **GLOSARIO**

<b>Automatización programables (PLC)</b>	Implementación de sistemas para realizar tareas sin intervención humana.
<b>Control lógico</b>	Dispositivo electrónico utilizado para controlar máquinas y procesos en entornos industriales.
<b>Dashboard</b>	Panel visual que muestra información relevante de manera gráfica y fácil de entender.
<b>Digitalización</b>	Conversión de información en formato digital para su procesamiento y almacenamiento.
<b>Eficiencia</b>	Capacidad de realizar tareas de manera óptima, minimizando el desperdicio de recursos.
<b>Gestión</b>	Planificación, coordinación y control de recursos para lograr objetivos específicos.
<b>Industria 4.0</b>	Concepto que representa la cuarta revolución industrial, caracterizada por la integración de tecnologías digitales en los procesos industriales.
<b>Internet de las cosas (IoT)</b>	Conexión de dispositivos a internet para intercambiar datos y mejorar la eficiencia.



<b>Mantenimiento Predictivo</b>	Estrategia que utiliza datos para predecir fallos en equipos antes de que ocurran.
<b>Node-RED</b>	Plataforma de desarrollo visual para conectar dispositivos y servicios de manera sencilla.
<b>Optimización</b>	Mejora continua de procesos para aumentar la eficiencia y reducir costos.
<b>Simulación</b>	Representación de un sistema o proceso mediante un modelo para entender su comportamiento.
<b>Sonorización</b>	Integración de sensores para recopilar datos del entorno.
<b>Tecnología Emergente</b>	Innovaciones recientes con potencial para transformar la industria.
<b>Visualización</b>	Presentación gráfica de datos para facilitar su comprensión.

# **1. INTRODUCCIÓN**

En el ámbito industrial de líneas de producción automatizadas, en su mayoría carecen de sistemas de monitoreo automático y detección de fallas, así como tiempos muertos.

La carencia de un sistema en el que se pueda observar, monitorear y llevar un historial de fallas, hace que las líneas de producción pierdan tiempos importantes en el desarrollo de productos finales.

El software Node-RED es utilizado a nivel mundial por entusiastas de la tecnología como un software que permite integrar y conectar dispositivo, servicios y aplicaciones de una manera visual y sencilla. Una característica principal es la creación de flujos de trabajo basados en nodos, además ofrece una interfaz gráfica que permite la creación de aplicaciones para IoT y automatismos.

En el Instituto Técnico de Capacitación se cuenta con maquetas didácticas que emulan entornos industriales de líneas de producción para la enseñanza de autómatas programables, pero no cuenta con un software que interconecte los procesos industriales con Dashboard de información en donde se pueda calcular tiempos de inoperancia de las estaciones de ensamble.

El objetivo de la solución por medio de la gestión de procesos industriales a través de un software de gestión es perfeccionar tiempos para mantener líneas de producción eficientes en la industria guatemalteca a través de asesorías técnicas que se puedan generar por medio de estas ideas innovadoras.

El desarrollo de la solución será utilizar métodos de aplicación intuitivo y fáciles de aprender y enseñar para desarrollar tableros de información interconectados a las líneas de producción para que así podamos observar variables de medición tales como tiempos de inoperancia de las maquinas e historial de averías.

La investigación tiene su inicio en la revisión y operación de una línea de ensamblaje de teléfonos celulares, así como su descripción de uso y puesta en marcha. Luego se pondrá en aplicación la unión entre cada autómeta programable PLC y el software de gestión para que las distintas variables sean observadas a través de un Dashboard por medio de red local.

La institución en donde se llevará a cabo el desarrollo de este trabajo pondrá a disposición los elementos tecnológicos y documentación técnica necesaria para realizar el trabajo experimental.

En este trabajo se tendrán en uso diferentes componentes de los cuales se pueden describir los siguientes:

- Revisión y operación de una línea de ensamblaje, este componente implica revisar y operar una línea de ensamblaje de teléfonos celulares para ganar una comprensión profunda del proceso de producción e identificar las áreas donde se puede mejorar la automatización. La unión entre un autómeta programable PLC y el software de gestión implica conectar cada controlador lógico para permitir la monitorización y control en tiempo real del proceso.
- Otra descripción que es importante mencionar de los componentes tomados en cuenta es la creación de un Dashboard, esta forma de

visualizar datos en tiempo real sobre el proceso de producción, incluyendo el estado de las maquinas, los niveles de producción y cualquier error que pueda surgir.



## **2. ANTECEDENTES**

En cuanto al cambio informatizado o, mejor dicho, la digitalización de los ciclos de una organización crea la posibilidad de trabajar sobre ciclos similares y robotizarlos en lugar de hacerse manualmente, así, hacerlos significativamente más eficientes (Aguilo, 2019).

Las ventajas de la mecanización son varias, entre las que se pueden destacar las siguientes: Enorme mejora de la productividad y la naturaleza de las empresas realizadas, con resultados homogéneos adicionales y una disminución de la cantidad de artículos imperfectos. Se logra una expansión en curso.

Al mantener mecanizada la línea de creación, se limitan los retrasos del proceso, se evita el agotamiento o la falta de concentración en tareas monótonas y se reduce considerablemente el tiempo de ejecución en función del ciclo. Por lo tanto, obviamente la robotización de procesos ofrece ayudas que la sociedad no puede pasar por alto ni excusar. Ninguna organización fructífera subestima la importancia de la mecanización para reducir el tiempo, mejorar la calidad de los artículos o llevar a cabo tareas complejas, independientemente de que sean aburridas (Pardo, 2022).

En cuanto a la aparición de fallas y averías en los componentes de cualquier empresa trae consigo la disminución de los beneficios que pudieran ofrecer en su vida útil aquellas averías que dan lugar a la indisponibilidad del proceso provocan una merma de ingresos y así mismo, originan un incremento de los costos de mantenimiento, ya que como mínimo, habrá que reparar o sustituir el equipo averiado. Es necesario establecer cuales fallan afectan la

operatividad para así, establecer las acciones preventivas adecuadas (Rodríguez, 2021).

En cuanto a la integración de SCADA en los procesos de la industria da como resultado tasas de producción más altas, aumenta la calidad de los productos, y proporciona una operación más rentable y una mayor seguridad y control sobre todo el proceso. Los centros de control donde se encuentran los operados con los SCADA van desde salas pequeñas hasta salas con multitud de zonas de trabajo y combinaciones de partes de hardware y software dependiendo de la instalación (Gómez; Sánchez; Gómez, 2021).

Por otra parte, las tareas que los operadores realizan con máquinas pueden simplificarse enormemente cuando los procesos se dotan de sistemas que facilitan la operativa y el control de las mismas. Es el caso de los sistemas SCADA que mejoran la capacidad de los trabajadores para operar con las máquinas, hasta el punto de que uno solo puede monitorizar todo un conjunto de ellas sin pérdida alguna de capacidad de producción (Cuatrecasas, 2022).

Los softwares libres como lo son NodeRed están siendo de mucha importancia en este cambio a una cuarta revolución industrial en donde la automatización tomara una parte importante de las empresas de producción masiva. En cuanto a Foundation (2023) es una herramienta de programación para conectar los diferentes dispositivos de hardware, aplicativos y servicios online de diversas formas innovadoras. Se basa en la conexión de flujos entre si utilizando nodos de diversas aplicaciones que se pueden implementar de manera sencilla.

En cuanto a los sensores son muy importantes en el diseño de equipos automatizados cabe mencionar que el estudio de estos es importante porque

dependiendo de su tiempo de respuesta y tipo pueden afectar al funcionamiento correcto de una línea de producción. La tecnología no podría existir sin sensores. Los sensores miden lo que necesitamos saber, y el sistema de control luego realiza las acciones deseadas. Cuando un ingeniero construye cualquier máquina que necesita para tener conocimientos básicos hablando de sensores. Es necesario seleccionar los sensores correctos para el diseño correcto (Novak, 2020).

Cuando observamos las tendencias actuales en tecnología, a menudo nos encontramos con el término Internet de las cosas o IoT para abreviar. IoT es un término amplio que se puede aplicar a una gran variedad de dispositivos inteligentes en el hogar, la educación e industria (Hallberg, 2021). En la implementación de este proyecto se utilizarán temas relacionados con el internet de las cosas.

En cuanto a la tecnología exhibe un alto potencial para transformar nuestro estilo de vida. Que van desde la salud aplicaciones de seguimiento de atención médica hasta relojes y pulseras inteligentes para la seguridad personal, IoT ha convertirse en una de las partes más indispensables de nuestras vidas (Sharma, 2022).

