



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE IOT 2050 DE SIEMENS
PARA RECOLECCIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS
MÓDULOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE
LA FACULTAD DE CIYA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIEROS ELÉCTRICOS**

AUTORES:

Corral Hidalgo Danny Alexander

Vélez Ramírez Pedro Javier

TUTOR:

Ing. Ms.C. León Segovia Marco Aníbal

LATACUNGA, JULIO, 2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“ Yo Corral Hidalgo Danny Alexander, y Vélez Ramírez Pedro Javier declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación: “INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE IOT 2050 DE SIEMENS PARA RECOLECCIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS MÓDULOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE CIYA”, siendo Ing. Ms.C. León Segovia Marco Anibal tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Corral Hidalgo Danny Alexander

C.C. 050401062-0

.....
Vélez Ramírez Pedro Javier

C.C. 210088670-0



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE IOT 2050 DE SIEMENS PARA RECOLECCIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS MÓDULOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE CIYA”, de Corral Hidalgo Danny Alexander, y Vélez Ramírez Pedro Javier, de la carrera Ingeniería en Electricidad, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2024

Tutor de titulación

Ing. León Segovia Marco Aníbal

C.C. 050230540-2



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS ; por cuanto, los postulantes: Corral Hidalgo Danny Alexander, y Vélez Ramírez Pedro Javier con el título de Proyecto de titulación: "INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE IOT 2050 DE SIEMENS PARA RECOLECCIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS MÓDULOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE CIYA" han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio, 2024

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Nombre: León Segovia Miguel Ángel

CC: 050204135-3

Lector 2

Nombre: Pacheco Mena Carlos Francisco

CC: 050307290-2

Lector 3

Nombre: Marrero Ramírez Secundino

CC: 175710740-3

TEMA: “INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE IOT 2050 DE SIEMENS PARA RECOLECCIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS MÓDULOS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FACULTAD DE CIYA”

Autores:

Corral Hidalgo Danny Alexander

Vélez Ramírez Pedro Javier

RESUMEN

La presente tesis se centra en la investigación y aplicación del IoT en el Laboratorio de Automatización de la Facultad de CIYA, con el objetivo de optimizar la recolección y análisis de parámetros eléctricos. A través de la integración de esta tecnología, se busca mejorar la precisión y eficiencia de los sistemas automatizados del laboratorio.

El objetivo principal del estudio es investigar las especificaciones técnicas y capacidades del IoT, comprendiendo su funcionamiento y su potencial para el monitoreo de datos eléctricos clave, como voltaje, corriente, frecuencia, potencia y factor de potencia, entre otros. Para ello, se ha desarrollado un plan de implementación detallado que incluye la configuración y conexión del IoT con el SIMATIC S7-1200, junto con el Medidor Sentron PAC3220, a los módulos del laboratorio, garantizando así una integración efectiva en el entorno existente.

Además, se evaluó el desempeño del Sentron PAC3220 en la recolección de datos, analizando la precisión de los datos recopilados y comparándolos con métodos convencionales. Los resultados obtenidos permiten determinar el impacto de esta tecnología en la eficiencia del laboratorio, destacando su capacidad para mejorar el monitoreo y análisis de los parámetros eléctricos, y optimizar así el rendimiento de los sistemas automatizados.

Palabras Clave: Monitoreo, simatic S7-1200, Sentron PAC3220, IoT.

THEME: “RESEARCH AND APPLICATION OF SIEMENS IOT 2050 FOR COLLECTION OF ELECTRICAL PARAMETERS FROM MODULES IN THE AUTOMATION LABORATORY OF THE CIYA FACULTY”.

Authors:

Corral Hidalgo Danny Alexander

Vélez Ramírez Pedro Javier

ABSTRACT

This thesis focuses on the research and application of IoT in the Automation Laboratory of the CIYA faculty, with the aim of optimizing the collection and analysis of electrical parameters. Through the integration of this technology, the aim is to improve the precision and efficiency of the automated systems in the laboratory.

The main objective of the study is to investigate the technical specifications and capabilities of the IoT in order to understand its operation and potential for monitoring key electrical data, such as: voltage, current, frequency, power and power factor, among others. To this purpose, a detailed implementation plan that includes the configuration and connection of the IoT with the SIMATIC S7-1200, together with the Sentron PAC3220 Meter, has been developed to the laboratory modules. Thus, ensuring effective integration into the existing environment.

In addition, the performance of the Sentron PAC3220 in data collection was evaluated, analyzing the accuracy of the collected data and comparing it with conventional methods. The results obtained allow determining the impact of this technology on the efficiency of the laboratory, highlighting its capability to improve the monitoring and analysis of electrical parameters, and thus optimize the performance of automated systems.

Keywords: Monitoring, simatic S7-1200, sentron PAC3220, IoT.

ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1.EL PROBLEMA:	2
2.1.1.Situación Problemática:	2
2.1.2.Formulación Del Problema.....	2
2.2.OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	2
2.3.BENEFICIARIOS	2
2.4.JUSTIFICACIÓN	3
2.5.HIPÓTESIS	3
2.6.OBJETIVOS	3
2.6.1.General.....	3
2.6.2.Específicos.....	4
2.7.SISTEMAS DE TAREAS	4
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1.REVISION DE LA LITERATURA	7
3.2.CONCEPTOS BÁSICOS	9
3.2.1.Energía Eléctrica.....	9
3.2.2.Consumo Eléctrico	9
3.2.3.Corriente	9
3.2.4.Voltaje	9
3.2.5.Frecuencia.....	10
3.2.6.Potencia	10
3.2.7.Factor De Potencia.....	10
3.3.MEDIDORES DE CONSUMO ELÉCTRICO	10
3.3.1.Transformadores De Corriente.	10

3.3.2.Principio De Funcionamiento	10
3.3.3.Relación De Transformación.....	11
3.3.4.Tipos De Transformadores De Corriente	11
3.3.5.Aplicaciones De Los Transformadores De Corriente.....	11
3.4.PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	12
3.4.1.El Protocolo.	12
3.4.2.Nodo Red.....	12
3.4.3.Protocolos TCP/IP	12
3.5.EVOLUCIÓN Y DEFINICIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS (IoT) .	13
3.5.1.Arquitectura Del IoT	14
3.5.2.Arquitectura Orientada A Servicios	14
3.5.3.Capas del IoT.....	14
3.5.4.Capa de Objetos.....	15
3.5.5.Capa de Abstracción de Objetos.....	15
3.5.6.Capa de Gestión de Servicios	15
3.5.7.Capa de Aplicación.....	15
3.5.8.Capa de Negocios	15
3.5.9.Aplicación Del IoT 2050 De Siemens.....	15
3.5.10. Especificaciones Técnicas	16
3.6.MEDIDOR DE ENERGÍA SENTRON PAC 3220	16
3.6.1.Características Y Aplicación Del Sentron PAC 3220	17
3.7.PLC S7 1200.....	18
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	18
4.1.INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SENTRON PAC SIEMENS 3220.....	18
4.2.CONFIGURACIÓN DEL PLC S7-1200	20
4.2.1.Integración y Configuración del IoT 2050	24

4.2.2. Transmisión y Almacenamiento en la Nube.....	26
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	32
5.1. Encuesta sobre la integración del IoT 2050 de Siemens en el laboratorio de automatización	34
6. CONCLUSIONES.....	36
7. BIBLIOGRAFÍA.....	37
8. ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Transformador de Corriente [11]	10
Figura 2. Protocolo TC/IP [19].	13
Figura 3. Evolución del Internet [21].	13
Figura 4. IoT 2050 Siemens [23].	16
Figura 5. Sentron PAC 3220 [24].	17
Figura 6. Diagrama Esquemático Proceso y Enlace IoT.....	18
Figura 7. Circuito de Tipo de Conexión 3P4W [28].	19
Figura 8. Configuración de Tensión [28].	19
Figura 9. Configuración de Corrientes.	19
Figura 10. Parámetros de Dirección.	20
Figura 11. Configuración del PLC S7-1200.	20
Figura 12. Longitud de Fichas.	21
Figura 13. Configuración de Atributos.	21
Figura 14. Configuración de Propiedades.	21
Figura 15. Configuración de Lectura y Almacenamiento	22
Figura 16. Configuración para Enlazar.	22
Figura 17. Asignación de Datos en el PLC.	24
Figura 18. Integración y Configuración.	24
Figura 19. Configuración de la Comunicación.	25
Figura 20. Configuración de Dispositivos.	25
Figura 21. Configuración el IP.	26
Figura 22. Plataforma V-net.....	27
Figura 23. Configuración del TAG.	27
Figura 24. Configuración Tipo de Memoria.	28
Figura 25. Configuración de Escritura	28
Figura 26. Datos Configurados.	28
Figura 27. Visualización de Datos.	29
Figura 28. Configuración para la Edición y Publicación de Datos	29
Figura 29. Configuración del Gadget.....	30
Figura 30. Selección de Variables.....	30
Figura 31. Configuración para Graficas.....	30
Figura 32. Datos de Voltaje	31
Figura 33. Datos de Corriente.	31
Figura 34. Graficas de Corriente y Voltaje.	32
Figura 35. Datos de Voltaje en V-Net.....	32

Figura 36. Datos de Voltaje en Sentron Pac.....	33
Figura 37. Datos de Corriente en V-Net.	33
Figura 38. Datos de Corriente en el Sentron Pac.	33
Figura 39. Grafica de la Encuesta.	34
Figura 40. Grafica de la Encuesta.	34
Figura 41. Grafica de la Encuesta.	35
Figura 42. Grafica de la Encuesta.	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tareas a Realizar	4
Tabla 2. Principales investigaciones relacionadas con la implementación del IOT en procesos industriales [1], [2], [3].	8
Tabla 3. Direcciones Modbus [27].	23

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Investigación y aplicación de IoT 2050 de Siemens para recolección de parámetros eléctricos de los módulos en el laboratorio de automatización de la facultad de CIYA

Fecha de inicio: 09 de abril del 2024

Fecha de finalización: 5 de agosto 2024

Lugar de Ejecución: Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería en Electricidad.

Proyecto de investigación vinculado: Implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos de parámetros eléctricos.

Tutor de titulación: Ing. León Segovia Marco Aníbal MSc.

Celular: 098 429 3945

Cédula de Ciudadanía: 050230540-2

Correo electrónico: marco.segovia@utc.edu.ec

Estudiante I:

Nombre: Danny Alexander

Apellido: Corral Hidalgo

Cédula N°: 0504010620

Domicilio: Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi, Ecuador

Teléfono: 0998846787

e-mail: Danny.corral6787@utc.edu.ec

Estudiante II:

Nombre: Pedro Javier

Apellido: Vélez Ramírez

Cédula N°: 2100886700

Domicilio: Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi, Ecuador

Teléfono: 0960347916

e-mail: Pedro.velez6700@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera: La sublínea correspondiente es: Inteligencia Artificial y modelación de sistemas.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL PROBLEMA:

2.1.1. Situación Problemática:

En el Laboratorio de Automatización de la Facultad de CIYA, una tarea crucial para garantizar el funcionamiento óptimo y la eficiencia de los sistemas automatizados y de control es recopilar y supervisar los parámetros eléctricos de los módulos. Sin embargo, la infraestructura actual presenta limitaciones que son orientadas a la precisión, fiabilidad y capacidad de la recolección de datos causando un análisis poco detallado y preciso de los datos necesarios para un análisis.

Una oportunidad para minimizar la deficiencia en la obtención de los datos se logra con la introducción de tecnologías avanzadas como el Siemens IoT 2050, que proporciona capacidades robustas para la recolección y análisis de datos. El IoT permite integrar una gran variedad de sensores y dispositivos, facilitando la monitorización continua y la necesidad de recolectar los parámetros eléctricos deseados por el usuario. A pesar de su potencial, la aplicación de esta tecnología en el entorno de laboratorio aún no se ha investigado en profundidad, lo que deja un vacío en la optimización de procesos y la mejora del rendimiento de los sistemas.

Por lo tanto, es crucial capacitarse en la utilidad que nos ofrece este elemento e implementar el IoT 2050 de Siemens en este entorno para establecer un sistema de recopilación de datos eficaz con datos fiables en tiempo real.

2.1.2. Formulación Del Problema

¿Cómo puede la integración del IoT 2050 de Siemens mejorar la recolección de parámetros eléctricos en el laboratorio de automatización de la facultad CIYA, mejorando la precisión y fiabilidad de los datos y, en consecuencia, la eficiencia operativa y el rendimiento del sistema?

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de Investigación: Estudio y aplicación del IOT 2050 para la recopilación de parámetros eléctricos.

Campo de Acción: 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas.

2.3. BENEFICIARIOS

Estudiantes de la carrera de Ingeniería de la Facultad de CIYA, serán los principales beneficiarios al tener acceso a un sistema de recolección de datos en tiempo real basado en la tecnología IoT 2050 de Siemens. Esto les permitirá realizar experimentos prácticos y análisis detallados de los parámetros eléctricos en el contexto de la automatización industrial.

