UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR

POSGRADOS

MAESTRÍA EN

# ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

RPC-SO-30-No.507-2019

OPCIÓN DE TITULACION:

PROYECTO DE DESARROLLO

TEMA:

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE ENERGÍA BASADO EN IOT PARA LA GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

AUTOR:

RONALD ESTEBAN SÁNCHEZ MACÍAS
DAVID ISRAEL BALDEÓN BARRIOS

DIRECTOR:

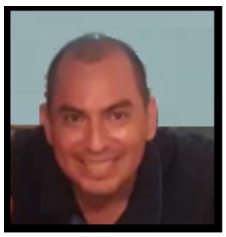
OSWALDO ANDRÉS VANEGAS GUILLÉN

GUAYAQUIL- ECUADOR
2022

COHORTE
2019- 2020

***Autores:***

***Ronald Esteban Sánchez Macías***
Ingeniero Electrónico con mención en Sistemas Industriales. Candidato a Magíster en Electrónica y Automatización, Mención en Informática Industrial por la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Guayaquil.
rsanchezm@est.ups.edu.ec



***David Israel Baldeón Barrios***
Ingeniero Electrónico con mención en Sistemas Industriales. Candidato a Magíster en Electrónica y Automatización, Mención en Informática Industrial por la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Guayaquil.
dbaldeon@est.ups.edu.ec

***Dirigido por:***

***Oswaldo Andrés Vanegas Guillén***
Ingeniero Electrónico
Máster en Ingeniería de la Energía
Docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil
oswaldo.vanegasg@ug.edu.ec

Todos los derechos reservados.

A menos que la ley disponga lo contrario cualquier forma de copia comercial distribución comunicación pública y conversión de este trabajo está prohibida sin el permiso del propietario de la propiedad intelectual. La infracción de los anteriores derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual. Se permite la distribución gratuita de este texto con fines de investigación académica por cualquier medio previa notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS
©2022 Universidad Politécnica Salesiana.
GUAYAQUIL – ECUADOR – SUDAMÉRICA
RONALD ESTEBAN SÁNCHEZ MACÍAS
DAVID ISRAEL BALDEÓN BARRIOS
***DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE ENERGÍA BASADO EN IOT PARA LA GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL.***

# Índice general

**Índice de Figuras** **VI**

**Índice de Tablas** **IX**

**Dedicatoria** **X**

**Resumen** **X**

**Abstract** **X**

**1. Introducción** **1**
1.1. Descripción general del problema . . . . . 2
1.2. Objetivos . . . . . 3
1.2.1. Objetivo general . . . . . 3
1.2.2. Objetivos específicos . . . . . 3
1.3. Contribuciones . . . . . 3
1.4. Organización del manuscrito . . . . . 4

**2. Marco teórico** **5**
2.1. Estado del Arte . . . . . 6
2.2. Definiciones previas . . . . . 7
2.2.1. Industria 4.0 . . . . . 7
2.2.2. Industria 4.0 en Ecuador . . . . . 8
2.2.3. Ventajas de la Industria 4.0 . . . . . 9
2.2.4. Internet de las Cosas IoT . . . . . 9
2.2.5. Capacidades de un sistema IoT . . . . . 9
2.2.6. Arquitectura de un sistema IoT . . . . . 11
2.2.7. Cloud Computing para servicios de IoT . . . . . 12
2.2.8. Eficiencia Energética . . . . . 14
2.2.9. Mejoras en Eficiencia Energética . . . . . 14

2.2.10. Auditoría Energética . . . . . 14
2.2.11. Certificación de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental . . . . . 15
2.2.12. Importancia del monitoreo de consumo de energía . . 16
2.2.13. Analizadores de Energía . . . . . 16
2.2.14. Herramienta de programación Node-red . . . . . 18
2.2.15. Plataformas IoT . . . . . 19
2.2.16. Dashboard . . . . . 19
2.2.17. Servidor . . . . . 20

**3. Metodología del desarrollo 22**
3.1. Diseño de Arquitectura . . . . . 23
3.1.1. Capa de dispositivo . . . . . 24
3.1.2. Capa pasarela . . . . . 24
3.1.3. Capa de integración . . . . . 25
3.1.4. Capa de aplicación . . . . . 25
3.2. Arquitectura Iot seleccionada . . . . . 26
3.2.1. Selección de tecnologías . . . . . 27
3.2.2. Descripción de equipos y dispositivos . . . . . 28

**4. Desarrollo de la implementación del proyecto 32**
4.1. Esquema de red industrial implementada . . . . . 34
4.2. Configuración de equipos y dispositivos. . . . . 36
4.2.1. Instalación y configuración ION8650 . . . . . 37
4.2.2. Instalación y configuración IOT2040 . . . . . 41
4.3. Servidor para el almacenamiento de datos . . . . . 44
4.3.1. Ubicación del Servidor . . . . . 45
4.3.2. Almacenamiento en la base de datos . . . . . 48
4.3.3. Protocolo Modbus y mapa de registro para dispositivo ION . . . . . 48
4.4. Desarrollo y programación de Node-Red . . . . . 50
4.4.1. Instalación del software Node-RED: . . . . . 50
4.4.2. Conexión Ethernet/IP equipo ION8650. . . . . 52
4.5. Programación Node-Red para visualización de variables del medidor de energía . . . . . 53
4.5.1. Vista de la pantalla principal Dashboard Subestación . 57
4.5.2. Vista de la pantalla de registros de la subestación . . . 64
4.5.3. Visualización datos de producción . . . . . 65
4.5.4. Desarrollo de programación para el envío alertas y notificaciones . . . . . 69

4.5.5. Evaluación de notificación de alertas . . . . . 74
4.5.6. Análisis de indicadores . . . . . 77

**5. Conclusiones y trabajos futuros** **81**
5.1. Conclusiones . . . . . 82
5.2. Recomendaciones . . . . . 83
5.3. Trabajo futuro . . . . . 84

# Índice de Figuras


2.1. Cuarta revolución industrial . . . . . 8
2.2. Capacidades de un sistema ioT . . . . . 10
2.3. Tipos de Arquitectura IoT . . . . . 11
2.4. Arquitectura de la Nube . . . . . 13
2.5. Importancia del monitoreo de Energía en una planta industrial 16
2.6. Analizador de Energía . . . . . 17
2.7. Node Red herramienta virtual . . . . . 18
2.8. Ejemplo de herramienta Dashboard . . . . . 19
2.9. Arquitectura servidor-cliente . . . . . 21

3.1. Arquitectura IoT 4 capas . . . . . 23
3.2. Capa dispositivo . . . . . 24
3.3. Capa pasarela . . . . . 24
3.4. Capa de integración . . . . . 25
3.5. Capa de aplicación . . . . . 25
3.6. Arquitectura IOT presentada . . . . . 26
3.7. Medidor PowerLogic ION8650 tipo socket . . . . . 28
3.8. IOT2040 . . . . . 29
3.9. Ejemplo Dashboard Node-Red . . . . . 31

4.1. Esquema de red y conexión de equipos . . . . . 33
4.2. Cuarto de transformadores . . . . . 35
4.3. Equipo de protección Disyuntor principal . . . . . 35
4.4. Cuarto de celdas . . . . . 36
4.5. ION8650 ubicación . . . . . 37
4.6. Conexión ION8650 puerto ethernet . . . . . 38
4.7. Mac ION8650 . . . . . 39
4.8. Ip ION8650 . . . . . 39
4.9. Mask ION8650 . . . . . 40

4.10. Gateway ION8650 . . . . . 40
4.11. Ubicación SIMATIC IOT2040 . . . . . 41
4.12. IOT2040 conectado al cisco J9727A . . . . . 42
4.13. Configuracion remota IOT2040 . . . . . 43
4.14. Servidor subestación X3430 planta industrial . . . . . 44
4.15. System Servidor Xeon . . . . . 45
4.16. J9727A Switch instalado plana industrial . . . . . 46
4.17. Esquema conexión de equipos con servidor . . . . . 47
4.18. SQL SERVIDOR . . . . . 48
4.19. Almacenamiento de datos . . . . . 49
4.20. Página inicio Node Red . . . . . 50
4.21. Campo habilitación paletas Node Red . . . . . 51
4.22. Nodo Ethernet IP . . . . . 52
4.23. Configuración del nodo Ethernet IP . . . . . 52
4.24. Desarrollo Nodos subestación en Node-REd . . . . . 54
4.25. Desarrollo de nodos para lectura voltaje,corriente, factor de potencia,potencia activa, energía activa . . . . . 55
4.26. Desarrollo de nodos para lectura de históricos . . . . . 56
4.27. Dashboard ventanas Subestación planta industrial . . . . . 57
4.28. Dashboard Subestación . . . . . 58
4.29. Visualización de variables de voltaje . . . . . 59
4.30. Visualización de variables de corriente . . . . . 60
4.31. Visualización factor de potencia . . . . . 61
4.32. Visualización potencia Activa . . . . . 61
4.33. Visualización energía activa . . . . . 62
4.34. Visualización de Frecuencia . . . . . 62
4.35. Visualización de armónicos . . . . . 63
4.36. Dashboard selección tiempo registros . . . . . 64
4.37. Dashboard consumo diario kwh . . . . . 64
4.38. Consumo kwh por día datos obtenidos por personal de producción . . . . . 65
4.39. Costo producción-kw por día datos obtenidos por personal de producción . . . . . 66
4.40. Índice energético . . . . . 67
4.41. Diagrama de flujo de nodos-índice energético . . . . . 68
4.42. Desarrollo nodo para envió de alertas al correo . . . . . 69
4.43. Configuración nodo correo . . . . . 70
4.44. Configuración para envió de correo . . . . . 70
4.45. Selección rango de alertas Factor de potencia . . . . . 71
4.46. Selección rango de alertas P activa KW . . . . . 72

4.47. Notificación de alertas por gmail . . . . . 73
4.48. Prueba real notificación alarma factor potencia . . . . . 74
4.49. Inspección tablero de capacitores por alarma presentada en medidor de energía . . . . . 75
4.50. Solución del problema generado por Factor de Potencia . . . . 76
4.51. Indicador índice energético noviembre a febrero . . . . . 79

# Índice de Tablas


3.1. Selección de tecnología . . . . . 27
3.2. Datos equipo utilizado IOT2040 . . . . . 29
3.3. Característica IOT2040 . . . . . 30

4.1. Descripción del esquema de red . . . . . 34
4.2. Elementos pasivos para la conexión del medidor ION 8650 . . 37
4.3. Configuración básica del medidor ION 8650 . . . . . 38
4.4. Elementos pasivos conexión del IOT2040 . . . . . 41
4.5. Dirección IP Gateway subestación IOT2040 . . . . . 43
4.6. Características del Servidor Xeon X3430 . . . . . 44
4.7. Variables de lectura base de datos . . . . . 49
4.8. Paletas Node Red . . . . . 51
4.9. Rango de alertas de potencia . . . . . 71
4.10. Tabla de resultados de indicadores 2021 . . . . . 77
4.11. Tabla de resultados de indicadores 2022 . . . . . 78
4.12. Tabla comparativa lecturas consumo energético de la planta industrial . . . . . 80

# Dedicatoria

***Ronald Esteban Sánchez Macías:***

El presente proyecto principalmente se lo dedico a Dios por guiarme en todo momento, a mis padres Segundo y Carmita quienes me han ayudado y apoyado para continuar con mis estudios, a mi familia por siempre estar presente en todo momento dándome ánimos para seguir adelante. A mis compañeros de clases por su ayuda incondicional. Gracias a todos.

***David Israel Baldeón Barrios:***

A mi familia que siempre estuvo para apoyarme en todo momento le dedico esta titulación, ya que forman parte fundamental de mi vida. Simplemente Gracias.

# Resumen

En este proyecto de titulación se presenta "Desarrollo de un sistema de supervisión de energía basado en Iot para la gestión de operación y mantenimiento de una planta industrial", el cual fue elaborado con el propósito de disponer nuevas opciones para sistemas de Industria 4.0 que faciliten el desarrollo de un sistema de supervisión en la industria local, con una aplicación web de desarrollo propio que permita visualizar los parámetros como voltaje, corriente, frecuencia, factor de potencia, consumo de energía y armónicos; de tal manera que esta información se la pueda analizar con el objetivo de tener un control mas exacto del consumo de energía por producción, mejorar tiempos de respuestas ante cualquier eventualidad, tener un mayor control en los procesos de mantenimiento correctivos y preventivos.

Se diseñó una red industrial para la recolección, procesado y transferencia de datos de energía del ambiente de producción de la planta de manera eficaz seleccionando equipos de medición de energía como el medidor ION8650 que permite gestionar y administrar datos de consumo. El dispositivo IOT2040 se lo utiliza como enlace para la nube ya que permite integrar el equipo para adquisición, análisis a través del software Node-Red, que permite visualizar las variables de energía e indicadores dentro de la red interna de la planta industrial.

*Palabras clave:* IOT, industria 4.0, supervisión, IOT2040, ION8650, Node-Red

# Abstract

This degree project presents "Development of an energy supervision system based on Iot for the management of operation and maintenance of an industrial plant", which was prepared with the purpose of providing new options for Industry 4.0 systems that facilitate the development of a supervision system in the local industry, with a self-developed web application that allows viewing parameters such as voltage, current, frequency, power factor, energy consumption and harmonics; in such a way that this information can be analyzed in order to have a more exact control of energy consumption by production, improve response times in the event of any eventuality, have greater control in corrective and preventive maintenance processes.

An industrial network was designed for the collection, processing and transfer of energy data from the production environment of the plant in an efficient way, selecting energy measurement equipment such as the ION8650 meter that allows managing and administering consumption data. The IOT2040 device is used as a link to the cloud since it allows integrating the equipment for acquisition, analysis through the Node-Red software, which allows visualizing the energy variables and indicators within the internal network of the industrial plant.

Keywords: IOT, industry 4.0, monitoring, IOT2040, ION8650,Node-Red

# Capítulo 1

# Introducción

El análisis de la calidad de energía es un tema de alta importancia en el sector industrial, en este capítulo se presenta los beneficios reales en la implementación de medidas de eficiencia energética como la medición de las reducciones de consumo.

Para obtener una medición eficaz, es importante considerar los siguientes aspectos en el proceso: conocer la cantidad de energía que se consume en un período determinado, enfocando los sistemas que tienen mayor consumo dentro de las instalaciones de la planta industrial.

En la actualidad uno de los beneficios de la industria 4.0 es la utilización de la plataforma web con la que se puede monitorizar el consumo de energía de cada proceso. De igual manera, teniendo la oportunidad de evidenciar la variación de los consumos mensuales, lo que permite comparar con registros anteriores y de esa manera poder identificar las medidas a adoptar para mejorar la producción de la planta.

## 1.1. Descripción general del problema

Uno de los principales problemas que se encuentra en una planta industrial de productos lácteos en la ciudad de Guayaquil es la carencia de un sistema se supervisión eficiente de consumo de energía que aporte en el control y análisis de la misma. Actualmente la toma de lectura es realizada manualmente, es decir, el personal de turno se dirige todos los días al cuarto de contadores y anota en una libreta o en un equipo terminal el consumo del día, y al final de mes o del año comprueba cómo ha evolucionado el consumo con respecto a la cantidad de producción obtenida.

Otro inconveniente es que la planta actualmente no cuenta con un sistema de supervisión de consumo real de energía en el departamento de mantenimiento, esto implica que, si existe algún problema de variación de voltaje o de otra índole en algún proceso de producción, el técnico de campo solo puede visualizar las alarmas instaladas físicamente en cada equipo.

Debido a que no se cuenta con registros de posibles fenómenos físicos que, en muchos casos, aparecen y desaparecen arbitrariamente, no se puede obtener un diagnóstico acertado de causa y efectos de fallas, esto puede implicar en daños severos en maquinarias y por consecuencia paralización del proceso teniendo como resultado pérdidas económicas para la empresa. Por eso, es necesario grabarlos datos de energía en un tiempo determinado con un intervalo constante con el objetivo de tener un historial de datos que pueda ser analizado por varios parámetros eléctricos que permitan establecer límites de grabación.

Al monitorizar el consumo de energía, una de las opciones más rentables es tener bajo control aquellas variables de medición de energía eléctrica por las que pagamos en la factura. Tener controladas estas variables, mediante sistemas de alarmas y herramientas nos permitirá mantener un control más exacto de la energía que se consume por producción para evitar multas económicas por bajo factor de potencia.

Por esta razón, en este proyecto de titulación se plantea un sistema de supervisión de energía basado en IoT para la gestión de operación y mantenimiento de una planta industrial que permita visualizar el consumo eléctrico, mejorando los tiempos de respuestas, ante cualquier eventualidad de la producción en la planta.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de supervisión de energía basado en Internet de las Cosas mediante SIMATIC IOT2040 como entrada de enlace con la nube para la gestión de operación y mantenimiento de una planta industrial.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar e Implementar una red industrial que permita la recolección, procesado y transferencia de datos de energía del ambiente de producción de la planta de manera eficaz y segura a una aplicación web.
- Integrar equipos de medición de energía industrial con una plataforma web basada en IoT, para la administración y gestión de los datos de consumo.
- Implementar una aplicación web para la supervisión de energía que permita identificar problemas relacionados con la eficiencia energética mediante el desarrollo de funciones eficaces de registro y análisis.
- Analizar los datos de energía almacenados en la aplicación web para la generación de informes para la gestión y mejora de los procesos en la planta industrial de análisis.

## 1.3. Contribuciones

Este proyecto de titulación contribuye al desarrollo de la Industria 4.0 en el mercado Ecuatoriano, se propone instalar un sistema de indicadores de consumo de energía, mediante una solución IoT para monitorización de parámetros de energía como corriente, voltaje, factor de potencia, consumo de energía de una planta industrial. Generación de notificaciones de alertas cuando se presenten condiciones anormales de funcionamiento, registro de datos de consumo de energía de tal manera que puedan ser analizados para la toma de decisiones del personal encargado de la producción. Personal de mantenimiento tenga acceso a los datos de energía en cualquier instante de tiempo por medio de una plataforma de IoT y puedan ser visualizar y analizar para el desarrollo, gestión y futuros proyectos de ampliación de proyectos de IoT.