Las tecnologías de automatización se están expandiendo a un ritmo rápido y los instrumentos se están volviendo cada vez más inteligentes, más pequeños e inteligentes, lo que implica una menor intervención humana. Introducción de la computación en la nube ha dado lugar a un cambio de paradigma en la forma en que se accede a los datos y analizados por industrias.





### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Contexto general**

La gestión de tiempos, monitoreo de señales y de fallas se realiza de forma empírica y poco eficiente en las líneas de producción educativas dentro del centro de capacitación. Por consiguiente, el aprendizaje de estos factores importantes en la automatización industrial es poco acorde a líneas de producción masiva que se encuentran en fábricas. El monitoreo inteligente por medio de un software permite tener en tiempo real datos precisos sobre el rendimiento de las máquinas y procesos en el entorno de automatización. En este contexto, se plantea la necesidad de implementar un sistema integral de gestión monitoreo que permita optimizar la producción en una línea de ensamblaje de teléfonos celulares.

En la actualidad las empresas se enfrentan a desafíos relacionados con la falta de herramientas específicas para la gestión de tiempos, el monitoreo de señales y la identificación de falla de manera efectiva puede de tal manera ayudar a las empresas a ahorrarse recursos invertidos en daños a la maquinaria y mantenimientos que no han sido programados. La carencia de un enfoque sistemático impacta directamente la calidad del producto final y el cumplimiento de tiempos de entrega de productos finales.

La implementación de un sistema integral de gestión y monitoreo mediante software representa un paso significativo hacia la modernización y optimización del trabajo realizado en empresas que se dedican a la producción masiva.

Con esta implementación se podrá poner a la vanguardia de la tecnología en el mantenimiento y monitoreo de procesos industriales.

### **3.2. Descripción del problema**

El Instituto Técnico de Capacitación con sede en el municipio de Villa Nueva, Guatemala, abrió sus puertas a miles de estudiantes hace 2 años como una nueva alternativa en enseñanza y preparación para capacitar técnicos que al ser egresados se convierten en una muy buena opción para las diferentes empresas del área industrial de Guatemala desarrollándose en el campo de la automatización industrial.

Desde el año 2022 se apertura la carrera de técnico en mecatrónica y con esto el Centro de capacitación adquiere mobiliario de alta tecnología para la enseñanza de diferentes situaciones que se pueden dar en líneas de producción de dentro de fábricas.

Dichas maquetas didácticas son de entorno real y con equipo que se encontraría en cualquier maquinaria en la industria guatemalteca, el centro de capacitación no dispone del personal especializado en el análisis de fallas, tiempos y medición de variables por medio de software un especializado. Es necesario proponer la implementación de herramientas de monitoreo que sean adecuadas para proponer a las empresas un entorno de monitoreo inteligente en sus plantas de producción.

### **3.3. Formulación del problema**

Problema central: baja productividad en las líneas de ensamblaje de productos.

### **3.3.1. Pregunta central**

¿Cómo un software de monitoreo y gestión de tiempos puede ayudar a mejorar la productividad en líneas de ensamblaje de productos?

### **3.3.2. Preguntas Auxiliares**

- ¿Qué beneficios trae consigo la gestión automática de fallas?
- ¿Cuáles son los factores que impiden la implementación de mantenimientos inteligentes en la industria guatemalteca?
- ¿Cómo puede ayudar un software de monitoreo en las empresas de producción masiva?

### **3.4. Delimitación del problema**

Para obtener resultados más precisos se delimitó el área de investigación específicamente al grupo objetivo.

#### **3.4.1. Delimitación geográfica**

La implementación se realizará en el lugar, en un laboratorio de procesos industriales con una maqueta de entorno real que simula una planta de producción de teléfonos celulares, esto dentro del Instituto Técnico de Capacitación, sede Villa Nueva.

### **3.4.2. Delimitación de los sujetos de investigación**

Los sujetos de investigación serán los técnicos que se preparan para laborar en plantas de producción y como el aprendizaje de nuevas tecnologías hace más eficiente su trabajo.

## **4. JUSTIFICACIÓN**

El uso de software para monitoreo de sistemas automatizados tiene muchas ventajas en el campo de mantenimiento inteligente sobre todo para facilitar el análisis de tiempos, fallas y gestión de mantenimientos preventivos.

Esta herramienta de gestión es ideal para realizar procesos de aprendizaje en entornos controlados de líneas de ensamblaje. La incorporación de software de gestión de fallas en entornos educativos proporcionara a los estudiantes numerosos beneficios tanto para estudiantes como para instructores.

Algunas de las principales razones para justificar su implementación se pueden enfocar empezando por la eficiencia en la detección y resolución de fallas debido a que el uso del software le permitirá al personal técnico adquirir habilidades para identificar y solucionar problemas de mantenimiento lo que es esencial en sistemas de producción masivos.

Los entornos de enseñanza controlados y basados en software de gestión permitirán a los técnicos adquirir habilidades de trabajo a través de aplicar teorías y conceptos directamente a situaciones de entorno real reforzando así la comprensión y transferencia de conocimientos técnicos para situaciones laborales en industrias de automatización.

La implementación de técnicas para detección de fallas y mantenimientos preventivos contribuirán a la reducción de costos en empresas que emplean sistemas de producción masivos al disminuir la frecuencia y la gravedad de las fallas no planificadas

La interacción con software de mantenimiento inteligente puede inspirar a más empresas a desarrollar técnicas innovadoras e incrementar la eficiencia en el tiempo de producción y es esencial para la mejora continua de sus habilidades de producción que podrán brindar a las empresas mayores beneficios en el futuro cercano.

La implementación de software de gestión de fallas en sistemas técnicos es una inversión valiosa que no solo mejora la enseñanza de sistemas de producción, sino que también sirve para preparar a los técnicos para enfrentar desafíos que las nuevas tecnologías en automatización traen consigo y tener así un mejor desempeño en el mundo laboral.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Implementar un sistema de monitoreo para procesos industriales utilizando node-red como software de gestión, para mejorar tiempos de producción en líneas automatizadas en un centro de capacitación, ubicado en el municipio de villa nueva, Guatemala

### **5.2. Específicos**

1. Analizar los beneficios de gestionar fallas y tiempos a través de un sistema de gestión automatizado.
2. Evaluar los factores que impiden el uso de software de gestión de fallas y tiempos en la industria guatemalteca.
3. Describir como un software de monitoreo puede influir y traer beneficios en la productividad de las industrias de producción masiva.





## **6. ALCANCES**

Desde una perspectiva técnica, el proyecto propuesto implica un enfoque principalmente descriptivo y explicativo, con elementos exploratorios.

A continuación, detallo el análisis de cada nivel de investigación.

### **6.1. Exploratorio**

El proyecto comienza explorando la situación actual en las líneas de producción industriales, identificando la falta de sistemas de monitoreo automático y detección de fallas como un problema clave.

Se investiga la viabilidad y utilidad del software Node-RED como una herramienta para abordar estas deficiencias, explorando sus capacidades de integración y su potencial para crear flujos de trabajo y Dashboards de información.

La investigación incluye la revisión de maquetas didácticas y el análisis de la tecnología disponible en el Instituto Técnico de Capacitación para determinar cómo se puede aplicar en un entorno industrial real.

### **6.2. Descriptivo**

Una vez que se establece la viabilidad del enfoque utilizando Node-RED, el proyecto se centra en describir en detalle cómo se implementará el sistema de monitoreo y gestión en las líneas de producción.

Se detallan las variables de estudio, como el tiempo de inoperancia de las estaciones de ensamble, el historial de averías, etc., y se describe cómo se recopilarán y analizarán estos datos.

Se describen los componentes tecnológicos que se utilizarán, como los autómatas programables (PLC), el software de gestión y los Dashboards de información.

### **6.3. Explicativo**

El proyecto busca no solo describir la implementación del sistema, sino también explicar cómo esta solución puede mejorar la eficiencia de las líneas de producción.

Se exploran las relaciones causales entre la implementación del sistema de monitoreo y gestión y la reducción de tiempos de inactividad, la optimización de procesos y la mejora de la calidad del producto final.

Se proporcionan análisis detallados sobre cómo el uso del software de gestión puede influir en el rendimiento general de las líneas de producción, explicando los mecanismos subyacentes y los efectos esperados.

