UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Adquisición y Visualización de Parámetros Eléctricos de un Motor Trifásico Mediante el Uso de un Módulo de Internet Industrial de las Cosas.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

ALEX FABRICIO SARMIENTO PAUTE

Director:

ING. HUGO TORRES SALAMEA Ph.D.

CUENCA, ECUADOR

2020

_

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida y la de toda mi familia, por brindarme fuerza en momentos de debilidad y por darme sabiduría para tomar decisiones en tiempos difíciles.

Gracias a mis padres que con infinita confianza supieron apoyarme en el camino que elegí seguir y por darme los valores y principios necesarios para ser la persona que soy actualmente.

Agradezco a todos mis amigos y compañeros que a lo largo de la carrera estuvieron varias veces en largas horas de estudio, también a quien me ayudo con su tiempo en las pruebas de funcionamiento de la tesis y a todos los docentes que compartieron sus conocimientos de la mejor manera posible.

Finalmente, agradecer a la empresa Cenelsur Cía. Ltda. y a la UDA quienes me ayudaron con los equipos industriales los cuales ocupe para el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLASvii	ii
RESUMENi	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO DE SISTEMA DE CONTROL INDUSTRIAL BASADO EN EL IOT	2
1.1 Automatización Industrial	2
1.2 La cuarta revolución industrial	2
1.2.1 Sistemas Ciberfísicos (CPS)	3
1.2.2 Internet Industrial de las Cosas (IIoT)	3
1.2.3 Big Data	3
1.2.4 Computación en la Nube (Cloud Computing)	4
1.3 Totally Integrated Automation Portal.	4
1.4 Descripción del sistema de prueba	5
1.5 Elementos.	5
1.5.1 Multimedidor SENTRON PAC.	6
1.5.2 Interfaz Hombre – Máquina (HMI)	6
1.5.3 Controlador Lógico Programable (PLC)	7
1.5.4 SIMATIC IoT2040	7
1.5.5 Variador de velocidad.	9
1.5.6 Motor	9
1.5.7 Switch	9
1.5.8 Módulo de potencia (PM) SINAMICS G120 1	0
1.6 Modbus TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet)	0
1.7 PROFINET	1
1.8 Node-RED	1
1.9 Ubidots	2
1.10 Startdrive	2
1.11 Funcionalidad del sistema de prueba	3

CAPITULO II: CONFIGURACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE DI CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	E 14
2.1 Principio de operación.	14
2.2 Conexión de Hardware (Planos Eléctricos).	14
2.2.1 Armado del sistema de prueba.	15
2.2.2 Configuración del Hardware.	16
2.3 Configuración de software.	18
2.3.1 Parámetros de la instrucción MB_CLIENT.	18
2.3.2 Llamado de la instrucción MB_CLIENT	20
2.3.3 Función "Pac3200".	21
2.3.4 Visualización en HMI.	24
2.3.5 Elaboración de alarmas.	25
2.3.6 Puesta en marcha SIMATIC IoT2040	26
2.3.6.1 Registro en el foro de Siemens y descarga de imagen	26
2.3.6.2 Instalación de la imagen	26
2.3.6.3 Inicio de Simatic IoT2040	27
2.3.6.4 Acceso Remoto mediante conexión SSH	28
2.3.7 Herramienta Node-RED.	29
2.3.7.1 Inicio de Node-RED	29
2.3.7.2 Inicio Automático	30
2.3.8 Programación en Node-RED	31
2.3.8.1 Nodo S7	32
2.3.8.2 Nodo Function.	34
2.3.8.3 Nodo Switch	35
2.3.8.4 Nodo Debug	35
2.3.8.5 Nodo email.	36
2.3.8.6 Nodo MQTT	36
2.3.8.7 Nodo Change	37
2.3.8.8 Interconexión de nodos.	38
2.3.9 Visualización en Ubidots.	38
2.3.9.1 Dispositivos.	39
2.3.9.2 Dashboard y creación de usuarios	39
2.3.10 Configuración G120.	41
2.3.10.1 Envío y recepción de datos pertenecientes al G120	43
CAPITULO III: PRUEBAS DE ADQUISICIÓN Y SUPERVISIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	44

3.1 Adquisición de parámetros eléctricos.	44
3.2 Notificaciones ante alguna alerta del sistema de prueba	47
3.3 Revisión de datos almacenados en la nube	49
3.4 Prueba de medición de parámetros eléctricos	50
3.4.1 Pruebas sin carga	51
3.4.1.1 Motor con 500 rpm	51
3.4.1.2 Motor con 1000rpm	53
3.4.1.3 Motor con 1500rpm	55
3.4.2 Pruebas con carga	56
3.4.2.1 Motor con 1500rpm aplicado una carga	56
3.4.2.2 Motor con 1000rpm aplicado una carga que produce falla	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
ANEXOS	64
Anexo 1: Planos Eléctricos y de ubicación de equipos	64
BIBLIOGRAFÍA	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Representación de las diferentes revoluciones industriales.

Figura 1.2: Diseño de ubicación de equipos.

Figura 1.3: SENTRON PAC3200.

Figura 1.4: Arquitectura de aplicación SIMATIC IOT2040.

Figura 2.1: Esquema de conexión de los equipos industriales.

Figura 2.2: Procedimiento de armado del sistema de prueba.

Figura 2.3: Ingreso de PLC en el software TIA Portal.

Figura 2.4: Pantalla de Comunicación SENTRON PAC3200.

Figura 2.5: Prueba de ping hacia los equipos

Figura 2.6: Segmento 1 de la Función "Pac3200", llamada a Cliente Modbus TCP.

Figura 2.7: Segmento 2 de la Función "Pac3200", guardado de datos en DB.

Figura 2.8: Campos entrada/salida y visualizador de curvas.

Figura 2.9: Segmento de Fallas.

Figura 2.10: Proceso de escritura de imagen con el software PUTTY.

Figura 2.11: Colocación de SD en Iot2040.

Figura 2.12: Acceso por conexión SSH al Iot2040.

Figura 2.13: Interfaz de configuración Iot2040.

Figura 2.14: Instalación de los nodos S7.

Figura 2.15: Pantalla de iniciación de Node-RED.

Figura 2.16: Dirección de acceso para interfaz de programación Node-RED.

Figura 2.17: Pantalla de configuración para el auto inicio de software instalados.

Figura 2.18: Pantalla de configuración del nodo S7.

Figura 2.19: Variables enviadas al Iot2040.

Figura 2.20: Ventana de seguridad en cuentas de Gmail.

Figura 2.21: Pantalla de configuración del nodo MQTT.

Figura 2.22: Ventana de llaves API en la plataforma Ubidots.

Figura 2.23: Pantalla de propiedades nodo Change

Figura 2.24: Ventana con nodos interconectados.

Figura 2.25: Ventana de dispositivos en la plataforma Ubidots.

Figura 2.26: Creación de widgets.

Figura 2.27: Creación de usuarios para el acceso a el dashboard.

Figura 2.28: Pantalla de organizaciones en la plataforma Ubidots.

Figura 2.29: Ventana de nodos puesta en servicio.

Figura 2.30: Ventana de puesta en marcha, ventana de ingreso de parámetros de motor.

Figura 2.31: Pestaña de configuración del telegrama en TIA Portal.

Figura 3.1: Sistema de prueba.

Figura 3.2: Dashboard con todos los parámetros de red.

Figura 3.3: Pantalla principal del HMI.

Figura 3.4: Ventana de HMI con los parámetros eléctricos.

Figura 3.5: Grafica de Voltaje L1 presente en el HMI.

Figura 3.6: Dashboard visualizado desde un dispositivo móvil.

Figura 3.7: Pantalla para ingresar límites de operación en los valores de parámetros eléctricos

Figura 3.8: Ventana de Fallas presente en el HMI.

Figura 3.9: Notificación de correo electrónico y su contenido.

Figura 3.10: Datos almacenados en la nube en un rango de 12 horas.

Figura 3.11: Ventana de exportación de datos en Ubidots y correo con los datos solicitados.

Figura 3.12: Tabla de datos exportados en Excel.

Figura 3.13: Pantalla de Estado de motor.

Figura 3.14: Graficas de parámetros eléctricos con 500rpm en el motor en HMI.

Figura 3.15: Graficas de parámetros eléctricos con 500rpm en el motor almacenados en la nube.

Figura 3.16: Graficas de parámetros eléctricos con 1000rpm en el motor en HMI.

Figura 3.17: Graficas de parámetros eléctricos con 1000rpm en el motor almacenados en la nube.

Figura 3.18: Graficas de parámetros eléctricos con 1000rpm en el motor en HMI.

Figura 3.19: Graficas de parámetros eléctricos con 1500rpm en el motor almacenados en la nube.

Figura 3.20: Graficas de parámetros eléctricos con 1500rpm en el motor y una carga.

Figura 3.21: Graficas de parámetros eléctricos con 1500rpm y carga almacenados en la nube.

Figura 3.22: Gráficas de parámetros con fallo de motor a 1000rpm.

Figura 3.23: Gráficas de parámetros con fallo de motor a 1000rpm almacenadas en la nube.

Figura 3.24: Parámetros almacenados en la nube vistos desde un dispositivo móvil.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Parámetros de la instrucción "MB_CLIENT".

Tabla 2.2: Variables de parámetros eléctricos SENTRON PAC3200.

Tabla 2.3: Descripción de variables Segmento 1.

Tabla 2.4: Descripción de variables Segmento 2.

Tabla 2.5: Nodos disponibles en la paleta de NODE-RED.

Tabla 2.6: Resumen de nodos implementados.

Tabla 2.7: Equivalencias de tipos de datos en nomenclaturas entre Node-RED y TIA Portal.

ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE EL USO DE UN MÓDULO DE INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS.

RESUMEN

A nivel industrial uno de los grandes problemas es la falta de digitalización del sistema productivo, razón por lo cual es importante por medio de este proyecto dar a conocer las ventajas que presenta la cuarta revolución industrial en la adquisición y visualización de parámetros eléctricos de un motor trifásico, mediante el uso de equipos industriales tales como: PAC, PLC, HMI, IoT, Drive, Motor, enlazados mediante un protocolo de comunicación Modbus TCP y Profinet, además, con la implementación de la plataforma Ubidots permite visualizar los parámetros de corriente, tensión y factor de potencia en tiempo real desde cualquier dispositivo móvil.

Palabras clave: IIOT, Industria 4.0, Comunicaciones Industriales, Ubidots.

Ing. Daniel Iturralde, Ph.D Coordinador de Escuela Ing. Hugo Torres, Ph.D

Director de Tesis

Alex Sarmiento Paute

Autor

ACQUISITION AND VISUALIZATION OF ELECTRICAL PARAMETERS OF A THREE-PHASE MOTOR THROUGH THE USE OF AN INDUSTRIAL INTERNET MODULE OF THINGS.

ABSTRACT

At industrial level, one of the biggest problems is the lack of digitization of the productive system. Thus, this project aims at introducing the advantages of the fourth industrial revolution in regard to the purchase and visualization of electrical parameters in a three-phase motor through the use of industrial equipment like: PAC, PCL, HMI, IoT, Drive, Motor, linked by a protocol of communication Modbus TCP and Profinet. The implementation of the platform Ubidots allowed the display of parameters of current, voltage and power factors in real time from any mobile device.

Keywords: IIOT, Industry 4.0, Industrial Communications, Ubidots.

Ing. Daniel Iturralde, Ph.D School Coordinator Ing. Hugo Torres, Ph.D

Thesis Director

Alex Sarmiento Paute

Author

Translated by

All the

Alex Sarmiento

ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE EL USO DE UN MÓDULO DE INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS.

INTRODUCCIÓN

La realización de este trabajo se refiere al uso de un módulo de Internet Industrial de las Cosas, que se puede definir como un equipo industrial que tiene la capacidad de ser la puerta de enlace entre la nube y los sistemas periféricos (medidor de parámetros eléctricos).

Al implementar este módulo en un sistema de prueba que contiene equipos industriales (PLC, HMI, Variador, Motor, SENTRON PAC3200), se puede ejemplificar de mejor manera la versatilidad, comodidad, facilidad de recolección, almacenamiento y revisión de parámetros eléctricos (Voltajes, Corrientes, Frecuencia de Red, Factor de Potencia) en tiempo real, ya que, mientras el sistema de prueba permanezca encendido se podrá adquirir y visualizar los parámetros antes mencionados.

