



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL
ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO DE
DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”**

Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en
Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Muñoz Noroña Raúl Alejandro

Tapia Claudio Richar Alexander

Tutor:

Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

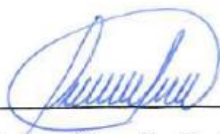
Latacunga – Ecuador

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Muñoz Noroña Raúl Alejandro y Tapia Claudio Richar Alexander, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”**, siendo el Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, es de mi exclusiva responsabilidad.



Muñoz Noroña Raúl Alejandro

C.C. 050347780-4



Tapia Claudio Richar Alexander

C.C. 055005529-7

AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

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

“SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”, de los señores Muñoz Noroña Raúl Alejandro y Tapia Claudio Richar Alexander, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de la Propuesta que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Septiembre, 2020

El Tutor


Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

C.C. 050307290-2

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Muñoz Noroña Raúl Alejandro y Tapia Claudio Richar Alexander, con el Título de la Propuesta Tecnológica: **“SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, Septiembre, 2020

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Ing. MSc. Toaza Iza Jimmy Xavier
C.I. 171762106-2



Lector 2
Ing. MSc. León Segovia Marco Aníbal
C.I. 050230540-2



Lector 3
Ing. MSc. Vásquez Teneda Franklin Hernán
C.I. 171043449-7

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, abril, 2020

Ph.D. Secundino Marrero

Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica

Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera de Ingeniería Eléctrica”

Presente. -

En calidad de director de la carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Certifico que mediante el proyecto de propuesta tecnológica **“SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”** de los estudiantes de decimo ciclo **MUÑOZ NOROÑA RAÚL ALEJANDRO** con C.I. 050347780 – 4 y **TAPIA CLAUDIO RICHA ALEXANDER** con C.I. 055005529 – 7, realizaron la entrega del sistema de control y monitoreo en el tablero principal del BLOQUE B para la **UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MATRÍZ**, trabajo que se implementó y se dejó en completo funcionamiento.

Es todo cuanto puedo cuantificar pudiendo hacer uso del mismo dentro de las leyes de la república y normas internacionales.

Atentamente

PhD. Secundino Marrero Ramírez

C.C. 175710790-7

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la guía y fuerza en todos estos años de vida estudiantil, a los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi por los conocimientos que me brindaron para poder llegar a la cima de nuestros sueños como persona profesional a toda mi familia y amigos que gracias a ellos estoy a un paso de culminar una de mis metas en mi vida.

A mi tutor de tesis por guiarme no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, si no a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A mi compañero de tesis Richar porque gracias a la constante comunicación con el hemos contribuido esta meta.

MUÑOZ NOROÑA RAÚL ALEJANDRO

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis Padres Oswaldo y Blanca por su amor y su sacrificio de entrega para poder tener uno de mis grandes sueños gracias a ellos estoy a un paso de realizarme como profesional.

A mis Abuelitos que me han apoyado y me han dado su bendición durante este tiempo en el camino y pueda conseguir mi meta gracias por iluminar mi camino.

A mis hermanos Esteban y Dayana por brindarme su apoyo incondicional, por sus consejos para culminar esta meta importante en mi vida. A mi sobrina Camilita con su amor me ha dado la fuerza necesaria para seguir adelante.

A la Flia. Noroña Muñoz y a la Flia. Muñoz Venegas los cuales son un ejemplo a seguir, quien ha estado siempre pendiente de mí, que han creído en mi lucha por la superación profesional.

MUÑOZ NOROÑA RAÚL ALEJANDRO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y vida, la fuerza y fortalezas para llegar a culminar mi carrera Universitaria.

Doy gracias a mis padres German Tapia y Mónica Claudio por el cariño, amor y el apoyo incondicional tanto moral y económicamente, por todos esos valores inculcados para hacer de mí una mejor persona. También quiero agradecer a mis hermanas Priscila y Karla quienes siempre han estado en los momentos más difíciles, a mis abuelitos quienes con sus consejos me han guiado por el camino del bien.

A mi compañero Alejandro por formar parte de este equipo de trabajo, ya que con perseverancia logramos esta meta.

TAPIA CLAUDIO RICAR ALEXANDER

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios por darme la fuerza necesaria para continuar en este proceso de alcanzar unos de mis grandes sueños.