### **6.4. Beneficiarios de los resultados**

Los posibles usuarios de los conocimientos generados y beneficiarios de los resultados incluyen:

- Ingenieros y técnicos de mantenimiento de líneas de producción, quienes podrán utilizar el sistema de monitoreo y gestión para identificar y solucionar problemas de manera más eficiente.
- Gerentes de producción y operaciones, quienes pueden utilizar los datos recopilados para tomar decisiones informadas sobre la mejora de los procesos y la asignación de recursos.
- Estudiantes y académicos en el campo de la ingeniería industrial y la automatización, quienes pueden aprender y enseñar sobre la implementación de sistemas de monitoreo en entornos industriales.
- La industria guatemalteca en general, que puede beneficiarse de la implementación de soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia y la competitividad en sus procesos de producción.

En resumen, el proyecto aborda un problema importante en el ámbito industrial mediante un enfoque descriptivo y explicativo, utilizando tecnología innovadora para mejorar la eficiencia de las líneas de producción. Los beneficiarios potenciales incluyen tanto profesionales de la industria como académicos y la industria en su conjunto.



## 7. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad de este proyecto surge de la falta de un sistema de gestión de calidad que permita controlar y mejorar la calidad de tiempos de producción en una línea de fabricación de productos. Actualmente, no existen controles internos efectivos, lo que puede llevar a la falta de cumplimiento de normas y ausencia de una base de datos para generar reportes estadísticos sobre el desempeño y fallas de equipos.

Agregando énfasis en la reducción de tiempos muertos surge la necesidad de realizar una comparación entre un sistema que cuenta con monitoreo inteligente para así realizar una readecuación de la línea de producción y por otra parte se tomaran datos de líneas que no cuentan con monitoreo y se realizara una comparación para así dar en conclusión los beneficios y resultados encontrados.

**Figura 1.**

*desarrollo de las fases de solución*



*Nota.* La investigación seguirá el desarrollo que indican las fases. Elaboración propia, realizado con CANVA.



## **8. MARCO TEÓRICO**

### **8.1. Historia de sistemas de visualización industrial**

Hasta la década de 1960, la tendencia en automatización era que cada fabricante debía abordar sus propios desafíos de control de manera independiente. Quien se encontraba ante un problema de automatización desarrollaba un elemento electrónico específico para solventarlo. Era habitual que estos dispositivos contaran con una capacidad de memoria reducida, lo que implicaba la necesidad de mantener una comunicación continua con los sistemas de control centrales para la transmisión de datos. Además, contaban con un conjunto fijo de entradas y salidas y solían utilizar lenguajes de programación poco conocidos. Incluían una serie de entradas y salidas fijas y utilizaban generalmente lenguajes de programación poco conocidos.

En la década de 1970, surgió una nueva generación de robots industriales desarrollados por empresas de equipo eléctrico como Siemens, Square-D y Allen-Bradley. Estos robots estaban diseñados para manejar grandes cantidades de entradas y salidas, y eran ideales para sectores industriales como el automotriz. Debido a su diseño robusto, eran adecuados para entornos adversos, lo que los hacía voluminosos, pesados y costosos (Lagerberg, s.f.).

Sin embargo, el avance en electrónica llevó a una disminución en el número de componentes, lo que permitió una reducción gradual en el tamaño, peso y costo en todos los niveles de control industrial.



Como resultado, se introdujeron los microcontroladores de programación lógica (PLC) en la década de 1980. Estos permitían controlar procesos de manera modular y se adaptaban a las necesidades específicas de cada momento. Además, venían equipados con sistemas de programación genéricos, lo que los convirtió en un éxito inmediato en todo el ámbito industrial (Rodríguez, 2007).

### **8.1.1. Sistemas de control**

La teoría de sistemas de control y tecnología de control son disciplinas académicas aplicadas a problemas de ingeniería y ciencia.

En cuanto a los sistemas de control son representaciones de flujo de información que comprenden entradas, salidas, procesamiento de datos y retroalimentación (Kuo, 2017).

#### **8.1.1.1. Sistemas de monitoreo y conectividad**

La interconexión de máquinas y el análisis de grandes volúmenes de datos en tiempo real están dando forma a nuevos modelos de producción y sistemas de fabricación.

En este contexto, ya no solo se incluyen dispositivos como computadoras portátiles, tabletas, teléfonos inteligentes, y consolas de videojuegos, sino también todos los objetos que están interconectados entre sí y con Internet.

En cuanto a estas tendencias de conectividad están centradas en el Internet de las cosas (IoT), una plataforma basta que engloba nuevas tecnologías como la comunicación máquina a máquina (M2M), el análisis de grandes conjuntos de datos (Big Data), la fabricación aditiva de modelos digitales

mediante impresoras 3D, y dispositivos vestibles o portables (wearables) como relojes inteligentes, anillos inteligentes, ropa inteligente, entre otros (Aguilar, 2017).

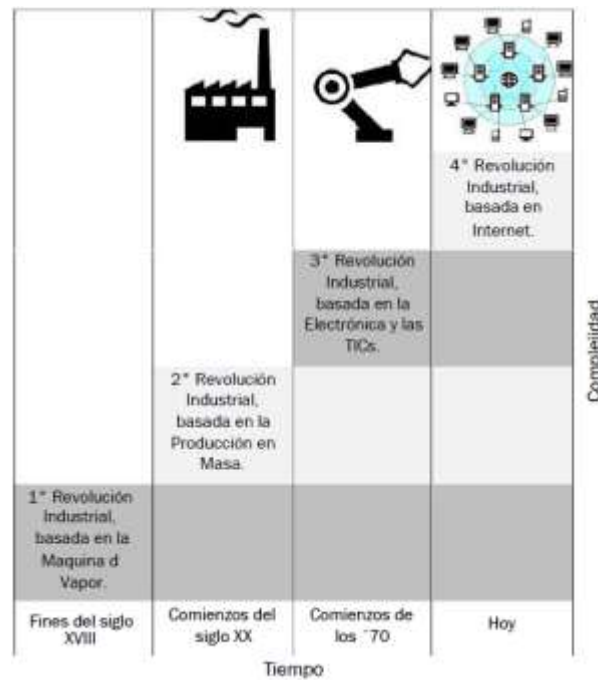
#### **8.1.1.2. Las Cuatro revoluciones industriales**

En cuanto a, Aguilar (2017) explica que la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0, se refiere a las cuatro etapas de la revolución industrial:

- La primera revolución industrial se caracterizó por el uso de máquinas de vapor y ferrocarriles en el siglo XIX.
- La segunda revolución industrial se centró en el desarrollo de motores eléctricos y la producción en masa a principios del siglo XX. También se destacaron inventos como el motor de combustión, el avión y el automóvil, así como el teléfono y la radio.
- La tercera revolución industrial se caracterizó por la automatización y la informática en los años setenta del siglo veinte.
- La cuarta revolución industrial se centra en los sistemas ciber físicos que recopilan y procesan información, toman decisiones inteligentes y ejecutan tareas en entornos cambiantes

**Figura 2.**

*Las cuatro etapas de la revolución industrial*



*Nota.* Distribución en tiempo de las revoluciones industriales. Obtenido de L. Joyanes (2017). *Industria 4.0.* (p. 4.) Alfa y omega.

### 8.1.1.3. Industria Conectada 4.0

En cuanto a, Aguilar (2017) explica que la fusión entre el mundo tangible y el digital facilita la unión entre ambos mediante sistemas que capturan datos del mundo tangible y los traducen en el lenguaje digital. Los principales catalizadores destacados en el informe actual son:

- Creación de objetos personalizados mediante tecnología de impresión en tres dimensiones.

- Robótica de vanguardia
- Sensores y dispositivos integrados
- Comunicación y gestión de datos

La información recopilada se procesa y se analiza. Estas tecnologías permiten transmitir la información de manera segura y confidencial desde los facilitadores de fusión del mundo tangible y digital hasta el siguiente nivel. Estos facilitadores son fundamentales para que todos los demás puedan funcionar de manera efectiva y son críticos para el éxito de la Industria Conectada 4.0.

Estas tecnologías permiten la comunicación y el intercambio de información entre el mundo tangible y digital, lo que es crucial para la Industria Conectada 4.0.

#### **8.1.1.4. Interfase Hombre-Maquina (HMI, MMI)**

En cuanto a los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica son componentes fundamentales en el ámbito industrial. Los Paneles Sinópticos tienen la tarea de representar de manera simplificada el sistema bajo control, como un sistema de suministro de agua o una red eléctrica. Inicialmente, estos paneles eran estáticos, colocados en grandes superficies con indicadores y luces. Con el avance del tiempo y del software, han evolucionado hacia representaciones gráficas en pantallas de visualización, conocidas como Pantallas de Visualización de Datos (PVD) (Rodríguez 2007).

### **8.1.2. La automatización de la fabricación**

La automatización se refiere a la ciencia de diseñar e implementar sistemas que pueden realizar tareas previamente programadas, reemplazando a los operadores humanos.