## 1.4. Organización del manuscrito

El presente manuscrito esta conformado de la siguiente manera:

El capítulo 1 se compone de los objetivos propuestos para el proyecto de supervisión, descripción del problema y las contribuciones del trabajo. El capítulo 2 comprende el estado del arte, definiciones previas, el capítulo 3 muestra la metodología del desarrollo, el capítulo 4 expone la implementación selección y configuración de equipos. El capítulo 5 muestra las conclusiones y sugerencias para trabajos futuros.

# Capítulo 2

# Marco teórico

En este capítulo se presenta el estado del arte,definiciones previas temas referentes a la industria 4.0 así como también que equipos se utilizan para realizar un monitoreo de consumo de energía.

## 2.1. Estado del Arte

La cuarta revolución industrial modifica los modelos a seguir en la industria en los sistemas de producción, consumo, transporte, entre otros.(Varón Garzón et al., 2020).

Actualmente, crece la necesidad de conectar todo a Internet, no solo de enviar información a servidores para procesamiento y almacenamiento, sino también para proporcionar un control total de los dispositivos físicos en la web.(Glória et al., 2017).

El internet de las cosas (IOT) facilita conectar las cosas físicas con electrónica integrada, software, sensores proporcionando así el intercambio de datos cofabricantes, operadores y / u otros dispositivos conectados. En 2013 (IoT GSI) la iniciativa de estándares globales sobre Internet de las cosas definió IoT como la infraestructura de TI global que proporciona servicios avanzados (físicos y virtuales) mediante la conexión en red de cosas, basadas en información existente e interoperable y tecnologías de la comunicación en el desarrollo. (Lekić and Gardašević, 2018). El Internet tiene un papel importante en la transmisión de información, actualmente la tecnología va dirigida a la recopilación o almacenaminentos de datos,análisis y control de dispositivos de forma remota a través de Internet en lugar de solo compartir la información, y esto da como resultado una nueva tecnología llamada IoT (Swamy and Kota, 2020).

Los fenómenos de calidad de la energía son fenómenos físicos que, en muchos casos, aparecen y desaparecen de forma arbitraria. Por tanto, registrarlos es más que una simple medición de un parámetro eléctrico; es necesario registrarlos durante un cierto intervalo de tiempo.

Para reducir la enorme cantidad de datos registrando y analizando varios parámetros eléctricos durante un largo período de tiempo, se establecen límites de grabación. Para analizar la tendencia, se utilizan algoritmos de agregación para reducir la cantidad de datos sin perder la información de la tendencia. Es necesario definir la calidad de la energía estableciendo límites para magnitudes de calidad de energía medibles (Baggini, 2008), para el análisis del ahorro energético, el aprovechamiento de residuos, nuevas técnicas de estudio para consumo ,ahorro de energía, análisis de gestión y eficiencia energética (Bandarra et al., 2016).

La supervisión del consumo energético en tiempo real nos permite medir la demanda real por producción,t tener un registro de parámetros por linea de producción. Estos registros nos ayudan a determinar dónde se presenta el mayor consumo de energía de tal manera que se pueda dar mantenimientos óptimos y oportunos dentro de la planta.

La importancia de la implementación del sistema SCADA basado en la nube utilizando Industrial IoT (IIoT) y señala que, aunque SCADA monitorea bien las condiciones instantáneas dentro de la empresa, la adopción de la nube ofrece análisis y decisiones omnipresentes, además independientemente del hardware utilizado y, por lo tanto, la industria 4.0 efectivo. En (Hui et al., 2017) se desarrolla una plataforma de monitoreo del sistema de gestión de energía para una comunidad inteligente.

## 2.2. Definiciones previas

### 2.2.1. Industria 4.0

La Industria 4.0 se inicia con el progreso de la tecnológica. Las empresas iniciaron a implementar la tecnología en los diferentes tipos de procesos de producción con el objetivo de obtener mejorar la productividad, reducir costos por consumo y reducir los tiempos de cada producción(del Val Román, 2016).

En la industria la electrónica y la informática son de gran importancia ya que permitieron automatizar las áreas diferentes áreas como la de producción.

La concentración de los diferentes tipos de tecnologías de la información como la sensórica y la robótica están transformado el uso del internet tradicional en internet de las cosas IoT, lo que ha producido en la industria un gran cambio basado en las ventajas del uso de la informática. (del Val Román, 2016). **Figura** 2.1

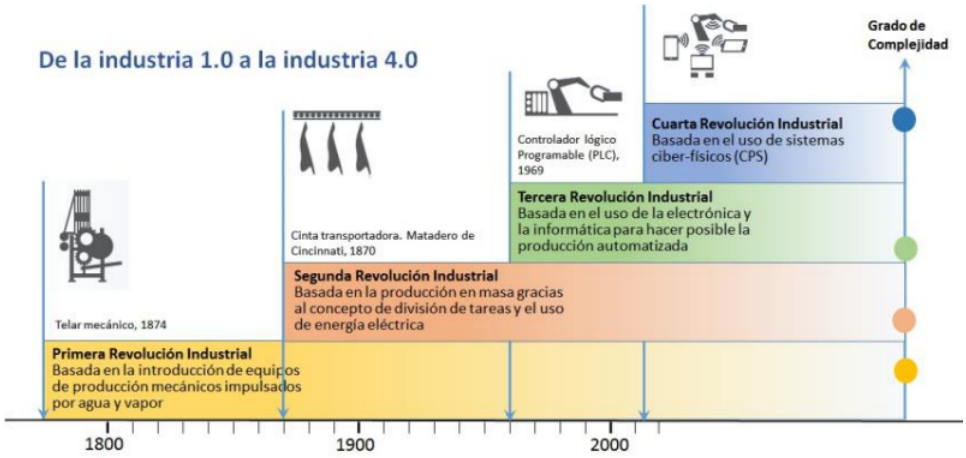



Figura 2.1: Cuarta revolución industrial
Fuente: (del Val Román, 2016)

### 2.2.2. Industria 4.0 en Ecuador

En el año 2018 en Ecuador la industria 4.0 comenzó a tener mayor información por parte del Ministerio de Telecomunicaciones hacia las empresas, con el objetivo principal de dar a conocer la estrategia que beneficiará al desarrollo de la sociedad y el conocimiento para impulsar el crecimiento económico, la equidad e inclusión y la eficiencia en la administración pública.(Bravo Alay and Martillo Fernández, 2019)

Estrategias que servirán para contribuir al desarrollo:

- Infraestructura conectividad.
- Administración electrónica.
- Habilidades digitales.
- Seguridad y protección de la información.
- Tecnologías emergentes.

### 2.2.3. Ventajas de la Industria 4.0

Los sistemas de producción en el campo industrial se ha mejorado con el ingreso de la industria 4.0.

Sus principales ventajas son:

- Reducir tiempo en los procesos de producción.
- Mejorar los niveles de calidad de los productos.
- Bajar costos de producción.
- Menor desperdicio.
- Mejorar el control de recursos.
- Mejora la competitividad en el mercado.
- Mejor seguridad en los procesos.

### 2.2.4. Internet de las Cosas IoT

El Internet de las cosas se fundamenta en la interacción entre los equipos de adquisición de datos con la nube, en la que guardan información sobre su entorno. Esta comunicación hace que los aparatos se comuniquen entre ellos y con el usuario, con el propósito de almacenar o recopilar la información que se requiera. La conexión entre dispositivos y personas tiene numerosas ventajas para las empresas y los usuarios, motivando la creación de nuevos modelos de sistemas de supervisión remoto.

El Internet de las cosas es la revolución entre objetos y personas, juntándolos de una forma en la que que se puede interactuar entre sí. la ventaja que ofrece con esta conexión es obtener datos en tiempo real.

### 2.2.5. Capacidades de un sistema IoT

La implementación de los servicios IoT son muy diversas, dependiendo del sector que se requiera poner en practica. En la siguiente **figura** 2.2 se muestra como esta conformado los sistemas.
a continuación se describe cada una de las capacidades:

1. **Identificación:** Se encuentra los sistemas de identificación de cada elemento de la red.

Figura 2.2: Capacidades de un sistema ioT
Fuente:(Al-Fuqaha et al., 2015)

2. **Sensores:** Adquisición de información requerida recogida por sensores.
3. **Comunicación:** Conexión inalámbrica entre los nodos del sistema.
4. **Computación:** Procesamiento y análisis de datos.
5. **Servicios:** Servicios de IoT están conformados por:
   - **Servicios relacionados con la identidad** en los que se distingue y asocian objetos entre el mundo virtual y el mundo real. Son los servicios más básicos e importantes que se utilizan.
   - **Servicios de agregación de información** recopilan información que se necesitan para las aplicaciones de Iot.
   - **Servicios colaborativos** utiliza la información de los dos servicios anteriores para la toma de decisiones según lo que se requiera.
   - **Servicios ubicuos** tienen como objetivo proporcionar servicios en cualquier momento y lugra que se necesiten.
6. **Semántica** Aplicación de usuario, visualización por aplicativos.

### 2.2.6. Arquitectura de un sistema IoT

Existen varios modelos de arquitectura que permiten integrar las diferentes tecnologías que existen en la industrial. Cada diseño de arquitectura tiene sus características principales como se expone en la **figura** 2.3.

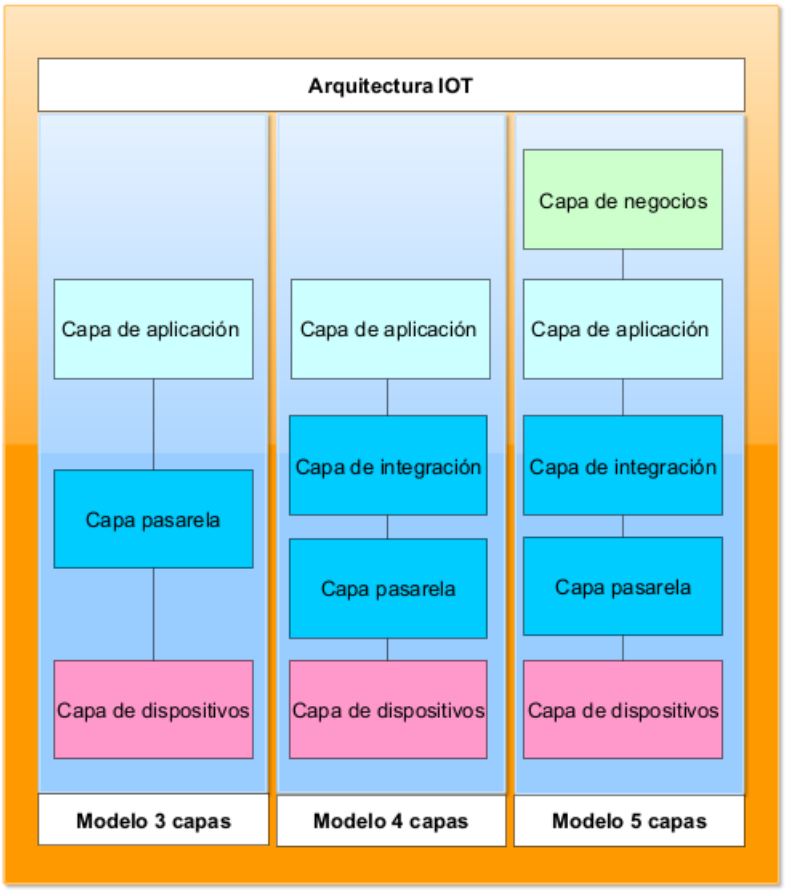



Figura 2.3: Tipos de Arquitectura IoT

A continuación se describe cada modelo de arquitectura:

1. **Modelo 3 capas**

   Este modelo de 3 capas permite conocer el esquema principal sobre Iot, la cuales se explican a continuación:

   - **Capa de aplicación:** Esta capa proporciona los servicios requeridos por los usuarios, aquí se encuentra las aplicaciones donde el usuario puede visualizar la información.
   - **Capa pasarela:** Esta capa se encarga de la interconexión del servidor con los dispositivos de red.
   - **Capa de dispositivo:** En esta capa se procesa y difunde los datos adquiridos por la etapa de sensores.

2. **Modelo 4 capas**

   Este modelo es similar al del modelo 3 capas excepto que en esta interviene la capa de integración, que a continuación se la describe:

   - **Capa integración:** En esta capa se almacena y recibe los datos provenientes del gateway para que sean procesados y analizados.

3. **Modelo 5 capas**

   Este modelo es el mas utilizada, es similar a la de 3 y 4 capas excepto que en esta interviene la capa de negocios, que a continuación se la describe:

   - **Capa de negocio:** En esta capa se encarga de administrar todo el sistema IoT, aplicaciones, rendimiento, seguridad de información. Esta capa ofrece la posibilidad de optimizar y mejorar los procesos de IoT.

### 2.2.7. Cloud Computing para servicios de IoT

Cloud Computing actualmente es una tecnología que ofrece servicios a través del internet, basado en servidores accesibles desde cualquier lugar y en tiempo real. Tiene como característica principal el acceso, almacenamiento y gestión de los datos obtenidos por los dispositivos.

La arquitectura de la nube esta compuesta en dos secciones como se aprecia en la **figura** 2.4:

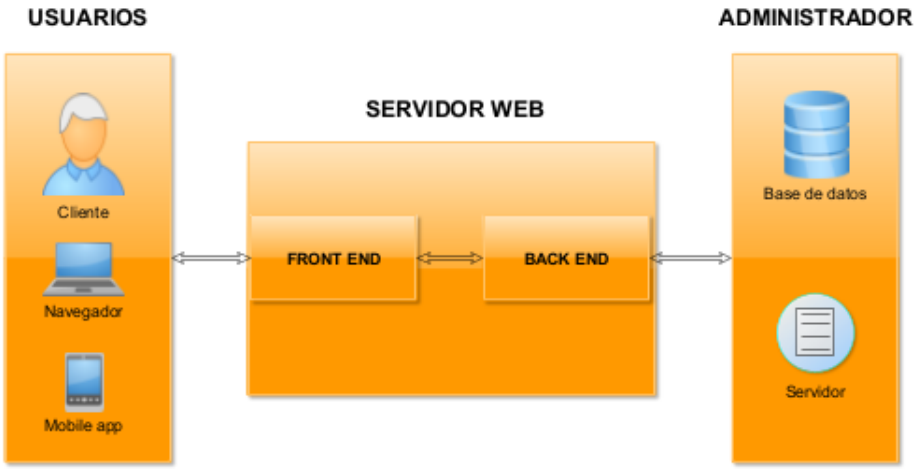



Figura 2.4: Arquitectura de la Nube

***Front end:*** Dirigida al usuario final, constituida por:

- Interfaz gráfica para usuario
- Dispositivo o equipo terminal del cliente

***Backend:*** Esta encargada del proveedor del servicio, conformada por lo siguiente:

- Aplicación
- Servicio
- Almacenamiento
- Administración
- Seguridad

### 2.2.8. Eficiencia Energética

La eficiencia energética tiene como objetivo tener un mayor control para mejorar la calidad de energía, tener una mejor distribución y control de la energía utilizada en la producción de una actividad económica.

La eficiencia energética en el sector de la industria se asocia con la eficiencia en el campo económico e integra todo tipo de cambios tecnológicos, de comportamiento y económico (Camarda, 2017).
Para obtener una reducción de la cantidad de energía consumida por producción se debe utilizar procesos que permitan mejorar los servicios ya sea de transporte,abastecimiento industrial, entre otros.

### 2.2.9. Mejoras en Eficiencia Energética

Las mejoras en eficiencia energética hace referencia a la reducción de la energía utilizada para un determinado tipo servicio u operación(Camarda, 2017).

La reducción en el consumo energético tiene como referencia a los cambios de mejoras de tecnologías, en algunos casos los restricciones como impuestos por costo de energia afecta a la industria y al consumidor final.

### 2.2.10. Auditoría Energética

Según (Gontarz et al., 2010) una auditoría energética es el estudio de una proceso o equipo a través de pruebas, mediciones y análisis para determinar su impacto o efecto en el consumo de energía y los costos operativos respectivamente, para reducir el consumo. Las auditorías se pueden clasificar según su complejidad, ya que esto también aumenta el costo de la auditoría.

**Auditoría Tipo 0.** Se basa en realizar un análisis preliminar del uso y costo de la energía, y la comparación de indicadores con distintas organizaciones similares, también es conocida como auditoría tipo benchmarking.

**Auditoría Tipo 1.** Comprende un análisis de consumo con el objetivo de establecer valores reales de consumo por producción. Proporciona a la organización oportunidades de mejora y de bajo costo para aumentar su rendimiento energético.

**Auditoría Tipo 2.** Se detalla los usos y pérdidas de energía mediante una revisión y análisis minucioso de los equipos, sistemas y características operacionales. La revisión realizada por este tipo de auditoría puede también incluir mediciones en sitio para la cuantificación del uso y eficiencia de la energía para uno o varios sistemas, también es conocida como auditoría estándar

**Auditoría Tipo 3.** Esta auditoría se diferencia de las anteriores porque incluye una descripción detallada del uso de la energía por etapas y funciones, una evaluación completa del proceso a través de software de simulación, esta auditoría integra la recolección de datos de las especificaciones de diseño de equipos para su correcto funcionamiento en un medio virtual, que podrá predecir el impacto de los cambios a realizarse con una mejor precisión.
Esta auditoría conlleva mas tiempo, pero aporta en gran medida a la empresa a la implementación de cambios al proceso ya que disminuye en un considerable porcentaje el diseño considerado usualmente en la adquisición de equipos y accesorios, reduciendo de manera importante el costo de implementación.

### 2.2.11. Certificación de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental

Certificación de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED) es un sistema de certificación de proyectos, aplicados a edificios habilitados o modernizados.