Por lo tanto, es una opción factible a la hora de demostrar a la industria y academia las cualidades que se obtienen con la implementación de la tecnología actual, dado que, para comunicar los distintos dispositivos se hace uso de comunicaciones industriales (MODBUS TCP, Profinet), programación de PLC y programación en diagramas de flujo, además de que se utiliza una plataforma llamada Ubidots, que ofrece almacenamiento, filtrado y representación de datos, asimismo brinda un dominio de internet único, en consecuencia, es posible acceder desde cualquier dispositivo con acceso a internet para la revisión de los datos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO DE SISTEMA DE CONTROL INDUSTRIAL BASADO EN EL IOT.

1.1 Automatización Industrial.

La automatización industrial hace uso de sistemas de hardware y software para dirigir maquinaria y procedimientos industriales, con el objetivo de aumentar el rendimiento, flexibilidad y la eficacia en cualquier fábrica.

En el mercado se tienen innumerables productos y soluciones sin importar las características del sistema, fundamentalmente en la digitalización de maquinaria o procesos de fabricación. Con la digitalización, se contribuye soluciones únicas para mejorar y reducir costes. (Siemens S.A., 2019)

1.2 La cuarta revolución industrial.

La digitalización es la nueva inclinación industrial correspondiente a la industria 4.0 (cuarta revolución industrial), y que en estos años se está incorporando en el mundo (Figura 1.1). Con la digitalización se puede aumentar los índices de flexibilidad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad, rendimiento, etc. en la industria. De tal forma, quien no la incorpore perderá competitividad debido a que posiblemente otra industria si la haya implementado.

En la historia ha existido tres revoluciones: Los sistemas a vapor y mecánicos, la electricidad y la fabricación en serie, la automatización e informática, por otra parte, la cuarta revolución seria las fábricas inteligentes (ciber industrias), donde la digitalización es la base primordial. (Siemens S.A., 2019)



Figura 1.1: Representación de las diferentes revoluciones industriales.

Fuente: (Siemens S.A., 2019).

1.2.1 Sistemas Ciberfísicos (CPS).

Es la tecnología encargada de ser la interfaz entre los humanos y los equipos inteligentes; se refiere a todo equipo que implementa capacidades de computación, almacenamiento y comunicación con el objetivo de controlar e interactuar con un proceso físico. Es decir, convertir en un sistema inteligente a un entorno de trabajo con el fin de optimizar el rendimiento, monitorizar y crear soluciones sabiendo el estado actual del entorno. Se puede aplicar los sistemas ciberfísicos en sistemas de procesos industriales, fabricas, automóviles, hogares y oficinas, lo que incluye aplicar conceptos de diseño de máquinas, mecatrónica y cibernética. (Blanco, Castro, Gayoso, & Santana, 2019)

1.2.2 Internet Industrial de las Cosas (IIoT).

Con la llegada de la cuarta revolución industrial, los sistemas IIoT representan la recolección de datos de sensores y la entrega de órdenes a dispositivos que interactúan en la línea de producción (mundo real), y muchas otras aplicaciones (electrodomésticos, coches inteligentes, tecnología vestible o wearable, ciudad inteligente o Smart cities, teléfonos inteligentes).

El objetivo del internet de las cosas es ofrecer una infraestructura capaz de rebasar los obstáculos entre los objetos físicos del mundo real y los sistemas informáticos conectados a internet a través de redes alámbricas e inalámbricas. (Barrio, 2018)

1.2.3 Big Data.

El crecimiento exponencial de datos producido por las actividades cotidianas actuales ha generado que se cambie la manera del almacenamiento y tratamiento de los datos. Big Data es un término que se asocia a cantidades extremadamente grandes de datos, pero no es del todo cierto, ya que también se debe abarcar tanto el volumen, variedad, velocidad y procesamiento de datos que son producidos gracias al Internet de las Cosas.

En consecuencia, se han generado soluciones computacionales capaces de soportar las necesidades y desafíos que traen consigo los amplios volúmenes de datos, sus múltiples fuentes y la velocidad de generación, entre ellos se encuentran: Hadoop, MapReduce, HBase, Cassandra, Mahout. Además, existen técnicas de Big Data usadas para dar solución al manejo de datos, tales como: Minería de datos, Machine learning, Reconocimiento de patrones, Algoritmos genéticos y Aprendizaje de reglas de asociación. (Hernández, Duque, & Julián, 2017)

1.2.4 Computación en la Nube (Cloud Computing).

Se lo podría definir como un sistema de computación dividido y orientado al cliente, formado por varios computadores virtualizados e interconectados entre sí que son suministrados de acuerdo a la aplicación a la cual se necesite.

Los servicios que ofrece el Cloud Computing se pueden dividir en tres niveles, en donde el primero de ellos dispone de servidores y almacenamiento, en el segundo nivel se tiene un entorno de desarrollo, con el fin de que el cliente pueda crear, alojar sus propias aplicaciones y distribuirlas sin tener que preocuparse de la infraestructura necesaria, en el tercer nivel el usuario final puede acceder a estas aplicaciones sin tener que instalar un software adicional, ya que se hará uso de internet mediante un navegador para ingresar en estas aplicaciones. (Arias, 2015)

1.3 Totally Integrated Automation Portal.

O por su traducción al español Portal de Automatización Totalmente Integrado (TIA Portal), es un software de ingeniería apto para el uso de usuarios nuevos como expertos, dado que tiene una interfaz intuitiva y eficiente para configurar varias aplicaciones de software industrial, además ofrece una plataforma única para todas las tareas de visualización, accionamiento y control.

Mediante el uso de herramientas de simulación, incrementa la productividad de su línea de producción a través de detección de errores, informes y funciones de administración de energía. Por consiguiente, es una alternativa ideal para la automatización, además, maneja distintas licencias para los distintos alcances de cada aplicación. (Siemens S.A., 2019)

1.4 Descripción del sistema de prueba.

El sistema de prueba es un prototipo didáctico que implementa dispositivos industriales, de tal manera que sea fácil de visualizar las características de usar esta tecnología. Luego de energizar los equipos, se podrá adquirir la información de consumo de corriente, voltaje, factor de potencia y frecuencia de la red, ya que, será un motor el encargado de realizar variaciones en los parámetros antes mencionados. La ubicación de los equipos está representada en la Figura 1.2.





Figura 1.2: Diseño de ubicación de equipos.

1.5 Elementos.

Los elementos que conforman el sistema de prueba son los siguientes:

1.5.1 Multimedidor SENTRON PAC.

Es un equipo capaz de implementarse en varios lugares en los que se distribuye energía eléctrica. Realiza diferentes mediciones como: tensiones, corrientes, potencias, energía, frecuencia, factor de potencia, simetría y THD. (Distorsión Armónica Total) y los representan en un display LCD (Pantalla de Cristal Líquido).

Poseen una interfaz Ethernet integrada pudiendo ser configurado a través de redes LAN (Red de Área Local), además, a través de estas redes también pueden transmitirse datos de medición utilizando el protocolo Modbus TCP, adicionalmente se tiene otras alternativas de transmisión haciendo uso de módulos de ampliación PAC PROFIBUS DP (Proceso de Bus de Campo de Periferia Descentralizada) y Módulo de ampliación PAC RS485 tal como se puede apreciar en la Figura 1.3. (Siemens AG, 2009). Por sus grandes cualidades, este equipo ha sido implementado para el control, supervisión y adquisición de datos de la red de distribución eléctrica, en donde no existía ningún equipo de medición. Con el fin de adaptar las ventajas de una red inteligente. (Fadhel & Jelassi, 2014)



Figura 1.3. SENTRON PAC3200. Fuente: (Siemens AG, 2009).

1.5.2 Interfaz Hombre – Máquina (HMI).

Las pantallas HMI brindan modernas funciones de control y visualización, se distingue por la simplicidad, estabilidad y robustez, además están optimizados

para cumplir con las necesidades de interfaz hombre-máquina utilizando puertos de comunicación Profinet, Profibus, y USB (Bus Universal en Serie). Por otro lado, se encuentran disponibles en diferentes tamaños, pero con las mismas funcionalidades (alarmas, curvas, tendencias).

1.5.3 Controlador Lógico Programable (PLC).

Los PLC se crearon con la idea de tener una opción más eficiente y poder reemplazar los paneles de relés cableados en la década de 1960, entre sus características se destacan:

- Facilidad de programación y reprogramación.
- De mantenimiento y reparación sencilla con la posibilidad de agregar módulos conectables.
- Capaz de soportar el ambiente industrial.
- Más pequeño que la versión anterior.
- Capaz de intercambiar información con el sistema central de recolección de datos.

Además, se definen cuatro lenguajes de PLC: lógica de escalera, diagramas de funciones secuenciales, bloques de funciones y un lenguaje de texto. Sin embargo, hasta ahora la lógica de escalera es el lenguaje más frecuente. (Erickson, 1996)

1.5.4 SIMATIC IoT2040.

Con el progreso en la era de la digitalización, la vinculación entre la línea de producción y los sistemas informáticos IT (Tecnologías de la Información) se convierten en algo de vital importancia. La información generada es recolectada y analizada en la nube o sistema de gestión local para optimizar la producción.

El SIMATIC IoT2040 es un equipo industrial diseñado para la adquisición, procesamiento e intercambio de datos directamente del entorno de producción, generalmente usado como puerta de enlace entre la nube y la producción de la empresa (Figura 1.4). Admite numerosos protocolos de comunicación Modbus RTU (Unidad Terminal Remota), OPC UA (Arquitectura Unificada) hasta

protocolos en la nube como MQTT / AMQP (Protocolo Avanzado de Colas de Mensajes) y programación en lenguajes de alto nivel (Yocto Linux).

Además, posee un diseño industrial compacto para montaje en riel DIN (Instituto de Normalización Alemán), procesador Intel Quark de alto rendimiento, 2 puertos Ethernet, 2 puertos RS232/485, reloj en tiempo real con batería de back up, 1GB de memoria RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) y facilidad de expansión con Arduino shields y tarjetas mini PCIe. (Siemens S.A., 2019)

Debido a que este equipo industrial ofrece grandes ventajas en el manejo de datos, se lo ha utilizado en un sistema capaz de configurar dos motores de corriente continua acoplados a un generador de corriente alterna, utilizando como puerta de enlace de datos el IoT2040, con el fin de monitorear y realizar mantenimientos preventivos. (Ganga & Ramachandran, 2018). Así también, se lo utilizó en una aplicación de laboratorio capaz de controlar una estación de bombeo de aguas residuales en donde el IoT2040 se comunica mediante el protocolo Modbus RTU con una placa de Arduino Uno y se intercambiaba información. (Toc & Korodi, 2018)



Figura 1.4: Arquitectura de aplicación SIMATIC IoT2040.

Fuente: (Siemens, 2017).

1.5.5 Variador de velocidad.

Para variar la velocidad de un motor de corriente alterna existen dos alternativas: modificar el número de polos del motor y modificar la frecuencia. La primera de estas es algo limitada ya que si se varía el número de polos se tendrían revoluciones concretas, es por esto que la solución ideal es modificar la frecuencia.

Por lo tanto, un variador de velocidad es un aparato que genera corriente alterna con la frecuencia para accionar algún motor de corriente alterna, el variador permite modificar el valor de la frecuencia para hacer que el motor gire a más o menos velocidad, independientemente de la frecuencia en la red de alimentación. (Álvarez, 2000)

1.5.6 Motor.

Es un motor eléctrico de baja tensión con carcasa de hierro y rotor en jaula autoventilado, óptimo para aplicaciones industriales, con eficiencia IE1 normativa (Comisión Electrotécnica Internacional) IEC60034, maneja tensiones conmutables 220 / 380 / 440 VAC a una frecuencia de 60 Hz, además posee las siguientes características técnicas: 2 polos, 3600 rpm, 1HP/0.75KW.

1.5.7 Switch.

Debido a que los elementos que componen el sistema de prueba se comunican a través de un puerto Ethernet, es necesario que todos tengan conectividad a través de una red LAN.

Un switch divide una red en varios dominios (tantos como puertos activos posea), además, entre sus funciones está el aprender direcciones, reenviar, filtrar paquetes y evitar bucles. El switch segmenta el tráfico de manera que los paquetes destinados a un dominio determinado no se propaguen a otro.