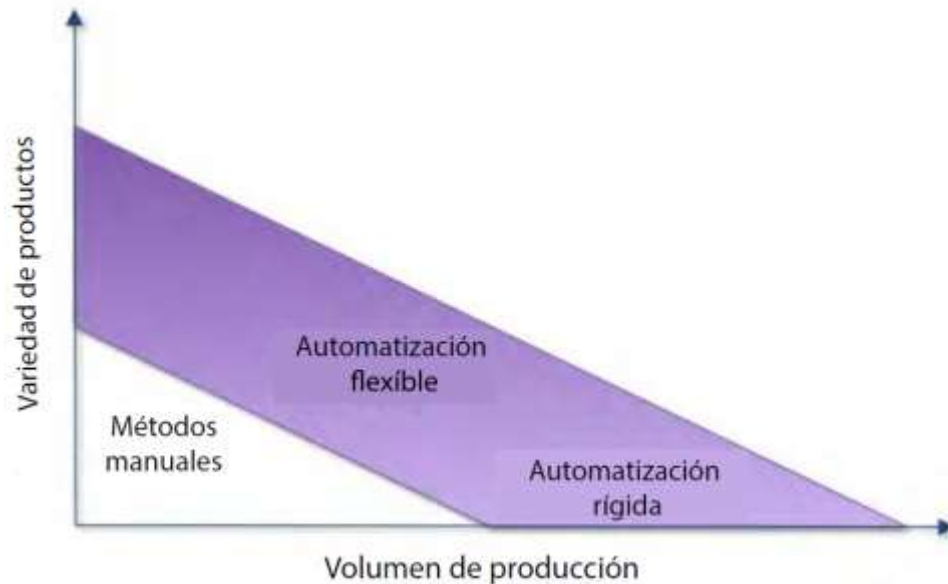
En el contexto industrial, la automatización se enfoca en el estudio y aplicación de técnicas automatizadas para controlar procesos industriales, tanto en entornos abiertos como cerrados.

En el ámbito de la fabricación, la automatización se centra en la optimización de la producción, abarcando tanto procesos continuos como discontinuos, como la fabricación de piezas en lotes o eventos discretos.

A menudo, se utiliza el término automática o regulación automática para describir el control de procesos continuos, mientras que 'automatización' se refiere a los procesos discontinuos. (Barrientos y Gambao, 2014)

**Figura 3.**

*Relación entre la variedad de productos y el volumen de producción de un sistema de fabricación*



*Nota.* Autómata Programable. Obtenido de A. Barrientos y E. Gambao (2014). *Sistemas de producción Automatizados*. (p.45). Editorial Dextra.

### **8.1.3. Autómatas programables**

Se trata de un dispositivo electrónico programable diseñado para operar en entornos industriales desafiantes. Este dispositivo utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones dirigidas al usuario, permitiendo la implementación de soluciones específicas como funciones lógicas, secuencias, temporizadores, contadores y operaciones matemáticas. Su objetivo es supervisar y controlar una variedad de máquinas o procesos mediante entradas y salidas digitales y analógicas (Antúnez, 2016).

La década de 1950 vio un aumento significativo en la industria y la producción de bienes de consumo, lo que llevó a un aumento exponencial en el uso de sistemas de control lógico o secuencial para procesos. Sin embargo, la tecnología cableada, basada en relés electromagnéticos y temporizadores electromecánicos, se volvió cada vez más costosa y difícil de implementar y mantener, alcanzando sus limitaciones prácticas. En respuesta, se empezaron a utilizar computadoras digitales de propósito general para aplicaciones de control industrial de procesos.

Sin embargo, estas computadoras digitales requerían personal altamente especializado para su programación y estaban limitadas en sus condiciones de operación debido a necesidades específicas de refrigeración y mantenimiento, lo que complicaba su utilización y aumentaba los costos. (Barrientos y Gambao, 2014)

#### **Figura 4.**

*Autómata programable Siemens*



*Nota.* Autómata Programable. Obtenido de A. Barrientos y E. Gambao (2014). *Sistemas de producción Automatizados*. (p. 107.). Editorial Dextra.

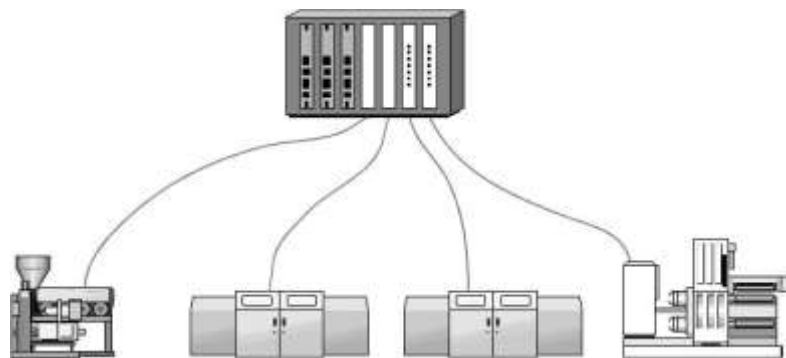
#### 8.1.4. Comunicaciones industriales

Desde la primera máquina automatizada compuesta por componentes electromecánicos hasta las grandes instalaciones industriales que integran múltiples máquinas trabajando en coordinación, ha habido un elemento común que ha estado presente en mayor o menor medida: la interacción entre la máquina y su entorno.

En cuanto a una máquina en funcionamiento aislado aún requiere información externa para operar correctamente, como señales de fin de carrera, detectores o sistemas de medición. En el mundo moderno, donde la electricidad es omnipresente y esencial para la mayoría de las actividades, la forma más efectiva de transmitir señales desde un sensor hasta una máquina es a través de una señal eléctrica transmitida a través de un cable que conecta el sensor con el dispositivo de control. (Barrientos y Gambao, 2014)

**Figura 5.**

*Sistema centralizado de control*



*Nota.* Sistema automático centralizado. Obtenido de A. Rodríguez (2014). *Sistemas SCADA*. (p. 245.). Editorial Alfaomega.

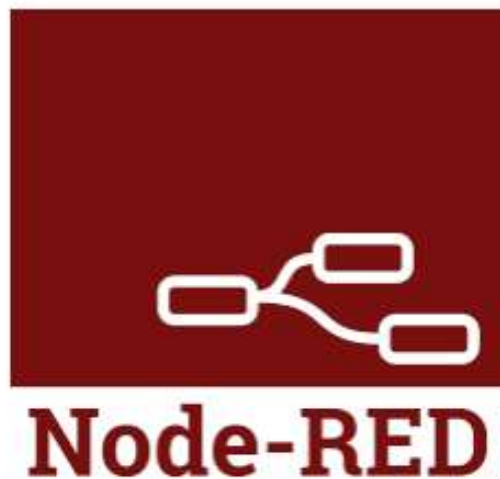


### 8.1.5. Software Node-RED

En cuanto a Node-Red es un software de código abierto que facilita la conexión entre dispositivos hardware, APIs y servicios en línea en el contexto del Internet de las Cosas. Esta herramienta de programación visual permite a los usuarios programar de manera más intuitiva, creando un diagrama de flujo que conecta nodos que se comunican entre sí, sin la necesidad de escribir grandes cantidades de código como se haría normalmente en JavaScript. Además, Node-Red ofrece una lectura de datos en tiempo real, lo que simplifica el proceso de envío y recepción de información, ahorrando tiempo al usuario y facilitando la toma de decisiones informadas. (Taiji, 2021)

#### Figura 6.

*Logotipo de software libre Node-Red*



*Nota.* Logotipo de software libre Node-Red. Obtenido de Node-RED (s.f.). *Low-code programming for event-driven applications.* (<https://nodered.org/>), consultado el 18 de octubre de 2023. De dominio público.

## **8.2. El sistema SCADA**

En cuanto al término SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos*) se refiere a cualquier software que posibilite el acceso a datos remotos de un proceso y que, mediante las herramientas de comunicación apropiadas, permita su control. Esta definición señala que se trata no solo de un sistema de control, sino también de una herramienta de monitoreo o supervisión que actúa como interfaz entre los niveles de control y los niveles de gestión superiores. (Rodríguez, 2013)

## **8.3. Partes de una instalación automática**

En cuanto a el diseño de un sistema automático implica la integración de tecnologías de automatización, prácticas de trabajo y reglas comerciales que respaldan el diseño y la ingeniería específica. Estos sistemas pueden ser diseñados para una variedad de aplicaciones, incluyendo plantas de proceso de aguas, plantas químicas, petroleras, servicios públicos, construcción naval y otras instalaciones, con el fin de mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la seguridad. (Escaño, 2019)

**Figura 7.**

*Línea de producción moderna automatizada.*



*Nota.* Línea de producción. Obtenido de. J, Escaño (2019). *Sistemas de producción Automatizados.* (p. 2.). Editorial Paraninfo.