La certificación fue desarrollada en 1993 por parte del Consejo de la Construcción Verde de los Estados Unidos, esta conformada por un conjunto de normativas (García Piraján et al.).
Para la certificación se evalúa lo siguiente:

1. **Sostenibilidad en recursos y elementos de construcción.**
2. **Eficiencia y beneficios de los recursos del agua durante la construcción.**
3. **Eficiencia energética con menor impacto ambiental.**
4. **Materiales y recursos con menor afectación al medio ambiente**
5. **Calidad del ambiente del edifico.**
6. **Mejoras en el proceso de diseño.**

La eficiencia energética es la de mayor importancia o consideración debido a que busca el ahorro y beneficio para el edificio y el medio ambiente.

### 2.2.12. Importancia del monitoreo de consumo de energía

Un sistema de monitoreo del consumo de energía permite un mayor control de la calidad del servicio, costo de la energía eléctrica. Con este sistema se podrá determinar si en un proceso existe un exceso de consumo, también se podrá identificar sobrecargas en los bancos de distribución y demás equipos eléctricos.(Oviedo-Pérez, 2017)

Mientras más datos se puedan obtener los equipos de un sistema eléctrico, se podrá implementar mejores controles por lo tanto reducir el exceso de energía. **Figura** 2.5.

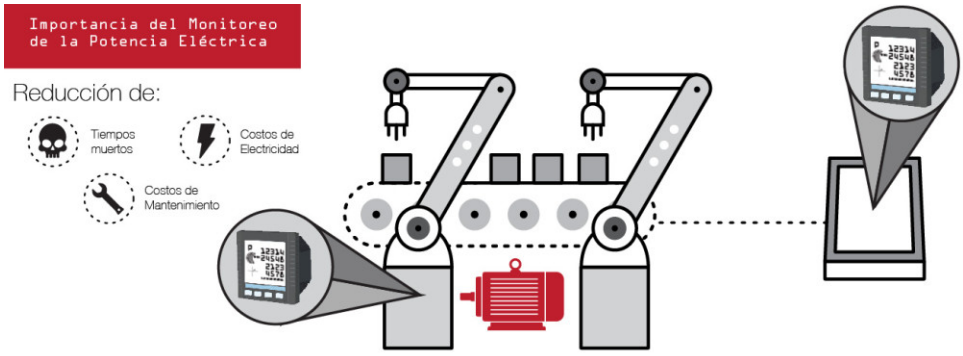



Figura 2.5: Importancia del monitoreo de Energía en una planta industrial
Fuente:(Oviedo-Pérez, 2017)

### 2.2.13. Analizadores de Energía

El analizador de energía es un instrumento o herramienta que permite medir y almacenar valores de variables de tipo eléctrico como se muestra en la **figura** 2.6.

Las variables mas comunes a medir son:

- Factor de potencia
- Intensidad

- Potencia reactiva
- Potencia activa
- Frecuencia
- Energía activa
- Energía reactiva
- Voltaje

Figura 2.6: Analizador de Energía

**Ventajas del analizador de redes**

Estos equipos son diseñados para realizar mediciones de voltajes, corrientes, potencia, armonicos, factor de potencia y consumos de energía. a continuación se presenta las siguientes ventajas:

- Ahorro de energía eléctrica
- Control exacto del consumo (kWh)
- Análisis de curvas de carga para localizar los puntos de máxima demanda energética
- Detección de requerimientos en la instalación.
- Evitar fraude en contadores energéticos.

- Prevención de riesgos en la red eléctrica.
- Localización y solución de problemas en la red
- Solventar problemas de resonancias, fugas diferenciales, disparos ocasionales, armónicos, desequilibrio en las fases.
- Diseño óptimo de los filtros pasivos y activos de armónicos.

### 2.2.14. Herramienta de programación Node-red

Es una herramienta de programación que permite conectar varios dispositivos, hardware y servicios de internet o en la nube, esta herramienta esta construida en Node.js que nos indica que es una programación basada en flujos. Node-Red es de fácil aprendizaje y programación que permite almacenar datos y mostrarlos en tiempo real para soluciones de IoT.

Una de las características principales podemos indicar es la programación basada en flujos como se muestra en la **figura** 2.7 a través de nodos, al ser una herramienta de código abierto es de uso fácil y didáctico.

La programación en Node red se fundamenta en conexión de bloques de flujos,es idóneo para que los equipos de tipo industrial se comuniquen entre sí. Cada nodo tiene su característica principal como es de recibir, procesar y transferir datos a uno o más nodos asociados. (Haro et al., 2019).

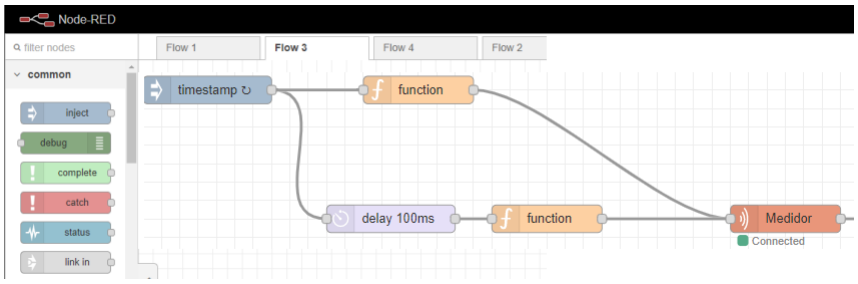



Figura 2.7: Node Red herramienta virtual

### 2.2.15. Plataformas IoT

Estas plataformas permiten conectar dispositivos, sensores, y equipos industriales, formando una red para que éstos elementos puedan comunicarse.

Estas plataformas están conformadas por múltiples servicios para conexión de dispositivos con la red o nube, para que los datos adquiridos sean analizados, almacenados y visualizados. Existen diferentes plataformas IoT como Google Cloud y Aws.

### 2.2.16. Dashboard

Es una herramienta de aplicación que permite la recopilación y visualización gráfica de los datos de diferentes dispositivos que intervienen en un proceso ya se industrial o de tipo económico. **Figura** 2.8.

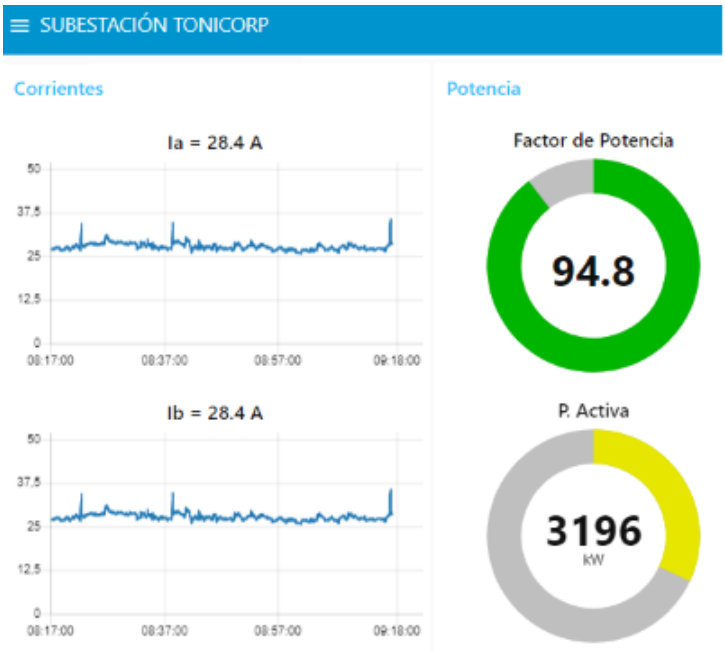



Figura 2.8: Ejemplo de herramienta Dashboard

A continuación se presenta las principales características que debe tener esta herramienta:

- ***Personalizado.*** Debe contener únicamente los indicadores que sean importantes de un proceso.
- ***Visual.*** La información que se requiera se la pueda presentar en forma de gráficos.
- ***Práctico.*** Facilitar la información necesaria para poder tomar decisiones y mejorar los resultados.
- ***En tiempo real.*** Los datos deben estar actualizados en todo momento en todas las etapas del proceso.

### 2.2.17. Servidor

El servidor es una aplicación que se ejecuta en servicios de usuario, que se pueden publicar en computadora personal compartida o dispositivos a su vez con mayor rendimiento, diseñado para rol de servidor.

Estos dispositivos proporcionan servicios de servidor a través de redes informáticas basadas en el modelo de servidor cliente, un concepto que permite la distribución de tareas entre diferentes computadoras y hacerlos accesibles entre sí para mas de un cliente o usuario final de manera independiente, véase la **figura** 2.9.

Todos Los servicios en línea serán proporcionados por el servidor. Esta es la única manera de garantizar que los usuarios puedan acceder al navegador web y acceder activamente al servidor para que pueda utilizar el servicio de acuerdo a sus necesidades.

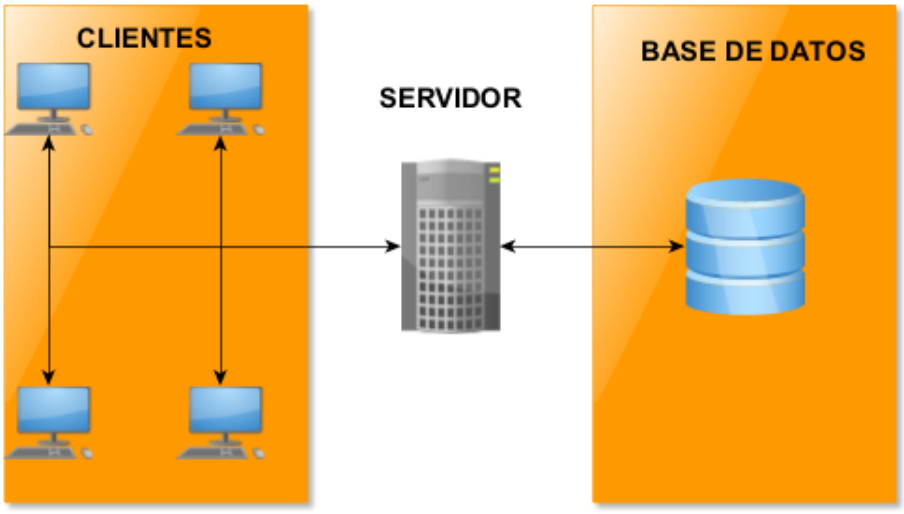



Figura 2.9: Arquitectura servidor-cliente

# Capítulo 3

# Metodología del desarrollo

En este capítulo, se presenta la arquitectura definida para el diseño de la solución IoT que permite la integración de las diferentes tecnologías que forman parte del proyecto, y se utilizan en la supervisión de energía para la gestión de operación y mantenimiento de la planta industrial. En la implementación de la arquitectura , se introducirán a detalle los diagramas de conexión del analizador de energía, de la interfaz inteligente iot, colección de datos,procesamiento de datos, visualización y transferencia de datos de la nube.

## 3.1. Diseño de Arquitectura

Existen varios modelos de arquitectura que permiten integrar las diferentes tecnologías que existen en la industrial. Para el presente proyecto se ha seleccionado el modelo de 4 capas como se muestra en la **figura** 3.1

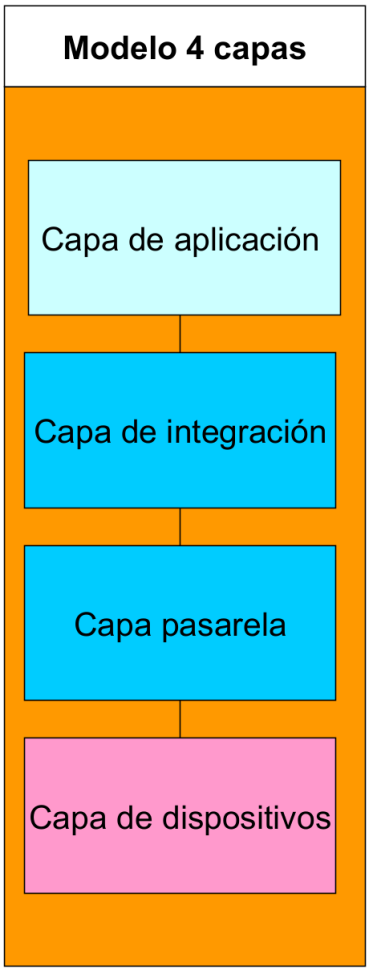



Figura 3.1: Arquitectura IoT 4 capas

### 3.1.1. Capa de dispositivo

En esta capa se encontramos medidor de energía y sensores como se muestra en la **figura** 3.2.

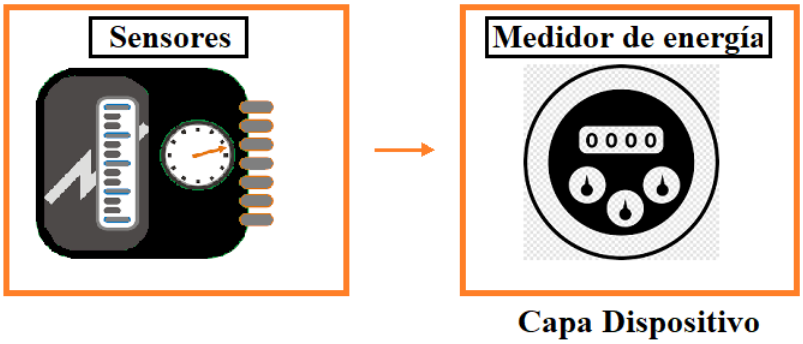



Figura 3.2: Capa dispositivo

### 3.1.2. Capa pasarela

En la capa pasarela se encarga de adquirir los datos de los equipos que se encuentran en la capa dispositivo, mediante equipos que envíen información a la nube. **Figura** 3.3

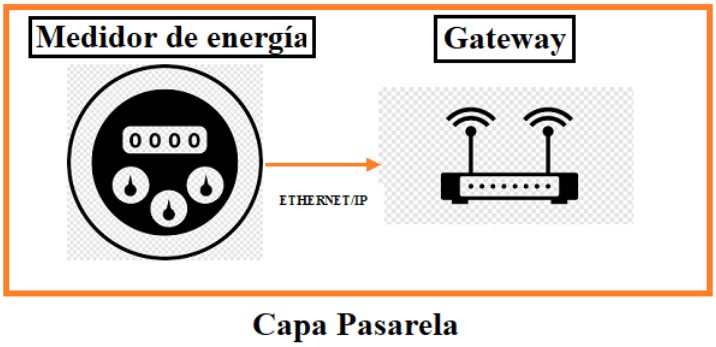



Figura 3.3: Capa pasarela

### 3.1.3. Capa de integración

En esta capa se encarga de recibir y almacenar los datos de los equipos ubicados en la capa pasarela. **Figura** 3.4

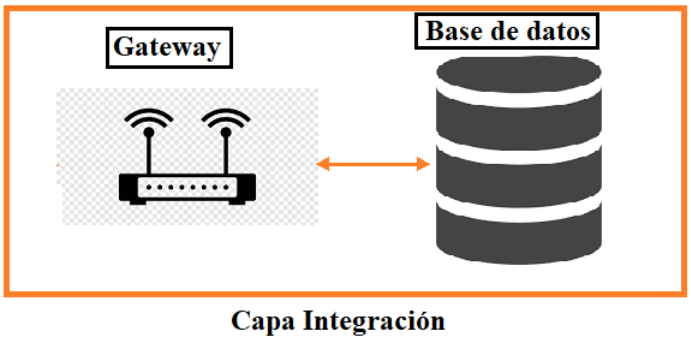



Figura 3.4: Capa de integración

### 3.1.4. Capa de aplicación

En sección se encarga de conectar el usuario con la plataforma o aplicaciones gráficas, y también de enviar notificaciones de alertas por correo. **Figura** 3.5

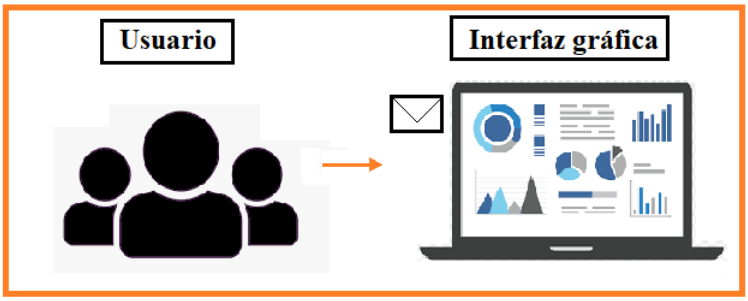



Figura 3.5: Capa de aplicación

## 3.2. Arquitectura Iot seleccionada

De acuerdo a los distintos modelos de arquitectura se ha seleccionado para este proyecto de supervisión el modelo de 4 capas como se muestra en la en la **figura** 3.6 se muestra la arquitectura Iot seleccionada.