Un switch no acumula todos los puertos con los datos, sin embargo, si distribuye la información en cada uno de ellos. Debido a que controlan el tráfico para múltiples segmentos, hace uso de una memoria búfer para emitir y receptar datos independientemente en cada puerto o segmento. Un switch no es capaz de aprender direcciones de difusión. (Ariganello, 2014)

1.5.8 Módulo de potencia (PM) SINAMICS G120.

Es una gama de variadores de velocidad compactos que tienen a su disposición varias interfaces de comunicación llamadas CU (Unidad de Control) mediante Modbus-Profinet-Profibus según el modelo, se destacan por tener la potencia y el control en forma separada, además, gracias al tamaño pequeño, breves tiempos de puesta en marcha, extrema facilidad de manejo y alta densidad de potencia, es la opción ideal para numerosas aplicaciones. (Siemens S.A., 2019)

1.6 Modbus TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet).

Es un protocolo de comunicación creado para conceder a equipos industriales tales como: PLCs, computadores, variadores de velocidad para motores y otros tipos de dispositivos entrada/salida, la posibilidad de intercambiar información sobre una misma red. Es una variante de la familia de protocolos MODBUS y es ampliamente utilizado para vigilar y controlar equipos sin importar la marca. El protocolo usa mensajes MODBUS en un entorno intranet (red interna) usando los protocolos TCP/IP.

La especificación Modbus TCP es simple de implementar para cualquier dispositivo que soporte sockets TCP/IP, las solicitudes son transmitidas vía TCP (Protocolo de Control de Transmisión) sobre el puerto registrado 502 y normalmente usando comunicación semi-duplex sobre una conexión dada. Es decir, no hay beneficio en enviar solicitudes adicionales sobre una conexión única mientras una respuesta está pendiente

Por otro lado, es un protocolo maestro - esclavo en el que cada solicitud del maestro es utilizada de forma independiente por el esclavo, sin relación con las anteriores. En Modbus TCP la conexión inicial se crea en la capa de aplicación y esta única conexión contiene múltiples transacciones independientes. Además, permite generar varias conexiones concurrentes, en consecuencia, el maestro puede reutilizar una conexión previa o crear una nueva cuando se requiera una transacción de datos. (Ruiz, Barandica, & Fabio, 2004). Una aplicación de este

protocolo se dio en la industria farmacéutica, a la hora de realizar la comunicación entre diferentes marcas de dispositivos que se encargaban del proceso de conteo de productos al final de la línea de producción del sistema. (Tamboli, Rawale, Thoraiet, & Agashe, 2015)

También, se lo ha utilizado en la monitorización y gestión de grúas torre, en donde el protocolo Modbus TCP era el responsable de realizar la comunicación entre la administración remota y estas grúas mediante un enlace por GPRS (Paquete General de Radio Servicio). (Li, Chen, Wang, & Hao, 2017)

1.7 PROFINET.

Es un tipo de comunicación industrial para el manejo de diversos dispositivos en tiempo real y en modo duplex completo, capaz de implementarse en aplicaciones modulares, utilizar diferentes topologías (estrella, árbol y anillo) y manejar una gran capacidad de información en la transmisión, debido a esto, es perfecto para el entorno industrial y la industria 4.0. (Dias, Serpa, Celso, & Brandão, 2018)

1.8 Node-RED.

Es una herramienta de programación basada en diagramas de flujo, desarrollada originalmente por el equipo de IBM (International Business Machines) y ahora parte de la JS Foundation. Hace uso de nodos, los cuales tienen un propósito definido, se le dan algunos datos, se trabaja en ellos y luego los pasa, haciendo que la red sea responsable del flujo de datos entre los nodos. Además, para acceder a este editor de flujo hace uso de Node.js (entorno en tiempo de ejecución) al apuntar a un navegador web. (Node-RED, 2020)

Haciendo uso de esta herramienta se pudo monitorear la calidad del aire mediante la utilización de diferentes sensores (temperatura, humedad, monóxido de carbono, etc.) y se los envió por el protocolo MQTT a Node-Red para administrar y manejar los datos recibidos mediante una aplicación web. (Chanthakit & Rattanapoka, 2018). Del mismo modo, se empleó la herramienta para automatizar el hogar, con la intención de controlar remotamente los electrodomésticos, enchufes eléctricos, sistemas de calefacción y refrigeración.

Sarmiento Paute 12

(Kishore & Arshiya, 2018)

1.9 Ubidots.

Es una plataforma que puede ahorrar costos combinado la usabilidad, eficiencia de datos y la UX (Experiencia del Usuario) con el fin de que puedan ser interpretadas y resuelvan problemas, con Ubidots se puede conectar, construir e implementar aplicaciones de IoT en la nube con facilidad, dejando que Ubidots maneje la infraestructura de UX en la nube y el usuario final.

Además, conecta el hardware a la nube de Ubidots con más de 200 bibliotecas, SDK (Kit de Desarrollo de Software) y tutoriales para implementar protocolos como HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto), MQTT (Message Queue Telemetry Transport), TCP, UDP (Protocolo de datagramas de usuario). También posee un poderoso motor de análisis que puede transformar los datos en información que pueda ser comprendida por el usuario final, tiene un almacenamiento de hasta 2 años, generación de informes programados, motor de eventos, alertas por SMS (Servicio de Mensajes Cortos), correo electrónico, Telegram, Slack y gestión de usuarios. (Ubidots, 2020)

Con la implementación de esta plataforma se pudo monitorear y alertar acerca del consumo de agua en un sistema, en donde los paneles de Ubidots mostraban los niveles y registraban los datos. (Hisham, y otros, 2018). También, se utilizó para un sistema de detección de incendios, en donde existían varios nodos con sensores que detectarían humo, mientras que la plataforma Ubidots sería la interfaz para ver los cambios en los niveles de los nodos. (Enciso & Vargas, 2018)

1.10 Startdrive.

El software Startdrive es capaz de integrar de forma intuitiva los accionamientos SINAMICS a través de TIA Portal su gran facilidad de uso hace posible la puesta en marcha de manera muy rápida de estos dispositivos, además, se lo puede utilizar con fines de diagnóstico y optimización. Para trabajar con la herramienta y realizar la puesta en marcha hace uso de una interfaz muy simple. Asimismo, al tener una conexión permanente entre la herramienta de puesta en marcha Startdrive y el equipo a configurar se pueden realizar pruebas de funcionamiento y verificar en forma online los telegramas de recepción y envío de datos. (Siemens AG, 2020)

1.11 Funcionalidad del sistema de prueba.

El sistema de prueba es muy fácil de transportar ya que los equipos que lo conforman están empotrados en plafones permitiendo así la rápida movilización del mismo, además, una vez que ha sido conectado la acometida principal, se podrán encender todos los equipos que lo conforman: Variador de velocidad para encender el motor de AC (Corriente Alterna), un controlador de automatización programable (SENTRON PAC3200), un controlador lógico programable (S7-1200) que ofrecerá la versatilidad de interpretar datos, una Interfaz Hombre-Máquina (KTP700) que permite la visualización en tiempo real de las lecturas y un módulo de internet industrial (IoT2040) que permitirá almacenar los datos obtenidos en la nube y posteriormente revisar los parámetros y recibir alarmas del sistema.

CAPITULO II: CONFIGURACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.

2.1 Principio de operación.

La corriente consumida por el motor debe ser leída por el multimedidor SENTRON PAC3200 y mediante un PLC que actúa como maestro a través de una comunicación Modbus TCP, recupera los datos que serán representados mediante graficas por el HMI y enviados a la nube gracias al IoT2040 (Figura 2.1).



Figura 2.1: Esquema de conexión de los equipos industriales.

2.2 Conexión de Hardware (Planos Eléctricos).

Las conexiones eléctricas que hacen posible el funcionamiento del sistema de prueba, se ven reflejadas en la sección Anexo 1, en donde constan los bornes de conexión de cada uno de los equipos presentes, las tensiones de alimentación del sistema y de cada equipo, además de los nombres de las interfaces ethernet de los equipos.

A continuación, los dispositivos utilizados:

KTP700 / 6AV2123-2GB03-0AX0 SENTRON PAC3200 / 7KM2112-0BA00-3AA0 S7 1200 1214C DCDCDC / 6ES7212-1HE40-0XB0 SWITCH / 6GK7277-1AA10-0AA0 IoT2040 / 6ES7647-0AA00-1YA2 FUENTE 24V / 6SL3210-1PB15-5UL0 PM 240 / 6SL3224-0BE15-5UA0 CU240E-2 PN / 6SL3244-0BB12-1FA0 TRANSFORMADOR / 9T51B0008 MOTOR 1HP / 1LE0141-0DB36-4AA4-Z MFO – 30 100/5A

2.2.1 Armado del sistema de prueba.

Con los planos eléctricos y el diseño de ubicación de equipos como se indicó en la Figura 1.2, se procedió a armar la estructura que contendrá los dispositivos (Figura 2.2), se ubican los plafones de tamaño 20x75 cm y se los asegura, luego se procede a fijar los rieles metálicos y se ubican los instrumentos.



Figura 2.2: Procedimiento de armado del sistema de prueba.

Después, se continua con el cableado de los equipos siguiendo los planos eléctricos, cuando se haya terminado todo es necesario ir comprobando cuidadosamente las conexiones y los niveles de voltaje en cada equipo, finalmente se arma los patch core para la comunicación entre todos los equipos.

2.2.2 Configuración del Hardware.

Dentro del Software TIA Portal y luego de haber creado un nuevo proyecto, se procede a insertar un controlador y un HMI, para ello tal como se muestra en la Figura 2.3.

- Se debe ingresar a "Agregar dispositivo"
- Presionar en "Controladores"
- Seleccionar el PLC correspondiente
- Clic en Aceptar.

Arbol del proyecto	II PLC_2				
USDOCTIVOS	Controls dores	Control adores Control adores	Dispositivo: Referencia: Versión: Descripción: Nemoría de i comunicación se intruscipone programació	CPU 12) 4C DCDCDC E527 214-1AE30-0X80 V2.2 Trabajo 50RE; Svente de a serie, hasta 8 módulos de provisión RPD/RET pan n, HM y comunicación PLC-RLC	
	Abrir la vista de	dispositivos		Aceptar Cance	ar

Figura 2.3: Ingreso de PLC en el software TIA Portal.

Luego, en las propiedades de cada dispositivo se le asigna una IP y una máscara de red, de tal manera que los dispositivos se encuentren en la misma red local y se carga la configuración para que se actualicen los cambios. Cabe recalcar que el dispositivo SENTRON PAC también se encuentra conectado a esta red, por lo cual es necesario asignar su configuración de forma manual, no es posible ingresarlo mediante el Software.

Para ello, se debe alimentar el dispositivo y seguir las siguientes instrucciones:

1) Abrir el menú principal con el botón F4.

2) Navegar a "Configuración", utilizando los botones F2 o F3 y abrirlo con F4.

 3) Navegar al menú "Comunicación", usando los botones F2 o F3 y abrirlo con F4.

4) Definir las configuraciones en la pantalla mostrada en la Figura 2.4:

- Dirección IP: 192.168.0.xxx
- Máscara de subred: 255.255.255.0
- Puerta de enlace: 0.0.0.0
- Protocolo: MODBUS TCP

5) Después de completarlas, hacer clic en el botón F1 y confirmar la nueva solicitud de inicio con el botón F4.

COMMU	NICATI	DN	a 21.6	COMMUNI	CATION	a 21.6
Mac-ad IP-add Subnet) DR. 23 IR.	378000	0403A 0.0.0.0 0.0.0.0	MAC-ADD IP-ADDR.	R. 237A0 192.138	000403A 3.228.100
GATEW PROTO	AY COL	SEAb	0.0.0.0 us TCP	PARA APPLIE RE	imeter Wi 50 After I 5800t No ⁱ	ill be Reboot W?
ESC	*	-	EDIT	NO		OK

Figura 2.4: Pantalla de Comunicación SENTRON PAC3200

Fuente: (Siemens AG, 2009).

Una vez realizado todo el procedimiento anterior, mediante la consola de comandos de Windows debe ser posible realizar un ping (Figura 2.5) hacia todos los dispositivos anteriores mientras la PC se encuentre dentro de la red, para ello se le debe asignar una IP fija al adaptador de red.



Figura 2.5: Prueba de ping hacia los equipos

2.3 Configuración de software.

Para realizar la adquisición de datos procedentes del SENTRON PAC, es necesario utilizar el protocolo MODBUS TCP, para ello se trabaja con la instrucción MB_CLIENT.

La instrucción "MB_CLIENT" permite la comunicación como cliente Modbus TCP a través de la conexión PROFINET del PLC. Para utilizar esta instrucción no se requiere ningún módulo de hardware adicional permitiendo establecer una conexión entre el cliente y el servidor, enviar peticiones, recibir respuestas y controlar la desconexión del servidor Modbus TCP.

2.3.1 Parámetros de la instrucción MB_CLIENT.

A continuación, se relata los parámetros de la instrucción (Tabla 2.1).

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Descripción	
		Petición Modbus		Petición de comunicación con el servidor Modbus TCP
REQ	Input	BOOL	El parámetro REQ se controla por nivel. Así, mientras la entrada esté activada (REQ=true), la instrucción enviará peticiones de comunicación.	