## **9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1. MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Historia sistemas de visualización industrial**

##### **1.1.1. Sistemas de control**

1.1.1.1. Sistemas de monitoreo y conectividad

1.1.1.2. Las cuatro revoluciones industriales

1.1.1.3. Industria conectada 4.0

1.1.1.4. Interfase hombre-maquina (HMI, MMI)

##### **1.1.2. La automatización de la fabricación**

##### **1.1.3. Autómatas programables**

##### **1.1.4. Comunicaciones industriales**

##### **1.1.5. Software Node-red**

#### **1.2. El sistema Scada**

#### **1.3. Partes de una instalación automática**

## 2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 2.1. Informe de análisis comparativo de la investigación

## 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.1. Planteamiento de discusión

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. Diseño**

Se implementará un diseño de investigación experimental, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para abordar los distintos aspectos del planteamiento de problema.

### **10.2. Tipo de estudio**

El estudio será aplicado y exploratorio, con un enfoque correlacional para analizar la relación entre la implementación del sistema de monitoreo y la mejora de la productividad en líneas automatizadas. También será un tipo de estudio comparativo ya que una de las finalidades es la comparación con industrias que no cuentan con un software de monitoreo inteligente.

### **10.3. Alcances**

El estudio se limitará al análisis de la implementación del sistema de monitoreo en el centro de capacitación ubicado en el municipio de Villa Nueva, Guatemala, centrándose en sus efectos en los tiempos de producción y mejora en la solución de fallas.

## **10.4. Variables e indicadores**

En esta sección se detallan las variables y los indicadores que se utilizarán para medir el impacto y la efectividad del sistema de monitoreo implementado.

### **10.4.1. Variable independiente**

La variable independiente es el elemento que se manipula o introduce en el experimento para observar su efecto sobre las variables dependientes. La variable independiente es la implementación del sistema de monitoreo utilizando Node-RED, cuyo propósito es mejorar la supervisión y automatización de procesos industriales en un entorno de capacitación.

#### **10.4.1.1. Implementación del sistema de monitoreo utilizando Node-RED**

- Definición conceptual

Introducción de un software que permite la supervisión en tiempo real y la gestión automatizada de procesos industriales, utilizando Node-RED como plataforma de desarrollo y gestión.

- Definición operacional

Configuración e instalación exitosa del software Node-RED en el entorno industrial del Centro de Capacitación en Villa Nueva, Guatemala, permitiendo la visualización en tiempo real y la automatización de procesos industriales específicos mediante el desarrollo de flujos de trabajo y la integración de dispositivos y servicios.

## **10.5. Variables dependientes**

Las variables dependientes son los resultados que se observan y miden para evaluar el impacto del sistema de monitoreo implementado.

### **10.5.1. Tiempos de producción en líneas automatizadas.**

- Definición conceptual: los tiempos de producción en líneas automatizadas se refieren al tiempo necesario para completar un ciclo de producción en un entorno industrial automatizado, incluyendo el tiempo de preparación, procesamiento y finalización de los productos.
- Definición operacional

Los tiempos de producción en líneas automatizadas se medirán mediante el registro y análisis de los tiempos de inicio y finalización de cada ciclo de producción, así como la identificación y reducción de los tiempos muertos y las interrupciones en el proceso.

### **10.5.2. Eficiencia en la gestión de fallas**

- Definición conceptual

La eficiencia en la gestión de fallas se refiere a la capacidad de identificar, diagnosticar y resolver rápidamente las fallas y problemas en los equipos y procesos industriales, minimizando así el tiempo de inactividad y maximizando la productividad.



- Definición operacional

La eficiencia en la gestión de fallas se medirá mediante la rapidez y efectividad en la detección y resolución de fallas, el tiempo promedio de respuesta a las averías, y la reducción del tiempo de inactividad de los equipos gracias a una gestión de fallas más eficiente.

## **10.6. Variables controladas**

Las variables controladas son aquellos factores que se mantienen constantes para asegurar que cualquier cambio en las variables dependientes se deba únicamente a la manipulación de la variable independiente.

### **10.6.1. Características del centro de capacitación**

- Definición conceptual

Las características del centro de capacitación se refieren a los atributos y recursos disponibles en el centro, como las instalaciones, equipos, personal y programas de capacitación.

- Definición operacional

Las características del centro de capacitación se identificarán y describirán mediante un análisis detallado de las instalaciones, equipos disponibles, perfiles y habilidades del personal, y el contenido de los programas de capacitación ofrecidos.

### **10.6.2. Condiciones del entorno industrial simulado**

- Definición conceptual

Las condiciones del entorno industrial simulado se refieren a las características del entorno de trabajo utilizado para simular las condiciones de una planta industrial real, incluyendo la infraestructura, equipos y condiciones operativas.

- Definición operacional

Las condiciones del entorno industrial simulado se evaluarán mediante la observación directa de las instalaciones y equipos, la revisión de la documentación técnica, y la comparación con las condiciones típicas de una planta industrial real.

### **10.6.3. Conocimientos y habilidades del personal**

- Definición conceptual

Los conocimientos y habilidades del personal se refieren al conjunto de competencias, formación y experiencia necesarios para operar y mantener los equipos y procesos industriales de manera efectiva y segura.

- Definición operacional

Los conocimientos y habilidades del personal se evaluarán mediante la revisión de los currículos y certificaciones del personal, la realización de pruebas de conocimientos técnicos.

## 10.7. Operacionalización de variables

Se detalla en la Tabla 1 del proceso de convertir las variables del estudio en elementos medibles y observables, estableciendo los métodos y técnicas para la recolección de datos. La operacionalización asegura que cada variable sea claramente definida y evaluada de manera consistente y precisa, facilitando la interpretación y análisis de los resultados obtenidos.

**Tabla 1.**  
*Operacionalización de variables*

Variable	Definición Técnica	Definición Operativa	Indicador	Técnica de Recolección
Implementación de un sistema de monitoreo para procesos industriales utilizando Node-RED como software de gestión	Introducción de un software que permite la supervisión en tiempo real y la gestión automatizada de procesos industriales, utilizando Node-RED como plataforma de desarrollo y gestión.	La instalación y configuración efectiva de Node-RED en el entorno industrial del Centro de Capacitación en Villa Nueva, Guatemala, para monitorear y gestionar los procesos de producción.	Porcentaje de éxito en la implementación del sistema de monitoreo utilizando Node-RED.	Observación directa, registros de configuración y desempeño del sistema, entrevistas con el personal técnico responsable.
Tiempos de producción en líneas automatizadas	Capacidad de identificar, diagnosticar y resolver rápidamente fallas y problemas en los equipos y procesos industriales. Escala Nominal.	Tiempo promedio de respuesta a las averías, reducción del tiempo de inactividad debido a fallas.	Registro de tiempos durante el proceso de producción, análisis de registros de producción.	Registro de tiempos durante el proceso de producción y análisis de registros de producción.
Eficiencia en la gestión de fallas	Identificación y análisis de los factores que dificultan la adopción y uso efectivo de software de gestión en la industria guatemalteca.	Investigación y análisis de barreras tecnológicas, económicas, culturales y de capacitación que limitan la implementación de software de gestión en empresas industriales en Guatemala.	Registro de tiempos de respuesta a averías, análisis de datos de mantenimiento, observación de la gestión de fallas.	Registro de tiempos de respuesta a averías, análisis de datos de mantenimiento, observación de la gestión de fallas.
Características del centro de capacitación	Atributos y recursos disponibles en el centro de capacitación, como instalaciones, equipos, personal y programas de capacitación.	Disponibilidad de instalaciones y equipos, nivel de capacitación del personal.	Observación de instalaciones y equipos, revisión de programas de capacitación, entrevistas con el personal.	Observación de instalaciones y equipos, revisión de programas de capacitación, entrevistas con el personal.

Continuación de la Tabla 1.

Variable	Definición Técnica	Definición Operativa	Indicador	Técnica de Recolección
Condiciones del entorno industrial simulado	Características del entorno de trabajo utilizado para simular las condiciones de una planta industrial real, incluyendo infraestructura, equipos y condiciones operativas. Escala Nominal.	Similitud con condiciones de una planta industrial real.	Observación del entorno de trabajo simulado, comparación con documentación técnica.	Observación del entorno de trabajo simulado, comparación con documentación técnica.
Conocimientos y habilidades del personal	Conjunto de competencias, formación y experiencia necesarios para operar y mantener equipos y procesos industriales.	Nivel de conocimientos técnicos y habilidades prácticas del personal.	Revisión de currículos y certificaciones, pruebas de conocimientos técnicos, observación de tareas relacionadas.	Observación directa, entrevistas, revisión de documentos.