A mis padres German y Mónica por brindarme su amor, confianza, cariño, trabajo y sacrificio en todo este transcurso de mi carrera estudiantil, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en un profesional. Siempre estaré en deuda con ustedes.

A mis hermanas Priscila y Karla por estar conmigo en los buenos y malos momentos, por todo su apoyo incondicional en esos momentos tan difíciles.

A mis abuelitos dedico este logro quienes siempre me enseñaron a seguir adelante, a luchar por todos mis deseos. A mis familiares y en especial mi tía Verónica Claudio siempre guiaste mi camino.

Dedico este triunfo a mi novia Paola por su amor, paciencia y apoyo, quien me acompañó toda mi vida universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DE TRADUCCIÓN	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. Título de la Propuesta Tecnológica.....	2
2.2. Tipo de Propuesta Alcance.....	2
2.3. Área del Conocimiento	2
2.4. Sinopsis de la Propuesta Tecnológica	2
2.5. Objeto de Estudio y Campo de Acción	2
2.5.1. Objeto de estudio	2
2.5.2. Campo de acción.....	3
2.6. Situación Problémica y Problema	3
2.6.1. Situación problemática	3
2.6.2. Problema	3
2.7. Hipótesis.....	3
2.8. Objetivos	3
2.8.1. Objetivo General.....	3
2.8.2. Objetivos Específicos	4
2.9. Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos	4
3. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Antecedentes	5
3.2. Redes de Comunicación Industrial.....	6
3.2.1. Sistemas de control centralizado.....	7

3.2.2.	Sistemas de control distribuido.....	7
3.2.3.	Enlaces físicos	7
3.2.4.	Formas de organización de nodos.....	8
3.2.5.	Buses de campo	9
3.3.	HMI (Interfase Hombre-Máquina).....	16
3.4.	Multímetro Digital	17
3.4.1.	Siemens SENTRON PAC3220.....	17
3.5.	TIA Portal V15 (Totally Integrated Automation Portal).....	18
3.5.1.	WinCC	19
3.6.	Internet de las Cosas (IoT)	19
3.6.1.	Características	20
3.6.2.	Ubidots.....	21
3.6.3.	Siemens SIMATIC IoT2040.....	21
3.7.	Node-RED.....	22
3.8.	Transformadores de Instrumentos.....	23
3.8.1.	Transformador de corriente de núcleo partido para medida	23
3.9.	Características de las Cargas	24
3.9.1.	Demanda	24
3.9.2.	Curva de demanda o carga.....	24
3.9.3.	Demanda máxima (D_M)	24
3.9.4.	Demanda promedio (D_p).....	24
3.9.5.	Demanda diversificada	25
3.9.6.	Factor de carga (F_c).....	25
3.9.7.	Factor de simultaneidad (F_{sim})	25
3.9.8.	Factor de potencia (fp).....	25
3.9.9.	Factor de demanda (F_D)	25
3.9.10.	Desbalance de voltaje	25
3.9.11.	Desbalance de corriente	26
3.9.12.	Caída de voltaje	26
4.	METODOLOGÍA.....	27
4.1.	Modalidad de investigación	27
4.2.	Tipo de investigación	27
4.2.1.	Investigación bibliográfica	27
4.2.2.	Investigación descriptiva	27
4.2.3.	Investigación de campo	27
4.3.	Métodos de investigación.....	27
4.3.1.	Método inductivo.....	27