Tabla 2.1: Parámetros de la instrucción "MB CLIENT".

			Con la petición de comunicación se bloquea el DB de instancia para otros clientes.
			Las modificaciones de los parámetros de entrada no se hacen efectivas hasta que no hay respuesta del servidor o hasta que no se
			devuelve un mensaje de error.
			vuelve a activar el parámetro REO, a
			continuación, no se ejecuta ninguna otra
			transferencia.
			Mediante este parámetro se controla el
			establecimiento de la conexión y la
			desconexión con el servidor Modbus:
			con la dirección IP y número de puerto
			especificados.
			1: Deshacer la conexión. Durante la
DISCONNEC	Input	BOOL	desconexión no se ejecuta ninguna otra
			función. Tras deshacer la conexión
			correctamente, el parámetro STATUS
			devuelve el valor 7003.
			Si el parámetro REQ está activado mientras se establece la conexión, la consulta se envía de inmediato.
			ID unívoca para identificar la conexión. A
CONNECT_I	Input		cada instancia de las instrucciones
D	mput		"MB_CLIENT" y "MB_SERVER" debe
			asignársele una ID de conexión unívoca.
IP_OCTET_1	Input	USINT	1. Octeto de la dirección IP* del servidor Modbus TCP.
	lawst		2. Octeto de la dirección IP* del servidor
IP_OCIEI_2	Input	USINT	Modbus TCP.
IP OCTET 3	Innut		3. Octeto de la dirección IP* del servidor
	mput	051111	Modbus TCP.
IP_OCTET_4	Input	USINT	4. Octeto de la dirección IP* del servidor
			Número de IP y puerto del servidor con el
			que el cliente establece la conevión y con el
IP_PORT	Input	UINT	que se comunica mediante el protocolo
			TCP/IP (valor estándar: 502).
	Input		Selección del modo de petición (lectura,
	mput	USINT	escritura o diagnóstico).
MB_DATA_	Input		Dirección inicial de los datos a los que accede
ADDR	pac		la instrucción "MB_CLIENT".
			Longitud de datos: Número de bits o palabras
DATA_LEN	DATA_LEN Input UINT	para el acceso a los datos (ver "Parametros	
			wib_wib_b v wib_bATA_ADDK : longitud de
			uatosj.

MB_DATA_ PTR	InOut	VARIANT	Puntero al registro de datos Modbus: El registro es un búfer para los datos recibidos desde el servidor Modbus o que se van a enviar al servidor Modbus. El puntero debe remitir a un bloque de datos global con acceso estándar. El número de bits direccionados debe ser divisible entre 8
			El bit del parámetro de salida DONE se pone
DONE	Out	BOOL	a "1" en cuanto se ha ejecutado sin errores la
			última petición.
			0: No se está ejecutando ninguna petición de
BUSY	Out	BOOL	"MB_CLIENT "
			1: Petición de "MB_ CLIENT " en ejecución
			0: Ningún error
ERROR Out BOO		BOOL	1: Con errores. La causa del error se indica
			mediante el parámetro STATUS.
STATUS	Out	WORD	Código de error de la instrucción.

Fuente: (Siemens, 2017).

2.3.2 Llamado de la instrucción MB_CLIENT.

La instrucción MB_CLIENT será utilizada en una "Función" (FC) con el fin de separar todo el programa a desarrollar en partes más pequeñas, mejorando la gestión y detección de errores del mismo.

En la Tabla 2.2 se encuentran un resumen del número de registros, las variables que se necesitan para esta aplicación, la dirección de inicio y las compensaciones de registro, todos los anteriores mencionados son datos que se necesitan para acceder durante el intercambio de información. La información completa se puede verificar en el manual del dispositivo.

Tabla 2.2: Variables de parámetros eléctricos SENTRON PAC3200.

Valor inicial + Compensación	Numero de registros	Nombre	Тіро	Unidad
40001+1	2	Voltaje Va-n	Float	V
40001+3	2	Voltaje Vb-n	Float	V
40001+5	2	Voltaje Vc-n	Float	V
40001+13	2	Corriente a	Float	A
40001+15	2	Corriente b	Float	A
40001+17	2	Corriente c	Float	A
40001+55	2	Frecuencia	Float	Hz
40001+69	2	Factor de Potencia Total	Float	

2.3.3 Función "Pac3200".

Una vez definidos los parámetros necesarios, es importante guardarlos en un bloque de datos (DB), debido a que estos parámetros estarán disponibles únicamente mientras se haya completado la solicitud de transmisión y antes de darla por terminado para solicitar el siguiente dato. En la Figura 2.6 se puede visualizar la programación de la instrucción MB_CLIENT perteneciente al segmento 1.



Figura 2.6: Segmento 1 de la Función "Pac3200", llamada a Cliente Modbus TCP.

En la Tabla 2.3 se describe las variables del segmento 1 de programación.

Tabla 2.3: Descripción de variables Segmento 1.

INSTRUCCIÓN	USO
	Para habilitar la solicitud de un
"MB_CLIENT_DB".REQ	dato
	Marca del sistema para siempre
"AlwaysFALSE"	permanecer en falso
	Dato que intercambia de valor de
"GENERAL".Datos_COM_MODBUS.DATA_ADDR	acuerdo al parámetro eléctrico
	Dato que intercambia de valor de
"GENERAL".Datos_COM_MODBUS.DATA_LEN	acuerdo a la longitud del dato

	El dato que devuelve el esclavo
"GENERAL".PAC3200.Lectura_Modbus	es guardado en esta dirección
	Para saber si se completó la
"MB_CLIENT_DB".DONE	respuesta del esclavo
	Para saber si el esclavo está en
"MB_CLIENT_DB".BUSY	espera
	Para saber si el esclavo está en
"MB_CLIENT_DB".ERROR	error
	Para saber el código de respuesta
"MB_CLIENT_DB".STATUS	del esclavo

En el segmento 2 (Figura 2.7) se guardan los parámetros obtenidos mediante el intercambio de datos en la estructura llamada "PAC3200" dentro de la DB nombrada "GENERAL". Para ello se realiza un contador que cambiara de cantidad de forma ascendente para colocar los valores correspondientes en "MB_DATA_ADDR" y "DATA_LEN", empezar la comunicación y terminarla.

Se usa la instrucción "MOVE" para transferir el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1 y la instrucción "MOVE_BLK" que permite copiar los contenidos de un área de memoria (área de origen) en un área de memoria diferente (área de destino), sabiendo el número de elementos que se copian en el área de destino y el ancho del elemento de la entrada IN.



Figura 2.7: Segmento 2 de la Función "Pac3200", guardado de datos en DB.

Asimismo, en la Tabla 2.4 se describe las variables del segmento de programación.

Tabla 2.4: Descripción	de variables Segmento 2.
------------------------	--------------------------

INSTRUCCIÓN	USO
"GENERAL".Datos_COM_MO DBUS.DATA_ADDR	Se mueve el valor del parámetro eléctrico de acuerdo a la Tabla 2.2.
"GENERAL".Datos_COM_MO DBUS.DATA_LEN	Se mueve el valor de la longitud del parámetro eléctrico de acuerdo a la Tabla 2.2.
"MB_CLIENT_DB".REQ	Para habilitar la solicitud de un dato
"GENERAL".PAC3200.Lectura _Modbus[0]	El valor de respuesta del esclavo se mueve a otra dirección ya que este cambia de valor de acuerdo al dato solicitado
"GENERAL".PAC3200.Voltaje_ L1_N[0]	Se escribe el valor de "GENERAL".PAC3200.Lectura_Modbus[0]
"MB_CLIENT_DB".DONE	Para saber si se completó la respuesta del esclavo
"MB_CLIENT_DB".ERROR	Para saber si el esclavo está en error
"Count_RS485"	Valor 0: cambia los valores de DATA_ADDR y DATA_LEN para solicitar el Voltaje L1-N
	Valor 1: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Voltaje L1) e incrementa el contador
	Valor 1: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
	Valor 2: cambia los valores de DATA_ADDR y
	DATA_LEN para solicitar el Voltaje L2-N
	Valor 3: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Voltaje L2) e incrementa el contador
	Valor 3: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
	Valor 4: cambia los valores de DATA_ADDR y DATA_LEN para solicitar el Voltaje L3-N
	Valor 5: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Voltaje L3) e incrementa el contador
	Valor 5: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
	Valor 6: cambia los valores de DATA_ADDR y DATA_LEN para solicitar el Corriente L1
	Valor 7: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Corriente L1) e incrementa el contador

Valor 7: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
Valor 8: cambia los valores de DATA_ADDR y DATA_LEN para solicitar el Corriente L2
Valor 9: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Corriente L2) e incrementa el contador
Valor 9: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
Valor 10: cambia los valores de DATA_ADDR y DATA_LEN para solicitar el Corriente L3
Valor 11: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Corriente L3) e incrementa el contador
Valor 11: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
Valor 12: cambia los valores de DATA_ADDR y DATA_LEN para solicitar la Frecuencia de red
Valor 13: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Frecuencia) e incrementa el contador
Valor 13: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
Valor 14: cambia los valores de DATA_ADDR y DATA_LEN para solicitar la Factor de potencia
Valor 15: Solicita la comunicación y cuando haya sido realizada guarda el dato (Factor de potencia) e incrementa el contador
Valor 15: Si existe un error en la comunicación incrementa el contador para solicitar el siguiente dato
Valor 16: Con la instrucción "MOVE" se mueve el valor de 0 al contador y se reinicia el ciclo de solitud Modbus TCP

2.3.4 Visualización en HMI.

Una vez que los datos se encuentran en la DB se proceden a visualizarse en el HMI agregado anteriormente al proyecto, se agrega una imagen y se añade varios campos de entrada/salida para los datos recolectados mediante la comunicación MODBUS TCP.

Para ello se tiene que arrastrar el campo de entrada/salida y en las propiedades

se debe ingresar la variable a visualizar como se puede verificar en la Figura 2.8, además, para crear los históricos se desplaza y ubica un "Visor de Curvas" para los parámetros eléctricos, se configura la apariencia (Color de fondo, color de letra, etc.), el rango de valores y se anima los botones para intercambiar entre imágenes.



Figura 2.8: Campos entrada/salida y visualizador de curvas.

También se van a realizar otras imágenes, una principal, límites de operación, estado de motor y fallas.

2.3.5 Elaboración de alarmas.

Para la elaboración de alarmas, en caso de tener un valor incorrecto en los parámetros eléctricos, se crea una estructura en la DB "GENERAL" la cual contendrá los valores máximos y mínimos para la operación correcta de estos parámetros, así cuando sobrepasen estos límites mediante la instrucción "mayor que" y "menor que" activará una bobina que apunta a la dirección absoluta de la DB "FALLAS", la cual contendrá un array de variables tipo Word (Figura 2.9).



Figura 2.9: Segmento de Fallas.
Todos los límites máximos y mínimos pueden ser configurables desde una pantalla realizada en el HMI, y para configurar las alarmas se debe dirigir a la sección "Avisos HMI" y agregar todas las necesarias, luego, en la variable de disparo se apunta a la DB" Fallas" creada anteriormente, finalmente en una nueva pantalla en el HMI se arrastra y ubica un visor de avisos el cual me permitirá visualizar las alarmas presentes, además en paralelo se agrega otra bobina para enviarla a la nube.

2.3.6 Puesta en marcha SIMATIC IoT2040.

2.3.6.1 Registro en el foro de Siemens y descarga de imagen.

Para la puesta en marcha del equipo es necesario estar registrado en el foro de Siemens, el cual proporciona una imagen de firmware que contiene el sistema operativo Yocto Linux ideal para proyectos con el IoT2040, el archivo necesario se llama "Example_Image" (Industry Online Support: Product Support, 2019).

Adicionalmente se debe tener una SD e instalado en una Pc, el software PUTTY (software libre) que permite conexiones a diferentes dispositivos a través de Serial, SSH o Telnet y del software Win32 Disk Imager para montar la imagen en la SD.

2.3.6.2 Instalación de la imagen.

Ya instalado el Win32DiskImager, se abre el programa, se selecciona el archivo con extensión ".wic" correspondiente a la imagen anteriormente descargada, se especifica la unidad en la que se encuentra la tarjeta microSD formateada, y se escribe la imagen antes descargada como se puede ver en la Figura 2.10.

rio/Desktop/TR	ABAJO/Alex/Tes	sis/Ejecución_tesis/	example-V2.4.0_RC2.wi		
Hash None 🔻	Generate	Сору			
Read Only	Allocated Partitio	ins			
Read Only /	Allocated Partitio	ins		9	199

Figura 2.10: Proceso de escritura de imagen con el software PUTTY.