*Nota.* Tabla de operacionalización de variable. Elaboración propia, realizado con Excel.

## 10.8. Fases de la investigación

Se describen las diferentes fases de la investigación, detallando los pasos necesarios para llevar a cabo el estudio, desde la revisión de la literatura hasta la interpretación de los resultados. Cada fase incluye actividades específicas, su duración y los métodos utilizados para la recolección y análisis de datos.

### 10.8.1. Fase 1: Revisión documental

Se hace uso de 8 semanas para el desarrollo de esta fase. Se toma 4 semanas para:

- Revisión de literatura relacionada con la implementación de sistemas de monitoreo en procesos industriales y su impacto en la productividad.
- 4 semana para: Identificación de beneficios y desafíos asociados con la gestión automatizada de fallas y tiempos en la industria.

### **10.8.2. Fase 2: recolección de la información**

- Estudio de Casos la duración de esta parte será de 2 semanas y se hará una selección de empresas en la industria guatemalteca para realizar estudios de casos sobre la implementación de software de gestión de fallas y tiempos.
- Implementación de sistema de monitoreo y toma de datos de resultados., esta etapa durara 10 semanas.
- Encuestas y Entrevistas dirigidas a empresas
- Diseño y aplicación de encuestas dirigidas a empresas de producción masiva en Guatemala para evaluar la percepción y el uso de software de monitoreo en sus operaciones.
- Realización de entrevistas con gerentes y técnicos de las empresas para obtener información cualitativa sobre los beneficios y desafíos de la implementación de estos sistemas.
- Para esta etapa se tomará un estimado de 2 semanas
- Recopilación de datos cuantitativos y cualitativos sobre la percepción y el uso de software de monitoreo en empresas de producción masiva en Guatemala.
- Identificación de patrones y opiniones comunes entre los participantes
- Para esta etapa se tomará un estimado de 2 semanas

### **10.8.3. Fase 3: Análisis de la información**

Esta fase consiste en procesar y examinar los datos recolectados para identificar patrones, tendencias y relaciones significativas. El análisis permitirá evaluar el impacto de la implementación del sistema de monitoreo en la productividad industrial.

### **10.8.4. Análisis de datos**

Análisis de los datos recopilados, estudios de casos, encuestas, entrevistas y datos obtenidos de la implementación del sistema utilizando Node Red.

- Identificación de patrones, tendencias y relaciones entre la implementación del sistema de monitoreo y la mejora de la productividad en la industria guatemalteca.
- Esta fase de análisis tomara un tiempo de 8 semanas

### **10.8.5. Análisis documental**

- Síntesis de la literatura relevante sobre la implementación de sistemas de monitoreo en la industria y su impacto en la productividad.
- Identificación de beneficios y desafíos asociados con la gestión automatizada de fallas y tiempos en la industria.
- Esta etapa tendrá una duración de 2 semanas

- Descripción detallada de casos de empresas guatemaltecas que han implementado software de gestión de fallas y tiempos, con énfasis en los factores que han influido en su adopción y éxito.
- Esta etapa tendrá una duración de 2 semanas

#### **10.8.6. Fase 4: Interpretación de los resultados**

Para analizar los datos e interpretarlos se tomará un tiempo de 12 semanas.

- Tiempo 9 semanas. Interpretación de los datos recopilados para responder a los objetivos específicos y la pregunta central de la investigación.
- Tiempo 3 semanas. Conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos obtenidos.

Se espera que la metodología propuesta permita obtener una comprensión profunda de cómo la implementación de un sistema de monitoreo puede influir en la productividad de las empresas en la industria guatemalteca. Los resultados obtenidos contribuirán al cuerpo de conocimientos sobre la gestión automatizada de procesos industriales y proporcionarán información útil para la toma de decisiones en empresas y centros de capacitación.

## **11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **11.1. Técnicas de Análisis Univariado De Datos**

El análisis univariado se centra en la descripción y resumen de una sola variable a la vez, utilizando diversas técnicas estadísticas para comprender sus características fundamentales.

#### **11.1.1. Estadística Descriptiva**

Se utilizará para resumir y describir las características básicas de los datos, como medidas de tendencia central como los son la media, mediana, moda, dispersión, varianza, desviación estándar

- Media ( $\mu$ ): representa el valor promedio de una variable cuantitativa
- Desviación Estándar ( $\sigma$ ): indica la dispersión de los datos alrededor de la media.
- Varianza ( $\sigma^2$ ): es la medida de dispersión de los datos en relación con la media.
- Mediana: es el valor que divide a la distribución en dos partes iguales
- Análisis de frecuencias: permite examinar la distribución de las variables categóricas mediante tablas de frecuencia y gráficos de barras o diagramas de sectores.



## **11.2. Análisis de Variables Cualitativas**

En esta sección se examinan y describen las características de las variables cualitativas utilizando técnicas de estadística descriptiva. Estas técnicas ayudan a comprender la distribución y las relaciones entre categorías en los datos no numéricos recolectados.

### **11.2.1. Estadística Descriptiva**

- Frecuencia Absoluta: el número de veces que aparece cada categoría en la muestra.
- Frecuencia Relativa: Proporción de observaciones en cada categoría con respecto al total.
- Frecuencia Acumulada: Suma de las frecuencias absolutas de todas las categorías anteriores.

## **11.3. Métodos de Análisis Multivariado**

En esta sección se presentan técnicas avanzadas para analizar conjuntos de datos que involucran múltiples variables simultáneamente, permitiendo explorar relaciones complejas y patrones ocultos entre las variables estudiadas.

### **11.3.1. Análisis de Componentes Principales (PCA)**

Permite reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, conservando la mayor cantidad posible de variabilidad.

### **11.3.2. Análisis de Clúster (Cluster Analysis)**

Agrupar observaciones en subconjuntos homogéneos, donde las observaciones dentro de cada grupo son similares entre sí y diferentes de las observaciones en otros grupos.

### **11.3.3. Análisis de Regresión Múltiple**

Permite examinar la relación entre una variable dependiente y dos o más variables independientes.

## **11.4. Recursos Tecnológicos**

Software Estadístico: Python con bibliotecas como NumPy y Pandas las cuales son herramientas avanzadas para análisis de datos.

### **11.4.1. Herramientas de Visualización de Datos**

Se utilizará el software Power BI a través de creación de Dashboard interactivos para así mostrar los diferentes análisis estadísticos que se realizarán.



## 12. CRONOGRAMA

**Figura 8.**

*Cronograma de actividades*



*Nota.* El cronograma muestra los tiempos que se establecieron para desarrollar todas las actividades. Elaboración propia, realizado con Project.



## **13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

Considerando la evaluación de factibilidad técnica y financiera del estudio, se consideran los siguientes aspectos:

### **13.1. Recursos Humanos**

- Jefe de centro de capacitación
- Jefe de área de mecatrónica
- Estudiantes Técnicos en mecatrónica asignados para la investigación
- Asesor de la investigación

## 13.2. Recursos físicos

Los recursos físicos que se utilizaran en el desarrollo de la implementación del proyecto se describen en esta sección. Los cuales algunos son propiedad del Instituto donde se realizará la implementación del proyecto.

**Tabla 2.**

*Recursos físicos que se usaran en el desarrollo del proyecto*

<b>Tipo</b>	<b>Elemento</b>
<b>Equipo de oficina</b>	Computadora portátil
	Teléfono celular
	Proyector
	Pizarra
<b>Servicios</b>	Internet
	Transporte hacia el lugar
<b>Útiles de oficina</b>	Hojas tamaño carta
	Marcadores
	Lapiceros
	Lápiz
	Engrapadora
	Borrador
<b>Licencias de programas</b>	Licencia TIA portal
<b>Equipo industrial</b>	Bandas transportadoras
	Maquetas de fábrica de celulares
	PLC SIEMENS 1500

*Nota.* Los recursos podrán variar de acuerdo con las necesidades que se presenten en el desarrollo de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

### 13.3. Recurso financiero

El recurso financiero se refiere a un presupuesto que se gastara a lo largo del desarrollo del proyecto los cuales se describen a continuación.