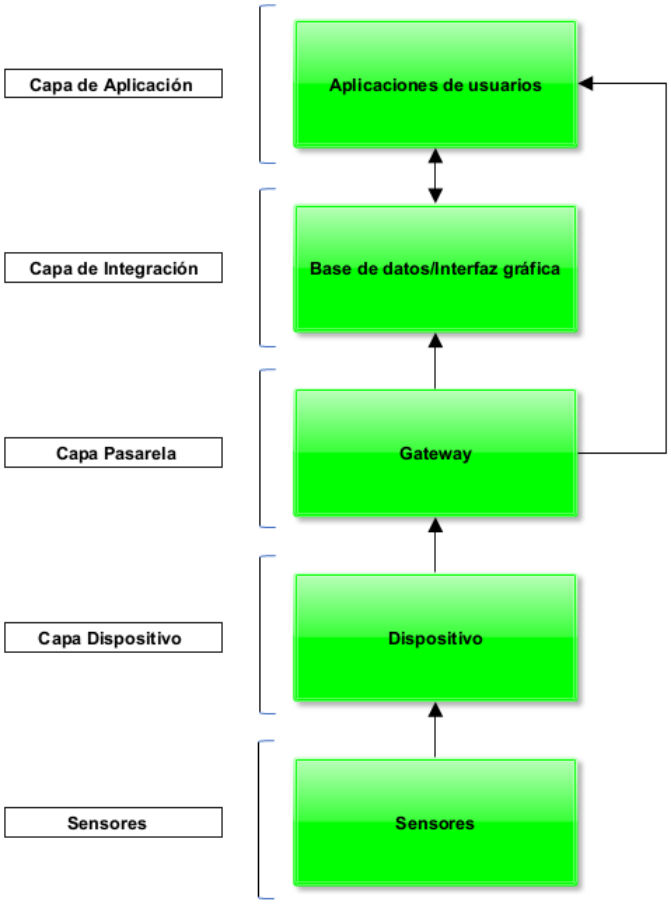



Figura 3.6: Arquitectura IOT presentada

### 3.2.1. Selección de tecnologías

En base al modelo de arquitectura presentada se han seleccionado las siguientes tecnologías que se describen en la siguiente **tabla** 3.1

| **Tecnología** | **Justificación** |
|---|---|
| ION8650 | Se selecciona el medidor ION8650 porque permite realizar medición de variables de energía, este equipo de alta gama en la industria. |
| IOT2040 | Se selecciona el dispositivo IOT2040 ya que presenta las siguientes ventajas: La puerta de enlace inteligente industrial SIMATIC IOT2040 es una plataforma abierta y fiable para procesar, transferir y recopilar datos en un entorno de producción.<br>El IOT2040 está diseñado para su funcionamiento 24/7, es el vínculo entre la producción y el análisis de Cloud. |
| NODE-RED | Se selecciona esta tecnología ya que con esta aplicación podemos utilizar un esquema de programación gráfica con nodos y obtener lo siguiente:<br>Recolección de datos del medidor ION8650 y drivers con el protocolo Ethernet/IP |

Tabla 3.1: Selección de tecnología

### 3.2.2. Descripción de equipos y dispositivos

#### Medidores de energía PowerLogic ION8650

Los medidores de modelo ION8650 **figura** 3.7 tiene como característica principal que muestran sus lecturas en display, permiten conectarse por medio de redes Ethernet para la transmisión datos.

Figura 3.7: Medidor PowerLogic ION8650 tipo socket

Entre los parámetros medidos tenemos:

- Consumo de energía aparente
- Reactiva y activa
- Factor de potencia
- Corriente
- Armónico
- Frecuencia

### Simatic Iot 2040

SIMATIC IOT2040 como se muestra **figura** 3.8 es un equipo que permite analizar y enviar datos a diferentes equipos,

Figura 3.8: IOT2040
Fuente: Siemens,2020

Este equipo es de fácil instalación, de solución para entornos industriales y comerciales. Otras características del dispositivo lo podemos ver en la **tabla** 3.3. Adicional el equipo a utilizar en la planta industrial tiene la siguiente descripción como se muestra en la **tabla** 3.2

| **ítem** | **Descripción** |
|---|---|
| MARCA | SIEMENS |
| MODELO | IOT 2040 |
| SERIE | A1831V0140110203G0179 |
| MAC | 0002AB137xxx |

Tabla 3.2: Datos equipo utilizado IOT2040

| ítem | **Característica IOT2040** |
|---|---|
| 1 | Soporte de Yocto Linux |
| 2 | Intel Quark x 1020 (+Secure Boot) |
| 3 | Capacidad para integrar<br>sensores a través de Ethernet |
| 4 | Compatible con diferentes software y lenguajes<br>de programación |
| 5 | 1 GB de RAM- Ranura para tarjeta microSD incorporada |
| 6 | 2 interfaces Ethernet, 2 interfaces RS232/485 |
| 7 | El IOT dispone de LED, RTC con búfer, vigilante |

Tabla 3.3: Característica IOT2040
Fuente: (Ortega Fernández, 2019)

### Herramienta de desarrollo Node-Red

Se seleccionó esta tecnología ya que con esta aplicación podemos utilizar un esquema de programación gráfica con nodos, lo cual permite su utilización a la hora de programar, se puede obtener lo siguiente: Recolección de datos del medidor ION8650 y drivers con el protocolo Ethernet/IP. **Figura** 3.9

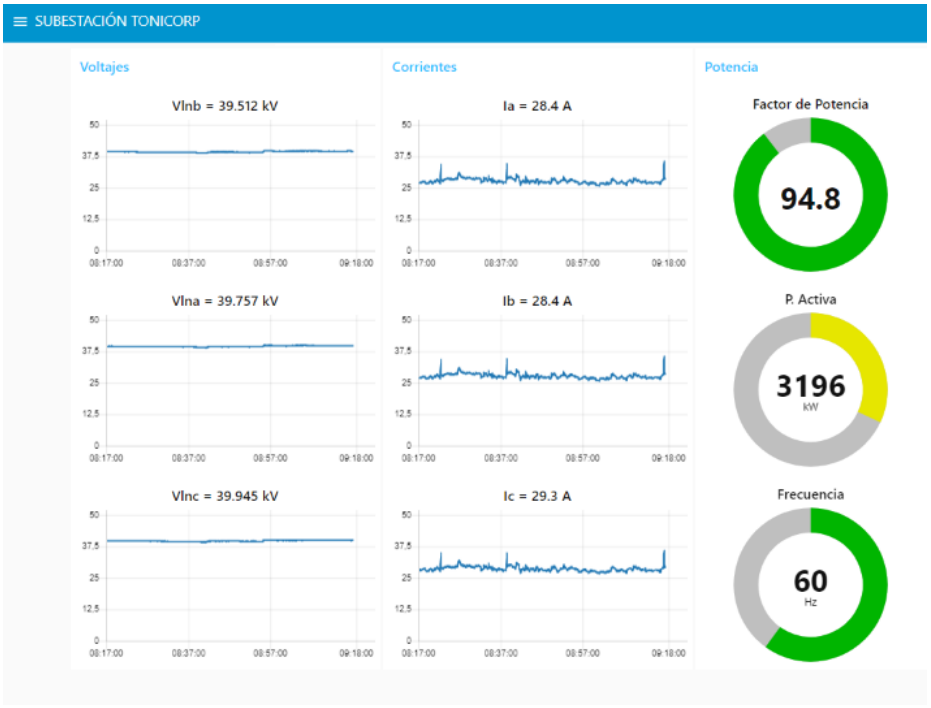



Figura 3.9: Ejemplo Dashboard Node-Red

# Capítulo 4

# Desarrollo de la implementación del proyecto

En este capítulo detallaremos la instalación y configuración de equipos y dispositivos que utilizaremos para el desarrollo e implementación del proyecto de supervisión del consumo e indicadores de energía en la planta industrial.

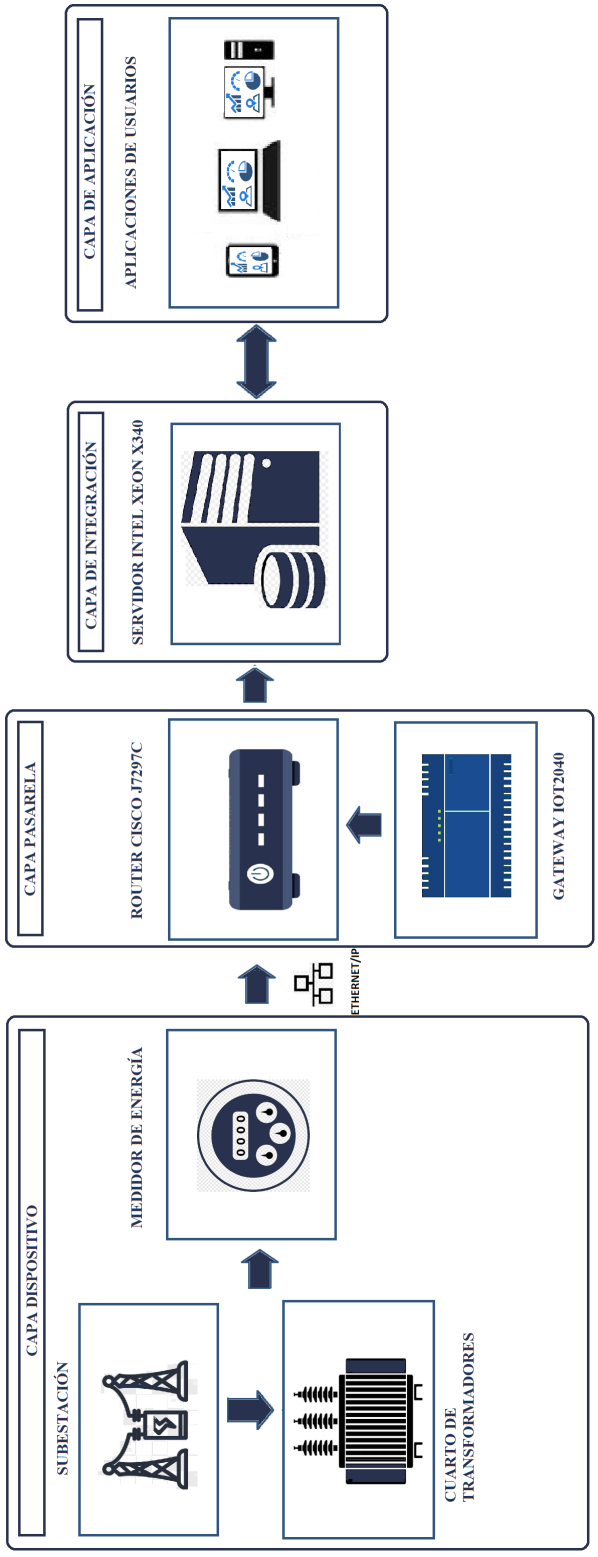



Figura 4.1: Esquema de red y conexión de equipos

## 4.1. Esquema de red industrial implementada

La planta industrial cuenta con una subestación estación en 69KV, redes de alimentadores principales subterráneas de Media tensión, 6 cuartos eléctricos de distribución con su respectivas celdas de protección de media tensión, transformadores de potencia y tableros de distribución.

Conociendo los equipos actualmente instalados en el cuarto de transformadores, se realiza la instalación de las tecnologías y dispositivos previamente seleccionados como se expone en la **figura** 4.1.

En la **tabla** 4.1 detallamos el esquema de red industria implementada en la **figura** 4.1, y se realiza una breve descripción de cada elemento.

| **ítem** | **Descripción** |
|---|---|
| 1 | SUBESTACIÓN |
| 2 | CUARTO TRANSFORMADORES |
| 3 | MEDIDOR DE ENERGÍA |
| 4 | IOT2040 |
| 5 | ROUTER CISCO J7297C |
| 6 | SERVIDOR INTEL XEON X340 |
| 7 | APLICACIÓN DE USUARIOS |

Tabla 4.1: Descripción del esquema de red

Para la adquisición de los parámetros eléctricos utilizaremos el medidor de energía ION8650 que se encuentra instalado en el exterior del cuarto de transformadores véase **figura** 4.2.

Figura 4.2: Cuarto de transformadores

Dentro del cuarto de transformador tenemos equipos eléctricos que sirven para proteger la distribución eléctrica, medir parámetros eléctricos y transformar niveles de voltaje, estos equipos son: cuartos de celdas, disyuntor principal, rack de datos. **Figura** 4.3 y **Figura** 4.4

Figura 4.3: Equipo de protección Disyuntor principal

Para las trasmisión de datos utilizaremos el dispositivo de Siemens IOT2040 que permite la conexión de diferentes equipos para adquisición, análisis de datos con la nube, estos dos equipos estarán conectados entre si

Figura 4.4: Cuarto de celdas

utilizado sus puertos de comunicación ethernet.

Para que estos datos de parámetros de energía puedan ser almacenados y utilizados para un análisis, se consideró utilizar el servidor Xeon3430 que se encuentra ubicado en el cuarto de rack's donde se almacenará la base de datos y el software que utilizaremos para el monitoreo remoto de los parámetros de energía.

Dentro la planta industrial ya se cuenta con un red interna el cual es utilizado para proveer la conexión, uso de internet y correo corporativo. Para este proyecto catalogado por la empresa como piloto se ha solicitado al departamento informática, nos autorice y asigne una dirección ip para el Gateway que se instaló en el switch de la subestación eléctrica del tal manera que nos permita almacenar los datos obtenidos en un sistema informático

## 4.2. Configuración de equipos y dispositivos.

Para la implementación de este proyecto se utilizó el área del cuarto de transformador principal de la planta industrial donde se encuentra instalado el dispositivo de medición del cual se va a obtener los datos requeridos para nuestro proyecto.

### 4.2.1. Instalación y configuración ION8650

El medidor ION8650 como se muestra en la **figura** 4.5 se encuentra instalado en la parte exterior del cuarto de transformadores, se detallan los pasos a seguir para la configuración del medidor.

Figura 4.5: ION8650 ubicación

#### Conexión del medidor ION8650

Para la instalación física del equipo medidor de energía con el switch ubicado en el cuarto de celdas, se procedió a utilizar el puerto ethernet del dispositivo como se indica en la figura siguiente **figura** 4.6, adicional se utilizó los siguientes elementos pasivos para la conexión al switch de la planta como se muestra en la **tabla** 4.2

| Elemento | Cantidad |
|---|---|
| Cable UTP categoría 5 | 12 mts |
| Conector RJ45 | 2 |

Tabla 4.2: Elementos pasivos para la conexión del medidor ION 8650

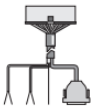
| | Conexión de puerto | Cable o conector | Conectar a |
|---|---|---|---|
|  Cable de conexiones COM | COM1 (RS-232)[1] | Conector DB9 (del cable de conexiones) | Puerto serie RS-232 del ordenador |
| | COM1 (RS-485)[2] | Cable blanco (del cable de conexiones) | RS-485 Datos + |
| | | Cable negro (del cable de conexiones) | RS-485 Datos – |
| | Blindaje común de RS-485 | Cable desnudo (del cable de conexiones) | Blindaje de RS-485 (COM1 y COM4) |
| | COM4 (RS-485) | Cable rojo (del cable de conexiones) | RS-485 Datos + |
| | | Cable negro (del cable de conexiones) | RS-485 Datos – |
| | COM 2 (módem) | Conector RJ11 | Línea telefónica del módem |
| | Ethernet | Conector RJ45 | Puerto Ethernet para red LAN/WAN |
|  | IRIG-B[3] | Cable rojo | IRIG-B (+) |
| | | Cable negro | IRIG-B (–) |

Figura 4.6: Conexión ION8650 puerto ethernet
Fuente: Schneider Electric,2020

### Configuración básica de red del medidor ION8650

La configuración básica para conectar el medidor de energía a la red está descrita en la siguiente **tabla** 4.3.

| ítem | Configuración |
|---|---|
| MAC | 00607804fxxx |
| GATEWAY | 10.72.x.x |
| MASK | 255.255.x.x |
| IP ADDRESS | 10.72.x.x |

Tabla 4.3: Configuración básica del medidor ION 8650

A continuación se describen la configuración el medidor de energía:

- MAC Address (Dirección MAC) Dirección de control de acceso a la máquina. **Figura** 4.7

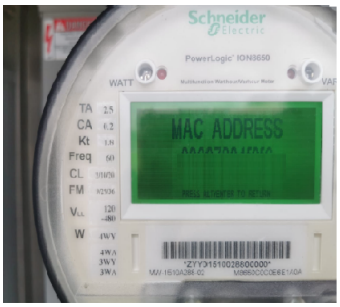



Figura 4.7: Mac ION8650

- IP Address (Dirección IP) Especifica la dirección Ethernet TCP/IP. **Figura** 4.8

Figura 4.8: Ip ION8650

- Mask (Máscara) Especifica la máscara de subred. **Figura** 4.9

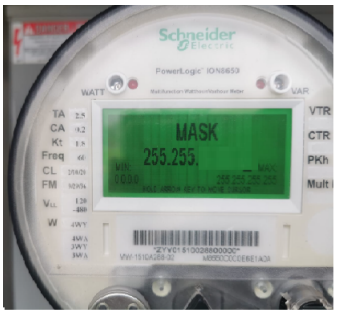



Figura 4.9: Mask ION8650

- Gateway (Pasarela) Especifica la pasarela Ethernet. **Figura** 4.10

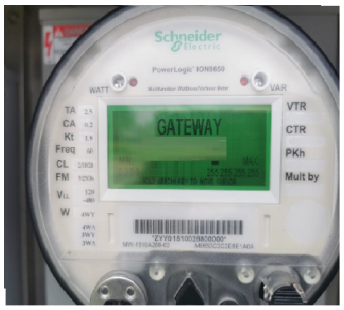



Figura 4.10: Gateway ION8650

### 4.2.2. Instalación y configuración IOT2040

El dispositivo SIMATIC IOT2040A se instaló en el rack ubicado en el cuarto de celdas **figura** 4.11,

Figura 4.11: Ubicación SIMATIC IOT2040

luego indicamos los pasos a seguir para la configuración del IOT2040 para lo cual se utilizó los siguientes elementos pasivos para la conexion al switch de la planta como se muestra en la **tabla** 4.4.

| Elemento | Cantidad |
|---|---|
| Tarjeta Micro SD 8 y 32 GB de capacidad | 1 |
| Puerto Ethernet | 1 |
| RJ45 - Cable Ethernet | 1 mt |
| Fuente 9 y 36 voltios DC | 1 |

Tabla 4.4: Elementos pasivos conexión del IOT2040

Luego, el IDE de Eclipse se configurará para insertar los complementos necesarios para la integración necesaria del compilador y SDK y para comunicarse con el SIMATIC IOT2040 a través de un cable Ethernet. Finalmente, primero se creará un programa de prueba simple para verificar que todo esté instalado correctamente y funcionando como debería.**Figura** 4.12

Figura 4.12: IOT2040 conectado al cisco J9727A

### Asignación IP IOT2040

Para asignar direcciones IP en los sistemas de comunicación, se precisan direcciones IP de Clase B desde las direcciones asignadas al equipo LAN en la estación de energía de la subestación industrial al sistema de entrada.Véase **Tabla** 4.5 y **Figura** 4.13

| ítem | Descripción |
|---|---|
| PUERTO | 16 |
| IP | 10.72.x.x |
| MASK | 255.255.x.x |
| GTW | 10.72.x.x |

Tabla 4.5: Dirección IP Gateway subestación IOT2040

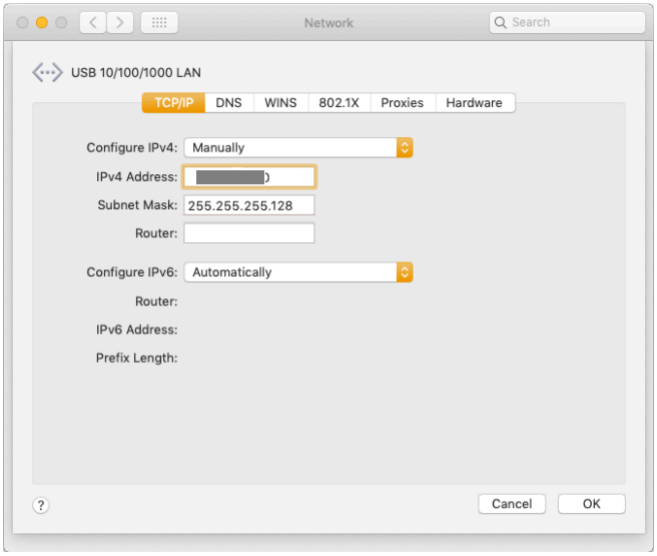



Figura 4.13: Configuracion remota IOT2040

## 4.3. Servidor para el almacenamiento de datos

Para el almacenamiento de datos, requeriremos del servidor de gama media-alta de la planta industrial, ver **figura** 4.14.