2.3.6.3 Inicio de Simatic IoT2040.

Se debe introducir la tarjeta con la imagen escrita en el SIMATIC IoT2040 tal como se muestra en la Figura 2.11, una vez que la tarjeta está colocada, por el puerto X80 se alimenta el dispositivo. Al hacer esto el led PWR se ilumina indicando que el dispositivo está alimentado, mientras que el led USB indica que el IOT ya ha arrancado.



Figura 2.11: Colocación de SD en IoT2040.

Por otro lado, el led SD estará intermitentemente parpadeando o en encendido fijo durante unos minutos y cuando se apaga significa que se ha terminado de redimensionar la tarjeta, listo para poder ser utilizado.

2.3.6.4 Acceso Remoto mediante conexión SSH.

El SIMATIC IoT2040 tiene la dirección IP 192.168.200.1 por defecto y para establecer una conexión al dispositivo, aparte de estar conectado mediante un cable Ethernet se debe asignar una IP dentro de la misma red a la PC desde la cual se pretende acceder.

Luego, se abre el software PuTTY se selecciona conexión por SSH y se escribe la dirección del IoT2040 tal como se puede ver en la Figura 2.12.

egory:			
Session	Basic options for your PuT	IY session	
Logging	Specify the destination you want to connect to		
- Ieminal	Host Name (or IP address)	Port	
Bell	192.168.200.1	22	
Features ⊡ Window	Connection type:	SSH OSerial	
Appearance Behaviour Translation Selection	Load, save or delete a stored session Saved Sessions	,	
Colours	Default Settings	Load	
- Data		Save	
- Telnet - Rlogin		Delete	
Serial	Close window on exit: Always Never Only	on clean exit	

Figura 2.12: Acceso por conexión SSH al IoT2040.

El siguiente paso es iniciar sesión, el usuario por defecto es "root" y no tiene contraseña, por lo que directamente entraría en el terminal de Linux del dispositivo. Debido a que en nuestra aplicación se usa direcciones dentro de la red 198.168.0.xxx, se debe cambiar la dirección IP por defecto del dispositivo, para ello mediante el comando "**iot2000setup**" se accede al menú de configuraciones.

Se debe navegar hasta "Networking" como se puede visualizar en la Figura 2.13, luego se escribe la nueva IP (192.168.0.40) para la interfaz de red XP1 (eth0) mientras se mantiene en DHCP la segunda interfaz de red XP2 (eth1) ya que ésta será la que brindará acceso a internet y mediante un patch core que se deberá conectar a un router con conexión permanente.



Figura 2.13: Interfaz de configuración IoT2040.

2.3.7 Herramienta Node-RED.

2.3.7.1 Inicio de Node-RED.

Antes de iniciar la Herramienta Node -RED, se debe instalar un nodo Node-RED para interactuar con los PLC Siemens S7, para ello existen dos alternativas, se puede instalar este nodo directamente desde el menú "Administrar paleta" en la interfaz Node-RED o ejecutar el siguiente comando "**npm install node-red-contrib-s7**". Luego de que la instalación haya finalizado, se tendrá una pantalla similar a la Figura 2.14.

Una vez terminada la instalación, escribir el comando "**reboot**", para reiniciar el dispositivo.



Figura 2.14: Instalación de los nodos S7.

Luego, para iniciar la herramienta Node -RED escribir en la línea de comandos de PUTTY la instrucción "node /usr/lib/node_modules/node-red/red &" y esperar unos minutos a que este inicialice, como se puede ver en la Figura 2.15.

cot@iot2000:/# node /usr/lib/node modules/node-red/red &	
[1] 1879	
coot@iot2000:/#	
Velcome to Node-RED	
20 Dec 09:31:27 - [info] Node-RED version: v0.14.6	
20 Dec 09:31:27 - [info] Node.is version: v4.2.4	
20 Dec 09:31:27 - [info] Linux 4.4.13-vocto-standard 1a32 LE	
20 Dec 09:31:27 - [info] Loading palette nodes	
20 Dec 09:32:26 - [info] Dashboard version 2.1.0 started at /ui	
20 Dec 09:32:28 - [warn]	
20 Dec 09:32:28 - [warn] [rpi-gpio] Info : Ignoring Raspberry Pi	specific node
20 Dec 09:32:28 - [warn] [serialport] Error: Could not locate th	e bindings file
Tried:	
/usr/lib/node_modules/node-red/node_modules/node-red-node-ser	ialport/node_mo
lles/serialport/build/serialport.node	
/usr/lib/node_modules/node-red/node_modules/node-red-node-ser	ialport/node_mo
iles/serialport/compiled/4.2.4/linux/ia32/serialport.node	
20 Dec 09:32:28 - [warn]	
O Dec 09:32:28 - [info] Settings file : /home/root/.node-red/s	ettings.js
20 Dec 09:32:28 - [info] User directory : /home/root/.node-red	
20 Dec 09:32:28 - [info] Flows file : /home/root/.node-red/f	lows_10t2000.js
to bed 09:32:28 - [info] creating new flow file	
to bec 09:32:20 - [init] Starting flows	
U Dec 09:32:28 - [info] Started Flows	1000/
to bec 09:52:26 - [init] Server now running at http://12/.0.0.1:	
root8iot2000./#	

Figura 2.15: Pantalla de iniciación de Node-RED.

Luego dentro de cualquier navegador escribir la dirección IP asignada al dispositivo (Figura 2.16) seguido del puerto 1880, en este caso "192.168.0.40:1880"



Figura 2.16: Dirección de acceso para interfaz de programación Node-RED.

2.3.7.2 Inicio Automático.

Debido a que esta aplicación deberá iniciar automáticamente cuando se alimente el sistema, obligadamente se necesita un inicio automático de la herramienta, para ello mediante el comando "**iot2000setup**" escrito desde el terminal de PUTTY, se despliega una ventana en donde se debe dirigir a la opción "Manage Autostart Options" y presionar "ok", luego, seleccionar la opción "Auto Start node-red" y presionar a la opción "Done" (Figura 2.17).

₫ 192.168.0.30 - PuTTY	-		×
			^
lqqqqqqqqqqqq Advanced Options tqqqqqqqqqq	k		
X [1] Dute Start and and	x		
x [*] Auto Start node-red	×		
x [] Auto Start Mosquitto Broker a	x		
x	x		
x	x		
x	x		
X	x		
X Rope V	×		
x magazari	x		
x	x		
x	×		
waaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa	i.		
<tab>/<alt-tab> between elements <space> selects </space></alt-tab></tab>	<f12> next</f12>	: scree	n v

Figura 2.17: Pantalla de configuración para el auto inicio de software instalados.

Al realizar todo lo anterior el dispositivo se reiniciará, y ejecutará el inicio automático de la herramienta para todos los posteriores encendidos.

2.3.8 Programación en Node-RED.

En la pantalla principal de la herramienta, se tiene varias opciones en la paleta de nodos Tabla 2.5, de los cuales para esta aplicación se utilizarán todos los mencionados en la Tabla 2.6.

ТІРО	NODO	
Input	Inject - Catch - Status - Link - mqtt - http websocket - tcp - udp - S7	
Output	Debug - link - mqtt - http response websocket - tcp - udp - S7 out	
Social	E mail - twitter	
Storage	file	
Function	function - template - delay - trigger comment - http request - tcp request switch - change - range - split - join csv - html - json - xml	

NODO	ΤΙΡΟ	Imagen
S7	Input / Output	N \$7 👂
Function	Function	f function
Switch	Function	-C switch
Debug	Output	debug
E-mail	Social	e mail 🗹
МQTT	Output / Input	mqtt »)
Change	Function	ο X change

Tabla 2.6: Resumen de nodos implementados.

2.3.8.1 Nodo S7.

De la paleta de nodos se arrastra y suelta en la zona de trabajo y se lo configura haciendo doble click sobre éste, dentro se debe llenar los parámetros solicitados de acuerdo a la configuración del proyecto (Figura 2.18), para ello en el software TIA Portal se debe revisar las propiedades del PLC aplicado.

Edit s7 in nod	e	s7 in > Edit s7 endpoint node
Delete	Cancel Done	Delete Cancel Update
7 PLC	192.168.0.10:102@0:1	Connection Variables
≢ Mode	All variables	Transport Ethernet (ISO-on-TCP)
	Emit only when value changes (diff)	Q Address 192.168.0.10 Port 102
Name Name	S7_LECTURA_1	≢ Mode Rack/Slot ▼
		Rack 0 Slot 1
		Cycle time 60000 ↓ ms
		⊘ Timeout 1500 🗘 ms
		Debug On 🔻
		Name Name

Figura 2.18: Pantalla de configuración del nodo S7.

Por otro lado, en la pestaña de "Variables" (Figura 2.19) se añaden las variables necesarias, las cuales se direccionarán a los datos que contienen el valor de los parámetros eléctricos adquiridos mediante la comunicación MODBUS TCP.

	GENE	RAL			Delete		Cancel	Up
	No	ombre	Tipo de datos	Offset				
1	-	Static			Connection	Variables		
2	-	PAC3200	Struct	0.0	Variable list			
8)	-01	Corriente_L1	Array[U1] of Real	0.0	Variable list			
I.	-	Corriente_L2	Array[01] o	8.0	DB100,REAL0	CORRIENTE_L1		×
	-	Corriente_L3	Array[01] of Real	16.0				
	-	Voltaje_L1_N	Array[01] of Real	24.0	DB100,REAL8	CORRIENTE_L2		×
	-0	Voltaje_L2_N	Array[01] of Real	32.0	DB100 DEAL 16	CORDIENTE 12		
	-	Voltaje_L3_N	Array[01] of Real	40.0	DB100,REALIC	CORRIENTE		-
	-	Frecuencia_Red	Array[0 1] of Real	48.0	DB100,REAL24	Voltaje_L1_N		×
0	-01	Factor_Potencia	Array[01] of Real	56.0				
1	-0	Lectura_Modbus	Array[01] of Real	64.0	DB100,REAL32	Voltaje_L2_N		×
2	-0	▶ Limites	Struct	72.0				
3	-01 •	▶ Datos_COM_MODBUS	Struct	132.0	DB100,REAL40	Voltaje_L3_N		×

Figura 2.19: Variables enviadas al IoT2040.

Existen ciertas diferencias en la nomenclatura utilizada en el software TIA Portal y en la herramienta Node-RED para referirse a la dirección de las variables, las equivalencias se pueden apreciar en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Equivalencias de tipos de datos en nomenclaturas entre Node-RED y TIA Portal.

Node-RED	Step 7 equivalente	Tipo de datos	Descripción
DB5, X0.1	DB5.DBX0.1	Booleano	Bit 1 del byte 0 de DB 5
DB23, B1 o DB23, BYTE1	DB23.DBB1	Número	Byte 1 (0-255) de DB 23
DB42, I3 o DB42, INT3	DB42.DBW3	Número	Número de 16 bits firmado en el byte 3 del DB 42
I1.0 o E1.0	I1.0 o E1.0	Booleano	Bit 0 del byte 1 del área de entrada
Q2.1 o A2.1	Q2.1 o A2.1	Booleano	Bit 1 del byte 2 del área de salida
M3.2	QM3.2	Booleano	Bit 2 del byte 3 del área de memoria
MB6	MB6	Número	Byte 6 (0-255) del área de memoria
MW20	MW20	Número	Número de 16 bits sin signo en el byte 20 del área de memoria

			Número de 32 bits
MD32	MD32	Número	sin signo en el byte 32
			del área de memoria

Finalmente, en el PLC se debe habilitar el acceso vía comunicación PUT/GET, de la siguiente manera: Ir a las propiedades del PLC, en la opción General -> Protección & Seguridad -> Mecanismos de conexión -> Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto.

2.3.8.2 Nodo Function.

Este nodo sirve para programar una función sencilla que compruebe los parámetros obtenidos mediante el nodo S7, activar la notificación de alarmas y lo más importante, el envío de datos hacia la nube, además, que ayuda a definir el texto de la notificación.