**Tabla 3.**

*Recursos financieros estimación*

Descripción	Unidades	Costo unitario	Costo total
<b>Recurso humano</b>			
Honorarios de estudiantes	2	Q 700.00	Q 1,400.00
Honorario asesor	1	Q 2,000.00	Q 2,000.00
<b>Servicios</b>			
Internet	6	Q 500.00	Q 3,000.00
Trasporte	40	Q 100.00	Q 4,000.00
<b>Útiles de oficina</b>			
Resma tamaño carta	1	Q 48.00	Q 48.00
Marcadores	10	Q 8.50	Q 85.00
Lapiceros	12	Q 1.50	Q 18.00
Lápices	12	Q 2.00	Q 24.00
Engrapadora	1	Q 35.00	Q 35.00
Borrador de pizarra	1	Q 25.00	Q 25.00
<b>Licencia de programa</b>			
Licencia TIA Portal	1	Q 2,700.00	Q 2,700.00
<b>Total</b>			<b>Q 13,335.00</b>

*Nota.* Los recursos podrán variar de acuerdo con las necesidades que se presenten en el desarrollo de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.





## REFERENCIAS

Aguilar, L. (2017). *Industria 4.0 la cuarta revolucion industrial*. Alfaomega.

Aguilo, J. (2019). *Industria 4.0*. Revertè-Aguilar.

Antúñez, V. (2016). Los sistemas integrados de gestión como herramientas de dirección. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. ISSN: 2254-7630.  
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/05/>

Barrientos, A. y Gambao, E. (2014). *Sistemas de producción Automatizados*. Editorial Dextra.

Cuatrecasas, L. (2022). *Manual de organizacion e ingenieria de la produccion y gestion de operaciones*. AMAT.

Escaño, J. (2019). *Sistemas de producción Automatizados*. Editorial Paraninfo.

Foundation. (11 de noviembre de 2023). *About*. Node-RED.  
<https://nodered.org/about/>.

Gómez, J., Sánchez, A. y Gómez, J. (2021). *Simulación de sistemas mecatrónicos*. Paraninfo.

Hallberg, G. (2021). *Wireless Communications with Arduino*. North Border Tech Training.

Joyanes, L. (2017). *Industria 4.0*. Alfa y omega.

Kuo, B. (2017). *Sistemas de control automatico*. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, S.A.

Node-RED (s.f.). *Low-code programming for event-driven applications*. Node.  
<https://nodered.org/>

Novak, M. (2020). *Introduction to sensor for electrical and mechanical engineers*. CRC, PRESS.

Pardo, J. (2022). *Motaje y puesta en marcha de sistemas roboticos y sistemas de vision, en bienes de equipo y maquinaria industrial*. IC Editorial.

Rodriguez, A. (2013). *Sistemas SCADA*. Alfaomega.

Rodríguez, A. (2014). *Sistemas SCADA*. Editorial Alfaomega.

Sharma, A. (2022). *Industrial Internet of Things*. CRC PRESS.

Taiji, H. (2021). *Practical Node-RED Programing*. Packt Publishing.

## APÉNDICES

### Apéndice 1.

*Registro de técnicos que participaran en la implementación del proyecto.*

	<b>REGISTROS DE PERSONAS QUE PARTICIPARAN EN LA PUESTA EN MARCHA DE LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO</b>		Versión: 01 Página: 1/1
<b>Nombre del encargado:</b> _____ <b>Fase del proyecto:</b> _____ <b>Hora de inicio:</b> _____ <b>Hora de finalización:</b> _____ <b>Fecha:</b> _____			
<b>PARTICIPANTES</b>			
<b>Nombre y apellido</b>	<b>Área</b>	<b>Función/puesto</b>	<b>Firma</b>

*Nota.* Formato de registro de registro. Elaboración propia, realizado con Excel.

## Apéndice 2.


*Registro de equipos de laboratorio utilizados por día.*

	<b>REGISTRO DE EQUIPOS UTILIZADOS POR DIA EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	Versión: 01 Página: 1/1	
Fecha: ____/____/____/ Nombre del encargado: _____ Total, de equipos utilizados: _____ Motivo: _____			
<b>EQUIPOS</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Uso</b>	<b>Función</b>	<b>Firma</b>


*Nota.* Formato de registro de registro. Elaboración propia, realizado con Excel.

### Apéndice 3.


#### Encuesta recopilación datos previos

	<b>ENCUESTA DE DATOS PREVIOS PARA PERSONAL DENTRO DEL CENTRO DE CAPACITACION.</b>	Versión: 01 Página: 1/2
<p>Encuesta sobre Monitoreo y Gestión de Tiempos en Líneas de Ensamblaje</p> <p>Instrucciones: Por favor, responda las siguientes preguntas marcando con una "X" la opción que mejor represente su opinión o experiencia. Si lo desea, puede añadir comentarios adicionales al final de la encuesta. Su opinión es muy valiosa para nosotros.</p>		
<b>1. Datos Generales:</b>		
Nombre (opcional): _____		
Puesto:		
<input type="checkbox"/> Estudiante		
<input type="checkbox"/> Técnico		
<input type="checkbox"/> Instructor		
Otro (especificar): _____		
<b>2. Experiencia en Líneas de Ensamblaje:</b>		
¿Cuánto tiempo lleva usted trabajando o estudiando en líneas de ensamblaje industrial?		
<input type="checkbox"/> Menos de 1 año		
<input type="checkbox"/> 1-3 años		
<input type="checkbox"/> 3-5 años		
<input type="checkbox"/> Más de 5 años		

Continuación Apéndice 3.

	<b>ENCUESTA DE DATOS PREVIOS PARA PERSONAL DENTRO DEL CENTRO DE CAPACITACION.</b>	Versión: 01 Página: 1/2
<p><b>3. Percepción sobre la Gestión de Tiempos:</b></p> <p>¿Considera usted que la gestión de tiempos en las líneas de ensamblaje es un aspecto importante para la eficiencia de la producción?</p> <p> <input type="checkbox"/> Sí  <input type="checkbox"/> No  <input type="checkbox"/> No estoy seguro                 </p> <p>¿Qué dificultades ha enfrentado en la gestión de tiempos en las líneas de ensamblaje? (Marque todas las que correspondan)</p> <p> <input type="checkbox"/> Falta de herramientas adecuadas  <input type="checkbox"/> Falta de capacitación en sistemas de monitoreo  <input type="checkbox"/> Falta de personal especializado en análisis de datos                      Otro (especificar): _____                 </p> <p><b>4. Percepción sobre el Monitoreo y Gestión Automatizada:</b></p> <p>¿Cree usted que la implementación de un sistema automatizado de monitoreo y gestión de tiempos podría mejorar la eficiencia en las líneas de ensamblaje?</p> <p> <input type="checkbox"/> Sí  <input type="checkbox"/> No  <input type="checkbox"/> No estoy seguro                 </p>		

Continuación Apéndice 3.


	<b>ENCUESTA DE DATOS PREVIOS PARA PERSONAL DENTRO DEL CENTRO DE CAPACITACION.</b>	Versión: 01 Página: 1/2
<p>¿Qué beneficios cree usted que traería consigo la gestión automática de fallas en las líneas de ensamblaje? (Marque todas las que correspondan)</p> <p> <input type="checkbox"/> Reducción del tiempo de inactividad de las máquinas  <input type="checkbox"/> Identificación rápida de problemas de producción  <input type="checkbox"/> Optimización de los procesos de mantenimiento  <input type="checkbox"/> Mejora en la calidad del producto final                 </p> <p><b>5. Necesidades de Capacitación:</b></p> <p>¿Cree usted que sería útil recibir capacitación en el uso de software de gestión de tiempos y monitoreo automatizado?</p> <p> <input type="checkbox"/> Sí  <input type="checkbox"/> No  <input type="checkbox"/> No estoy seguro                 </p>		

*Nota.* Formato de registro de registro. Elaboración propia, realizado con Excel.




#### Apéndice 4.

*Entrevista realizada a personal que labora en la línea de ensamblaje*

	<b>ENTREVISTA SOBRE MONITOREO Y GESTION DEE TIEMPOS EN LINEAS DE ENSAMBLAJE</b>	Versión: 01 Página: 1/2
<p>Datos del Participante:</p> <p>Nombre: _____</p> <p>Puesto laboral: _____</p> <p>Experiencia en Líneas de Ensamblaje: _____</p> <p><b>1. Percepción sobre la Gestión de Tiempos:</b></p> <p>A. ¿Cuál es su opinión sobre la importancia de la gestión de tiempos en las líneas de ensamblaje industrial?</p> <p>B. ¿Qué dificultades ha enfrentado en la gestión de tiempos durante su trabajo/estudio en líneas de ensamblaje?</p> <p><b>2. Experiencia con Sistemas de Monitoreo Automatizado:</b></p> <p>A. ¿Ha tenido experiencia previa con sistemas automatizados de monitoreo y gestión en líneas de ensamblaje? En caso afirmativo, ¿cómo describiría su experiencia?</p> <p>B. ¿Qué beneficios cree usted que traen consigo la implementación de sistemas automatizados de monitoreo en líneas de ensamblaje?</p> <p>C. ¿Qué desafíos o limitaciones percibe en la implementación de estos sistemas en su entorno laboral/educativo?</p>		


Continuación Apéndice 4.