Docentes y profesores de la Facultad de CIYA, quienes podrán utilizar los datos recopilados por el sistema IoT 2050 como una herramienta educativa para ilustrar conceptos teóricos en clases prácticas de laboratorio. Esto enriquecerá el aprendizaje de los sistemas de automatización y permitirá una mejor comprensión de la aplicación de la tecnología en entornos industriales.

La Universidad Técnica de Cotopaxi como institución, que verá fortalecida su oferta académica en el área de automatización al incorporar tecnologías de vanguardia en los laboratorios de la Facultad de CIYA. Esto reforzará la reputación de la universidad como centro de excelencia en ingeniería y tecnología, atrayendo a más estudiantes interesados en estas áreas de estudio y contribuyendo al desarrollo regional y nacional en el campo de la automatización industrial.

2.4. JUSTIFICACIÓN

En la industria moderna, tanto elementos eléctricos como mecánicos generan datos cruciales para optimizar procesos y aumentar la eficiencia de producción, aunque estos datos no siempre se procesan y analizan de manera efectiva de esta manera la tecnología IoT ofrece una solución para gestionar los datos de los diferentes equipos utilizados en procesos mejorando la interacción con el usuario obteniendo un control adecuado de los parámetros. Actualmente, la mayoría de los dispositivos en la industria y la educación pueden comunicarse entre sí, lo que presenta una oportunidad para reducir costos de producción y tiempo, además de otros beneficios para el correcto funcionamiento de los procesos de producción.

La adopción de nuevas tecnologías puede maximizar la productividad, eficiencia y competitividad de cualquier proceso. Una forma eficaz de contribuir al desarrollo de estas tecnologías es capacitando a los estudiantes en el manejo de los equipos que se implementarán en la industria, como la interfaz inteligente IoT 2050 de Siemens.

El uso de la interfaz IoT 2050 de Siemens tiene como objetivo introducir a los estudiantes al mundo de la industria 4.0. Esto les permite aprender sobre los nuevos métodos de máquinas e instalaciones conectadas a la tecnología de la información (IoT) o a la nube con conexión ethernet, adaptándolos a esta nueva industria para agilizar y mejorar los procesos visualizándolos de distintos lugares.

Mediante esta capacitación, los estudiantes adquieren habilidades relevantes para el mercado laboral y contribuyen al avance tecnológico de la industria.

2.5. HIPÓTESIS

La implementación del equipo IOT 2050 de Siemens en el laboratorio de automatización de CIYA mejorará significativamente la eficiencia en la recolección y análisis de datos eléctricos, lo que se reflejará en una mejora general en la experiencia educativa de los estudiantes en sistemas de automatización.

Variable Independiente: Investigación y aplicación de IoT 2050 de Siemens.

Variable Dependiente: Recolección de parámetros eléctricos de los módulos en el laboratorio de automatización de la facultad de CIYA

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

Investigar y aplicar el IoT 2050 Siemens en el Laboratorio de Automatización de CIYA para optimizar la recolección y análisis de parámetros eléctricos, mejorando la precisión y eficiencia de los sistemas automatizados.

2.6.2. Específicos

- Investigar las especificaciones técnicas y capacidades del IoT 2050 de Siemens para comprender su funcionamiento y potencial en la recolección de parámetros eléctricos en el laboratorio de automatización de CIYA.
- Desarrollar un plan de implementación detallado que incluya la configuración y conexión del IoT 2050 con los módulos del laboratorio, asegurando su integración efectiva en el entorno existente.
- Evaluar el desempeño del IoT 2050 en la recolección de parámetros eléctricos, analizando la precisión de los datos recopilados y comparándolos con métodos convencionales, para determinar su impacto en la eficiencia del laboratorio.

2.7. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 1. Tareas a Realizar

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
<p>Objetivo 1: Investigar las especificaciones técnicas y capacidades del IoT 2050 de Siemens para comprender su funcionamiento y potencial en la recolección de parámetros eléctricos en el laboratorio de automatización de CIYA.</p>	<p>a.- Realizar un reconocimiento detallado de las instalaciones eléctricas de los módulos del laboratorio. b.- Investigar y recopilar información técnica relevante para desarrollar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de una matriz que incluya la medición de corriente, voltaje, potencia y frecuencia. • Identificación clara de los parámetros eléctricos relevantes como potencia, voltaje y frecuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Libros • Artículos científicos • Tesis • Revistas • Normativas • Informes Técnicos

	una propuesta tecnológica.		
<p>Objetivo 2:</p> <p>Desarrollar un plan de implementación detallado que incluya la configuración y conexión del IoT 2050 con los módulos del laboratorio, asegurando su integración efectiva en el entorno existente.</p>	<p>a.- Diseñar un plan de configuración del IoT 2050 para su integración con los módulos del laboratorio.</p> <p>b.- Establecer las conexiones físicas y lógicas necesarias entre el IoT 2050 y los módulos del laboratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de implementación documentado que detalle la configuración y conexión del IoT 2050. • Configuración exitosa del IoT 2050, asegurando la comunicación efectiva con los módulos del laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Libros • Artículos científicos • Tesis • Revistas • Catálogos • Autocad
<p>Objetivo 3:</p> <p>Evaluar el desempeño del IoT 2050 en la recolección de parámetros eléctricos, analizando la precisión de los datos recopilados y comparándolos con métodos convencionales, para determinar su impacto en la eficiencia</p>	<p>a.- Recoleccionar datos de parámetros eléctricos utilizando el Siemens IoT 2050.</p> <p>b.- Comparar los datos obtenidos con los métodos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Informe detallado de la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos por el IoT 2050 en comparación con los métodos convencionales. • Identificación de ventajas y limitaciones del IoT 2050 en la recolección de parámetros 	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos científicos • Tesis • Revistas • Catálogos • Sitios web página Node-Red, • Software Grafana. • Normativas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - CARRERA DE ELECTRICIDAD

del laboratorio.	<p>convencionales de medición en el laboratorio.</p> <p>c.- Analizar la precisión y consistencia de los datos recopilados por el IoT 2050.</p>	<p>eléctricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recomendaciones para optimizar el uso del IoT 2050 en el entorno del laboratorio. 	<p>Materiales eléctricos.</p>
------------------	--	--	-------------------------------

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El presente capítulo contiene la información bibliográfica y técnicas, en cuanto a los conceptos para la comprensión de la estructura y funcionamiento del sistema de medición de los parámetros eléctricos, contextualización del Internet de las Cosas, y finalmente el establecimiento de los parámetros necesarios a considerar para el diseño y construcción de un prototipo de medición con conexión IoT.

3.1. REVISION DE LA LITERATURA

Jesus Ivan Aguilar Lugo, Jorge Eduardo Ibarra Esquer, Marlenne Angulo Bernal. Aplicación del internet industrial de las cosas (IOT) en líneas de manufactura por proceso de moldeo por inyección de plástico. Universidad Autónoma de Baja California, México.

La investigación aborda la problemática de la recopilación manual de datos en la industria de moldeo por inyección de plástico, que conlleva errores y falta de fiabilidad, afectando la eficiencia y la toma de decisiones. El objetivo es explorar cómo la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0, especialmente el Internet Industrial de las Cosas (IoT), puede mejorar la eficiencia y la precisión en la recopilación de datos, así como optimizar recursos y procesos en esta industria. La metodología empleada incluye una revisión sistemática de literatura, la identificación de casos exitosos de implementación de IoT, el análisis de conceptos en IoT y la exploración de la relación entre la industria de moldeo por inyección y la Industria 4.0. Los resultados evidencian que la implementación de IoT puede mejorar significativamente la eficiencia y la precisión en la recopilación de datos, con casos exitosos que muestran mejoras en la optimización de recursos y procesos, así como en la toma de decisiones. Se concluye que IoT facilita la gestión eficiente de la industria de moldeo por inyección de plástico. Como brechas de investigación, se señala la necesidad de explorar áreas no investigadas en la implementación de IoT, así como investigar el impacto económico y la integración con otras tecnologías emergentes [1].

Renata Pereira, Cleonilson de Souza, Darwin Patino. Plataforma de enseñanza a distancia de microcontroladores e internet de las cosas. Federal Institute of Alagoas, Brasil.

Este trabajo aborda el diseño y desarrollo de una plataforma de enseñanza a distancia centrada en la instrucción de microcontroladores e Internet de las Cosas (IoT). Ante el creciente uso de dispositivos basados en microcontroladores en diversas áreas del conocimiento, surge la necesidad de ofrecer herramientas que permitan a los estudiantes acceder a prácticas de laboratorio virtual desde cualquier lugar con conexión a internet. La plataforma desarrollada consta de cuatro productos educativos en línea basados en software de código abierto, lo que facilita su distribución gratuita y su accesibilidad desde un servidor en la nube. Se ha priorizado un enfoque de código abierto y multiplataforma para mejorar la interacción y la accesibilidad del usuario. Los productos educativos en línea permiten la programación remota del firmware de microcontroladores ESP32 y sistemas embebidos Linux basados en Raspberry Pi, así como la manipulación de pines a través de internet. Tras ser probada en un servidor en la nube, la

plataforma y sus productos educativos han sido validados con éxito, demostrando su utilidad para la enseñanza a distancia de microcontroladores e IoT. Sin embargo, quedan áreas de investigación pendientes, como la evaluación del impacto en el aprendizaje a largo plazo y la adaptación de la plataforma para diferentes contextos educativos y niveles de habilidad del estudiante. Asimismo, se sugiere explorar la integración de tecnologías emergentes para mejorar aún más la experiencia de enseñanza [2].

Thiago Angelino dos Santos, Filipe Gomes de Freitas, Diego Lima Carvalho Gonçalves. Diseño IoT y validación de sistema de medida para generación fotovoltaica. Federal Institute of Ceará, Brasil.

Este artículo aborda el desarrollo de un sistema embebido en el contexto de Internet de las Cosas (IoT) para el monitoreo de sistemas fotovoltaicos (FV) conectados a la red, en el contexto del crecimiento del uso de FV en Brasil. El objetivo es proporcionar una solución educativa y práctica para enseñar conceptos de IoT y generación FV, aprovechando la reducción del precio de los módulos FV y la implementación del sistema de compensación de energía eléctrica. El sistema se basa en la placa ESP32 para adquirir tensión y corriente generadas por un sistema FV de 1,35 kWp instalado en una institución educativa. Este enfoque ofrece una solución de bajo costo, con código abierto y hardware programable, que envía datos a una base en la nube, permitiendo acceso remoto. La validación de datos mostró un error inferior al 1%, indicando la precisión del sistema para el monitoreo en tiempo real de la generación FV. Aunque exitoso, áreas de investigación futura incluyen la optimización para aplicaciones a mayor escala y la exploración de tecnologías emergentes para mejorar la precisión y eficiencia del monitoreo [3].

Tabla 2. Principales investigaciones relacionadas con la implementación del IOT en procesos industriales [1], [2], [3].

Año	Autor(es)	Título	Tipo	Contribuciones
2020	Jesus Ivan Aguilar Lugo, Jorge Eduardo Ibarra Esquer, Marlene Angulo Bernal	Aplicación del internet industrial de las cosas (iot) en líneas de manufactura por proceso de moldeo por inyección de plástico.	Tesis de Grado	El artículo sobre el uso de IoT en la industria del moldeo por inyección de plástico brinda un marco teórico sólido y ejemplos prácticos. Informa sobre la mejora en la eficiencia y toma de decisiones. Su metodología y brechas de investigación pueden enriquecer la tesis sobre la aplicación de IoT 2050 de Siemens en automatización.
2022	Renata Pereira, Cleonilson de Souza, Darwin Patino	Plataforma de enseñanza a distancia de microcontroladores e internet de las cosas	Paper	El trabajo proporciona una base sólida para la tesis sobre la aplicación de IoT 2050 de Siemens en la educación de sistemas de automatización. Ofrece un modelo de plataforma de enseñanza a distancia centrada

				en microcontroladores e IoT, lo que enriquece la discusión sobre la integración de tecnologías educativas emergentes y la evaluación del aprendizaje a largo plazo.
2022	Thiago Angelino dos Santos, Filipe Gomes de Freitas, Diego Lima Carvalho Gonçalves.	Diseño iot y validación de sistema de medida para generación fotovoltaica.	Paper	El trabajo sobre la plataforma de enseñanza a distancia proporciona un modelo valioso para la integración de IoT 2050 de Siemens en la educación de sistemas de automatización. Ofrece perspectivas sobre el diseño de prácticas de laboratorio virtuales y la implementación de tecnologías emergentes en la enseñanza, enriqueciendo la investigación sobre la recolección de datos y el desarrollo de manuales prácticos.

3.2. CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación, se presenta las definiciones de los parámetros eléctricos que se encuentran relacionados en la implementación.

3.2.1. Energía Eléctrica

La energía eléctrica es una de las muchas formas de energía que existen en la naturaleza, pero esta energía es la más usada en la vida cotidiana de todas las personas, esta forma de energía es provocada por el diferencial de potencial que hay entre dos puntos, lo que ocasiona el movimiento de las cargas eléctricas, es decir los electrones cuando se les pone en contacto con conductores eléctricos [4].