Figura 4.14: Servidor subestación X3430 planta industrial

En el desarrollo del almacenamiento de datos se cuenta con un equipo instalado en la planta industrial con las siguientes características, detalladas a continuación en la siguiente **tabla** 4.6 y **figura** 4.15

| **ítem** | **Descripción** |
|---|---|
| Memoria | 12 GB (6 ranuras DIMM)<br>y tecnologías operativas |
| Hot-plug disco duro | 2.5"SATA SSD<br>SAS (10 K) 3.5"SAS (15 K, 10 K) |
| Opciones de disco duro | 3.5"SAS (15 K, 10 K) |
| Ranuras de PCIe G2 | 5 total: dos ranuras x8 una ranura x4<br>dos ranuras de 1 |

Tabla 4.6: Características del Servidor Xeon X3430

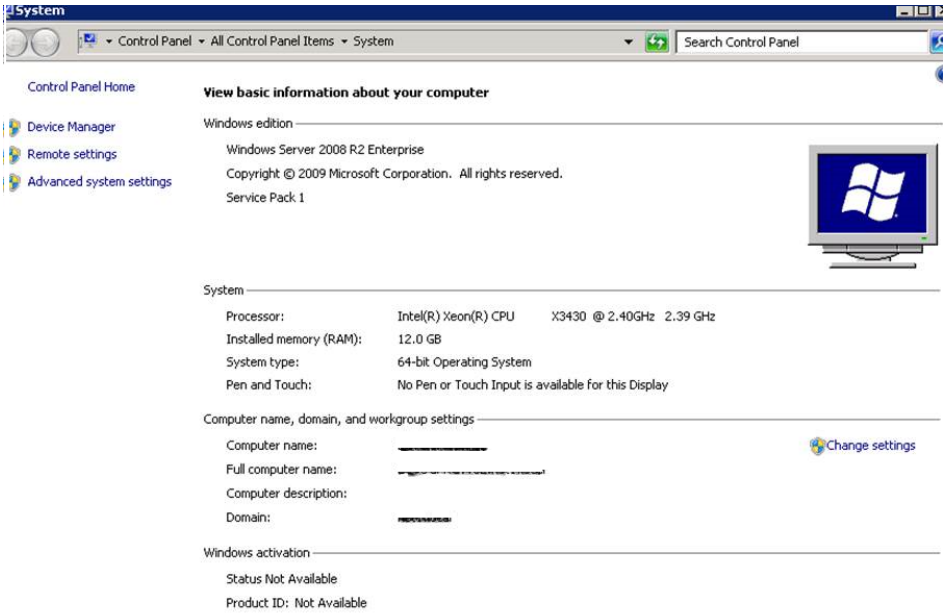



Figura 4.15: System Servidor Xeon

### 4.3.1. Ubicación del Servidor

Este servidor está ubicado dentro del cuarto de racks en el departamento de sistemas de la planta, el mismo que se encuentra conectado al switch Cisco J9727A véase **figura** 4.16 ya instalado en el rack del cuarto de transformadores.

Figura 4.16: J9727A Switch instalado plana industrial

Este switch lo utilizaremos para la comunicación con los medidores ION8650 y el IOT2040 correspondientes como se muestra en la **figura** 4.17, para lo cual se solicitó autorización al personal encargado del departamento de informática para la asignación de dirección IP de los equipos a instalar para conectar con el servidor con dirección IP siguiente: 10.72.x.x

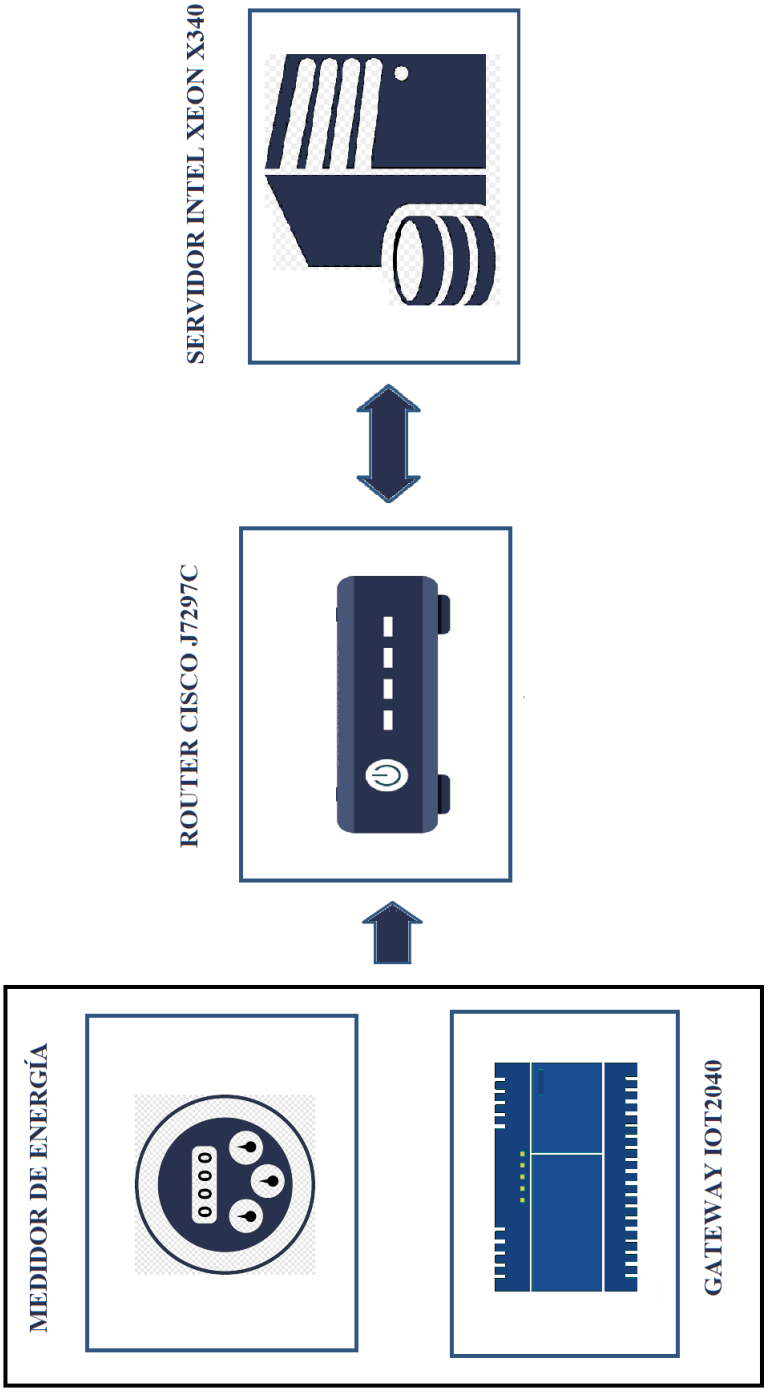



Figura 4.17: Esquema conexión de equipos con servidor

### 4.3.2. Almacenamiento en la base de datos

Para el almacenamiento de la información obtenidos del medidor de energía es necesario contar con una base de datos en sql server de la planta como se aprecia en la **figura** 4.18 con la cual podemos acceder al servidor de la planta subestación.

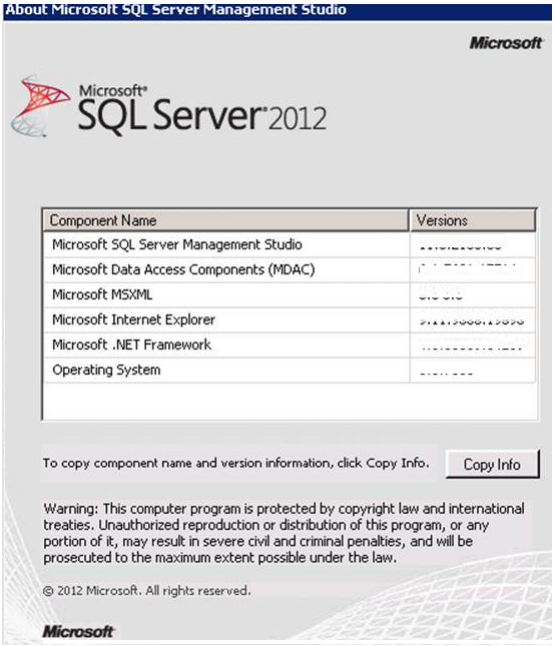



Figura 4.18: SQL SERVIDOR

### 4.3.3. Protocolo Modbus y mapa de registro para dispositivo ION

Para el desarrollo de este proyecto se tomó en consideración las variables de energía que tiene el medidor ION8650 como se muestra en la **tabla** 4.7 donde indica la dirección Modbus y mapa de registro de cada variable a utilizar para el sistema de supervisión

Las cuales serán monitorizadas en tiempo real, y guardadas en una base de datos configuradas para varios caracteres como se muestra en la **figura** 4.19.

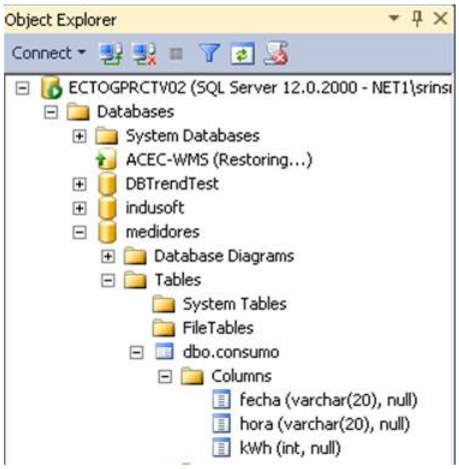



Figura 4.19: Almacenamiento de datos

| Variables | Unidad medida | Cant. Registro | Dir. Modbus |
|---|---|---|---|
| Vlna | KV | 1 | 40011 |
| Vlnb | KV | 1 | 40012 |
| Vlnc | KV | 1 | 40013 |
| Ia | A | 1 | 40019 |
| Ib | A | 1 | 40020 |
| Ic | A | 1 | 40021 |
| Factor Potencia | u | 2 | 40057 |
| Potencia Activa | Kw | 2 | 40033 |
| Energía Activa | Kwh | 2 | 40041 |
| Frecuencia | HZ | 1 | 40025 |
| V1THDmax | % | 2 | 40109 |
| V2THDmax | % | 2 | 40111 |
| V3THDmax | % | 2 | 40113 |
| I1THDmax | % | 2 | 40115 |
| I2THDmax | % | 2 | 40117 |
| I3THDmax | % | 2 | 40119 |

Tabla 4.7: Variables de lectura base de datos

## 4.4. Desarrollo y programación de Node-Red

Para el desarrollo del proyecto dentro del entorno de programación del Node-Red, es necesario tener instalados los siguientes nodos que nos permitirá tener comunicación directa con el medidor de energía y la base de datos.

### 4.4.1. Instalación del software Node-RED:

Para la instalación de Node-RED se utilizó el manual de instalación Node-RED del año 2020,

Se verifica que Node-RED esté instalado correctamente ingresando a través de un navegador web como se muestra en la **figura** 4.20

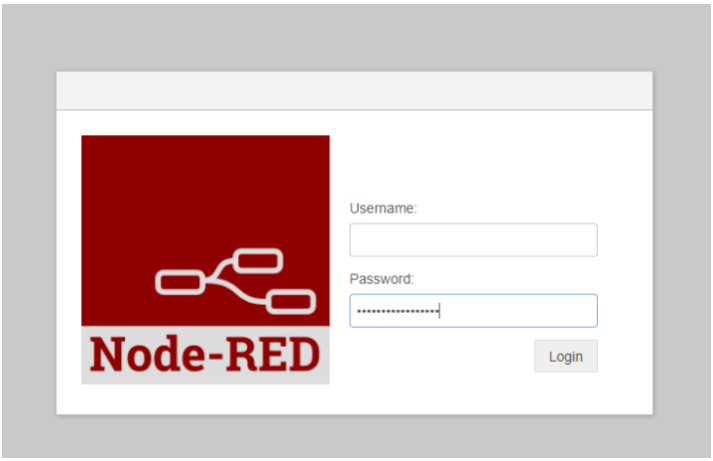



Figura 4.20: Página inicio Node Red

Es necesario descargar y activar el campo de paletas para comuniacion Ethernet/IP y para envió de correos electrónicos como se muestra en la **Tabla** 4.8

Para instalar las paletas se accede a la opción Manage Pallete **figura** 4.21 en la barra de configuraciones ubicada en la parte superior derecha de la

| Paleta Node red | Servicios habilitados |
|---|---|
| node-red-contrib-cip-ethernet-ip | Comunicación Ethernet/IP |
| node-red-node-email | Envío y recepción de correos electrónicos |

Tabla 4.8: Paletas Node Red

ventana.

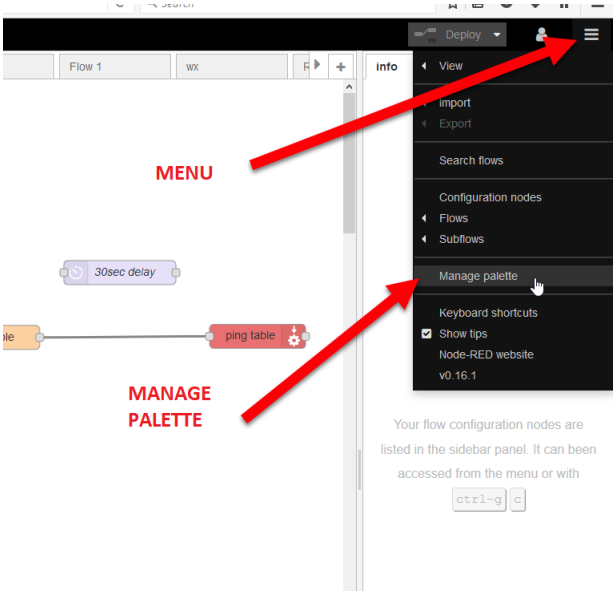



Figura 4.21: Campo habilitación paletas Node Red

### 4.4.2. Conexión Ethernet/IP equipo ION8650.

Se utiliza el nodo Ethernet/IP para tener acceso a los datos del medidor de energía como se expone en la **figura** 4.22

Figura 4.22: Nodo Ethernet IP

En el nodo se ingresa la dirección IP del medidor de energía y las diferentes direcciones modbus de las variables requeridas y mostradas en la tabla antes mencionada. La configuracion se la realizó de la siguiente manera como se muestra en la **figura** 4.23.

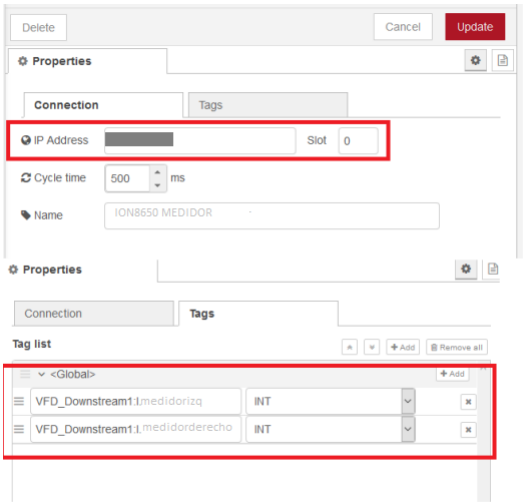



Figura 4.23: Configuración del nodo Ethernet IP

## 4.5. Programación Node-Red para visualización de variables del medidor de energía

**Vista del desarrollo de programación de nodos de la subestación.**

En la **figura** 4.24 se representa el desarrollo y conexión de nodos para las lecturas de las variables de energía que se visualizarán en tiempo real.

**Vista del desarrollo de programación de nodos para lectura voltaje,corriente, factor de potencia,potencia activa, energía activa.**

En la **figura** 4.25 se observa las conexiones de flujos de nodos para lectura voltaje,corriente, factor de potencia,potencia activa, energía activa.

**Vista del desarrollo de programación de nodos para registro de históricos.**

En la **figura** 4.26 se presenta el desarrollo de nodos para registro de históricos.