Se accede al nodo haciendo doble click, y en el cuerpo de la función se realiza el siguiente código:

var frecuencia = msg.payload.FRECUENCIA_RED; var factor = msg.payload.FACTOR_POTENCIA; var vol_11 = msg.payload.Voltaje_L1_N; var vol_12 = msg.payload.Voltaje_L2_N; var vol_13 = msg.payload.Voltaje_L3_N; var corr_11 = msg.payload.CORRIENTE_L1; var corr_12 = msg.payload.CORRIENTE_L2; var corr_13 = msg.payload.CORRIENTE_L3; var data = {} data.payload = {"Voltaje_L1": vol_11,"Voltaje_L2": vol_12,"Voltaje_L3": vol_13,"Corriente_L1": corr_11,"Corriente_L2": corr_12,"Corriente_L3": corr_13, "Factor_de_Potencia": factor,"Frecuencia_de_Red":frecuencia}; data.topic = "/v1.6/devices/siemens"; return data;

La función guarda en distintas variables los parámetros eléctricos, y luego crea una cadena que va a ser interpretada mediante el nodo MQTT como se verá más adelante. Además, hay una segunda función que detecta una alerta, si existe un verdadero en la variable de entrada, notifica mediante un "1" sino permanece con un valor de "0", al mismo tiempo crea una cadena con los valores de los parámetros de entrada los cuales serán enviados mediante un correo electrónico a algún destinatario.

```
if (msg.payload.CORRIENTE_ALTA ==== true){
msg.notificar = 1;
msg.topic = "Alarma Corriente Alta"
msg.payload = "La corriente ha sobrepasado los niveles máximos!\n\n CORRIENTE
L1 :" + msg.payload.CORRIENTE_L1 + "\n\n CORRIENTE L2 :" +
msg.payload.CORRIENTE_L2 +"\n\n CORRIENTE L3 :" +
msg.payload.CORRIENTE_L3 +"\n\n Un saludo,\n PLC.";
}else{
msg.notificar = 0;
}
return msg;
```

2.3.8.3 Nodo Switch.

Con este nodo se define los distintos caminos del flujo en función de alguna variable. En esta aplicación se utilizará para que la notificación creada anteriormente (msg.notificar) al momento de que se encuentre en 1 vaya por un camino, caso contrario tome otro.

Para ello en el campo modificable property, se escribe "notificar" el cual me indica si hay alguna alerta. Luego, para el primer flujo se cambia el tipo de string a number y se le da el valor 1, y se añade una segunda para el valor 0.

2.3.8.4 Nodo Debug.

Ayuda en la visualización de los mensajes en la pestaña debug ubicada en la esquina superior derecha o en la ventana de comandos, en este caso servirá para identificar en qué momento se envía una alerta por correo electrónico y que valores se están enviando mediante MQTT hacia la nube.

Para ello, con doble click se accede a la configuración, en "output" se selecciona complete _msg_object, y en "to" se selecciona debug_tab_and_console.

2.3.8.5 Nodo email.

Se lo usa para avisar sobre alguna alerta a un destinatario, se debe ingresar a la configuración y rellenar los datos, para el destinatario completar la dirección de correo electrónico y para el remitente, se necesita conocer el servidor de correo electrónico y el puerto, para el caso de gmail (Server: smtp.gmail.com, Puerto:465).

Además, para que se lo realice automáticamente se debe cambiar la opción "Permitir el acceso a aplicaciones no seguras" en la configuración de la cuenta de correo (Figura 2.20).

Información personal	Acceso de aplicaciones poco seguras Tu cuenta es vulnerable porque permites el acceso de aplicaciones y dispositivos que utilizar una tecnologia de inicio de esteión poco
Datos y personalización	segura. Para mantener tu cuenta protegida, Google desactivará automáticamente este ajuste si no se utiliza. Más información
Seguridad	() Activado
Contactos e información compartida	Desactivar acceso (opción recomendada)
	← Acceso de aplicaciones poco seguras
	Algunos dispositivos y aplicaciones utilizan una tecnología de inicio de seción poco segura, lo que aumenta la vulnerabilidad de tu cuenta. To recomendamos que desactives el acceso de estas aplicaciones, aunque tambiém puedes activando si quieres usartas a parael de los riesgos que conlevan. Desactivaremos este ajuste de forma automática si no lo utilizas. Más información

Figura 2.20: Ventana de seguridad en cuentas de Gmail.

2.3.8.6 Nodo MQTT.

Se usa este nodo en forma de salida para enviar los datos hacia la nube, en este caso Ubidots, para configurarlo primero se debe tener una cuenta en esta plataforma, luego, accediendo a la configuración del nodo (Figura 2.21) se debe completar con el dominio proporcionado por la plataforma (industrial.api.ubidots.com).

mqtt out > Edit mqtt-broker node		mqtt out > Edit mqtt-broker node					
Delete	Cancel Update	Delete			Cancel Update		
Connection Security Birth Message	Will Message	Connection	Security	Birth Message	Will Message		
Server Industrial.apl.ubidots.com Port 1883		& Username BBFF	F-KIHyeoah0YbpJCOKkrU	IMeGDApzd5K3			
Enable secure (SSL/TLS) connection		Password					
Client ID							
⊘ Keep alive time (s) 60							
✓ Use legacy MQTT 3.1 support							

Figura 2.21: Pantalla de configuración del nodo MQTT.

Para completar el campo "Username" en la pestaña Seguridad, se lo debe hacer con un token, cada usuario de Ubidots tiene un TOKEN privado y único que se lo puede encontrar accediendo a la configuración del perfil y presionando en la pestaña "llaves API", esta ventana se puede ver en la Figura 2.22.

Llaves de API								
 Mi cuenta Llaves de API Planes y pagos 	Api Key Esta es la llave ma Su único propósit	estra única de su cuenta. 5 es obtener tokens por medio del endpoint de al	itenticación de la API, que serán usados después en cada p	etición al API.				
Liai Uso Email configuration	1	1 BBFF-2bad70d922127ee237cd6714ea96e1a488a						
	Tokens +							
	NAME		TOKEN	ACTIONS				
	Default token		BBFF-KIHyeoah0YbpJC0KkrUMeGDApzd5K3	0				

Figura 2.22: Ventana de llaves API en la plataforma Ubidots.

Por otra parte, para utilizar el nodo en forma de ingreso de datos, se ingresa a la configuración del mismo, por defecto ya se llenará los datos pertinentes a la conexión que se creó anteriormente, sin embargo, en el campo llamado Topic se debe ingresar la siguiente cadena de texto "/v1.6/devices/DEVICE_LABEL/LABEL_VARIABLE/lv", así cuando en la plataforma de Ubidots se cree una variable, se podrá acceder a su valor.

2.3.8.7 Nodo Change.

Al utilizar este nodo se puede realizar la modificación en las propiedades existentes del mensaje, en esta aplicación se utilizará para reemplazar los valores 1 y 0 como textos true y false, que luego serán escritos en una variable del PLC (Figura 2.23).

Chang	le 🔹	- m:	sg. payload		
= \$	Search for	▼ ^a z	1		
Re	place with	• 0	true	•	
Chang	je 🔹	- m:	sg. payload		
	Search for	▼ ^a z	0		

Figura 2.23: Pantalla de propiedades nodo Change.

2.3.8.8 Interconexión de nodos.

Una vez configurados todos los nodos mencionados, se procede a unirlos y presionar el botón "deploy" para ejecutarlo (Figura 2.24).



Figura 2.24: Ventana con nodos interconectados.

2.3.9 Visualización en Ubidots.

Una vez que en el área de trabajo de Node-RED se pueda verificar la conexión correcta del protocolo MQTT (Figura 2.24), se debe acceder a la cuenta de Ubidots.

2.3.9.1 Dispositivos.

Dentro de la cuenta se debe dirigir a la pestaña de dispositivos, en ella debe existir el creado anteriormente con el nombre "siemens", ingresando en él, se puede ver las variables antes enviadas por MQTT, tal como se puede ver en la Figura 2.25.



Figura 2.25: Ventana de dispositivos en la plataforma Ubidots.

Los datos que se muestran tienen exactamente los nombres que se envían a través de la cadena por protocolo MQTT, además, para crear una variable se debe presionar el botón "Agregar Variable" y se escribe algún nombre.

2.3.9.2 Dashboard y creación de usuarios.

Se necesita visualizar los parámetros eléctricos, debido a esto, es necesario crear un dashboard (pantalla donde se mostrarán los datos), para ello se debe ubicar en la pantalla principal de la cuenta de Ubidots, por defecto ya existe un dashboard con algunos widgets.

Luego de eliminarlos, se agrega uno nuevo (Figura 2.26), dentro de este se debe presionar el botón añadir variable, al hacer esto se debe elegir el dato a visualizar

que existe en nuestro dispositivo. Luego, se sigue la misma secuencia para totos los parámetros eléctricos.



Figura 2.26: Creación de widgets.

Terminado de agregar variables al dashboard, es necesario crear un usuario para que pueda acceder al dominio de Ubidots (demoiot.iot.ubidots.com) desde algún dispositivo con conexión a internet. Para ello se debe ingresar a la pestaña "users" y añadir uno nuevo con el botón "+".

Se debe ingresar una dirección de correo y se envía una solicitud una vez que se haya terminado de crear el usuario.

Dentro del correo existe la solicitud, si no se muestra en la bandeja de entrada, se debe revisar la bandeja de spam o de correo no deseado, al abrir el mensaje indica que se debe presionar un botón, se lo acciona y se redirecciona a otra página en donde se creara la contraseña de este usuario (Figura 2.27).

Agregar un nuevo Usuario		Outlook	,∕⊃ Buscar
	=	Mensaje nuevo	か Responder → 📋 Eliminar Correo deseado → 🗈 Mover a → 🧷 Categorizar → …
	~	Carpetas	Welcome to Ubidots App of alexwattsx99
	0	Bandeja de 4145	The Ubidots Team <support@ubidots.com> Dom 15/12/2019 10:11</support@ubidots.com>
Usuario	0	Correo no des 15	Usted 10
Alex	0	Borradores 5	
Correo electrónico	⊳	Elementos enviados	0 0 0
alexsarmientop@hotmail.com	Ē	Elementos elimina	
		Archivo	
		Conversation Hist	loin my account
	0	Notas	Join my account
		Carpeta nueva	Hello Usuario, You've been invited to join http://demoiot.iot.ubidots.com
Información del Seleccionar Seleccionar Iduario Invitación Invitación	0	Actualizar a Office 365 con Características de Outlook Premium	Click on the button below to access your account.

Figura 2.27: Creación de usuarios para el acceso a el dashboard.

Para terminar, en la pestaña de usuarios > organizaciones, se debe agregar el usuario creado, el dashboard al cual este usuario tendrá acceso y el dispositivo que contiene las variables (Figura 2.28).

ubidots 🚯	Dispositivos -	Data • Usuarios •	Aplicaciones	14 days left	on trial 🗠 🕠
← Organizaciones		ک			
Información general					
Tableros	Información general				
Dispositivos	Nombre	Usuario			1
Eventos					
T Limites	Descripción	Operador			
	Tableros				
	NOMBRE	FECHA DE CREACIÓN	<u>n</u>	IDGETS	ACCIONES
		2019-12-15 09:44:22 -05:00	8		2 2
	TABLEROS POR PÁGINA 10	•			< >
	Dispositivos				
	NOMBRE	ÚLTIMA ACTIVIDAD	VARIABLES	LABEL	ACCIONES
	iemens	hace 26 minutos	8	siemens	2 8
	DISPOSITIVOS POR PÁGINA	10 👻			< >

Figura 2.28: Pantalla de organizaciones en la plataforma Ubidots.

2.3.10 Configuración G120.

Se realizó la configuración mediante el Software Startdrive que se maneja a través de la interfaz TIA Portal, para ello luego de ingresar en el programa es necesario ir a la pestaña de "agregar dispositivos" y seleccionar la CU y PM correspondiente. Después, se ingresa en la CU antes ingresada y presionar la opción "Puesta en servicio", luego ingresar en "Puesta en marcha" (Figura 2.29).

2		1	
DEMO_CENELSUR_plc110V	Puesta en marcha: Puesta en marcha: asistente Panel de mando	Puesta en marcha: asi	Puesta en marcha básica del accionamiento paso a paso
PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] HML 1 [KTF200 Rasic PN] CU240E-2 PN [G120 CU240E-2 PN]	Guardar y restaurar	Panel de mando	Control manual del accionamiento desde el PC
Configuración de dispositivos Q Online y diagnóstico Parámetros		Optimización del motor	Cálculo automático de parámetros del motor mediante distintas mediciones
Prueba de recepción Caractería Traces		Guardar y restaurar	"Guardar la parametrización en la tarjeta de memoria o cargarla desde ella. Restablecer ajuste de fábrica del

Figura 2.29: Ventana de nodos puesta en servicio.

Al hacer esto se despliega una nueva ventana (Figura 2.30) en donde se debe llenar los datos necesarios tales como: frecuencia de operación, dirección ip, alimentación de equipo, parámetros de motor (datos de placa de motor), telegrama de datos, entre otros.