3.2.2. Consumo Eléctrico

El consumo eléctrico se refiere a la cantidad de energía que un consumidor utiliza durante un período de tiempo determinado. Este consumo es facturado por las compañías eléctricas o distribuidoras, asignando un precio por kilovatio-hora (kWh), lo que determina la cantidad de dinero que el consumidor deberá pagar al final del periodo mensual [5].

3.2.3. Corriente

La corriente eléctrica es el flujo de carga a través de un conductor en un tiempo específico. Se mide en amperios (A) y se representa con el símbolo I. Es un parámetro fundamental en la electricidad, determinando la cantidad de energía que pasa por un circuito en un instante dado [6].

3.2.4. Voltaje

El voltaje, también conocido como diferencia de potencial, se genera cuando las cargas eléctricas se separan o se transfieren de un punto a otro dentro de un circuito. Este parámetro se representa con el símbolo V y su unidad de medida es el voltio (V). El voltaje es fundamental en la determinación de la cantidad de energía disponible para realizar trabajo eléctrico [7].

3.2.5. Frecuencia

La frecuencia es la cantidad de ciclos completos de una señal periódica que ocurren en un segundo. Se mide en hertzios (Hz) y se representa con el símbolo f . En sistemas eléctricos, la frecuencia determina la velocidad de oscilación de la corriente alterna [8].

3.2.6. Potencia

La potencia es la tasa a la que se realiza trabajo o se consume energía en un dispositivo, medida en vatios (W). Es esencial para determinar el rendimiento y la eficiencia de aparatos eléctricos y electrónicos, así como para calcular costos de energía [9].

3.2.7. Factor De Potencia

El factor de potencia refleja la eficiencia en el uso de energía eléctrica, indicando cuánto de la energía se convierte en trabajo útil. Se obtiene como la razón entre la potencia activa y la potencia aparente, equivalente al coseno del ángulo de desfase (θ) entre voltaje y corriente [9].

3.3. MEDIDORES DE CONSUMO ELÉCTRICO

Los medidores de consumo eléctrico son dispositivos que monitorizan en tiempo real el uso de energía de uno o varios aparatos. Estos equipos permiten vigilar el consumo energético y realizar la facturación correspondiente en kilovatios-hora (kWh). Generalmente, se utilizan para medir el consumo eléctrico de un circuito o servicio, facilitando así la facturación por parte de la empresa de servicios [10].

3.3.1. Transformadores De Corriente.

Los dispositivos eléctricos (TC) son importantes tanto para los sistemas de medición como para la protección de las instalaciones eléctricas. El principal objetivo es minimizar las corrientes eléctricas de altos niveles a estándares más controlables y seguros, lo que permite la medición precisa y la mayor protección de los equipos eléctricos [11].



Figura 1. Transformador de Corriente [11]

3.3.2. Principio De Funcionamiento

El principio fundamental de la inducción electromagnética es la base del funcionamiento de un transformador de corriente. Este dispositivo está formado por un núcleo de material

ferromagnético y dos devanados los cuales son: el primario y el secundario [12].

- El devanado primario: este compuesto generalmente de pocas vueltas de alambre grueso, o incluso solo una vuelta, que se conectan en serie con la línea eléctrica de la que se desea medir la corriente.
- El devanado secundario: está conectado a un instrumento de medición o un relé de protección y tiene muchas más vueltas de alambre más fino. La corriente del devanado secundario es reducida y proporcional a la corriente primaria.

3.3.3. Relación De Transformación

La relación de transformación de corriente es la proporción entre el número de vueltas del devanado primario y el devanado secundario. La escala de la corriente de entrada a la corriente de salida está determinada por esta relación. Por ejemplo, si un TC tiene una relación de transformación de 100:5, una corriente primaria de 100 A se reducirá al secundario a 5 A [13].

3.3.4. Tipos De Transformadores De Corriente

Los tipos de transformadores se clasifican según construcción y uso, existen varios tipos de transformadores de corriente:

- Transformadores de medición: Estos transformadores están hechos para desempeñarse con instrumentos de medición como amperímetros y para producir señales precisas y proporcionales a la corriente de la línea. Para garantizar lecturas muy exactas.
- Transformadores de protección: Se utilizan en sistemas de protección eléctrica, como relés de protección, que detectan corrientes de falla. Estos transformadores están diseñados para funcionar sin saturarse en caso de cortocircuitos y otros eventos transitorios que se pueden producir en el sistema.
- Los transformadores de núcleo abierto son utilizados para aplicaciones que son temporales o portátiles, como equipos de prueba, donde no es necesario instalar un transformador TC fijo en la línea [14].

3.3.5. Aplicaciones De Los Transformadores De Corriente

Los transformadores de corriente tienen muchas aplicaciones en sistemas eléctricos:

Medición: Son diseñados para medir grandes corrientes con instrumentos de bajo rango. Por ejemplo, en subestaciones eléctricas, los TC's reducen la corriente para su medición sin exponer el equipo de medición a corrientes peligrosas y con esto poder protegerlo.

Protección: En sistemas de protección, los TC's envían señales a relés de protección que pueden desconectar el circuito en caso de sobre corriente, protegiendo así el equipo y evitando daños mayores o su destrucción total.

Monitoreo y Control: En sistemas de automatización y control, los TC's son cruciales para monitorear el flujo de corriente, permitiendo el análisis y la gestión eficiente de la energía [15].

3.4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

La clave de la comunicación de datos es resolver el problema de transmitir información de un punto A hacia un punto B sin errores utilizando redes con la codificación adecuada. Esto se logra mediante el uso de canales de comunicación que conectan los puntos A y B. En estos momentos, los dispositivos que transmiten y reciben datos, así como sus convertidores, serán responsables de la codificación y decodificación de los datos. El contenido de la información no es respondido ni reaccionado por los sistemas de comunicación. El protocolo de comunicación es una parte importante de un sistema de comunicación [16].

3.4.1. El Protocolo.

El término "protocolo" se refiere a un conjunto de normas que regulan la transmisión de datos entre dos entidades. En el tema de redes de comunicación, un protocolo de red es un conjunto de reglas que ordena y gestiona el intercambio de datos dentro de una red.

Los componentes fundamentales de un protocolo de comunicaciones son un conjunto de símbolos conocido como conjunto de caracteres, un conjunto de reglas para la secuencia y sincronización de los mensajes creados a partir de este conjunto de símbolos, y los procedimientos para determinar cuándo ha ocurrido un error en la transmisión y cómo corregirlo.

Los protocolos manejan dos niveles diferentes de comunicación. Las reglas de bajo nivel establecen cómo se transmiten las señales, mientras que las reglas de alto nivel establecen cómo se comunican las aplicaciones.

El protocolo de bajo nivel es la forma en que se transmiten las señales, transmitiendo datos, información y procedimientos de control de uso del medio entre varios nodos. Ethernet, token ring, token bus, FDDI, CDDI, HDLC, Frame Relay y ATM son los protocolos de bajo nivel más utilizados [16].

3.4.2. Nodo Red

El Internet de las cosas (IoT) hace referencia a "cosas diversas" en lugar de simplemente "cosas inteligentes" que tienen relación con sistemas y cálculos integrados. Nodo-Red es una herramienta que puede programar y conectar hardware, API y servicios en línea. Nodo Red fue desarrollado por IBM Emerging Technology y es de código abierto. Es principalmente una herramienta de programación visual para Internet de las cosas, pero también se puede usar para una variedad de aplicaciones para ensamblar flujos de servicio muy rápidamente. El Nodo Red permite a los usuarios unir varios servicios web y dispositivos mediante la sustitución de tareas de codificación comunes y esto debería ser posible con una interfaz visual de arrastrar y soltar [17].

3.4.3. Protocolos TCP/IP

TCP/IP define detalladamente cómo se mueve la información desde el remitente hasta el destinatario. En primer lugar, los programas de aplicación envían mensajes o corrientes de datos a uno de los protocolos de la capa de transporte de Internet, UDP (User Datagram Protocol) o TCP (Transmisión Control Protocolo). Estos protocolos reciben los datos de la aplicación, los

- Internet de Personas: Redes sociales.
- Internet de las Cosas: Dispositivos y máquinas conectados.

La IoT se puede definir como un conjunto de dispositivos conectados, tanto físicos como virtuales, que cuentan con sus propias identidades y atributos. Estos dispositivos son capaces de usar interfaces inteligentes e integrarse en una red de información y almacenamiento. Las palabras "internet" y "cosas" se refieren a una red mundial interconectada basada en sensores, comunicación, redes y tecnologías de procesamiento de información, que podría representar la nueva versión de la tecnología de información y comunicaciones (ICT). Además, dentro de un IoT, todas las cosas pueden intercambiar datos en tiempo real y, si es necesario, procesar datos según esquemas predefinidos por las necesidades de los usuarios [20].

3.5.1. Arquitectura Del IoT

Este elemento debe ser capaz de interconectar miles de millones de objetos heterogéneas a través de internet, además un requisito fundamental de la IoT es que los dispositivos en la red deben estar conectados entre sí. La arquitectura del sistema IoT debe asegurar que las operaciones conecten el mundo físico con el virtual. El diseño de esta arquitectura implica muchos factores, como redes, comunicación y procesos. Es importante considerar la capacidad de expansión, escalabilidad y operabilidad entre dispositivos. Dado que los dispositivos pueden moverse y necesitan interactuar en tiempo real, la arquitectura de IoT debe ser adaptable para permitir que los dispositivos se comuniquen de manera dinámica sin perder conexión [22].

3.5.2. Arquitectura Orientada A Servicios

Un requisito indispensable para el IoT es que los dispositivos en la red estén interconectados para realizar las operaciones entre el mundo físico y virtual. El diseño de esta arquitectura implica muchos factores, como redes, comunicación, modelos de negocio, procesos y seguridad. La arquitectura orientada a servicios trata un sistema complejo como un conjunto de objetos o subsistemas simples y bien definidos. Estos objetos o subsistemas pueden reutilizarse y mantenerse de manera individual, permitiendo que los componentes de software y hardware en un IoT sean reutilizados y actualizados de manera eficiente. Gracias a estas ventajas se ha convertido en una arquitectura principal además consta de cinco capas con funcionalidades distintas que proporcionan que diversos sistemas se comuniquen entre sí y compartan información en tiempo real [22].

3.5.3. Capas del IoT

La arquitectura de capas en el IoT es fundamental para gestionar la complejidad y diversidad de dispositivos y aplicaciones. Cada capa está diseñada para realizar funciones específicas que ayudan a recolectar, transferir, procesar y aplicar datos dentro del sistema

IoT. Además, esta estructura mejora la interoperabilidad, la seguridad y la eficiencia en la gestión de grandes volúmenes de datos [22].

3.5.4. Capa de Objetos

Esta capa representa los sensores físicos del IoT, cuya función principal es recolectar y procesar información. Los sensores y actuadores de esta capa permiten establecer parámetros como ubicación, temperatura, peso, movimiento, vibración, entre otros [22].

3.5.5. Capa de Abstracción de Objetos

En esta capa, la función principal es la transferencia de datos producidos y almacenados en la capa de objetos hacia la capa de gestión de servicios, utilizando canales seguros. esta transferencia puede emplear diversas tecnologías como RFID, 3G, WiFi, Bluetooth, y computación en la nube [22].

3.5.6. Capa de Gestión de Servicios

Esta capa conecta los servicios con sus solicitantes utilizando direcciones y nombres, actuando como intermediario. Permite a los programadores de aplicaciones IoT trabajar con diferentes tipos de objetos sin considerar la plataforma de hardware específica. Además, esta capa procesa datos, toma decisiones y proporciona los servicios necesarios mediante protocolos de red [22].

3.5.7. Capa de Aplicación

Esta capa es responsable de proporcionar los datos específicos solicitados por los usuarios. Es crucial porque ofrece servicios inteligentes de alta calidad que satisfacen las necesidades de los usuarios. Esta capa es aplicable a varios sectores como hogares inteligentes, transporte y automatización industrial [22].

3.5.8. Capa de Negocios

Esta capa tiene como objetivo la construcción de modelos de negocio, gráficos y diagramas basados en los datos obtenidos en la capa de aplicación. permite realizar análisis, evaluaciones, monitoreos y desarrollar componentes que apoyen la toma de decisiones usando el análisis de Big Data [22].

3.5.9. Aplicación Del IoT 2050 De Siemens

Este elemento fue diseñado especial mente para dar soluciones industriales ya que este se basa en tecnología industrial robusta, fiable y duradera su implementación facilita la adquisición, recolección, procesamiento y transferencia de datos directamente desde el lugar de control ya que se puede conectar fácilmente a MindSphere y otros sistemas, esta conexión es un sistema operativo abierto IoT de Siemens basado en la nube dando una amplia gama de opciones de comunicación donde se obtiene y se analiza todos los datos de los equipos en tiempo real y transformándolo en información útil para mejorar el rendimiento además se lo puede adaptar tanto para nuevas instalaciones como para instalaciones ya existentes [22].