	<b>ENTREVISTA SOBRE MONITOREO Y GESTION DEE TIEMPOS EN LINEAS DE ENSAMBLAJE</b>	Versión: 01 Página: 1/2
<p><b>3. Necesidades de Capacitación y Apoyo:</b></p> <p>A. ¿Cree usted que recibir capacitación en el uso de software de gestión de tiempos y monitoreo automatizado sería útil? ¿Por qué?</p> <p>B. ¿Qué aspectos específicos le gustaría aprender o mejorar en relación con el monitoreo y gestión de tiempos en líneas de ensamblaje?</p> <p><b>4. Sugerencias y Comentarios Adicionales:</b></p> <p>A. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario adicional sobre el tema del monitoreo y gestión de tiempos en líneas de ensamblaje?</p> <p><b>¡Muchas gracias por participar en esta entrevista! Sus respuestas nos ayudarán a obtener información valiosa para nuestro proyecto sobre la implementación de sistemas de monitoreo en líneas de ensamblaje industrial.</b></p>		

*Nota.* Formato de registro de registro. Elaboración propia, realizado con Excel.

## Apéndice 5.

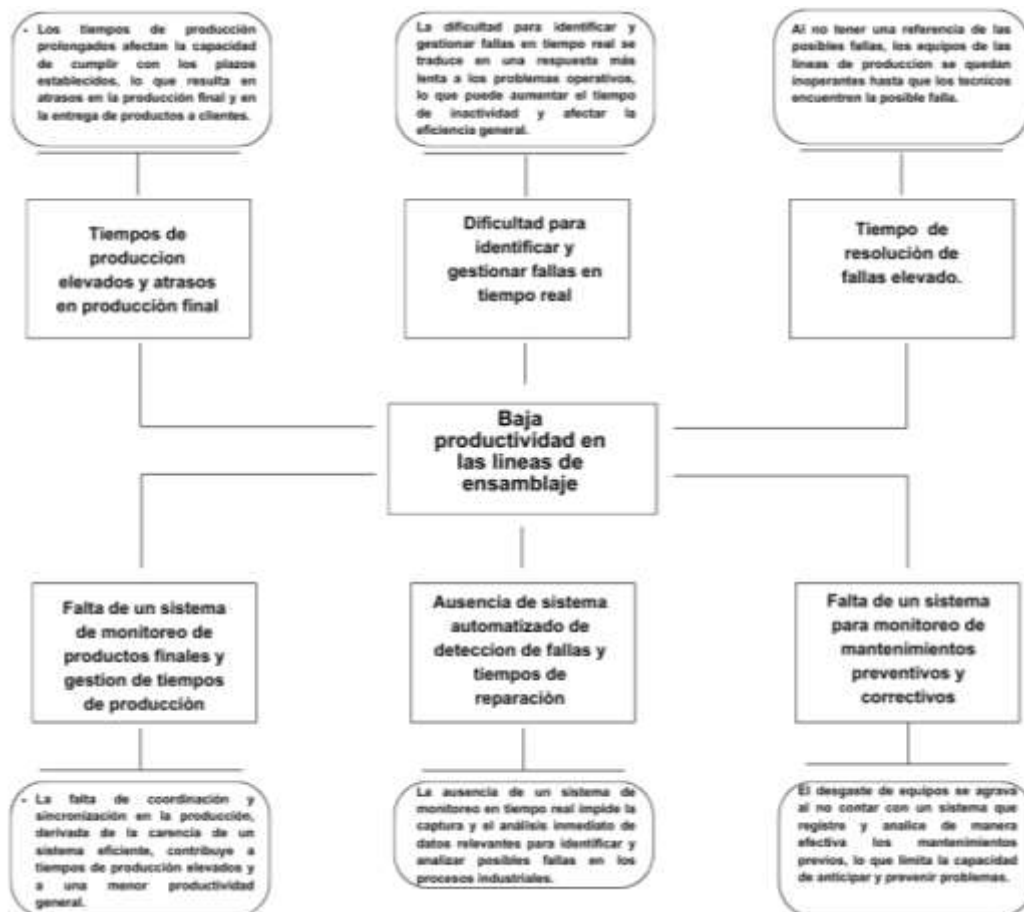
*Tabla para registro de tiempos en cada una de las estaciones de ensamblaje*

	<b>TABLA PARA REGISTRO DE TIEMPOS EN CADA PROCESO DE LA LINEA DE PRODUCCION.</b>				Versión: 01 Página: 1/1																																													
<table border="1"><thead><tr><th data-bbox="396 768 532 856">Fecha</th><th data-bbox="537 768 683 827">Hora de Inicio</th><th data-bbox="688 768 805 827">Hora de Fin</th><th data-bbox="812 768 935 798">Proceso</th><th data-bbox="941 768 1110 856">Tiempo Transcurrido (minutos)</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>						Fecha	Hora de Inicio	Hora de Fin	Proceso	Tiempo Transcurrido (minutos)																																								
Fecha	Hora de Inicio	Hora de Fin	Proceso	Tiempo Transcurrido (minutos)																																														

*Nota.* Formato de registro de registro. Elaboración propia, realizado con Excel.

## Apéndice 6.

### Árbol de problemas



*Nota.* Con el árbol de problemas se desarrolló el protocolo. Elaboración propia, realizado en CANVA.

## Apéndice 7.

### Matriz de coherencia

Preguntas de Investigación	Objetivos	Variables	Indicadores	Temas
¿Cómo un software de monitoreo y gestión de tiempos puede ayudar a mejorar la productividad en líneas de ensamble de productos?	Implementar un sistema de monitoreo para procesos industriales utilizando node:red como software de gestión, para mejorar tiempos de producción en líneas automatizadas en un centro de capacitación, ubicado en el municipio de villa nueva, Guatemala	Variable independiente: Sistema de monitoreo y gestión de tiempos  Variable dependiente 1: Productividad en líneas de ensamble  Variable dependiente 2: Eficiencia en los procesos.  Variable dependiente 3: Tiempos de producción.	Porcentaje de mejora en la productividad  Reducción porcentual en los tiempos de producción  Niveles de eficiencia operativa antes y después de la implementación.	Software Node-Red y exploración de herramientas tecnológicas.  Desafíos y beneficios de la automatización industrial.  Métodos y métricas de productividad para procesos de ensamble.
¿Qué beneficios trae consigo la gestión automática de fallas?	Analizar los beneficios de gestionar fallas y tiempos a través de un sistema de gestión automatizado.	Variable independiente: Gestión automática de fallas  Variable dependiente 1: Eficiencia en la gestión de fallas.  Variable dependiente 2: Tiempos de respuesta ante las fallas	Porcentaje de eficiencia en la gestión de fallas.  Porcentaje de reducción de tiempo en respuesta a fallas.	Beneficios de la gestión automática de fallas.  Sistemas de gestión de fallas.
¿Cuáles son los factores que impiden la implementación de mantenimientos inteligentes en la industria guatemalteca?	Evaluar los factores que impiden el uso de software de gestión de fallas y tiempos en la industria guatemalteca.	Variable independiente: Factores que impiden implementación de mantenimientos inteligentes  Variable dependiente: Uso de software de gestión para análisis de fallas.	Niveles de adopción de análisis de software por parte de los operarios.	Evaluación de barreras y oportunidades que proporciona un software de gestión.  Estrategias para superar obstáculos en mantenimientos industriales.
¿Cómo puede ayudar un software de monitoreo en las empresas de producción masiva?	Describir como un software de monitoreo puede influir y traer beneficios en la productividad de las industrias de producción masiva.	Variable independiente: Uso de software de monitoreo para producción masiva.  Variable dependiente: Mejoras de la eficiencia  Variable independiente: Reducción de tiempo de producción.	Porcentaje de impacto en la eficiencia productiva.  Reducción de tipos en producción.  Porcentaje de satisfacción del personal.	Casos de estudio y análisis en el rol del software de gestión.  Beneficios de implementación de software de monitoreo.  Estrategias para maximizar la productividad en las empresas.

*Nota.* Problema central: Baja productividad en las líneas de ensamble de productos. Elaboración propia, realizado con Word.