Puesta en marcha: asistente					$ \times$
	Motor				
	Determinació	n del tipo y los datos del motor.			
Sclase de aplicación	Configuraciór	i del motor			
Specificación de cons	Introducir da	tos del motor			•
	[1] Motor asír	ncrono			-
Ajuste del accionamie	Seleccione el	tipo de conexión de su motor y el modo co	n 87 Hz:		
Opciones de accionam	Parámetro	siguientes datos del motor:	Valor	Unidad	
Motor	p305/01	Intensidad asignada del motor	1.55	Aef	
	p307[0]	Potencia asignada del motor	0,75	kW	
Freno de mantenimien	p311[0]	Velocidad de giro asignada del motor	1800,0	1/min	
Parametros importantes	Los sig. dato	s del motor vienen predeterminados y, si es	s necesario, puede	en modificarse:	
2000 C	Parámetro	Texto del parámetro	Valor	Unidad	
Funciones de acciona	p304[0]	Tensión asignada del motor	440	Vef	
	p310[0]	Frecuencia asignada del motor	60,00	Hz	
Resument	p335[0]	Tipo de refrigeración del motor	[0] Refrigeraci		
	Sondas de te	mperatura:			
	[0] Ningún se	nsor			-
	≪ Atrás	Siguiente >>	Finalizar	Cancel	ar

Figura 2.30: Ventana de puesta en marcha, ventana de ingreso de parámetros de motor.

En esta aplicación se seleccionará el telegrama 352 de siemens el cual está compuesto de 6 palabras de envío y 6 de recepción.

2.3.10.1 Envío y recepción de datos pertenecientes al G120.

En el software TIA Portal, se deben visualizar todos los dispositivos agregados anteriormente (Figura 2.31) y para poder intercambiar datos con el G120 se debe configurar un programa para que sea capaz de modificar el telegrama de envío, con el fin de encender el drive y poder variar los parámetros eléctricos visualizados mediante el SENTRON PAC3200, las gráficas en el HMI y los datos que se almacenan en la nube de Ubidots. Para ello en un FC se debe usar las instrucciones DPRD_DAT y DPWR_DAT que son las encargadas de leer y escribir datos de dispositivos Profinet respectivamente, de tal manera de enviar un telegrama de datos con la información necesaria.

PLC_1 CPU 1212C PN/IE_1: 192 PN/	2.168.0.10 IE_1	HMI_1 KTP700 Basic PN PN/IE_1: 192.168.0.20	CU240 G120 PLC_1 PN/IE_	E-2 PN CU240E	:.168.0	2 2 3 3 550					~	Datos de red
<						> 100%			•		1	
CU240E-2 PN	[G120 CU240E-2	PN]				🖳 Propiedades 🚺 Inform	nació	n 追 🛚 🖁 Di	agnóstico			
General	Variables IO	Constantes de sistema	Textos									
← General Informaci	ón de catálogo	Configuración de telegrama	ı <u>.</u>									^
 Interfaz PROF General 	INET [X150]	Nombre		Ele	Link	Telegrama		Longitud	Ampliación		Ti	
Direccion	es Ethernet	 CU240E-2 PN 		1			v					
Direccion Configura	es Ethernet ción de tele	CU240E-2 PN Enviar (Valo	r real)	1		Telegrama SIEMENS 352	v	6 pala	0 pala	-	CD	

Figura 2.31: Pestaña de configuración del telegrama en TIA Portal.

CAPITULO III: PRUEBAS DE ADQUISICIÓN Y SUPERVISIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.

3.1 Adquisición de parámetros eléctricos.

El sistema de prueba terminado (Figura 3.1) adquiere los parámetros eléctricos mediante el SENTRON PAC3200, los mismos que son enviados mediante comunicación MODBUS TCP hacia el PLC S71200, allí se los guarda temporalmente de tal manera que puedan ser utilizados por el HMI y por el IoT2040. Luego, mediante el protocolo MQTT son almacenados los datos en la plataforma de Ubidots.



Figura 3.1: Sistema de prueba.

En la Figura 3.2 se puede visualizar los datos que son representados mediante los widgets, y que contienen a los parámetros eléctricos (Voltajes, Corrientes, Frecuencia de red, Factor de potencia). A este dashboard pueden acceder aquellos a los que se les haya proporcionado un usuario y una contraseña tal como se creó anteriormente.



Figura 3.2: Dashboard con todos los parámetros de red.

Los datos también pueden visualizarse a través del HMI, existe una pantalla principal la cual se puede visualizar en la Figura 3.3 y presionando en el botón "Parámetros de red" se accede a la imagen donde se pueden verificar los datos obtenidos.



Figura 3.3: Pantalla principal del HMI.

Una vez que se ha accedido a esta imagen (Figura 3.4), en los campos de entrada/salida de color amarillo se puede verificar los parámetros eléctricos obtenidos mediante la comunicación MODBUS TCP.

16/12/2019	21:39:38				4		elsur
	S	VOLTAJE CORRIEM FRECUEN FACTOR	: NTE CIA DE RED DE POTENCIA	L1 118,69 V 1,24 A	L2 120,36 V 1,66 A 59,69 Hz 0,959	L3 119,68 V 2,01 A	
PRINCIPAL	LIMITES OPERACIÓN	PARAMETROS DE RED	TENDENCIAS	5			FALLAS

Figura 3.4: Ventana de HMI con los parámetros eléctricos.

Además, se tiene las gráficas de tendencias de todos los parámetros, al acceder a la pantalla "Tendencias" (Figura 3.5), con los botones a la izquierda se intercambia entre los distintos datos y se pueden ver los valores registrados.



Figura 3.5: Grafica de Voltaje L1 presente en el HMI.

Por otra parte, ya que se tiene un dominio de internet al crear la cuenta en Ubidots, es posible acceder a éste desde un dispositivo móvil y visualizar el dashboard creado anteriormente (Figura 3.6), tan solo con ingresar el usuario y contraseña.



Figura 3.6: Dashboard visualizado desde un dispositivo móvil.

3.2 Notificaciones ante alguna alerta del sistema de prueba.

El sistema de prueba tiene una pantalla llamada "Limites de Operación" (Figura 3.7), que se encuentra en el HMI para poder ingresar los valores de funcionamiento alto y bajo de los parámetros eléctricos, si alguno de estos llega a encontrarse fuera de rango, se activa una alerta, la cual puede ser visualizada por el HMI y enviada mediante correo electrónico haciendo uso del IoT2040 a través del protocolo MQTT hacia un destinatario.

26/12	/2019	21:20:19					cene	Isur
	VC	OLTAJE L1 AL	то	150,00	v	CORRIENTE L1 ALTO	0 10,00 A	
	vo	LTAJE L1 BA	10 0	110,00	v			
	vo	ITAJE L2 AL	то	135,00	v	CORRIENTE L2 ALTO	0 10,00 A	
	vo	LTAJE L2 BA	70	100,00	v			
	vo	ITAJE L3 AL	то	145,00	v	CORRIENTE L3 ALTO) 10,00 A	2
	vo	OLTAJE L3 BA	0 0	115,00	v			5
	FR	ECUENCIA A	LTA	67,001	łz	FACTOR DE		
	FR	ECUENCIA E	ALA	53,00 H	łz	POTENCIA BAJO	0,85	J
PRINC	IPAL	LIMITES OPERACIÓN	PARAM	1ETROS RED	TEN	PENCIAS		FALLAS

Figura 3.7: Pantalla para ingresar límites de operación en los valores de parámetros eléctricos.

Para el caso del HMI, al detectar alguna alerta, una pantalla automáticamente se despliega indicando cual ha sido la alarma, se la podrá ocultar si se desea, sin embargo, la falla activa solo podrá ser borrada cuando la alerta haya dejado de existir (Figura 3.8).

Aviso	os pendiente	es ED DO					X	SU
	1.0	Hore	Feeha	Tente				
1		19:53:22	17/12/2019	Corriente_	_Alta			1
	-							
E	?							
								J
_						12	 	8

Figura 3.8: Ventana de Fallas presente en el HMI.

Por otro lado, el IoT2040 al detectar la alarma envía un correo electrónico, y en un dispositivo móvil la alerta se visualiza como en la Figura 3.9.



Figura 3.9: Notificación de correo electrónico y su contenido.

3.3 Revisión de datos almacenados en la nube.

Luego de haber almacenado los datos mediante el protocolo MQTT en la plataforma Ubidots, se puede revisar estos accediendo a los dispositivos y eligiendo la variable que se necesita revisar, entre las opciones que existen hay el filtrado de información por fecha (Figura 3.10) y exportación de datos.



Figura 3.10: Datos almacenados en la nube en un rango de 12 horas.

Para la exportación de datos se presiona el botón exportar y se completa la información requerida (fecha inicio, fecha final, correo electrónico). Luego, se ingresa en el correo y se descarga el archivo de Excel que contiene los datos solicitados (Figura 3.11).

Sarmiento Paute 50

		×	= M Gmail	٩	Buscar correo
	Exportar	-	Redactar	÷	
Realiza una copia de segundad de tus o Obtendremos tus datos en unos minut	datos en un rango de fechas sos y serán enviados a tu email		Recibidos 1.289 Destacados Importantes		Your sensor data export "voltaje_11" > Recibios x Notifications Ubidots «servicegubidots com- para mi ~
Fecha inicial: 2019/12/16	Fecha final: 2019/12/17	;	Enviados Borradores 58		Hi there, Your sensor data export "voltaje_11" is ready for download: https://s3.amazonaws.com/prd-293huhzkha/csv/values_voltaje_11_4lhba.csv
Emails: alexsarmientop@gmail.com			Trabajo Listos PAGOS 1 Pendientes		All the best
Cancelar	Listo		Viaje Más Nox - +		♠ Responder
		-	values voltaje J1_4Ic		

Figura 3.11: Ventana de exportación de datos en Ubidots y correo con los datos solicitados.

En el archivo de Excel es necesario separar las columnas, ya que, los caracteres con la información relevante (parámetros eléctricos) vienen en una sola cadena de caracteres, para ello se debe dirigir a la pestaña Datos >Texto en columnas>usar separador (coma), el resultado de esta separación se puede visualizar en la Figura 3.12.

1	A	B	C	D
1	timestamp	human_readable_date	value	context
2	1,57664E+12	17/12/2019 21:30	120.07660675048828	b'{}'
3	1,57664E+12	17/12/2019 21:29	119.84968566894531	b'{}'
4	1,57664E+12	17/12/2019 21:28	119.6263198852539	b'{}'
5	1,57664E+12	17/12/2019 21:27	119.72444915771484	b'{}'
6	1,57664E+12	17/12/2019 21:26	119.81692504882812	b'{}'
7	1,57664E+12	17/12/2019 21:25	119.39485931396484	b'{}'
8	1,57664E+12	17/12/2019 21:24	119.62360382080078	b'{}'
9	1,57664E+12	17/12/2019 21:23	119.33282470703125	b'{}'
10	1,57664E+12	17/12/2019 21:22	119.10177612304688	b'{}'
11	1,57664E+12	17/12/2019 21:21	119.01323699951172	b'{}'
12	1,57664E+12	17/12/2019 21:20	119.58177947998047	b'{}'
13	1,57664E+12	17/12/2019 21:19	119.13404846191406	b'{}'
14	1,57664E+12	17/12/2019 21:18	118.61351013183594	b'{}'
15	1,57664E+12	17/12/2019 21:17	119.05760955810547	b'{}'
16	1,57664E+12	17/12/2019 21:16	118.35105895996094	b'{}'

Figura 3.12: Tabla de datos exportados en Excel.

3.4 Prueba de medición de parámetros eléctricos.

A continuación, se efectuaron pruebas de funcionamiento del sistema, en donde se verificarán el cambio en los valores de los parámetros eléctricos, para eso primero se realizarán cambios en las revoluciones del motor mediante la pantalla de "Estado de motor" (Figura 3.13) y luego se le aplicara una carga mediante un freno al eje.



Figura 3.13: Pantalla de Estado de motor.

Además, existe la posibilidad de encender el motor de manera remota mediante los widgets creados anteriormente.

3.4.1 Pruebas sin carga.

3.4.1.1 Motor con 500 rpm.

Para el primer escenario se tendrá un setpoint de 500 rpm en el motor, una vez que este funcione los parámetros varían de la siguiente manera en el visor de graficas del HMI (Figura 3.14).





Figura 3.14: Graficas de parámetros eléctricos con 500rpm en el motor en HMI.

Y los datos almacenados en la nube son los mostrados en la Figura 3.15.



Sarmiento Paute 53



Figura 3.15: Graficas de parámetros eléctricos con 500rpm en el motor almacenados en la nube.

3.4.1.2 Motor con 1000rpm.

Para el segundo escenario se tendrá un setpoint de 1000 rpm en el motor, los parámetros eléctricos varían como en la Figura 3.16.