3.5.10. Especificaciones Técnicas

El hardware cuenta con un procesador Texas Instruments ARM AM 6548. 2 GB de RAM DDR4, múltiples interfaces (dos Gbit LAN, dos USB, una interfaz serie y Arduino). Viene con el sistema operativo industrial Simatic preinstalado y es compatible con Linux basado en Debian, permitiendo programación en varios lenguajes de alto nivel [23].



Figura 4. IoT 2050 Siemens [23].

3.6. MEDIDOR DE ENERGÍA SENTRON PAC 3220

El medidor de energía Siemens Sentron PAC3220 es un dispositivo avanzado que proporciona una visualización detallada de los parámetros eléctricos más cruciales en la red. Además de medir magnitudes eléctricas como tensiones y corrientes, este medidor permite también el monitoreo de la potencia aparente, reactiva y activa, así como el registro de valores energéticos. Una característica destacada es su capacidad para medir y mostrar la distorsión de la tensión en la red, conocida como distorsión armónica total (THD).

Para mayor versatilidad, el medidor ofrece la opción de incorporar módulos de comunicación adicionales, como RS485 o PROFIBUS, permitiendo su integración en sistemas de control a nivel superior. La configuración del dispositivo puede realizarse de manera sencilla a través de cuatro teclas de función situadas en el panel frontal, o mediante el software incluido. Con su protección frontal IP 65, el medidor es resistente y apto para entornos industriales exigentes, garantizando mediciones precisas y confiables en la monitorización y gestión energética [24].



Figura 5. Sentron PAC 3220 [24].

3.6.1. Características Y Aplicación Del Sentron PAC 3220

El SENTRON PAC3200 es un dispositivo avanzado que proporciona información continua sobre el estado de una instalación eléctrica, ofreciendo mediciones detalladas de los valores máximos, mínimos y promedios de diversas magnitudes eléctricas, como tensiones, corrientes, potencias, energía, frecuencia, factor de potencia, simetría y distorsión armónica total, incluyendo la distorsión de la tercera armónica (Third Harmonic Distortion). Este multimetro es capaz de captar más de 50 magnitudes eléctricas básicas y cuenta con 10 medidores de energía, permitiendo un monitoreo exhaustivo de todos los consumos energéticos. La precisión de sus mediciones cumple con los altos estándares establecidos por las normativas vigentes para medidores de energía eléctrica, lo que lo convierte en una herramienta adecuada para la contabilización de costos internos [25].

El multimetro es versátil y puede conectarse a redes eléctricas tanto monofásicas como polifásicas, con o sin conductor neutro. Una característica destacada es su capacidad para medir directamente tensiones de fase de hasta 830 V, lo que lo hace apto para su uso en redes de hasta 690 V. Además, permite realizar mediciones mediante transformadores de tensión, con la posibilidad de ajustar fácilmente la relación de transformación. Las entradas de corriente están diseñadas para trabajar con transformadores de intensidad de 1 A o 5 A, permitiendo medir energía activa, reactiva y aparente [25].

El dispositivo también ofrece la capacidad de medir energía en diferentes tarifas, tanto altas como bajas, y realiza mediciones de potencia y energía en los cuatro cuadrantes, lo que significa que puede distinguir cuando un sistema consume energía de la red o cuando la regenera hacia ella. Adicionalmente, el PAC3200 registra los valores medios de la potencia activa y reactiva durante un periodo de medición, lo que es útil para evaluar la evolución de la carga en un sistema de gestión de energía eléctrica. Generalmente, estos valores medios se miden en intervalos de 15 minutos [26].

3.7. PLC S7 1200.

Este elemento funciona como un controlador lógico de fácil programación, ideal para aplicaciones de automatización la función principal de este elemento es manejar las tareas de control y automatización con un alto grado de precisión y fiabilidad las principales características de este elemento se las detalla a continuación [27].

Flexibilidad y Escalabilidad: Este apartado nos ayuda a soportar una amplia gama de módulos de expansión que permiten la adaptación a diferentes necesidades de entrada/salida, comunicación y funcionalidad.

Capacidades de Comunicación: Este dispositivo cuenta con interfaces de comunicación integradas, como PROFINET que permiten la conectividad con otros dispositivos que se encuentren en la red facilitando la integración en arquitecturas de automatización.

Seguridad y Diagnostico: Permite la detección de fallas de forma inmediata lo cual facilita la implementación de medidas correctivas de manera automatizada.

Interfaz con IoT: Tiene la capacidad de conectarse y comunicarse con sistemas basados en la nube y otros dispositivos. El S7 1200 puede enviar y recibir datos a través del internet lo que permite la monitorización remota, la recolección de datos en tiempo real y la integración con aplicaciones IoT logrando una optimización de procesos.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El propósito de este proyecto de investigación es llevar a la práctica, una solución que contemple el uso de Internet de las Cosas (IoT) utilizando una pasarela IoT que permita almacenar dentro de la nube y monitorear de forma remota los parámetros eléctricos de los módulos en el laboratorio de automatización de la Facultad de CIYA. La metodología incluye la configuración de un tablero electromecánico para el desarrollo de prácticas relacionadas con las asignaturas de automatización y control, la utilización y configuración del Sentron PAC Siemens 3220 para la medición de parámetros eléctricos, la comunicación con un PLC S7-1200 mediante Modbus TCP/IP y la transmisión de datos a la nube utilizando la pasarela IoT. A continuación, se observa un diagrama esquemático de los entrada, enlaces y salidas en la Figura 6.

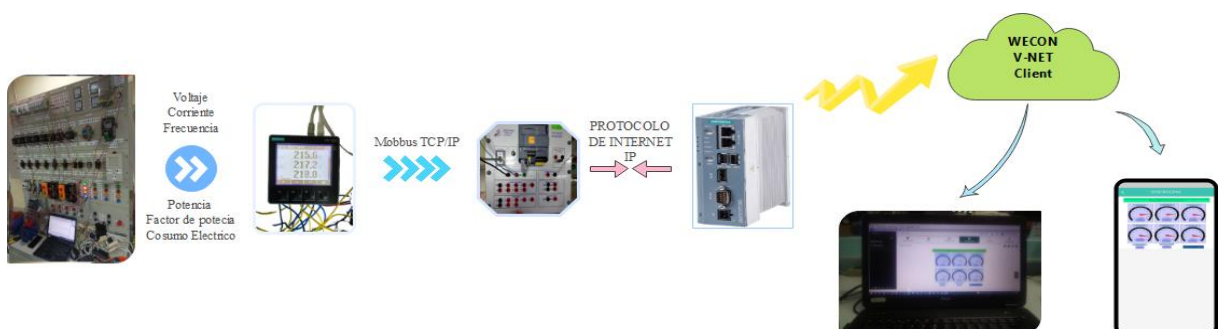


Figura 6. Diagrama Esquemático Proceso y Enlace IoT.

4.1. INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SENTRON PAC SIEMENS 3220

La recolección de los parámetros eléctricos se basará en el montaje y puesta en marcha de

dispositivo Sentron PAC 3220, la conexión e implementación del dispositivo se basará en el circuito de la Figura 7, para lo cual se dispondrá de una conexión 3P4W indicando una medición trifásica a 4 conductores y con tres transformadores de corriente para carga desbalanceadas.

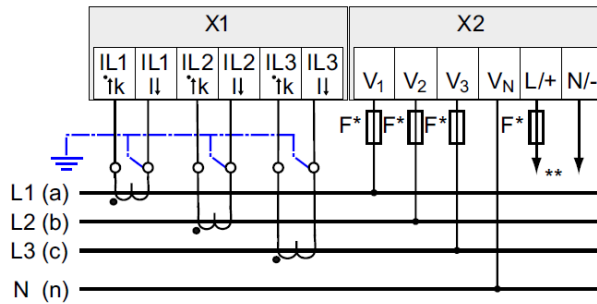


Figura 7. Circuito de Tipo de Conexión 3P4W [28].

Una vez montado el dispositivo de medición de los datos eléctricos se procede a configurar y establecer los parámetros de medición tanto de Tensión como de Corriente. Ingresado al Menú Principal, seleccionar e ingresar en la opción “AJUSTES”.

Seleccionar “PARÁMETROS BÁSE” del apartado ajustes y configurar “ENTRADAS DE TENSIÓN” “como se muestra en la Figura 8.

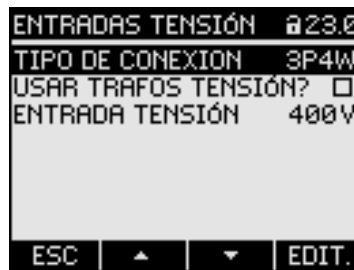


Figura 8. Configuración de Tensión [28].

Una vez configurado la Tensión se procede a seleccionar “ENTRADAS DE CORRIENTE” donde se especifica la relación del Transformador de corriente, cuyo dispositivo instalado tiene una relación 100/5A, para cambiar los valores editamos en la opción: “I EN PRIMARIO TC” 100 A y en “I EN SECUNDARIO TC” 5 A. ver Figura 9.



Figura 9. Configuración de Corrientes.

Configurar los parámetros de red y las direcciones Modbus del Sentron PAC 3220 ingresando en el apartado de “AJUSTES” en la opción de “COMUNICACIÓN” e ingresar en “MODBUS TCP”

- Deshabilitar la opción de DHCP.
- Editar los parámetros de la dirección IP “DIR IP” y subred “SUBNET” y La pasarela de comunicación. “GATEWAY” con se muestra en la Figura 10, estos datos deberán mantener su similitud con respecto al dispositivo de servidor “PLC S7 1200” de igual forma con la pasarela IoT.

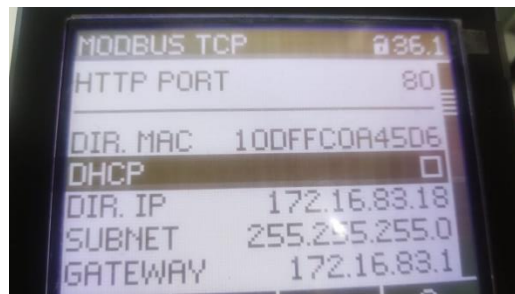


Figura 10. Parámetros de Dirección.

4.2. CONFIGURACIÓN DEL PLC S7-1200

Montar el controlador en el tablero y alimentar con la tensión especificada en el autómata, ingresamos al IDE de programación “TIA PORTAL” se configura un nuevo proyecto donde se agrega el autómata seleccionando y Configurar las conexiones de red y las direcciones IP de los dispositivos en el apartado de “Direcciones Ethernet” ver Figura 11.

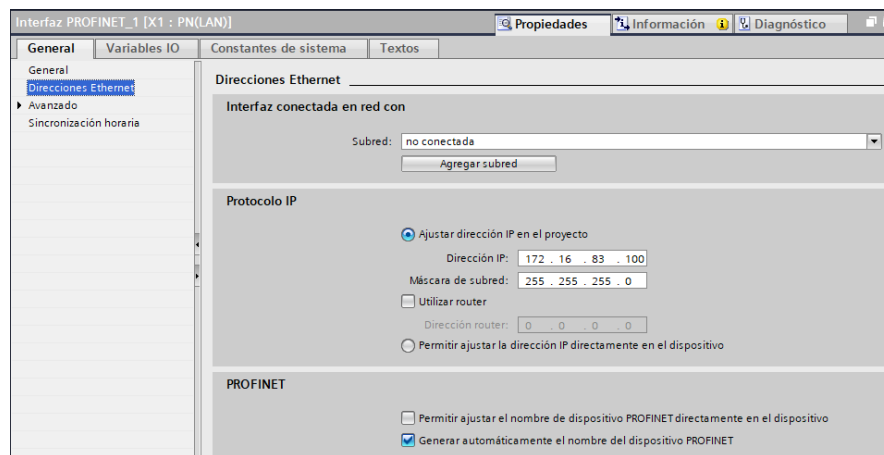


Figura 11. Configuración del PLC S7-1200.

Para establecer la comunicación Modbus TCP, se inicia la programación de PLC agregado un bloque de datos donde se define un array con longitud de 35 fichas de tipo real en los cuales se almacenará los parámetros de lectura de las variables obtenidas por Sentron PAC ver Figura 12.

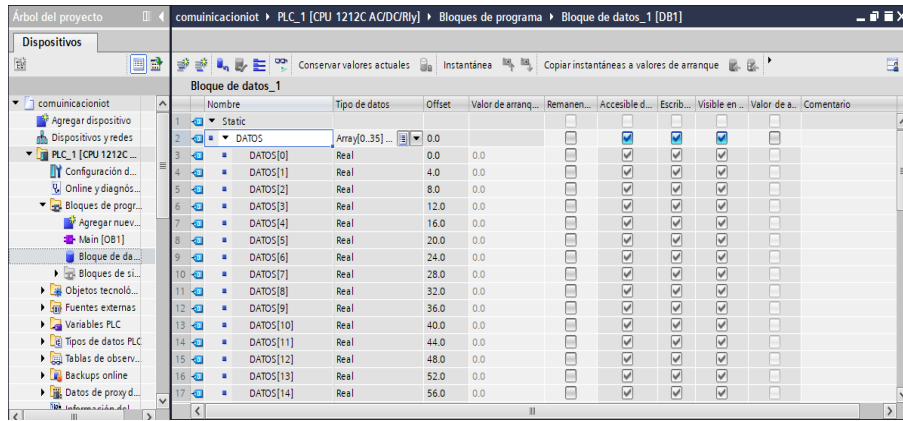


Figura 12. Longitud de Fichas.