4.3.2. Método deductivo	28
4.3.3. Método analítico	28
4.3.4. Método descriptivo	28
4.4. Técnicas e instrumentos de investigación	28
4.4.1. Observación	28
4.4.2. Medición	28
4.4.3. Simulación	28
4.5. Operacionalización de variables	29
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	29
5.1. Suministro de Energía Eléctrica a la Universidad Técnica de Cotopaxi.....	29
5.2. Descripción del Sistema Eléctrico en el BLOQUE B.....	29
5.2.1. Descripción del tablero principal del BLOQUE B	30
5.3. Estudio de la Demanda del BLOQUE B.....	30
5.4. Análisis Comparativo del Consumo Energético de cada Piso del BLOQUE B	34
5.5. Análisis de la Demanda de la Universidad Técnica de Cotopaxi del BLOQUE B.....	34
5.6. Factor de Carga	36
5.7. Desbalance de Voltaje del Tablero Principal del BLOQUE B	36
5.8. Desbalance de Corriente del Tablero Principal del BLOQUE B.....	38
5.9. Adquisición de los Componentes del Sistema de Monitoreo.....	40
5.10. Selección de los TC's	41
5.11. Construcción del sistema de control para el análisis de datos.....	41
5.11.1. Procedimiento para la construcción.....	41
5.11.2. Diseño del tablero de control.....	41
5.11.3. Descripción de los equipos usados en el sistema de monitoreo de datos	41
5.11.4. Gabinete metálico	42
5.12. Ubicación del medidor de energía SENTRON PAC3220 en el tablero principal	43
5.13. Requerimientos del sistema de control para el monitoreo de datos	46
5.13.1. Requerimientos generales	46
5.13.2. SIMATIC IoT2040	46
5.13.3. Medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220	47
5.13.4. Transformadores de corriente	47
5.13.5. Diagrama de flujo	48
5.14. Diseño del protocolo de comunicación del sistema de adquisición de datos.....	48
5.14.1. Configuración de la SIMATIC IOT2040	48
5.14.2. Conector RJ-45	49
5.14.3. Categorías del cable de red	50
5.14.4. Desarrollo del código de programación.....	50

5.14.5. Configuración del medidor de energía SENTRON PAC3220	51
5.15. Configuración e instalación de la interfaz gráfica HMI-WinCC	52
5.16. Programación para el control de carga en el tablero de distribución principal del BLOQUE B	53
5.16.1. Plataforma Node-RED	56
5.16.2. TIA Portal	57
6. ANÁLISIS Y RESULTADOS	60
6.1. Análisis de Funcionamiento del Sistema de Monitoreo de Datos.....	60
6.2. Resultados de la Potencia Activa	60
6.3. Resultados de la Potencia Reactiva.....	60
6.4. Resultados de la Potencia Aparente	61
6.5. Resultados del Factor de Potencia.....	62
6.6. Resultados de Frecuencia	62
6.7. Resultados de Voltaje.....	63
6.8. Resultados de la Corriente L1.....	64
6.9. Simulación del diseño de Control	64
7. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	66
7.1. Presupuesto	66
7.1.1. Costos directos.....	66
7.1.2. Costos indirectos.....	67
7.1.3. Costo total de la propuesta tecnológica	67
7.2. Análisis de Impactos	67
7.2.1. Impacto Práctico	67
7.2.2. Impacto Tecnológico	67
7.2.3. Impacto Social	68
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
8.1. Conclusiones	68
8.2. Recomendaciones.....	69
9. REFERENCIAS	70
10. ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de control centralizado.	7
Figura 2. Conexión multipunto.....	8
Figura 3. a) Bus clásico. b) Ethernet IP	11
Figura 4. Diagrama de bloques de una red universal Ethernet Industrial.....	11
Figura 5. Diagrama de bloques de una red integrada Ethernet Industrial.	12
Figura 6. Comunicación Unicast.	14
Figura 7. Comunicación Broadcast.	14
Figura 8. Señal Hart.....	15
Figura 9. Hart en modo multidrop.....	16
Figura 10. Paneles Básico Siemens SIMATIC HMI.....	17
Figura 11. SENTRON PAC3220 Siemens.....	17
Figura 12. TIA Portal V15.1.....	19
Figura 13. Licencias WinCC para TIA Portal.	19
Figura 14. Internet de las Cosas (IoT)	20
Figura 15. Ubidots	21
Figura 16. Siemens SIMATIC IoT2040.....	22
Figura 17. Transferencia de datos a la nube mediante Siemens SIMATIC IoT2040.....	22
Figura 18. Interfaz del Node-RED	23
Figura 19. Transformadores de corriente para medida de núcleo partido, serie DP DIXSEN.	24
Figura 20. Curva de demanda diaria.....	24
Figura 21. Tablero de distribución principal BLOQUE B	30
Figura 22. Diagrama unifilar del BLOQUE B	32
Figura 23. Diagrama unifilar vertical del tablero principal del BLOQUE B	33
Figura 24. Curva de la demanda diaria de un día.	35
Figura 25. Curva del desbalance del voltaje.....	37
Figura 26. Curva del desbalance de la corriente.....	39
Figura 27. Diseño de ubicación de equipos en el tablero.	42
Figura 28. Partes del gabinete metálico.....	42
Figura 29. Gabinete de control.	43
Figura 30. Ubicación y conexión del medidor de energía.....	44
Figura 31. Ubicación y conexión del medidor de energía.....	45
Figura 32. SIMATIC IoT2040.	46
Figura 33. Medidor de energía SENTRON PAC3220.	47
Figura 34. Transformador de corriente 400/5 A.....	47
Figura 35. Diagrama de flujo.....	48
Figura 36. Esquema general de adquisición de datos.....	48
Figura 37. Conexión física del RJ45.	49
Figura 38. Configuración SENTRON PAC3220.	51
Figura 39. Conexión de los contactores en el tablero de distribución principal... ..	54
Figura 40. Conexión del sistema de control de los contactores	54
Figura 41. Funciones del Node-RED al TIA Portal.	56