Figura 3.16: Graficas de parámetros eléctricos con 1000rpm en el motor en HMI.

Y los datos almacenados en la nube son los visualizados en la Figura 3.17.



Figura 3.17: Graficas de parámetros eléctricos con 1000rpm en el motor almacenados en la nube.

3.4.1.3 Motor con 1500rpm.

Para el tercer escenario se tendrá un setpoint de 1500 rpm en el motor (Figura 3.18).



Figura 3.18: Graficas de parámetros eléctricos con 1000rpm en el motor en HMI.

Y los datos almacenados en la nube se muestran en la Figura 3.19.



Figura 3.19: Graficas de parámetros eléctricos con 1500rpm en el motor almacenados en la nube.

3.4.2 Pruebas con carga.

3.4.2.1 Motor con 1500rpm aplicado una carga.

Por último, se verá el comportamiento de los parámetros al aplicar una carga, en este caso se ha ideado un freno que actuará sobre una polea que está acoplado al eje del motor, las gráficas en el HMI son las indicadas en la Figura 3.20.



Figura 3.20: Graficas de parámetros eléctricos con 1500rpm en el motor y una carga.

Y las gráficas almacenadas en la nube se pueden ver en la Figura 3.21.





Figura 3.21: Graficas de parámetros eléctricos con 1500rpm y carga almacenados en la nube.

3.4.2.2 Motor con 1000rpm aplicado una carga que produce falla.

Cuando el freno del motor se lo aplica de una manera muy brusca, la corriente sobrepasa el límite, por lo cual la PM realiza un paro de emergencia y entra en estado de falla, las gráficas producidas son las siguientes (Figura 3.22).





Figura 3.22: Gráficas de parámetros con fallo de motor a 1000rpm.

Y los datos almacenados son los vistos en la Figura 3.23.



Sarmiento Paute 60



Figura 3.23: Gráficas de parámetros con fallo de motor a 1000rpm almacenadas en la nube.

Además, se las pueden visualizar mediante un dispositivo móvil tal como se puede ver en la Figura 3.24.



Figura 3.24: Parámetros almacenados en la nube vistos desde un dispositivo móvil.

Todas las gráficas almacenadas en la nube se pueden ver con más detalle si exportamos los datos en el rango establecido, tal como se vio anteriormente en la Figura 3.12.

Sarmiento Paute 61

CONCLUSIONES

La integración de equipos industriales en el sistema de prueba demuestra de una manera simple la versatilidad, comodidad, fácil monitorización, recolección y almacenamiento de datos (parámetros eléctricos) en la nube (Ubidots) en tiempo real, por otro lado, ejemplifica las ventajas que se obtienen, mediante la generación de alertas visualizadas tanto en el HMI como en un dispositivo móvil y el acceso a los parámetros de red (HMI) o al dashboard con los parámetros eléctricos desde cualquier dispositivo con conexión a internet, además de la robustez que posee el sistema de prueba al implementar equipos industriales, lo cual lo convierte en una alternativa muy confiable para demostrar a la industria sobre las ventajas antes mencionadas.

Por otro lado, este sistema de prueba hace uso de comunicaciones MODBUS TCP y Profinet, dos de las comunicaciones industriales más utilizadas actualmente en las industrias, además, de que se hace uso de un PLC y un HMI, por consiguiente, es una alternativa ideal para capacitar a personas tanto dentro de instituciones educativas como fuera de ellas.

De igual manera, es necesario mencionar que para que la comunicación MODBUS TCP se realice de manera eficiente es necesario implementar un código correcto como el utilizado en esta aplicación, porque de no ser así la respuesta del esclavo muchas de las veces se pierden debido a que no existe una sincronía correcta entre la petición de datos, la respuesta del esclavo y el intercambio de variables para la obtención de los distintos parámetros eléctricos.

Al momento de realizar las pruebas de funcionamiento del motor, es fácil identificar que a más rpm (setpoint de prueba), más grande es el pico de corriente al momento del encendido, y luego se estabiliza en un valor más o menos constante, con 500rpm se tiene 0.57A, a 1000rpm 0.59A y a 1500rpm un valor de 0.6A.

El factor de potencia presentado en las gráficas tiene un valor bajo (0.37) cuando no está encendido el motor, una vez que se enciende el motor este valor incrementa a (0.67), debido a que, parte de la potencia absorbida del circuito es consumida e incrementa aún más (0.73) cuando se le aplica una carga, debido a que estos dos valores tienden a igualarse.
Con la visualización de los parámetros, se puede apreciar que tanto el voltaje como la frecuencia de red son independientes de las rpm del motor o de la carga que se le aplique, puesto que no cambian su valor cuando estos intervienen, en conclusión, los parámetros de voltaje y frecuencia de red dependen enteramente de la red de media tensión.

Las gráficas presentadas en el HMI y las registradas en la nube son idénticas, en definitiva, la implementación de los equipos presentes en el sistema de prueba son completamente confiables para cualquier aplicación ya sea didáctica o industrial.

Se necesita una conexión a internet constante y con latencia baja en el IoT2040, dado que, si por algún motivo se pierde la conexión, los datos que se pretenden almacenar en la nube se perderán y se tendría información incompleta en la base de datos, mientras que cuando se tiene un latencia baja, la visualización de los parámetros en tiempo real en los dashboard presentan un retardo, para ello sería necesario implementar un sistema redundante en cuanto al proveedor de internet, así la conexión jamás se perderá, además de que debe ser un proveedor de internet con latencia excelente.

Con la implementación de los equipos presentes en el sistema de prueba en la industria, una vez que se realice el almacenamiento de los parámetros, con la gráfica de la corriente se podría verificar el consumo y verificar si el pago en la planilla de luz es la correcta.

Al revisar los parámetros almacenados en la nube, se tiene una perspectiva mucho más clara de los datos, puesto que, si se compara los gráficos del HMI con respecto a los almacenados en la nube, estos últimos tienen la ventaja de saber la amplitud del dato exacto en el instante de tiempo en que fue adquirido, mientras que los datos en el HMI, son mucho más difíciles de distinguir y hay un límite de visualización.

Cuando hay un fallo en el variador de velocidad, la corriente que consume el motor presenta un pico con un valor de 2.6A, provocando una parada rápida del drive a cauda de esta alimentado con 2 fases a 440V mientras que lo ideal sería estar alimentado con 3 fases a este mismo voltaje para no tener estos inconvenientes.

RECOMENDACIONES

La programación se hizo a través del software TIA Portal, sin embargo, si éste manejara un software libre de licencias al igual que Node-RED y accesible para todas las personas, existiría una comunidad más grande, y más material de apoyo con diferentes temas de programación. Por lo tanto, se recomienda analizar la posibilidad de incorporar el licenciamiento abierto para este software, o por lo menos una versión abierta con menos capacidad como posee la plataforma Ubidots, con el fin de incentivar a la investigación.

Es recomendable implementar dispositivos industriales actuales, los cuales brindan características favorables para el usuario (facilidad de recolectar, almacenar, documentar datos, ahorro de tiempo, versatilidad y comodidad), y a esto hay que agregarle la capacidad de revisión de datos desde cualquier lugar mediante un dispositivo con conexión a internet accediendo a un mismo dominio de red.

Se recomienda usar la herramienta de programación basada en diagramas de flujo (Node-Red), considerando que, se puede realizar aplicaciones sin la necesidad de escribir código complejo o manejar un lenguaje de programación adicional, sino que intuitivamente se puede conectar, añadir o eliminar nodos de acuerdo a la aplicación que se necesite.

El análisis de parámetros eléctricos adicionales es una recomendación, debido a que mediante la implementación del SENTRON PAC3200 tenemos más datos tales como: distorsión armónica total, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente para cada una de las 3 líneas de alimentación de la red.

Se recomienda implementar los equipos industriales en un sistema de control industrial, para poder mejorar las características del sistema.

ANEXOS

Los anexos que se incluyen en este documento son los siguientes:

Anexo 1: Planos Eléctricos y de ubicación de equipos.













BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, M. (2000). *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR*. Barcelona: MARCOMBO S.A.

Arias, Á. (2015). Computación en la Nube: 2ª Edición.

Ariganello, E. (2014). *REDES CISCO Guía de estudio para la certificación CCNA Routing y Switching*. Madrid: RA - MA.

Barrio, M. (2018). INTERNET DE LAS COSAS. Madrid: Editorial Reus.

Blanco, F., Castro, J., Gayoso, R., & Santana, W. (2019). Las claves de la Cuarta Revolución Industrial: Cómo afectará a los negocios. Barcelona.

Chanthakit, S., & Rattanapoka, C. R. (2018). MQTT Based Air Quality Monitoring System using Node MCU and Node-RED. *Séptima Conferencia Internacional de Proyectos Estudiantiles TIC de 2018 (ICT-ISPC)*. Nakhonpathom, Thailand.

Dias, A., Serpa, G., Celso, A., & Brandão, D. (2018). Panorama, challenges and opportunities in PROFINET protocol research. *2018 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*. São Paulo: IEEE.

Enciso, L., & Vargas, A. (2018). Interface with Ubidots for a fire alarm system using WiFi. 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Caceres, Spain.

Erickson, K. (1996). Programmable Logic Controller. IEEE Potencials, 14-17.

Fadhel, R., & Jelassi, K. (2014). Supervisory Control and Data Acquisition of power distribution. 2014 International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM). Tunis, Tunisia.

Ganga, D., & Ramachandran, V. (2018). IoT-Based Vibration Analytics of Electrical Machines. *IEEE Internet of Things Journal*, 4538 - 4549.

Hernández, E., Duque, N., & Julián, M. (2017). Big Data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación. *TecnoLógicas*.

Hisham, Z., Shafie, M., Shafie, M., Sulaiman, S., Nizam, M., & Syahrul, A.
(2018). IoT Water Consumption Monitoring & Alert System. 2018 *Conferencia Internacional de Ingeniería Eléctrica e Informática (ICELTICs)*.
Banda Aceh, Indonesia.

Industry Online Support: Product Support. (20 de 12 de 2019). Obtenido de SIMATIC IOT2000 SD-Card example image:

https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741799/simatic-iot2000-sd-card-example-image?dti=0&lc=en-WW

Kishore, R., & Arshiya, A. (2018). IoT Based HOME AUTOMATION Using Node-RED. 2018 Segunda Conferencia Internacional sobre Computación Verde e Internet de las Cosas (ICGCIoT). Bangalore, India.

Li, B., Chen, G., Wang, L., & Hao, Z. (2017). Tower Crane Remote Wireless Monitoring System Based on Modbus/Tcp Protocol. 2017 Conferencia Internacional IEEE sobre Ciencia e Ingeniería Computacional (CSE) y Conferencia Internacional IEEE sobre Computación Embebida y Ubicua (EUC). Guangzhou, China.

Node-RED. (19 de 01 de 2020). *About*. Obtenido de Runtime/Editor: https://nodered.org/about/

Ruiz, A., Barandica, A., & Fabio, G. (2004). Implementación de una Red MODBUS/TCP. *Ingeniería y Competitividad*, 35 - 44.

Siemens. (2017). Totally Integrated Automation : Sistema de Información.

Siemens. (22 de 01 de 2019). Soporte en línea de la industria: Soporte de producto. Obtenido de Lanzamiento de entrega para SINAMICS MICROMASTER STARTER V5.3 HF1 y SSP aditivos: https://support.industry.siemens.com/cs/document/109762379/deliveryrelease-for-sinamics-micromaster-starter-v5-3-hf1-and-additivessps?dti=0&lc=en-US

Siemens AG. (2009). Registrar los valores eléctricos y energéticos.

Siemens AG. (10 de 02 de 2020). *SINAMICS Startdrive*. Obtenido de Ingeniería de convertidores en el Totally Integrated Automation Portal : https://c4b.gss.siemens.com/resources/articles/e20001-a130-p670-x-7800.pdf

Siemens S.A. (2019). Lista de Precios Productos Industriales Eléctricos.

Tamboli, S., Rawale, M., Thoraiet, R., & Agashe, S. (2015). Implementation of Modbus RTU and Modbus TCP communication using Siemens S7-1200 PLC for batch process. 2015 Conferencia internacional sobre tecnologías inteligentes y gestión para informática, comunicación, controles, energía y materiales (ICSTM). Chennai, India.

Toc, S., & Korodi, A. (2018). Modbus-OPC UA Wrapper Using Node-RED and IoT-2040 with Application in the Water Industry. *16 ° Simposio Internacional IEEE 2018 sobre Sistemas Inteligentes e Informática (SISY)*. Subotica, Serbia.

Ubidots. (13 de 01 de 2020). *IoT and Cloud tools to build your business*. Obtenido de https://ubidots.com/platform/