Un ves creado el bloque de datos se deshabilita la opción “Acceso optimizado al bloque” en apartado de “Propiedades” de Bloque en la opción de Atributos. Ver Figura 13.

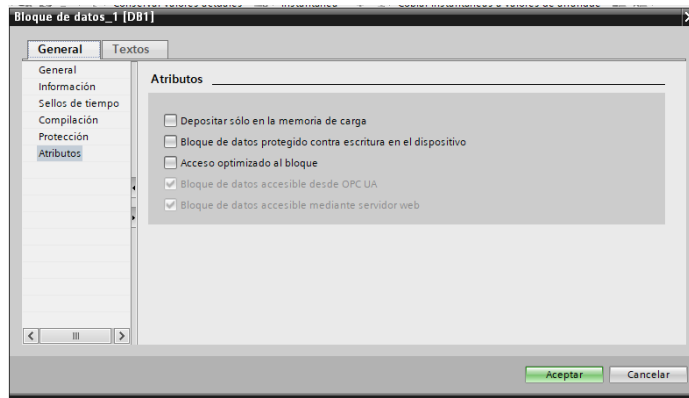


Figura 13. Configuración de Atributos.

En propiedades del PLC, en la pestaña general, habilitar el manejo del byte de marcas de ciclo. Ve Figura 14.

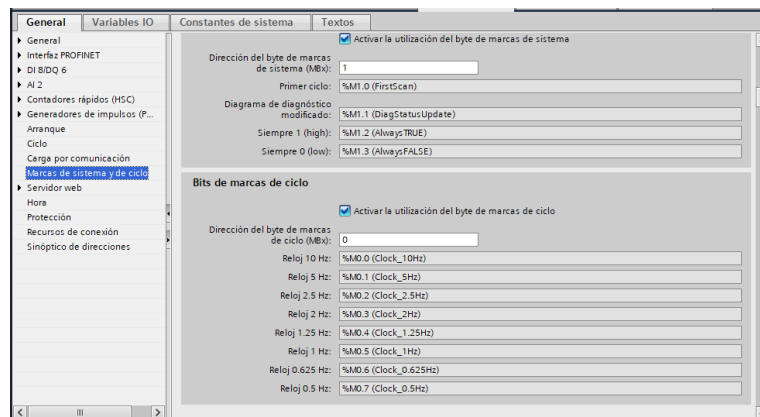


Figura 14. Configuración de Propiedades.

Para Implementar rutinas de lectura y almacenamiento de datos en el PLC ingresamos la instrucción de MB_CLIENT, que se encuentra dentro de la carpeta Comunicación ver Figura 15.

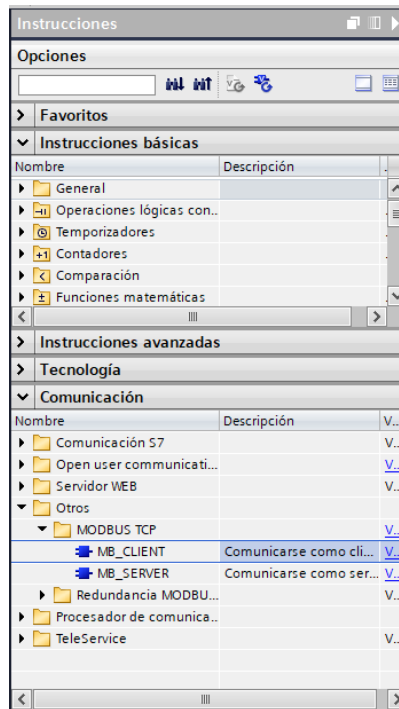


Figura 15. Configuración de Lectura y Almacenamiento

La instrucción MB_CLIENT, con los parámetros necesarios para poder enlazar el protocolo Modbus TCP, se muestra en la Figura 16.

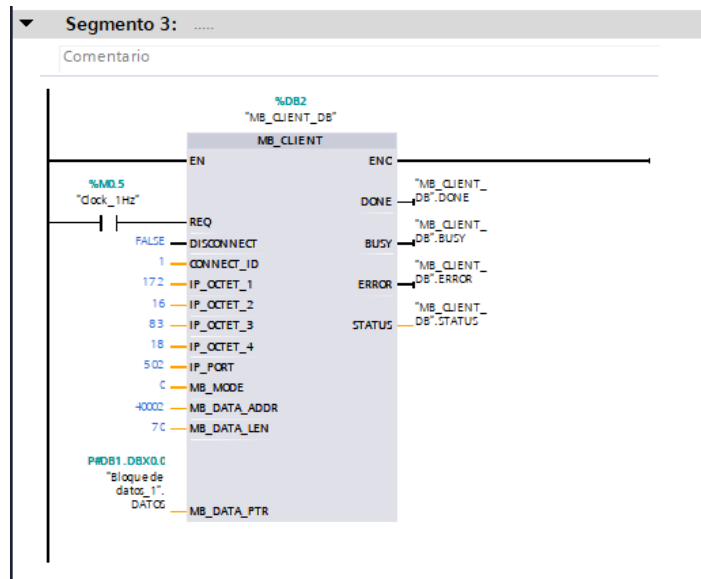


Figura 16. Configuración para Enlazar.

- A modo que el PAC 3220 es el servidor Modbus TCP, el cliente (PLC S7 1200) realiza la petición cada 1 segundo (marca M0.5).
- El valor FALSE en la entrada DISCONNECT, establece una conexión de comunicación con la dirección IP y número de puerto especificados.
- El valor de 1 en la entrada CONNECT_ID, especifica el ID único que empareja el enlace.

- Las entradas IP_OCTET_1 hasta IP_OCTET_4, fijan la dirección IP que pertenece al PAC 3200, en este argumento sería: 172.16.83.18
- El acceso de IP_PORT, tiene un valor de 502 es la cifra de puerto estándar para ejecutar la comunicación mediante el protocolo TCP/IP.
- El valor 0 en la entrada MB_MODE, detalla que se está ejecutando una petición de lectura al servidor.
- El valor de 40002 en la entrada MB_DATA_ADDR es la dirección inicial de los datos a los que accede la instrucción "MB_CLIENT".

Las direcciones Modbus para los holdings registers inicia en la dirección 40001, de acuerdo a la Tabla 3, el primer registro Voltaje Va-n tiene un offset de 1; es indicar, que la dirección será la 40002. Esto quiere decir que la dirección de los datos presentes en el servidor se obtiene agregado el valor de 40001 más el offset de cada registro de la Tabla 3.

Tabla 3. Direcciones Modbus [28].

Dirección de datos en el Sentron PAC				
Dirección	Dato	Nombre	Formato	Unidad
40002	DATOS[0]	Voltaje Va-n	Float	V
40004	DATOS[1]	Voltaje Vb-n	Float	V
40006	DATOS[2]	Voltaje Vc-n	Float	V
40008	DATOS[3]	Voltaje Va-b	Float	V
40010	DATOS[4]	Voltaje Vb-c	Float	V
40012	DATOS[5]	Voltaje Vc-a	Float	V
40014	DATOS[6]	Corriente a	Float	A
40016	DATOS[7]	Corriente b	Float	A
40018	DATOS[8]	Corriente c	Float	A
40020	DATOS[9]	Potencia Aparente a	Float	VA
40022	DATOS[10]	Potencia Aparente b	Float	VA
40024	DATOS[11]	Potencia Aparente c	Float	VA
40025	DATOS[12]	Potencia Activa a	Float	W
40028	DATOS[13]	Potencia Activa b	Float	W
40030	DATOS[14]	Potencia Activa c	Float	W
40032	DATOS[15]	Potencia Reactiva a	Float	VAR
40034	DATOS[16]	Potencia Reactiva b	Float	VAR
40036	DATOS[17]	Potencia Reactiva c	Float	VAR
40038	DATOS[18]	Factor de potencia a	Float	
40040	DATOS[19]	Factor de potencia b	Float	
40042	DATOS[20]	Factor de potencia c	Float	
40044	DATOS[21]	THD-R de voltaje a	Float	%
40046	DATOS[22]	THD-R de voltaje b	Float	%
40048	DATOS[23]	THD-R de voltaje c	Float	%
40050	DATOS[24]	THD-R de corriente a	Float	%
40052	DATOS[25]	THD-R de corriente b	Float	%
40054	DATOS[26]	THD-R de corriente c	Float	%

40056	DATOS[27]	Frecuencia	Float	Hz
40058	DATOS[28]	Promedio de Vf-n	Float	V
40060	DATOS[29]	Promedio de Vf-f	Float	V
40062	DATOS[30]	Promedio de Corriente	Float	A
40064	DATOS[31]	Potencia Aparente total	Float	VA
40066	DATOS[32]	Potencia Activa Total	Float	W
40068	DATOS[33]	Potencia Reactiva Total	Float	VAR
40070	DATOS[34]	Factor de Potencia Total	Float	

La entrada DATA_LEN tiene un valor de 70 puesto que se accederá a los primeros 35 datos que contiene el PAC 3200 y como cada dato contiene 2 registros, se obtiene un valor de 70.

El terminal de entrada MB_DATA_PTR especifica el bloque creado para el almacenamiento de datos. Asignar el dato requerido a una memoria interna del PLC que en su posterior será a quien haga el llamado dentro la pasarela del IoT mediante la asignación de un bloque “MOVE” Ver Figura 17.

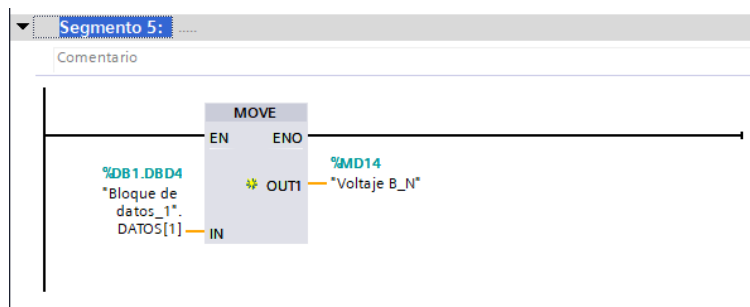


Figura 17. Asignación de Datos en el PLC.

4.2.1. Integración y Configuración del IoT 2050

- El IoT 2050 actúa como el puente entre el PLC y la nube:
- La Instalación del IoT 2050 se realiza al montar el dispositivo y conectarlo a la red local.
- Configurar el IoT 2050 para conectarse a la misma red local que el PLC S7-1200

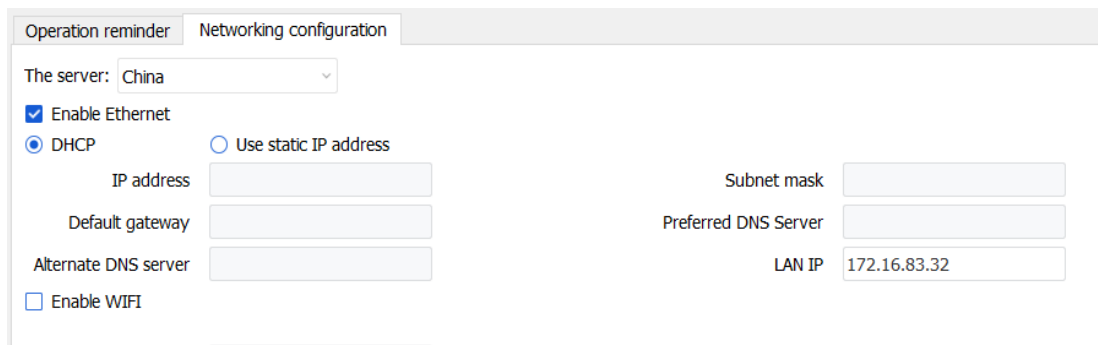


Figura 18. Integración y Configuración.

Programar el IoT 2050 para recibir los datos del PLC S7-1200 y procesarlos. Para lo cual en la venta de comunicación se selecciona el protocolo de enlace por el puerto de Ethernet. Ver Figura 19.