Figura 42. Nodo de configuración.....	57
Figura 43. Dirección IP	57
Figura 44. Datos del Node-RED al TIA Portal.	58
Figura 45. Dirección de envío a la pantalla.....	58
Figura 46. Control Manual.	59
Figura 47. Control Automático.....	59
Figura 48. Resultados de la potencia activa	60
Figura 49. Resultados de la potencia reactiva	61
Figura 50. Resultados de la potencia aparente	61
Figura 51. Resultados del factor de potencia.....	62
Figura 52. Resultado de la frecuencia	63
Figura 53. Consumo de Voltaje Línea- Neutro día 1.	63
Figura 54. Consumo de la Corriente L1 día 1	64
Figura 55. Visualización de la pantalla principal.	65
Figura 56. Control automático de los contactores	65
Figura 57. Control manual de los contactores	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	4
Tabla 2. Tipos de conexiones del SENTRON PAC3200	18
Tabla 3. Variable independiente: sistema de control y monitoreo en tiempo real.....	29
Tabla 4. Variable dependiente: consumo eléctrico.....	29
Tabla 5. Materiales que está compuesto el tablero principal del BLOQUE B	30
Tabla 6. Energía total consumida en kWh.....	31
Tabla 7. Número de Breaker del tablero principal del BLOQUE B.....	34
Tabla 8. Datos de la curva de demanda diaria del BLOQUE B	34
Tabla 9. Desbalance de voltaje en el BLOQUE B.....	36
Tabla 10. Desbalance de corriente en el BLOQUE B	38
Tabla 11. Consumo de energía eléctrica de cada uno de los pisos	40
Tabla 12. Materiales adquiridos.	41
Tabla 13. Materiales que conforman el tablero de control.	43
Tabla 14. Categorías del cable red Ethernet.	50
Tabla 15. Magnitudes medidas.	51
Tabla 16. Identificación de variables.....	56
Tabla 17. Costos directos de los componentes del sistema de medición.....	66
Tabla 18. Costos directos de los materiales y suministros empleados en el sistema de medición.	66
Tabla 19. Costos indirectos del sistema de medición.	67
Tabla 20. Costo total de la propuesta tecnológica	67

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”

Autores:

Muñoz Noroña Raúl Alejandro

Tapia Claudio Richar Alexander

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica consistió en implementar un sistema de control y monitoreo en tiempo real encaminado a la nueva era de la industria 4.0, debido a lo cual, fue transcendental dar a conocer los parámetros eléctricos del tablero principal de distribución del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante el uso de equipos industriales como el Sentron PAC3220, Simatic IoT2040, HMI, enlazados a través del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, además, permitieron visualizar las diversas variables bajo estudio (voltaje, corriente, potencia, frecuencia) por medio de la plataforma Node-red que aloja a Ubidots en la nube.

Para el monitoreo de las variables en tiempo real se empleó la pasarela IoT, que permite la comunicación con la red Ethernet mediante software de almacenamientos de datos. El medidor de energía Sentron PAC3220 facilitó la medición de las magnitudes eléctricas requeridas, por otra parte, el proyecto desarrollado permitió tanto a los estudiantes como personal técnico la fácil visualización y control del sistema de manera local o remota.