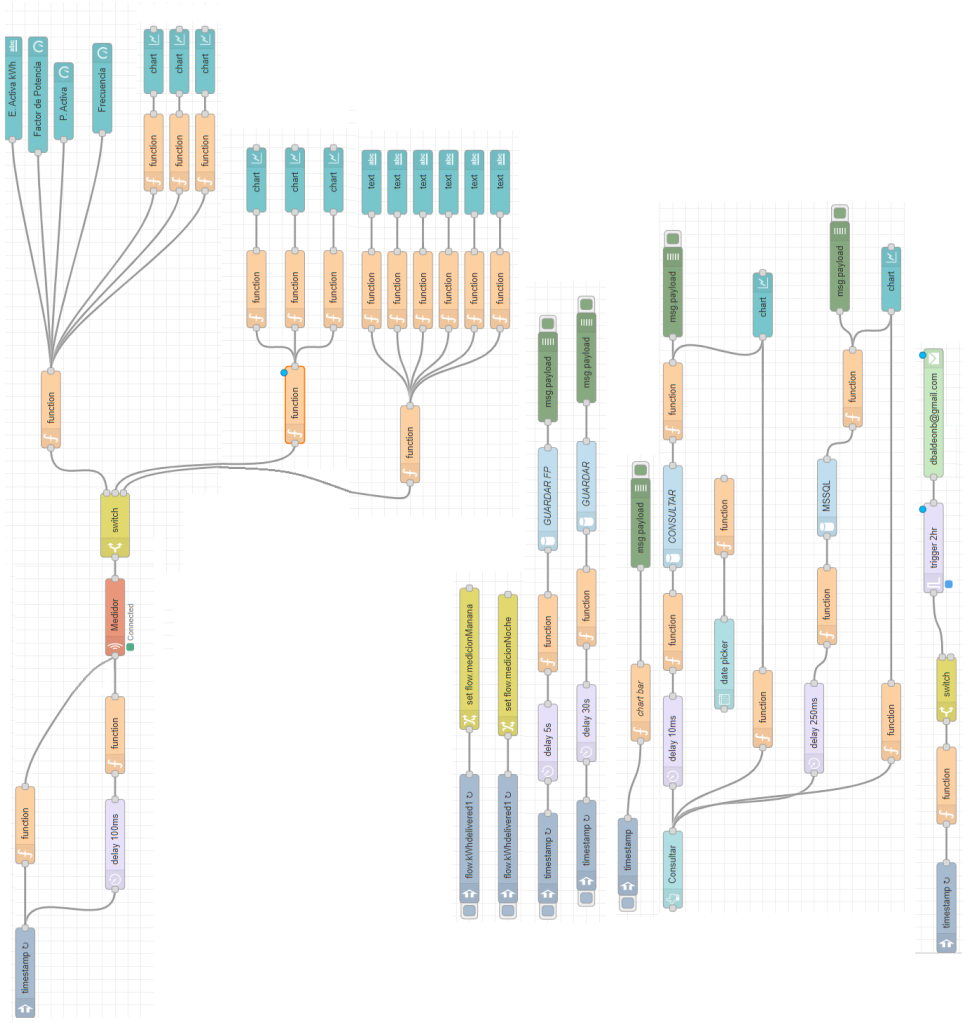



Figura 4.24: Desarrollo Nodos subestación en Node-REd

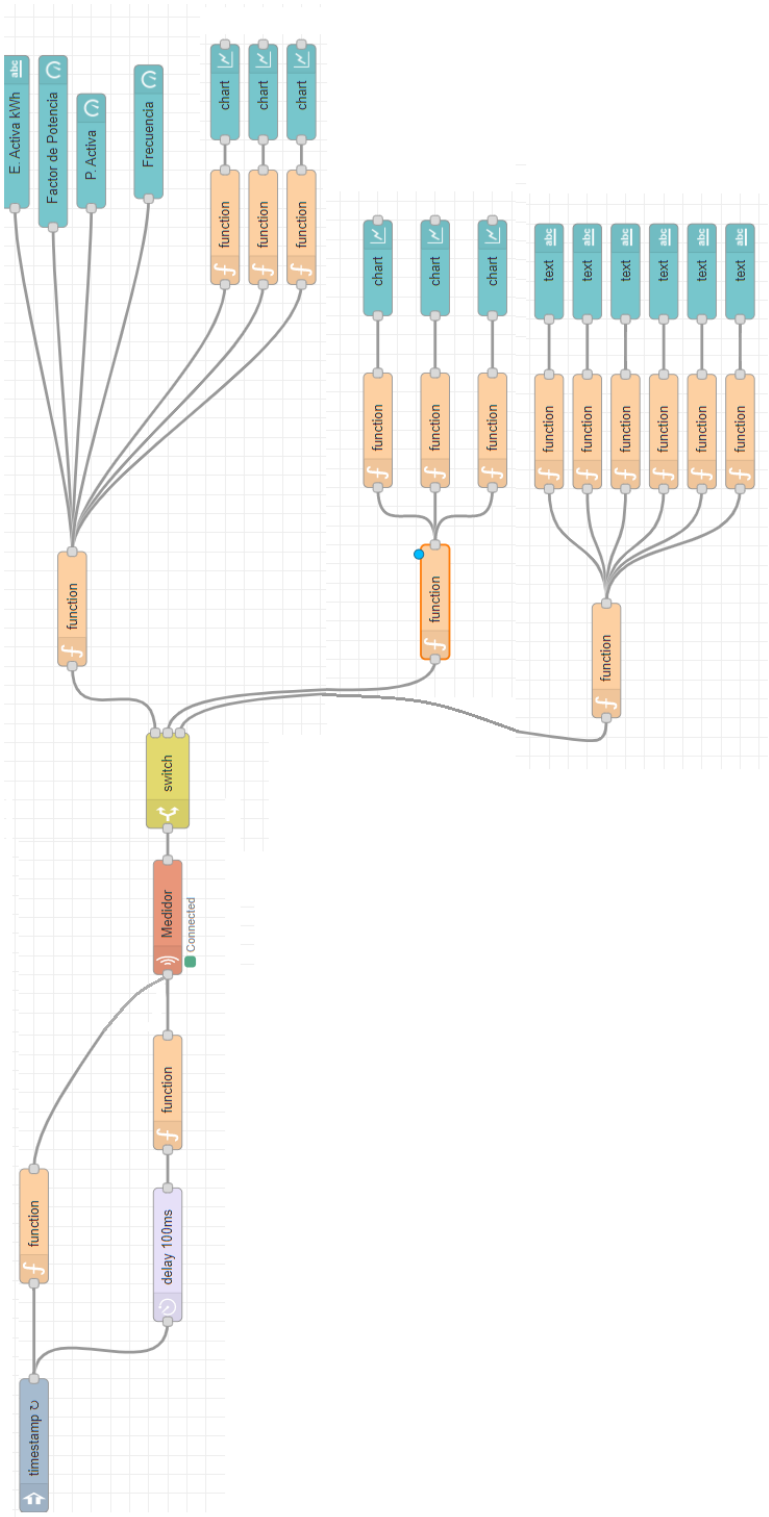



Figura 4.25: Desarrollo de nodos para lectura voltaje,corriente, factor de potencia,potencia activa, energía activa

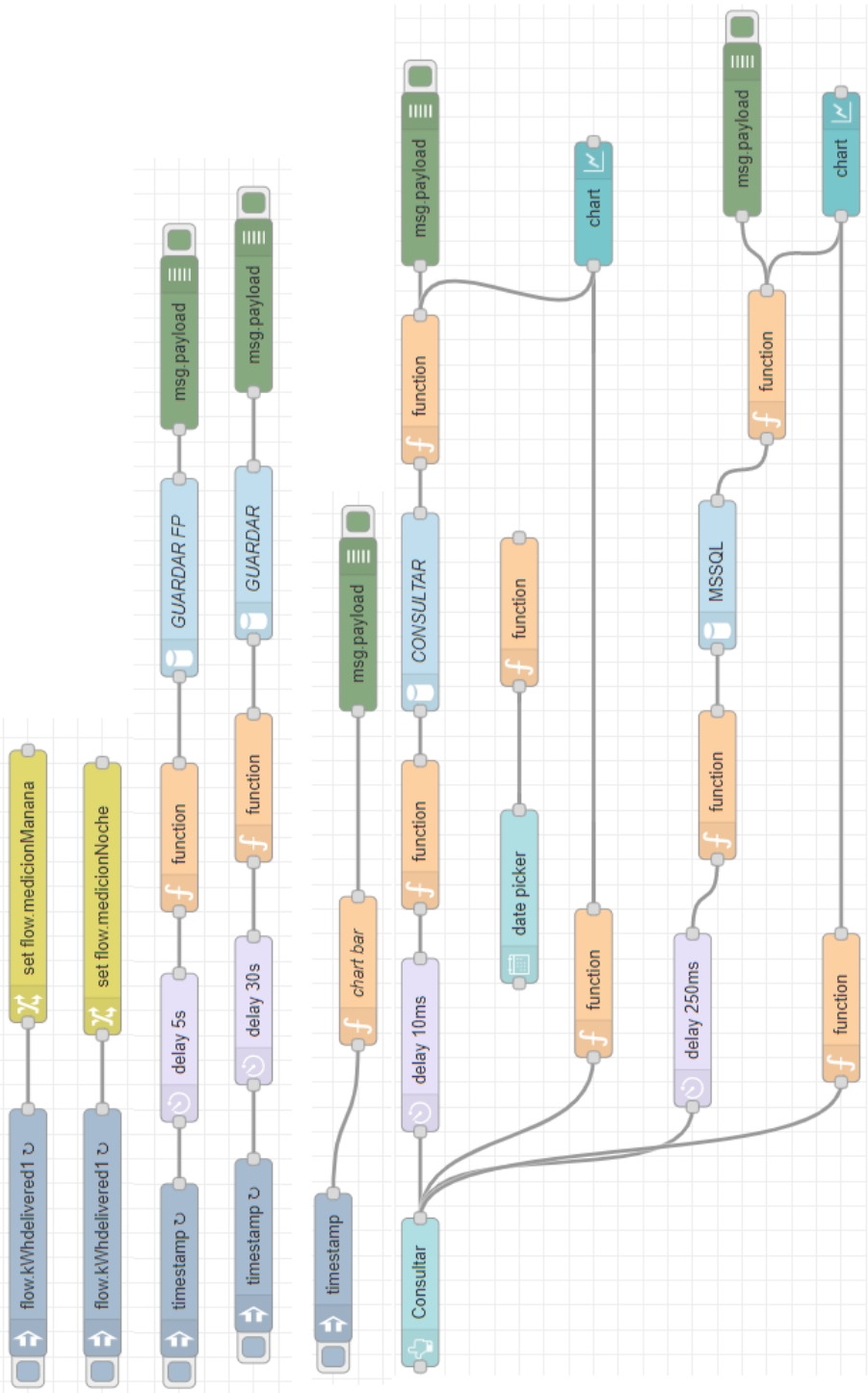



Figura 4.26: Desarrollo de nodos para lectura de históricos

### 4.5.1. Vista de la pantalla principal Dashboard Subestación

En la **figura** 4.28 se muestra la representación gráfica del tablero de monitorización de las variables de energía del transformador principal.

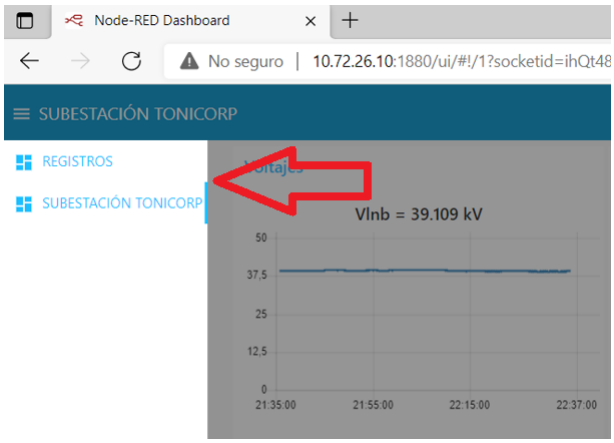



Figura 4.27: Dashboard ventanas Subestación planta industrial

En la pantalla principal de la subestación se tiene la opción de seleccionar dos pestañas, en la que se encuentra la ventana de variables y la ventana de registros como se muestra en la **figura** 4.27

Figura 4.28: Dashboard Subestación

A continuación se detalla la funcionalidad de la ventana variables de la subestación

### Visualización de variables de voltaje

En esta sector de la pantalla principal, tiene como objetivo visualizar los datos de voltajes basado en el tiempo como se muestra en la **figura** 4.29, el gráfico se escalará automáticamente a cualquier valor recibido del medidor de energía.

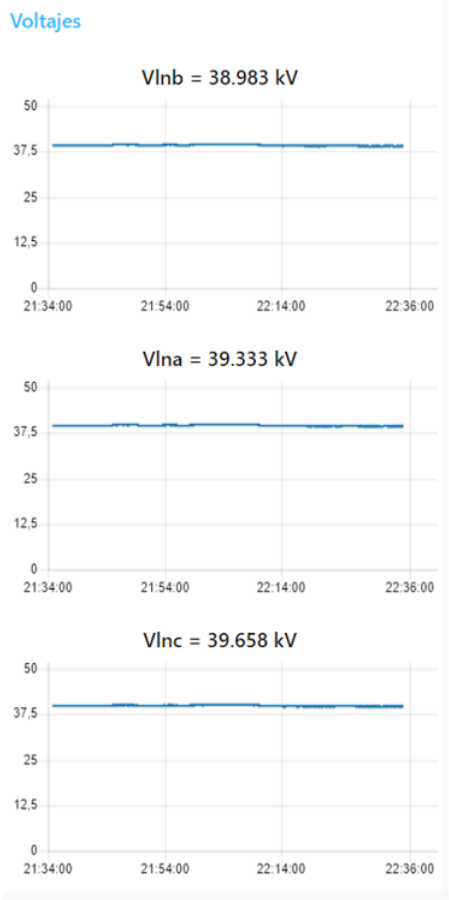



Figura 4.29: Visualización de variables de voltaje

### Visualización de variables de corriente

En esta sector de la pantalla principal, tiene como objetivo visualizar los datos de corrientes basado en el tiempo como se muestra en la **figura** 4.30, el gráfico se escalará automáticamente a cualquier valor recibido del medidor de energía.

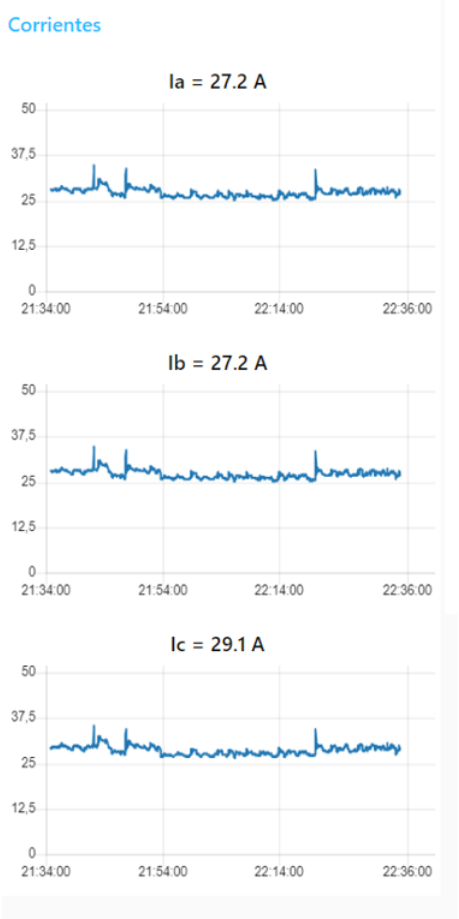



Figura 4.30: Visualización de variables de corriente

### Visualización de variables de potencia

En esta sector de la pantalla principal, tiene como objetivo visualizar el factor de potencia basado en el tiempo como se muestra en la **figura** 4.31, el gráfico se escalará automáticamente a cualquier valor recibido del medidor de energía.

Figura 4.31: Visualización factor de potencia

### Visualización de variables de energía activa

En esta sector de la pantalla principal, tiene como objetivo visualizar la potencia activa basado en el tiempo como se muestra en la **figura** 4.32, el gráfico se escalará automáticamente a cualquier valor recibido del medidor de energía.

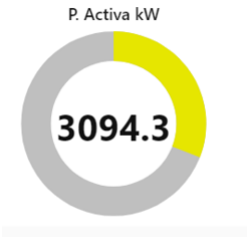



Figura 4.32: Visualización potencia Activa

### Visualización de consumo total energía

En esta sector de la pantalla principal, tiene como objetivo visualizar el consumo de energía como se observa en la **figura** 4.33, el gráfico se escalará automáticamente a cualquier valor recibido del medidor de energía.

Figura 4.33: Visualización energía activa

### Visualización de Frecuencia

En esta sector de la pantalla principal, tiene como objetivo visualizar la frecuencia del sistema como se muestra en la **figura** 4.34, el gráfico se escalará automáticamente a cualquier valor recibido del medidor de energía.

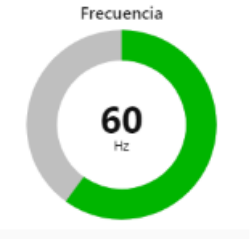



Figura 4.34: Visualización de Frecuencia

### Visualización de armónicos

En esta sector de la pantalla principal, tiene como objetivo visualizar los armónicos de corriente y voltaje como se observa en la **figura** 4.35, los valores se escalarán automáticamente a cualquier valor recibido del medidor de energía.