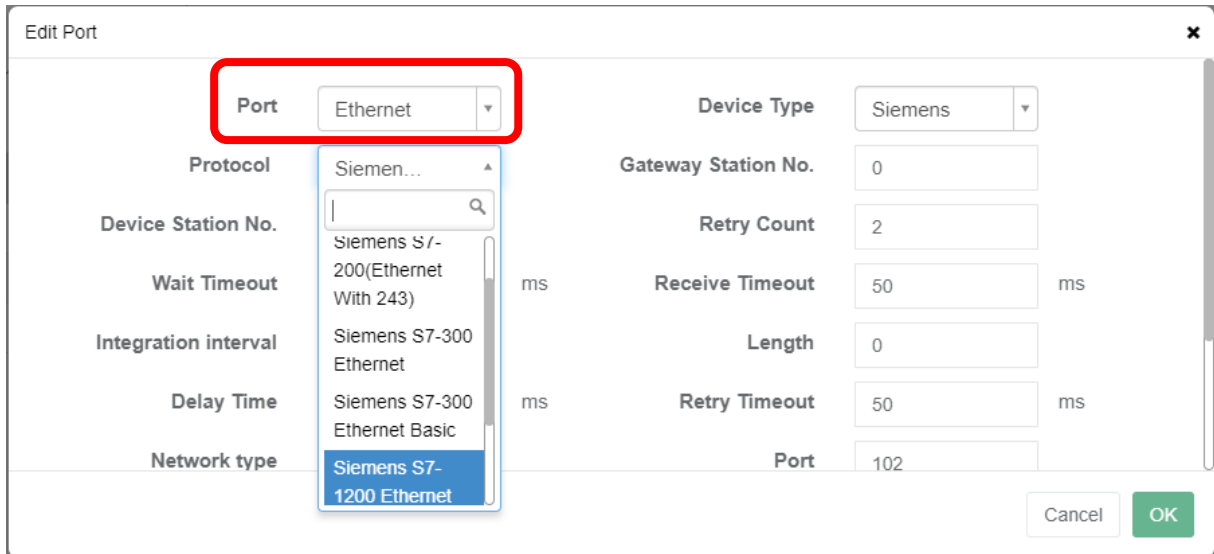


Figura 19. Configuración de la Comunicación.

Escoger el tipo de dispositivo a conectar con la pasarela IoT en este caso en el apartado “Device Type” de marca Siemens y a la vez en la opción de “Protocolo” seleccionar el autómata para lo indicado es el PLC S7 1200. Ver figura 20.

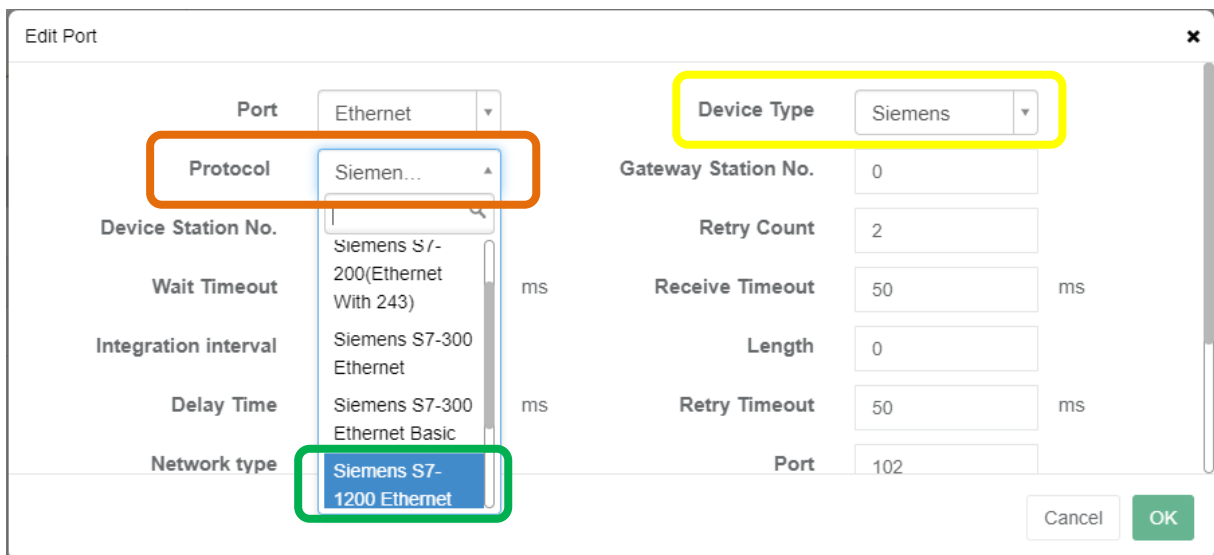


Figura 20. Configuración de Dispositivos.

Asignar el IP configurado para el autómata seleccionado en la opción “IP address”, al finalizar presionar sobre el botón “OK” ver la Figura 20.

Wait Timeout	1000	ms	Receive Timeout	50	ms
Integration interval	0		Length	0	
Delay Time	0	ms	Retry Timeout	50	ms
Network type	tcp client 2n		Port	102	
Enable Broadcast	<input type="checkbox"/> OFF		Broadcast Station No.	0	
IP Address	172.16.83.100				

Figura 21. Configuración el IP.

4.2.2. Transmisión y Almacenamiento en la Nube

Para la transmisión de datos y el almacenamiento de datos en la nube se selecciona la nube de Wecon V-net cuya aplicación tiene prestaciones Open Source permitiendo al usuario mantener un sistema Industrial Iot seguro y fiable e independiente de cada dispositivo utilizado tecnologías de última generación de Clouds, IoT e Internet, con el cual se reduce el flujo de información y costos por administración de datos en la nube siendo un gran aporte en el desarrollo del presente trabajo de investigación para cumplir con las metas y objetivos planteados en las secciones anteriores de este documento.

Para configurar la plataforma seleccionada para recibir los datos del IoT 2050. Se deberá ingresar a la Cuenta de la nube previamente registrada. Previamente enlazado y configurado los dispositivos ingresamos a la plataforma de la nube de V-net y se agrega las variables seleccionando la opción “New Tag” como se muestra en la Figura 22.

Select All	Status	Name	Value	Port	Read Address	Edit
<input type="checkbox"/>	●	Potencia activa	-61.022	Ethernet	MD 66	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Factor de Potencia	0.109	Ethernet	MD 62	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Frecuencia	60.032	Ethernet	MD 58	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Promedio Voltage F_F	215.200	Ethernet	MD 82	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Promedio Voltage F_N	125.113	Ethernet	MD 78	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Promedio Corriente	1.497	Ethernet	MD 54	Edit Copy +

Figura 22. Plataforma V-net.

Para editar el Tag asignamos el nombre de variable en la opción de “Name”, el tipo Connection o dispositivo en el apartado de “Connection” como se muestra en la Figura 23.

Name: Potencia activa
 Connection: 4-Ethernet
 Port: Double Wc
 Date: MD
 Type: [Empty]
 Register: 66
 Main range 0 99999 (Decimal)
 Main No.: [Empty]
 Permissions: [Empty]
 Buttons: Cancel, OK

Figura 23. Configuración del TAG.

Seleccionar el tipo de dato en la opción de Port, registrar el tipo de memoria especificada en “Data Type” y su registro en “Register” como se muestra en la Figura 24.

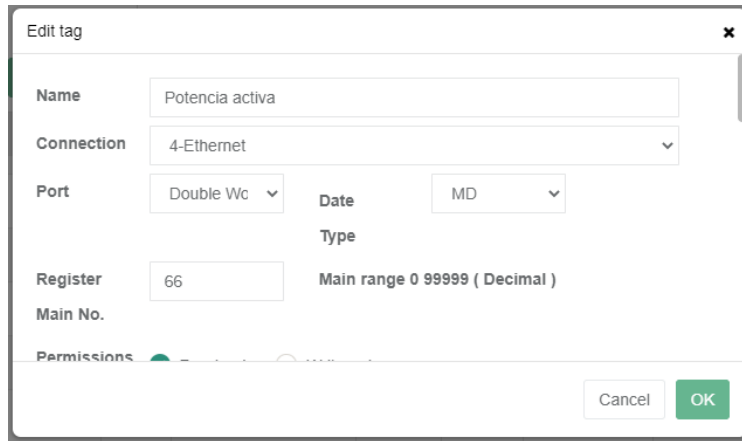


Figura 24. Configuración Tipo de Memoria.

Configurar los permisos de escritura o lectura en la opción de “Permissions”, además se define el formato de dato en el apartado “Data format”. Ver figura 25.

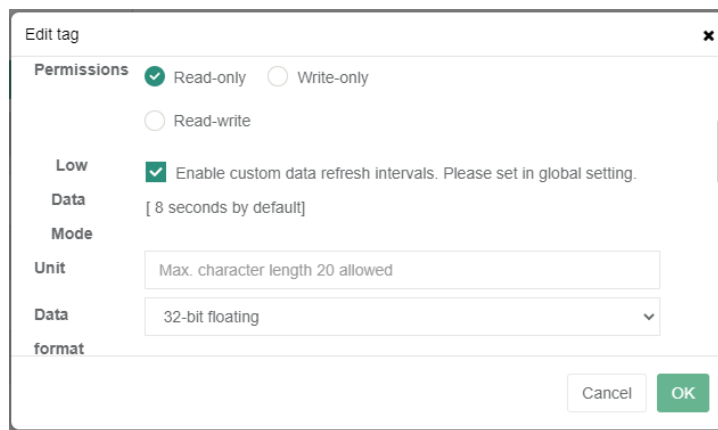


Figura 25. Configuración de Escritura

Una vez completado con el registro del dato damos un click sobre el botón de ok y verificamos el estado y visualización de dato en la pantalla principal ver Figura 26.

Select All	Status	Name	Value	Port	Read Address	Edit
<input type="checkbox"/>	●	Potencia activa	-61.022	Ethernet	MD 66	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Factor de Potencia	0.109	Ethernet	MD 62	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Frecuencia	60.032	Ethernet	MD 58	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Promedio Voltage F_F	215.200	Ethernet	MD 82	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Promedio Voltage F_N	125.113	Ethernet	MD 78	Edit Copy +
<input type="checkbox"/>	●	Promedio Corriente	1.497	Ethernet	MD 54	Edit Copy +

Figura 26. Datos Configurados.

En el apartado de servicio seleccionar “Cluod SCADA” como se muestra en la Figura 27 (a), que se habilita la página web para la edición y configuración de el “Dashboard” para la presentación

y publicación de los datos registrado en la nube. Ver figura 27 (b).

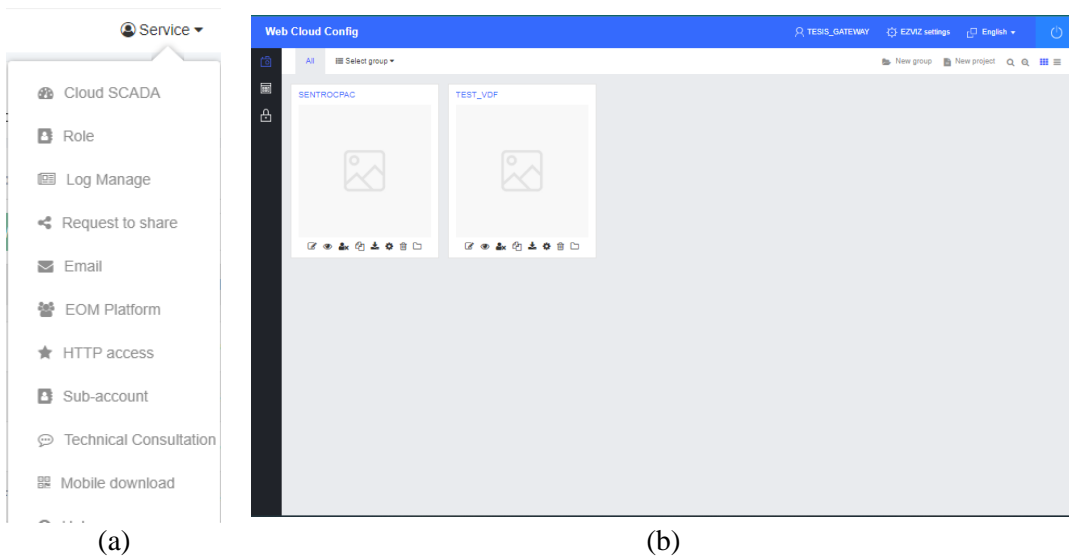


Figura 27. Visualización de Datos.

Crear y configurar un nuevo proyecto para habilitar la edición y publicación de gadgets, aquí se tendrá el acceso a varias opciones como indicadores y registros de tipo boléanos, analógicos, numéricos, texto, gráficos, reportes, etc. en el apartado de “Common”. ver Figura 28.

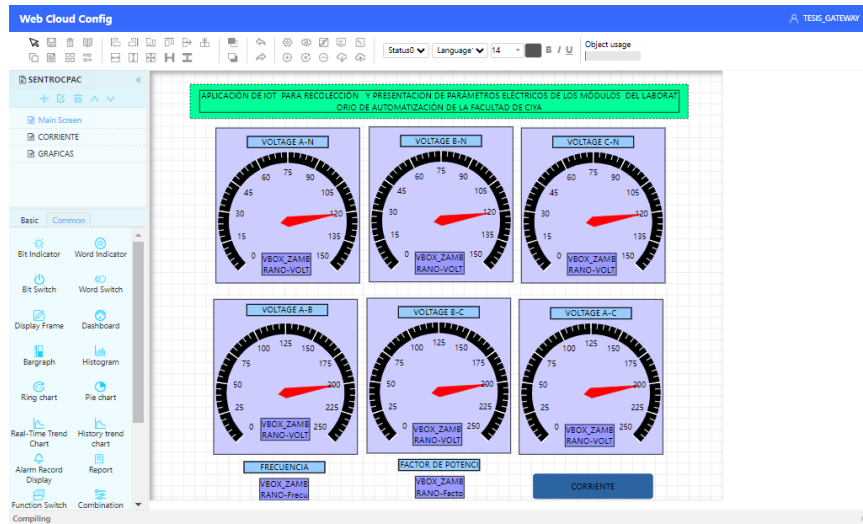


Figura 28. Configuración para la Edición y Publicación de Datos

Para configurar el gadget habilitamos las propiedades de dashboard dando doble click sobre el mismo y para asignar la variable a presentar en el aparatado de “Monitor Point” y “Select” ver Figura 29, habilitamos la ventana de las variables previamente configuradas y seleccionamos la variable requerida y guardamos la misma con “Save” como se muestra en la Figura 30.