El diseño del sistema de control tanto manual como automático de los contactores del BLOQUE B realizado mediante simulación en el software Tía – Portal conjuntamente con la Node – Red, implica energizar – desenergizar los circuitos existentes en el edificio que conforman circuitos de iluminación y fuerza, donde, en horas laborables se encenderá automáticamente, caso contrario permanecerá apagado.

Palabras Clave: HMI, industria 4.0, IoT, Modbus TCP/IP, Node – Red, Sentron PAC3220, Simatic IoT2040, Ubidots.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “REAL-TIME MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR THE ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION IN THE MAIN DISTRIBUTION BOARD OF BLOCK B OF THE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ, PERIOD 2020”

Authors:

Muñoz Noroña Raúl Alejandro

Tapia Claudio Richar Alexander

ABSTRACT

This technical proposal aimed to implement a control and monitoring system in real-time according to the new era 4.0 industry. It was transcendental to publish the electrical parameters of the main distribution panel of block B at the Universidad Técnica de Cotopaxi, through industrial types of equipment such as Sentron PAC3220, Simatic IoT2040, and HMI linked through the Modbus TCP/IP communication protocol. It also allows us to visualize the variables under study (voltage, current, power, frequency) with the Node-Red platform, which hosts Ubidots in the cloud.

The IoT gateway monitored the variables in real-time, allowing communication with the Ethernet network through data storage software. The Sentron PAC3220 energy meter facilitated the measurement of the required electrical quantities; on the other hand, the developed project allowed both students and technical personnel to visualize and control the system locally or remotely quickly.

Both manual and automatic design control system of block B charges were carried out by simulation in the Tia-PORTAL and the Node-RED software. It implies to energize and de-energize the main breaker. Also, each sub-panel makes up the lighting and power circuits in the labor schedule to automatically turn on; otherwise, it will remain off.

Keywords: HMI, Industry 4.0, IoT, Modbus TCP / IP, Node - Red, Sentron PAC3220, Simatic IoT2040, Ubidots.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la Unidad Académica de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **MUÑOZ NOROÑA RAÚL ALEJANDRO Y TAPIA CLAUDIO RICHARD ALEXANDER**, cuyo título versa " **SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ PERIODO 2020.**", lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, septiembre de 2020

Atentamente,

Lic. MSc. Mayra Noroña Heredia.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501955470



1. INFORMACIÓN GENERAL

Propuesto por:

Muñoz Noroña Raúl Alejandro

Tapia Claudio Richar Alexander

Tema Aprobado:

Sistema de control y monitoreo en tiempo real para el análisis del consumo energético en el tablero de distribución principal del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Matriz, periodo 2020.

Carrera:

Ingeniería Eléctrica

Tutor de la propuesta tecnológica:

Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

Equipo de Trabajo:

Muñoz Noroña Raúl Alejandro y Tapia Claudio Richar Alexander

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi – Zona 3 – Cotopaxi – Latacunga – Eloy Alfaro.

Tiempo de duración de la propuesta:

6 meses calendario

Fecha de inicio:

Febrero del 2020

Fecha de entrega:

Julio del 2020

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

Sub líneas de investigación de la carrera:

Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial

Tipo de Propuesta Tecnológica

El presente proyecto tecnológico está orientado a la implementación de un sistema para el control y monitoreo en tiempo real que permitirá realizar el análisis del consumo de energía eléctrica en las diferentes secciones del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus matriz, beneficiándose directamente esta institución educativa.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la Propuesta Tecnológica

Sistema de control y monitoreo en tiempo real para el análisis del consumo energético en el tablero de distribución principal del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Matriz, periodo 2020.

2.2. Tipo de Propuesta Alcance

Desarrollo:

La propuesta tecnológica está enfocada al desarrollo del sistema de control y monitoreo en tiempo real, que permitirá efectuar el análisis del consumo energético en el tablero de distribución principal del BLOQUE B; para posteriormente realizar el estudio comparativo entre las diferentes secciones de esta edificación.