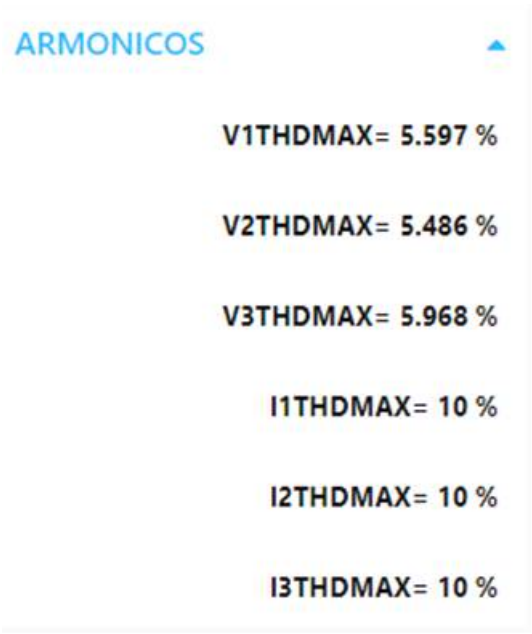



Figura 4.35: Visualización de armónicos

### 4.5.2. Vista de la pantalla de registros de la subestación

En esta área se encuentra la ventana de registros, en la cual se puede ingresar o seleccionar la fecha por día y mes del consumo total de energía, tal como se observa en la **figura** 4.37 y en la **figura** 4.36

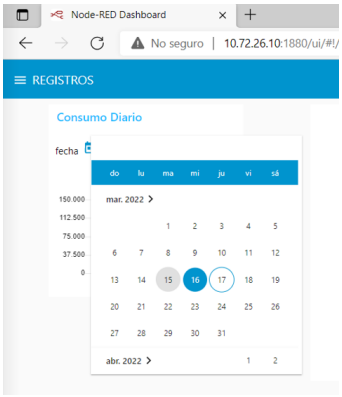



Figura 4.36: Dashboard selección tiempo registros

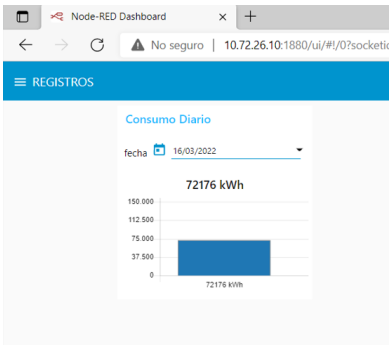



Figura 4.37: Dashboard consumo diario kwh

### 4.5.3. Visualización datos de producción

Actualmente en la planta industrial la manera de obtener la información del consumo de energía, cantidad producido y el costo total por consumo se lo hace de manera manual, es decir personal encargado de recopilar información para ingresar los datos en un archivo con se observa en la **figura** 4.38 que indica el consumo de energía por día y en la **figura** 4.39 se observa la cantidad producida de Kg de lácteos, volumen producido, consumo de energía y costo final.

| Fecha | MES | Año | Kwh | Consumo Kw H |
|---|---|---|---|---|
| 20-ene-22 | enero | 2,022 | 109,373,334 | 76,914 |
| 21-ene-22 | enero | 2,022 | 109,450,248 | 69,906 |
| 22-ene-22 | enero | 2,022 | 109,520,154 | 60,146 |
| 23-ene-22 | enero | 2,022 | 109,580,300 | 62,778 |
| 24-ene-22 | enero | 2,022 | 109,643,078 | 61,628 |
| 25-ene-22 | enero | 2,022 | 109,704,706 | 64,597 |
| 26-ene-22 | enero | 2,022 | 109,769,303 | 66,553 |
| 27-ene-22 | enero | 2,022 | 109,835,856 | 61,530 |
| 28-ene-22 | enero | 2,022 | 109,897,386 | 61,834 |
| 29-ene-22 | enero | 2,022 | 109,959,220 | 49,807 |
| 30-ene-22 | enero | 2,022 | 110,009,027 | 50,568 |
| 31-ene-22 | enero | 2,022 | 110,059,595 | 66,475 |
| 1-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,126,070 | 71,643 |
| 2-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,197,713 | 73,267 |
| 3-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,270,980 | 66,815 |
| 4-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,337,795 | 73,748 |
| 5-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,411,542 | 71,531 |
| 6-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,483,073 | 64,558 |
| 7-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,547,631 | 67,116 |
| 8-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,614,747 | 72,730 |
| 9-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,687,477 | 69,155 |
| 10-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,756,632 | 74,671 |
| 11-feb-22 | febrero | 2,022 | 110,831,303 | |
| 12-feb-22 | febrero | 2,022 | | |

Figura 4.38: Consumo kwh por día datos obtenidos por personal de producción

Al utilizar Node-Red,la idea de recopilar los datos es mas practica, para este caso hemos decidido obtener información que es de mucha importancia por ejemplo el consumo de energía diario y consumo de energía mensual.

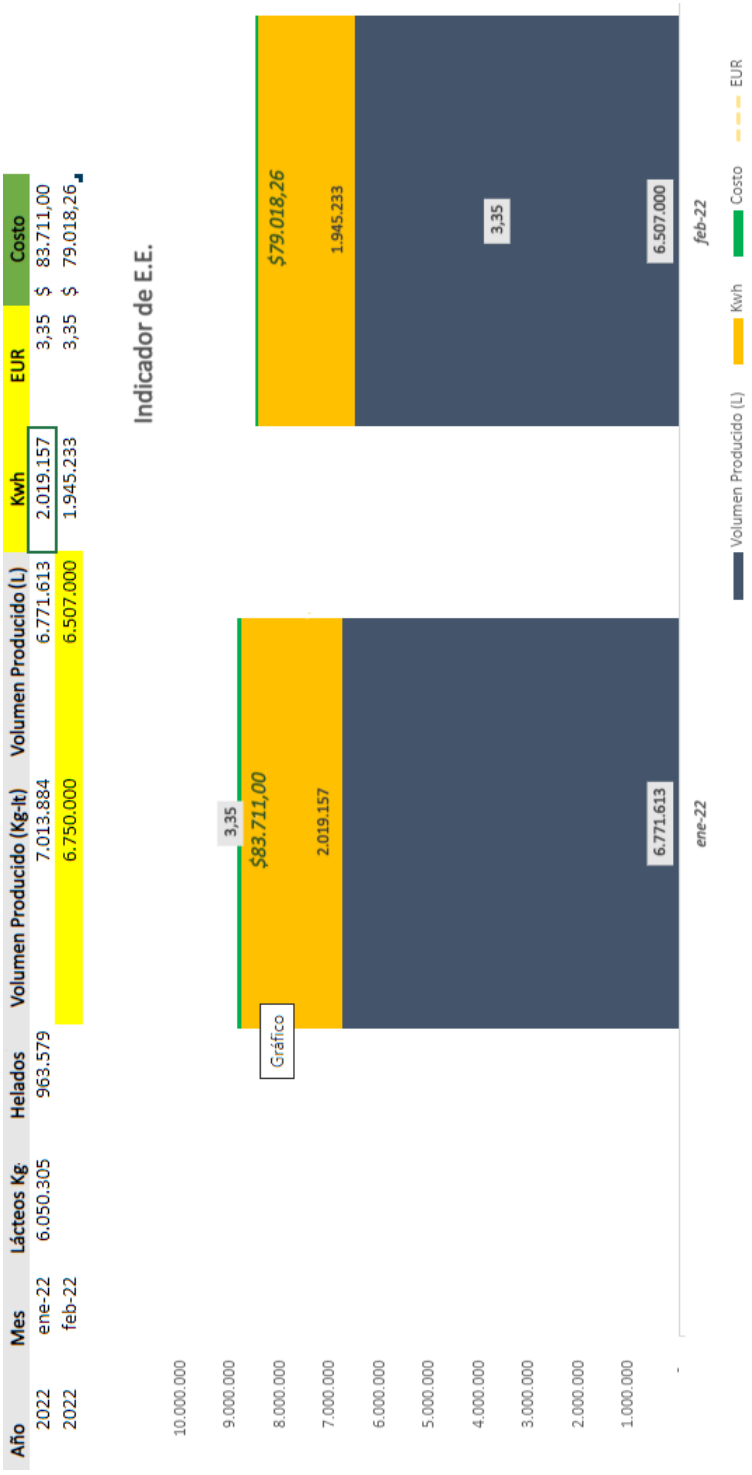



Figura 4.39: Costo producción-kw por día datos obtenidos por personal de producción

En la **figura** 4.40 observamos la pantalla de indicadores principales el cual se podrá visualizar el consumo de energía por día y mes, adicional se podrá ingresar la producción total que se guardará en la base de datos del servidor, toda esta información es de mucha importancia para el personal de mantenimiento y producción.

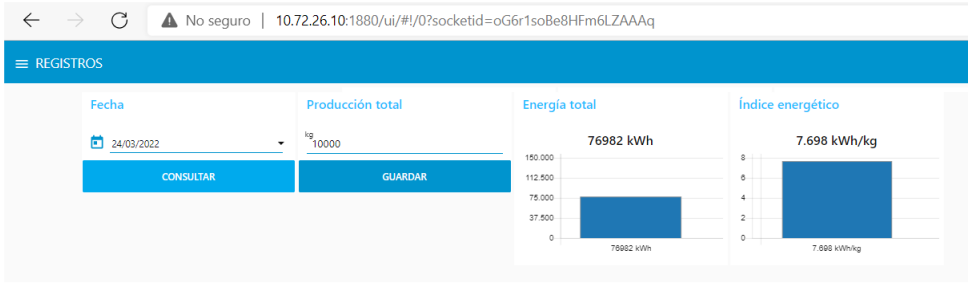



Figura 4.40: Índice energético

En la **figura** 4.41 se detalla la conexión de flujos de nodos para el registro de indicadores del índice energético que esta dado por la siguiente fórmula:

$$e = \frac{W}{E} = \frac{KWh/dia}{Kg/dia}$$

donde,

e = Índice energético

W = Energía total de la planta

E = Producción total de la planta

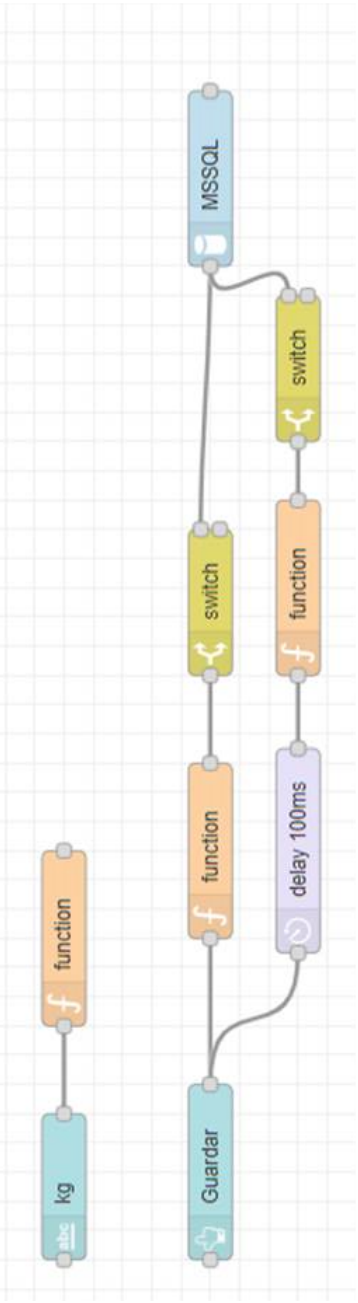



Figura 4.41: Diagrama de flujo de nodos-índice energético

### 4.5.4. Desarrollo de programación para el envío alertas y notificaciones

Para el envío notificaciones de alertas según la alarmas asociadas a la subestación de la planta, se ha considerado utilizar como medio de advertencia el uso del correo electrónico. En la **figura** 4.42 se muestra la conexión de nodos de flujos y en la **figura** 4.43 la configuración del mensaje.

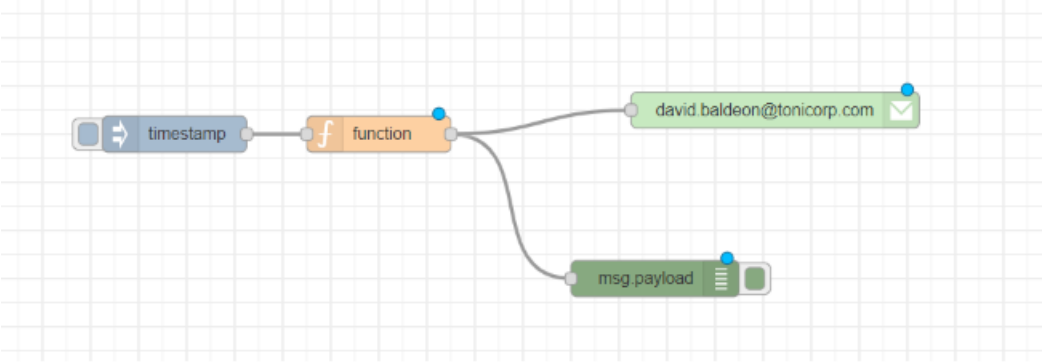



Figura 4.42: Desarrollo nodo para envió de alertas al correo

**Configuración para el envío de notificaciones por correo.**

Para la notificación de alertas por correo para este proyecto de titulacion se ha consirado el correo de gmail del personal interno de la planta, en la **figura** 4.44 podemos apreciar la configuración para el envío de notificaciones mediante correo electrónico.

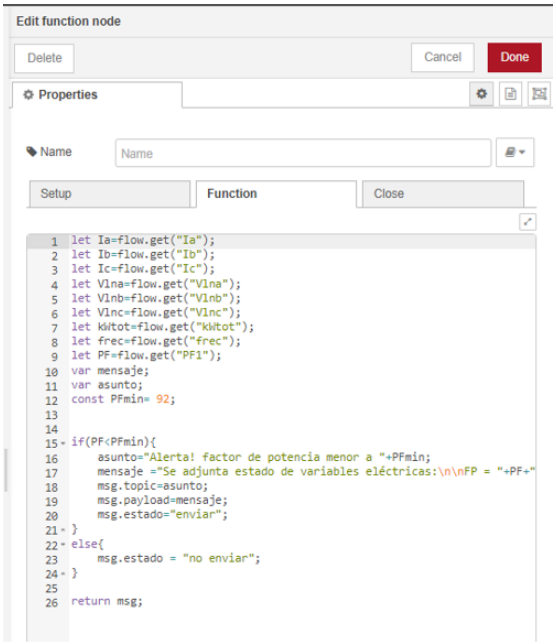



Figura 4.43: Configuración nodo correo

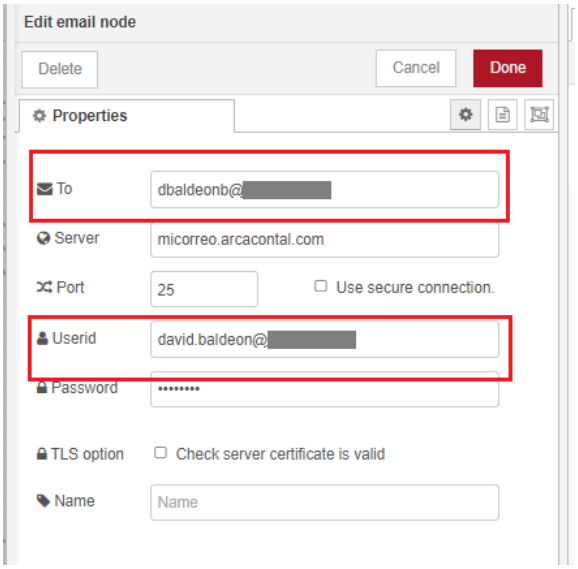



Figura 4.44: Configuración para envió de correo

Se tomará los datos de la siguiente **tabla** 4.9 para el envió de alertas

| Variable | *Nivel* | *Color* | *Rango* |
|---|---|---|---|
| Factor de potencia | Alto | Rojo | 50 a 91 |
| Potencia activa | Alto | Rojo | 5001 a 1000 |

Tabla 4.9: Rango de alertas de potencia

### Configuración alerta Factor de Potencia

En la **figura** 4.45 se muestra la configuración para las alertas del factor de potencia.

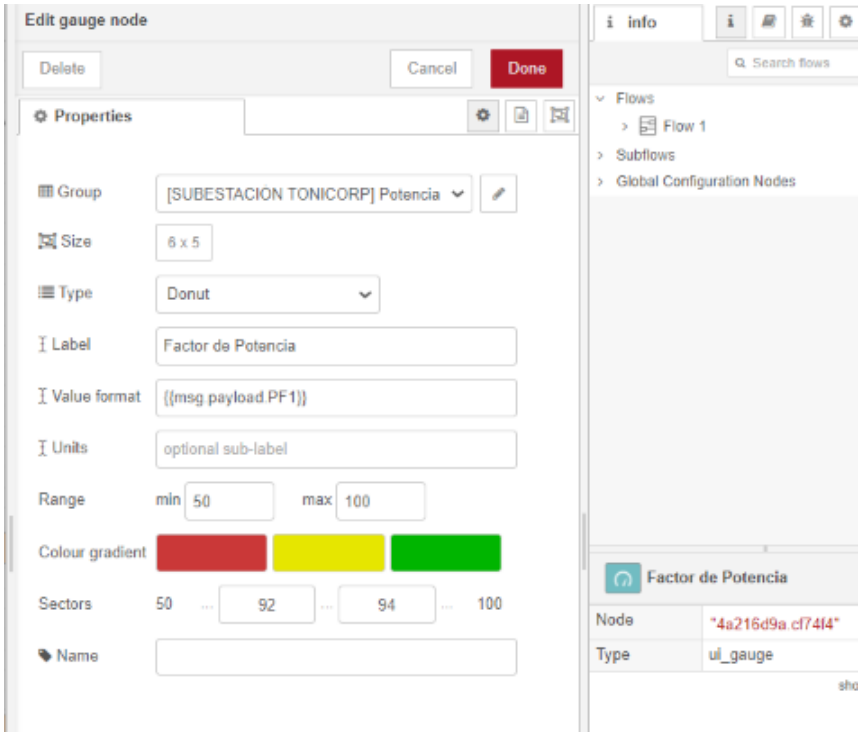



Figura 4.45: Selección rango de alertas Factor de potencia

**Configuración alerta Potencia Activa.**

En la **figura** 4.46 se muestra la configuración para las alertas de la potencia activa.