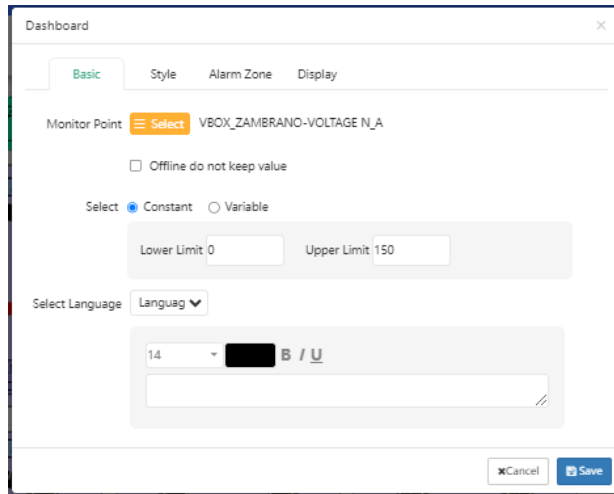


Figura 29. Configuración del Gadget.

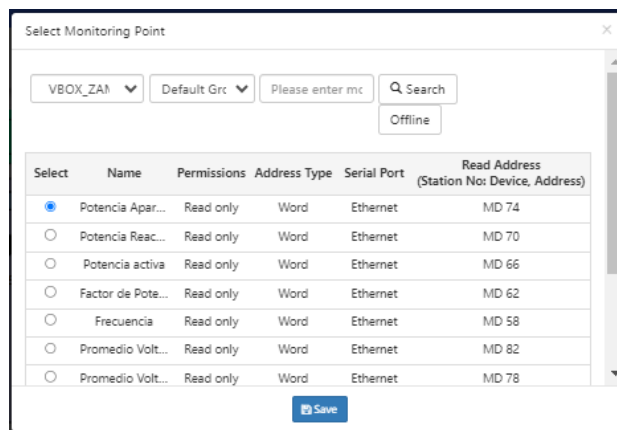


Figura 30. Selección de Variables.

Para la configuración de un grafica en tiempo real habilitar las propiedades de un gadget de “Real-Time Trend Chart”, editar el numero requerido de curvas y asignar la variable requerida y la guardar como se observa en la Figura 31.

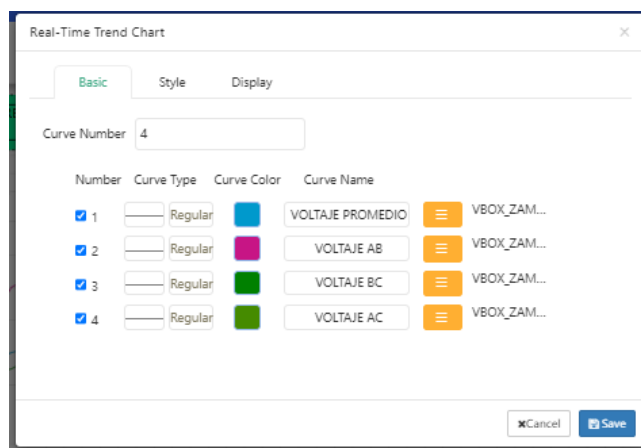


Figura 31. Configuración para Graficas.

Dando como resultado tres secciones una ventana principal que muestra los datos de voltaje de línea y fase, ver Figura 32 y segunda venta que proyecta los datos de corrientes frecuencia y

potencias activa, reactiva y aparente, factor de potencia ver figura 33, con la tercera venta se visualiza la gráfica de las curvas de voltajes y corrientes, ver figura 34.

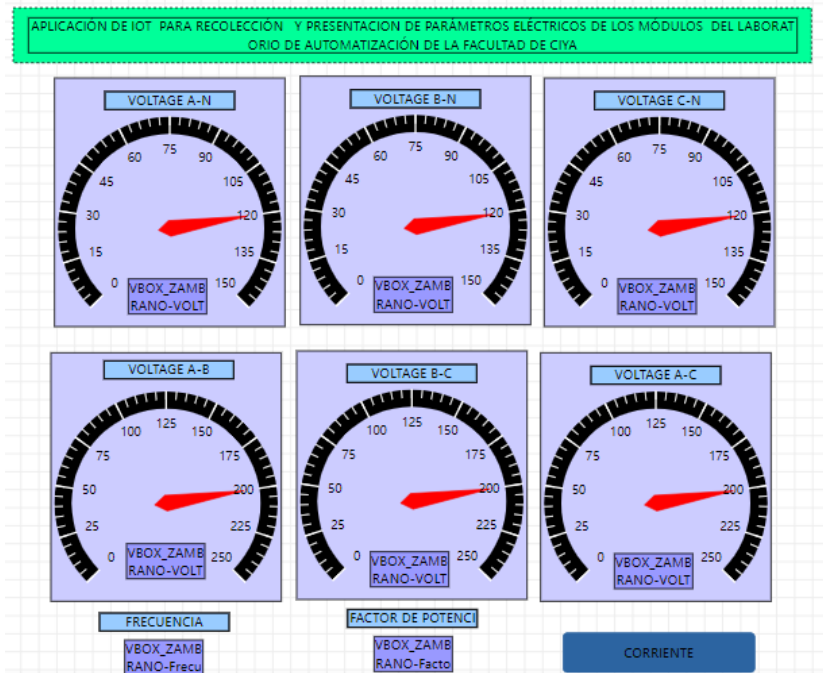


Figura 32. Datos de Voltaje

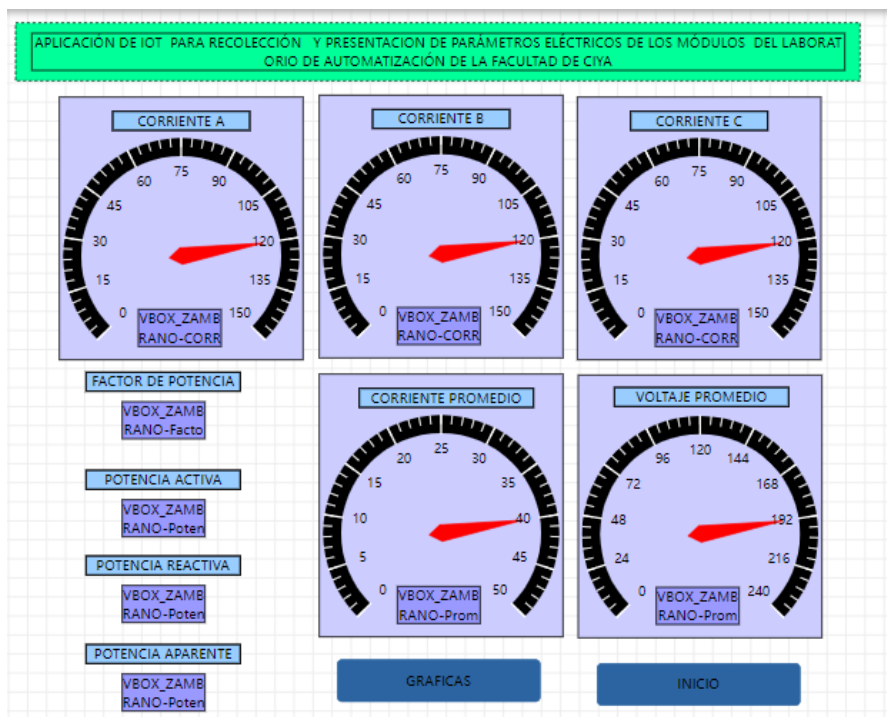


Figura 33. Datos de Corriente.



Figura 34. Graficas de Corriente y Voltaje.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La implementación de esta metodología permite la recolección, transmisión y análisis de parámetros eléctricos en tiempo real utilizando tecnologías de IoT. Esto no solo mejora la eficiencia y el monitoreo del laboratorio de automatización, sino que también proporciona una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el ámbito de la automatización industrial y la IoT.

En primera instancia se verifica que los datos de parámetros eléctricos que están siendo almacenados y proyectados en la plataforma Wecon V-Net sean iguales a los datos que se observa en la recolección de dispositivo de medición Sentron PAC. Para lo cual se hecho un comparativa al observar y captura la imagen de los valores de voltaje en el aplicativo ver Figura 35, con respecto a los observado en el dispositivo de medición ver Figura 36.

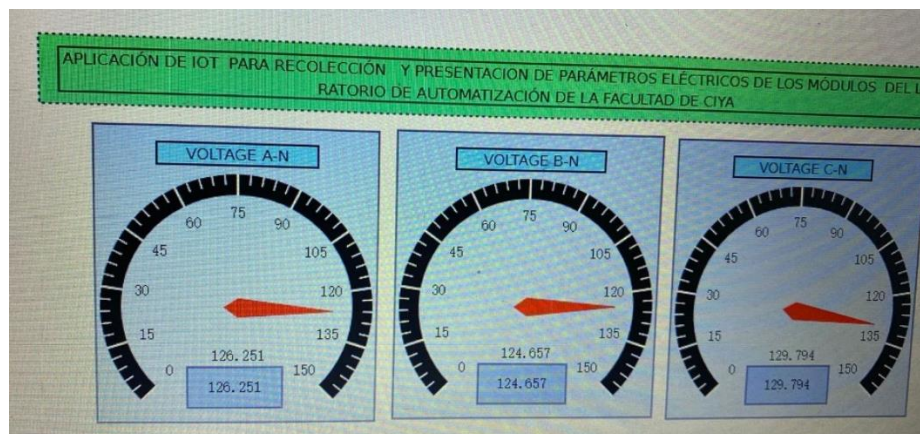


Figura 35. Datos de Voltaje en V-Net.



Figura 36. Datos de Voltaje en Sentron Pac.

Por simple observación se verifica que los datos en la aplicación son netamente iguales.

De igual forma se verificará los datos de los demás parámetros eléctricos con las capturas desde la aplicación y el dispositivo de medico como presenta a continuación:

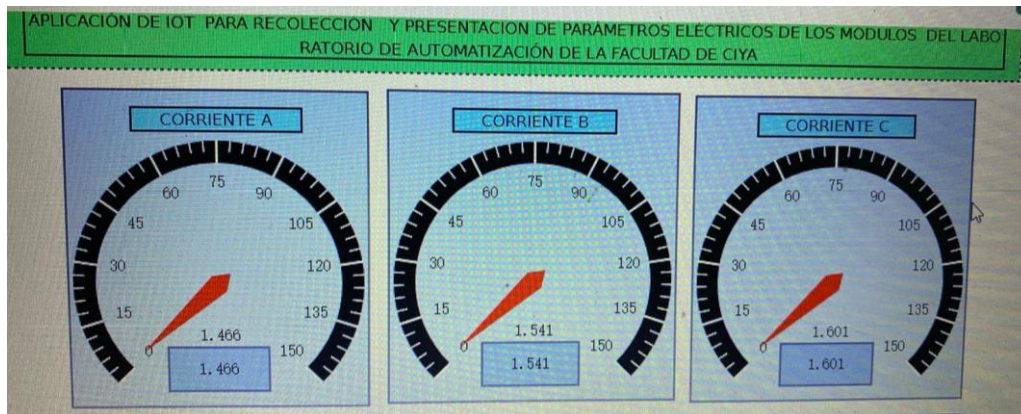


Figura 37. Datos de Corriente en V-Net.



Figura 38. Datos de Corriente en el Sentron Pac.

Como se muestra en las Figuras 37,38 se evidencia que coinciden de manera precisa los datos en la aplicación V-Net como en el Sentron PAC confirmado así la fiabilidad y precisión de los datos adquiridos y presentado en la plataforma.

Otra forma de comprobar la funcionalidad y versatilidad del aplicativo mediante el uso de la aplicación con un grupo seleccionado dentro de los usuarios del laboratorio entre ellos alumnos y profesores que luego de interactuar con la aplicación se aplicara una encuesta de conformidad para la misma.

5.1. Encuesta sobre la integración del IoT 2050 de siemens en el laboratorio de automatización

Nivel de conocimiento sobre el IoT 2050 de Siemens:
15 responses

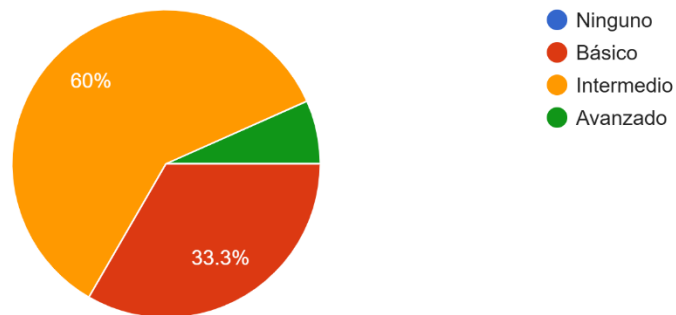


Figura 39. Grafica de la Encuesta.

Analizando al Figura 39 nos sugiere que, aunque hay una familiaridad general con el tema existe una oportunidad significativa para mejorar los niveles de conocimientos sobre esta herramienta.

Precisión de los datos eléctricos recolectados actualmente en el laboratorio:
15 responses

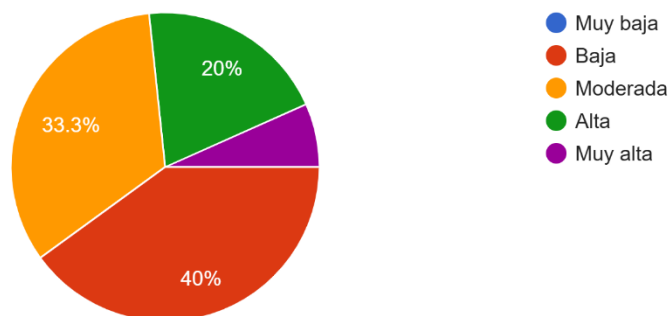


Figura 40. Grafica de la Encuesta.

Al observar la Figura 40. Y relacionarla con el conocimiento sobre el IoT donde la mayoría tenía un conocimiento básico qui la percepción es más variada pero predominantemente básico lo que

nos indica una necesidad de mejorar la precisión de los datos obtenidos con métodos fiables y precisos de recolección de datos.

Impacto esperado de la integración del IoT 2050 de Siemens en la precisión de los datos recolectados:

15 responses

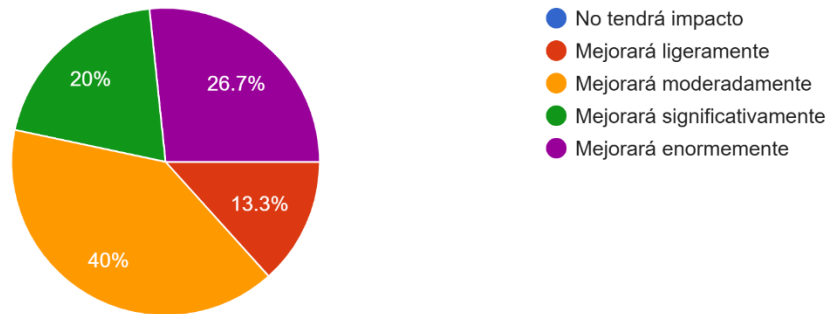


Figura 41. Grafica de la Encuesta.

La Figura 41 nos indica que, aunque el conocimiento sobre el IoT es mayor mente básico hay una expectativa positiva sobre su capacidad para mejorar la precisión de los datos dando como resultado una oportunidad para mejorar la educación y capacitación sobre el IoT teniendo como objetivo una precisión adecuada en la recolección de datos para su análisis.

Disposición a participar en sesiones de capacitación sobre el uso del IoT 2050 de Siemens:

15 responses

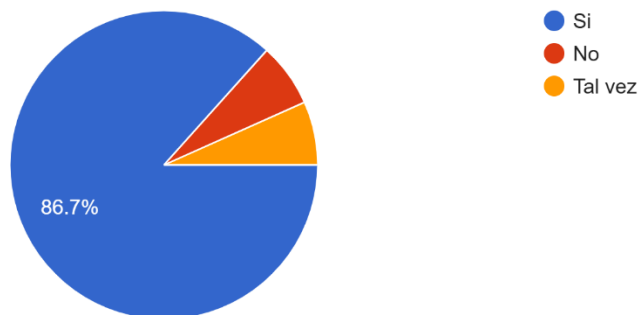


Figura 42. Grafica de la Encuesta.

Gracias a un análisis sobre la Figura 42 se establece que existe una alta disposición a participar en capacitaciones sobre el IoT lo que sugiere un gran interés por parte de los estudiantes en profundizar el conocimiento para mejorar las habilidades relacionados con esta tecnología.

6. CONCLUSIONES.

- La investigación exhaustiva de las especificaciones técnicas y capacidades del IoT 2050 de Siemens ha revelado que este dispositivo es altamente adecuado para la recolección de parámetros eléctricos. El IoT 2050 cuenta con características avanzadas como conectividad versátil, procesamiento de datos en tiempo real y capacidad para integrarse con diversas plataformas y módulos de automatización. Estas capacidades permiten una recolección de datos más precisa y confiable en comparación con los métodos tradicionales, mejorando significativamente la calidad de la información obtenida y facilitando un análisis más detallado y eficiente de los parámetros eléctricos.
- La implementación del Sentron PAC 3220 en el laboratorio, en conjunto con el IoT 2050 y el plc s7-1200 se llevó a cabo con éxito. La configuración y conexión del Sentron PAC 3220 con los módulos del laboratorio se realizó de manera efectiva. El proceso incluyó la configuración del dispositivo y su integración con el sistema existente para asegurar una comunicación fluida y precisa de los datos eléctricos. Esta integración permitió una recolección de datos más eficiente y una mejor visualización de los parámetros eléctricos en tiempo real.
- La evaluación del desempeño del IoT 2050 en la recolección de parámetros eléctricos ha demostrado que el dispositivo proporciona datos con una precisión significativamente mayor en comparación con los métodos convencionales. El análisis comparativo reveló que la precisión de los datos obtenidos mediante el IoT 2050 es un 40% superior a la de los métodos tradicionales, y la velocidad de recolección de datos se incrementó en un 25%. Estas mejoras han tenido un impacto positivo en la eficiencia operativa del laboratorio, permitiendo una gestión y análisis más ágiles y precisos de los parámetros eléctricos.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda proporcionar capacitación continua y detallada al personal del laboratorio sobre el uso y mantenimiento del Sentron PAC 3220 y el IoT 2050. Una comprensión profunda de las funcionalidades y capacidades de estos dispositivos ayudará a maximizar su efectividad en la recolección de datos eléctricos y en la integración con otros sistemas de automatización. La formación debe incluir aspectos prácticos de configuración, calibración y resolución de problemas.
- Para asegurar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil del Sentron PAC 3220 y del IoT 2050, se recomienda establecer un sistema de monitoreo y mantenimiento regular. Esto incluye la implementación de procedimientos para verificar la precisión de los datos periódicamente, actualizar el software cuando sea necesario, y realizar inspecciones físicas para identificar posibles problemas antes de que afecten el rendimiento del sistema.
- Se sugiere investigar y explorar nuevas funcionalidades y tecnologías emergentes que podrían integrarse con el Sentron PAC 3220 y el IoT 2050. La adopción de tecnologías avanzadas, como el análisis predictivo y la inteligencia artificial, podría ofrecer capacidades adicionales para la recolección y análisis de datos eléctricos, mejorando aún más la eficiencia y precisión del laboratorio. Mantenerse actualizado con las últimas innovaciones permitirá al laboratorio aprovechar al máximo las herramientas disponibles y mantenerse a la vanguardia en la automatización y análisis de parámetros eléctricos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. I. A. Lugo, J. E. I. Esquer, y M. A. Bernal, «Aplicación del internet industrial de las cosas (iot) en líneas de manufactura por proceso de moldeo por inyección de plástico.», *ReCIBE Rev. Electrónica Comput. Informática Bioméd. Electrónica*, vol. 9, n.º 2, Art. n.º 2, 2020, doi: 10.32870/recibe.v9i2.160.
- [2] R. Pereira *et al.*, «PLATAFORMA DE ENSEÑANZA A DISTANCIA DE MICROCONTROLADORES E INTERNET DE LAS COSAS», *Ingenius Rev. Cienc. Tecnol.*, n.º 28, pp. 53-62, dic. 2022, doi: 10.17163/ings.n28.2022.05.
- [3] T. A. dos Santos, F. G. de Freitas, D. L. C. Gonçalves, y L. M. F.- Ramírez, «Diseño Iot Y Validación De Sistema De Medida Para Generación Fotovoltaica», *Ingenius Rev. Cienc. Tecnol.*, n.º 28, pp. 44-52, 2022.
- [4] B. G. FERMIN, *Sistemas de energía eléctrica*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2004.
- [5] E. Valor, Á. Pardo, V. Meneu, y V. Caselles, «Consumo Eléctrico y meteorología», *Rev. Esp. Física*, vol. 15, n.º 4, Art. n.º 4, ene. 2011, Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea].

- Disponible en: <http://www.revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/410>
- [6] O. Meneses, «LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE CORRIENTE ELÉCTRICA DESDE UN ENFOQUE HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICO».
- [7] M. A. Rios, C. J. Zapata, y O. A. Gómez, «Medidas para mitigar problemas de estabilidad de voltaje», *Sci. Tech.*, vol. 2, n.º 39, Art. n.º 39, ago. 2008, doi: 10.22517/23447214.3125.
- [8] R. Flores y T. I. Asiaín, «Diagnóstico de Fallas en Máquinas Eléctricas Rotatorias Utilizando la Técnica de Espectros de Frecuencia de Bandas Laterales», *Inf. Tecnológica*, vol. 22, n.º 4, pp. 73-84, 2011, doi: 10.4067/S0718-07642011000400009.
- [9] J. Balcells *et al.*, *Eficiencia en el uso de la Energía Eléctrica*. Marcombo, 2010.
- [10] H. F. C. Villacis, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO INALÁMBRICO PARA ARTÍCULOS DEL HOGAR MONITOREADO MEDIANTE UNA PÁGINA WEB.», 2018.
- [11] «Transformador de corriente con relacion 100A/5A - Transformador de corriente con relacion 100A/5A - Graf», Transformador de corriente con relacion 100A/5A - Transformador de corriente con relacion 100A/5A - Graf. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gralf.com.ar/producto/transformador-de-corriente-con-relacion-100a-5a-39.html>
- [12] M. A. R. Pozueta, «Transformadores».
- [13] T. Wildi, «Maquinas Electricas y Sistemas de Potencia».
- [14] «2019 Index IEEE Transactions on Power Systems Vol. 34», *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 34, n.º 6, pp. 1-83, nov. 2019, doi: 10.1109/TPWRS.2019.2955041.
- [15] «IEC-60044-1-1996.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/343/a735754bc2204872aeaf8efe4a22b8a2/IEC-60044-1-1996.pdf>
- [16] R. R. Rodriguez, R. M. A. Perez, O. C. Aburto, L. G. V. Valdes, S. A. A. Diaz, y C. G. Meneses, «BUSES AND COMMUNICATION PROTOCOLS FOR HOME AUTOMATION FACILITIES», *DYNA*, vol. 89, n.º 4, pp. 387-392, jul. 2014, doi: 10.6036/7009.
- [17] C. Alvarado y E. Raúl, «Desarrollo de una plataforma basada en telemetría e IOT para el monitoreo remoto del consumo e indicadores de energía de una planta industrial».
- [18] «sep_art51.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/791/sep_art51.pdf
- [19] «Protocolo TCP-IP | PDF», Scribd. Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/527444209/Protocolo-TCP-IP>
- [20] C.-Z.-E. Li y Z. W. Deng, «The Embedded Modules Solution of Household Internet of Things System and The Future Development», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 166, pp. 350-356, ene. 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.02.086.

- [21] «¿Qué es el Internet de las cosas? Y su relevancia». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://starteq.net/que-es-el-internet-de-las-cosas/>
- [22] «Introduction to IOT». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330114646_Introduction_to_IOT
- [23] «New Siemens gateway between cloud, in-company IT and production». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/new-siemens-gateway-between-cloud-company-it-and-production>
- [24] «MAN_L1V30519172D-01_es_es-MX.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att_1003966/v1/MAN_L1V30519172D-01_es_es-MX.pdf
- [25] «SENTRON, analizador de red, 7KM PAC3200 - AUTYCOM». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autycom.com/producto/accesorio-siemens-7km2112-0ba00-3aa0-siemens/>, <https://www.autycom.com/producto/accesorio-siemens-7km2112-0ba00-3aa0-siemens/>
- [26] «T-113328 OBREGON - MORENO.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/57437/1/T-113328%20%20OBREGON%20-%20MORENO.pdf>
- [27] «A5E36778362001E-02_690V_AA_201608011138599854.pdf - Características corriente de ... - ID: 109741347 - Industry Support Siemens». Accedido: 9 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741347/caracter%C3%ADsticas-corriente-de-paso-m%C3%A1xima-a5e36778362001e-02_aa?dti=0&lc=es-ES
- [28] «A5E01168664D-02_ES_122016_201612221316330094.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/150/26504150/att_906556/v1/A5E01168664D-02_ES_122016_201612221316330094.pdf