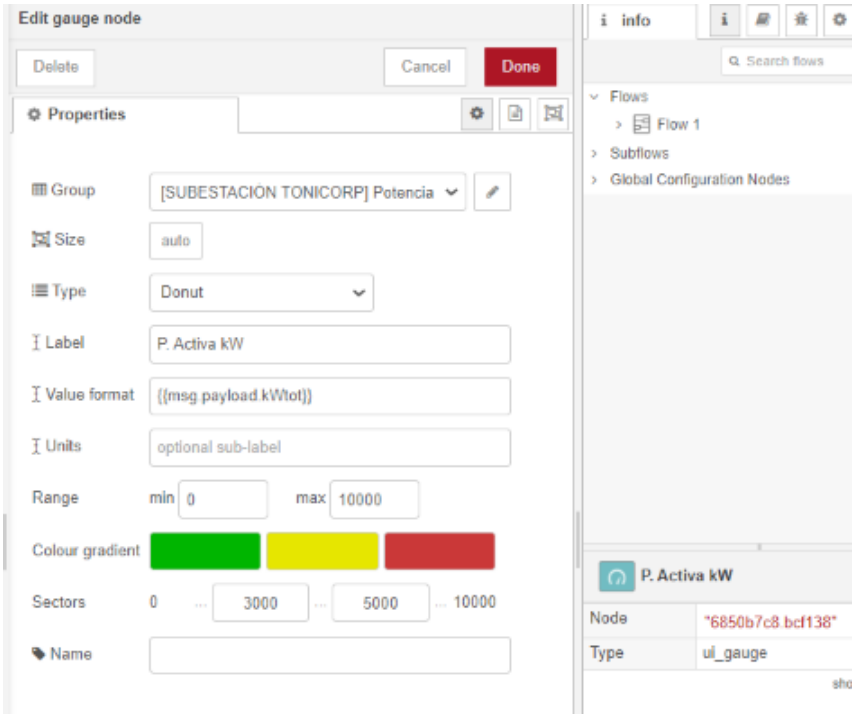



Figura 4.46: Selección rango de alertas P activa KW

Una vez realizada la configuración para las notificaciones de alertas por correo se pone en práctica y se realizan las pruebas correspondientes, para este caso se detectó y generó alerta por bajo factor de potencia, se verifica que la alerta fue enviada correctamente al correo del destinatario como se puede apreciar en la **figura** 4.47 donde se observa además las variables de mayor relevancia para el personal de mantenimiento como son el caso los valores de corriente, voltaje, potencia activa y frecuencia.

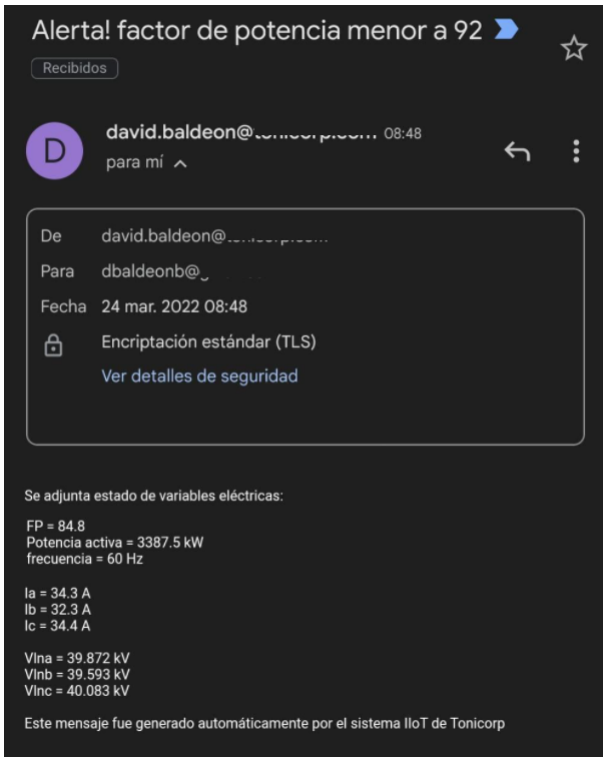



Figura 4.47: Notificación de alertas por gmail

### 4.5.5. Evaluación de notificación de alertas

Para evaluar el sistema de notificaciones de alertas de la plataforma se tomó en cuenta como referencia la lectura del factor de potencia, ya que el sistema detectó y notificó inmediatamente alerta por bajo factor, a continuación se muestra el correo de alerta **figura** 4.48 lo cual se dispuso una inspección al personal de mantenimiento encontrando las siguientes novedades en el tablero de banco de capacitores del cuarto eléctrico como se muestra en la **figura** 4.49.

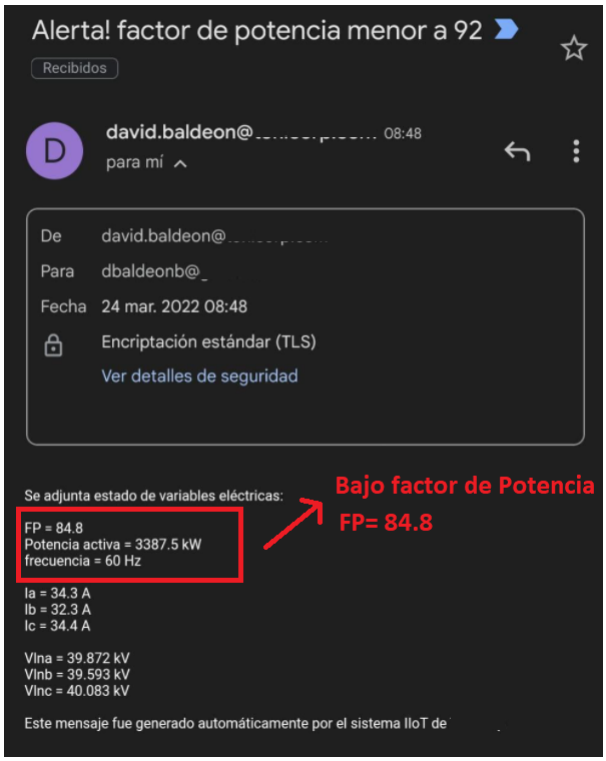



Figura 4.48: Prueba real notificación alarma factor potencia

Ante lo sucedido en el tablero de capacitores se tomó las acciones necesarias para corregir la novedades presentadas como se muestra en la **figura** 4.50.

**RV: ACTUALIZACIÓN NOVEDADES TABLEROS URGENTE!!!!!!**

**De:**
**Enviado el:** Martes, 22 de Marzo de 2022 10:13
**Para:** BALDEON BARRIOS DAVID ISRAEL
**CC:**

**Asunto:** ACTUALIZACIÓN NOVEDADES TABLEROS

Buenos días estimado, de acuerdo a su solicitud de revisión por alarma presentada en medidor de energía, se adjunta actualización de novedades levantadas en inspección de tableros de banco de capacitores en CUARTOS ELECTRICOS.

| CÓDIGO | UBICACIÓN | OBSERVACIONES Y DETALLES | OT |
|---|---|---|---|
| TDP-CE1-TR-03 440V | CUARTO ELECTRICO 1 | Botella banco capacitor afectado. RTR Energía 20 KVAV 480 V. Mayor detalle se comunicó a supervisor eléctrico. | 740609622 |
| TDP-CE2-TR-05 440V | CUARTO ELECTRICO 2 | Botella banco capacitor afectado. RTR Energía 30 KVAV 480 V. Mayor detalle se comunicó a supervisor eléctrico. | 740609622 |

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,

Figura 4.49: Inspección tablero de capacitores por alarma presentada en medidor de energía

**De:** BALDEON BARRIOS DAVID ISRAEL
**Enviado el:** Martes, 22 de Marzo de 2022 10:26
**Para:**
**CC:**

**Asunto:** RE: ACTUALIZACIÓN NOVEDADES TABLEROS URGENTE!!!!!!!

Estimado buenos días, su ayuda con los siguientes elementos para corregir novedades reportadas en OT de tableros eléctricos:

- BOTELLA DE CONDENSADOR 30 KVAR 480 V TRIFASICO CANTIDAD: 2
- BOTELLA DE CONDENSADOR 20 KVAR 480 V TRIFASICO CANTIDAD: 2

Posibles proveedores: PROEINSA, EQM, MENDOZA.

Quedo a la espera de su confirmación.

David Baldeon B.

Figura 4.50: Solución del problema generado por Factor de Potencia

Con la corrección en el tablero de capacitores se evita importantes penalizaciones por bajo factor de potencia, adicional se logra mejoría en resultados de reducción de perdidas, también existe un mejoramiento del nivel de voltaje. En este sentido el banco de capacitores nos ayuda para mejorar la calidad de servicio en cualquier momento del dia.

### 4.5.6. Análisis de indicadores

En la **tabla** 4.10 muestra los valores obtenidos del consumo de energía del año 2021, los valores son: consumo de energía por mes, kilos procesados (información facilitada por el departamento de producción), índice energético, costo energía por hora y costo total consumo.

| Mes-año | Kwh/mes | Kg/mes | Índice (e) | USD/Kwh | $ total |
|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 2076484.50 | 6607707.28 | 0.31 | 0.040 | 83059.38 |
| Febrero | 1880994.50 | 6185888.06 | 0.30 | 0.040 | 75239.78 |
| Marzo | 2120534.00 | 7112844.36 | 0.30 | 0.040 | 84821.36 |
| Abril | 2015446.13 | 6698594.86 | 0.30 | 0.040 | 80617.85 |
| Mayo | 2099350.63 | 6742257.31 | 0.31 | 0.040 | 83974.03 |
| Junio | 2028299.75 | 7146060.38 | 0.28 | 0.040 | 81131.99 |
| Julio | 2041292.50 | 7544148.86 | 0.27 | 0.040 | 81651.70 |
| Agosto | 2052874.25 | 7563969.07 | 0.27 | 0.040 | 82114.97 |
| Septiembre | 2027028.25 | 7084999.57 | 0.29 | 0.040 | 81081.13 |
| Octubre | 2061412.00 | 7274528.52 | 0.28 | 0.040 | 82456.48 |
| Noviembre | 1969932.00 | 6655286.09 | 0.30 | 0.040 | 78797.28 |
| Diciembre | 2015264.50 | 7116760.83 | 0.28 | 0.040 | 80610.58 |

Tabla 4.10: Tabla de resultados de indicadores 2021

En la **tabla** 4.11 muestra los valores obtenidos de los meses Enero, Febrero y Marzo del consumo de energía del año 2022. Los valores mostrados son: consumo de energía por mes, kilos procesados (información facilitada por el departamento de producción), índice energético, costo energía por hora y costo total consumo.

| Mes-año | Kwh/mes | Kg/mes | Índice (e) | USD/Kwh | $ total |
|---|---|---|---|---|---|
| Enero | 2019157 | 7013884 | 0.29 | 0.040 | 80766.28 |
| Febrero | 1937069 | 6692689 | 0.29 | 0.040 | 7748276 |

Tabla 4.11: Tabla de resultados de indicadores 2022

Al realizar un breve análisis de los indicadores mostrados en la **tabla** 4.10 y 4.11 se puede indicar lo siguiente:

Con el sistema de supervisión se puede detectar un evento que permite al personal de mantenimiento actuar de manera rápida y eficaz para solucionar el mismo, de tal manera que se vea reflejado una leve mejoría de producción por consumo de energía de los meses de Enero y Febrero del 2022 en comparación de los últimos meses del ano 2021 (Noviembre y Diciembre).**Figura** 4.51

Figura 4.51: Indicador índice energético noviembre a febrero

En la **tabla** 4.12 tenemos registro cuadro comparativo de las lecturas reportadas por el sistema de supervisión de energía de la planta y la registrada por la entidad de control CNEL(datos facilitados por personal encargado) de los meses de Enero y Febrero del 2022.

| Mes | Sist. supervisión (Kwh/mes) | CNEL (Kwh/mes) | % error |
|---|---|---|---|
| Enero | 2019157 | 2007321.75 | 0.59 |
| Febrero | 1937069 | 1941525.02 | 0.22 |

Tabla 4.12: Tabla comparativa lecturas consumo energético de la planta industrial

También se observa el porcentaje de error con respecto al valor presentado por CNEL, estos resultados indican que el sistema de supervisión es eficiente ya que posee un porcentaje de error menor al +-5 %. Los resultados del porcentaje de error se lo obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\%error = \frac{|Vaprox - Vexact|}{Vexact} * 100$$

donde,

Vaprox = Valor aproximado(Sist. supervisión)

Vexact = Valor exacto (CNEL)

%error = Porcentaje de error

# Capítulo 5

# Conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo se mencionan las conclusiones y recomendaciones futuras para el sistema de supervisión.

## 5.1. Conclusiones

Uno de los principales inconvenientes que se presentó en la planta industrial es que no contaba con un sistema de monitoreo eficiente de consumo de energía que pueda aportar para el control y análisis de la misma.

La implementación de este proyecto de supervisión ha permitido lo siguiente:

- Almacenamiento de datos.
- Análisis de datos en tiempo real.
- Generación alertas por correo electrónico.
- Visualización de datos a través de dashboards para usuarios
- Mejorar en tiempos de respuestas

Se diseñó e implementó una red industrial que proporciona la recolección, procesado y transferencia de datos de energía seleccionando los equipos en base a las necesidades y prioridades del proyecto. El diseño del sistema se compone básicamente de una red principal Ethernet lo que permite comunicar el medidor de energía ION8650 con nuestro equipo IOT2040.

Se integró equipos de medición de energía industrial con una plataforma web basada en IoT, para la administración y gestión de los datos de consumo, utilizando el software Node-red que nos permite realizar la programación para la comunicación de los equipos de medición y envió de datos a una plataforma web.

Se implementó una aplicación web basado en Node Red para la supervisión de energía que permite identificar problemas relacionados con la eficiencia energética mediante el desarrollo de funciones eficaces de registro y análisis.

Mediante la ejecución del proyecto, se detectó por notificación de alerta al correo del personal de mantenimiento un problema por bajo factor de potencia, el personal encargado realizó la inspección correspondiente encontrando la novedad en el tablero de banco de capacitores del cuarto eléctrico, la misma que fue atendida de manera inmediata y así se minimizó el riesgo de paralización o penalización en la planta.

Con este proyecto de supervisión se visualizó el consumo de energía directamente en el dashboard por el personal de mantenimiento, se realizó consultas de la información requerida como voltaje, corriente, factor de potencia, armónicos en cualquier instante de tiempo. Se realizó una muestra comparativa de los valores registrados de consumo por CNEL y los valores obtenidos por el sistema de supervisión dando un porcentaje de error de +-5 % de tal manera que podemos indicar que los datos obtenidos por el sistema de supervisión son aceptables.

En conclusión, el objetivo principal "**Desarrollar un sistema de supervisión de energía basado en Internet de las Cosas mediante SIMATIC IOT2040 como entrada de enlace con la nube para la gestión de operación y mantenimiento de una planta industrial.**", ha sido alcanzado y evidenciado sus beneficios en la realización del presente proyecto de desarrollo.

## 5.2. Recomendaciones

El Sistema de Supervisión puede integrar los datos de producción de la planta, que son tomados de forma manual, con el propósito de mejorar los tiempos y obtener la información en el momento que se requiera.

En el sistema se puede acoplar los dispositivos industriales de otras lineas de producción, lo que permitiría monitorear el funcionamiento de las máquinas de producción a fin de que contribuyan a la optimización de las actividades de mantenimiento.

Para trabajos futuros es conveniente mejorar las seguridades en el acceso al sistema de supervisión Iot, con el objetivo de prevenir el riesgo de un ataque informático y pérdida de la información.

## 5.3. Trabajo futuro

Se puede Implementar:

- Ciberseguridad industrial para aplicaciones IOT
- Sensores de vibración en motores de la planta industrial para aplicaciones IOT
- Implementación de un modelo de supervisión para consumo de energía de forma inalámbrica en cada línea de producción de la planta.
- Implementar un modelo que permita la predicción para mantenimiento de equipos industriales mediante machine learning.

# Bibliografía


A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE communications surveys & tutorials*, 17(4):2347–2376, 2015.

A. Baggini. *Handbook of power quality*. John Wiley & Sons, 2008.

P. Bandarra, M. T. Valdez, and A. Pereira. Solutions for monitoring and analysing for energy consumption—energy management systems. In *2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, pages 1–5. IEEE, 2016.

K. V. Bravo Alay and K. E. Martillo Fernández. Economía circular y la industria 4.0 como estrategia del comercio internacional en el ecuador. B.S. thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas, 2019.

M. F. Camarda. Eficiencia energética y competitividad industrial: análisis del sistema de incentivos en torno al programa provincial energía eficiente (propee). *Administración Pública y Sociedad (APyS)*, (3):62–a, 2017.

J. L. del Val Román. Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*, 2016.

J. L. García Piraján, J. E. Marcella Atuesta, et al. Optimización de proyectos energéticos en instalaciones institucionales colombianas bajo proceso de acreditación leed basadas en normatividad nacional e internacional.

A. Glória, F. Cercas, and N. Souto. Design and implementation of an iot gateway to create smart environments. *Procedia Computer Science*, 109: 568–575, 2017.

A. Gontarz, L. Weiss, and K. Wegener. Energy consumption measurement with a multichannel measurement system on a machine tool. In *Proceedings of International Conference on Innovative Technologies: IN-TECH 2010*, pages 499–502. International Conference on Innovative Technologies (IN-TECH 2010), 2010.

E. Haro, T. Guarda, A. O. Z. Peñaherrera, and G. N. Quiña. Desarrollo backend para aplicaciones web, servicios web restful: Node. js vs spring boot. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E17): 309–321, 2019.

L. Hui, W. Gui-rong, W. Jian-ping, and D. Peiyong. Monitoring platform of energy management system for smart community. In *2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, pages 1832–1836. IEEE, 2017.

M. Lekić and G. Gardašević. Iot sensor integration to node-red platform. In *2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, pages 1–5. IEEE, 2018.

S. Ortega Fernández. Adquisición de datos desde plataforma iot 2040. protocolos s7 y tcp/ip. 2019.

C. A. Oviedo-Pérez. Ahorro energético en feilo sylvania, mediante una auditoría de nivel ii. 2017.

S. N. Swamy and S. R. Kota. An empirical study on system level aspects of internet of things (iot). *IEEE Access*, 8:188082–188134, 2020.

S. M. Varón Garzón et al. Revolución 4.0 y su relación en los procesos de calidad en las organizaciones colombianas análisis documental en el periodo de 2016-2019. 2020.