2.3. Área del Conocimiento

Ingeniería, industria y construcción

2.4. Sinopsis de la Propuesta Tecnológica

La propuesta a desarrollarse se basa en implementar un sistema de control y monitoreo en tiempo real para el análisis energético del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por consiguiente, el proyecto brindará la oportunidad tanto a estudiantes como personal técnico de la carrera de Ingeniería Eléctrica llevar a cabo la medición, además, de la visualización de los parámetros eléctricos del tablero de distribución principal, que comprende la planta baja conjuntamente con tres pisos altos, a través de una plataforma virtual de fácil manejo. Esta gestión posibilitará la obtención del uso racional de la energía mediante la identificación de la instalación de mayor consumo.

2.5. Objeto de Estudio y Campo de Acción

2.5.1. Objeto de estudio

Consumo energético en tiempo real del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.5.2. Campo de acción

Sistema de control y monitoreo, para visualizar el consumo de energía mediante una interfaz HMI (Human Machine Interface) y efectuar el control de las cargas del BLOQUE B.

2.6. Situación Problémica y Problema

2.6.1. Situación problemática

El BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un monitoreo energético en tiempo real que facilite la obtención de parámetros eléctricos, además, el departamento de mantenimiento es el único en tener acceso al tablero principal, lo cual dificulta a los estudiantes conocer el comportamiento de la demanda del edificio.

Actualmente, los avances tecnológicos permiten a los usuarios obtener registros de manera fácil, rápida e interactiva, lo cual facilita crear históricos de diversas variables eléctricas para identificar problemas y brindar diagnósticos que permitan lograr un uso eficiente de la energía. De esta manera, la incorporación de un sistema de monitoreo proporciona a los estudiantes llevar a cabo una gestión energética.

El uso racional de la energía se ha convertido en la motivación principal para la búsqueda de alternativas eficaces relacionadas a la disminución del consumo energético. Por lo cual, al no disponer de un control adecuado de las cargas del BLOQUE B, la demanda eléctrica tiende a incrementarse innecesariamente, lo que ocasiona una mayor generación de electricidad.

2.6.2. Problema

Debido al desconocimiento del consumo energético en el BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es necesario implementar un sistema de control y monitoreo en tiempo real adecuado para el usuario.

2.7. Hipótesis

Si se implementa un sistema de control y monitoreo en tiempo real, será posible conocer el consumo de energía eléctrica del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo General

Implementar un sistema de control y monitoreo en tiempo real para el análisis del consumo energético de cada piso del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.8.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información de los sistemas de control y monitoreo en tiempo real mediante estudios similares a nivel general.
- Incorporar el sistema de gestión de energías al tablero de distribución principal del BLOQUE B para la medición de los parámetros eléctricos.
- Realizar un análisis comparativo del consumo energético de cada piso del BLOQUE B para identificar la instalación de mayor demanda eléctrica.
- Efectuar el control manual y automático del tablero de distribución principal mediante simulación en el software Tía – Portal.

2.9. Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos Específicos	Actividades	Resultado de la Actividad
Recopilar información de los sistemas de control y monitoreo en tiempo real mediante estudios similares a nivel general	Búsqueda de información sobre los sistemas de control y monitoreo en tiempo real Indagación de la tecnología empleada en sistema de gestión de energías Fundamentación de los protocolos de comunicación usados para transmitir datos	Conceptos generales Equipos requeridos para implementar el sistema Generalidades
Incorporar el sistema de gestión de energías al tablero de distribución principal del BLOQUE B para la medición de los parámetros eléctricos	Montaje de los equipos que conforman el sistema de gestión al tablero de distribución principal Verificación del adecuado funcionamiento del sistema de control y monitoreo en el tablero principal Medición de los parámetros eléctricos en el BLOQUE B	Diagramas de conexión del sistema Tabla de resultados de las pruebas de campo Voltaje, corriente eléctrica, potencia activa, reactiva, aparente y frecuencia
Realizar un análisis comparativo del consumo energético de cada piso del BLOQUE B para identificar la instalación de mayor demanda eléctrica	Recopilación de parámetros eléctricos mediante plataforma web Desarrollo de interfaz gráfica interactiva con el usuario Elaboración del manual de operación del sistema de control y monitoreo	Energía consumida por cada piso Parámetros eléctricos en tiempo real Instrucciones

Efectuar el control manual y automático del tablero de distribución principal mediante simulación en el software Tía – Portal	Programación para el control de carga Simulación del diseño de control Estudio económico de la propuesta tecnológica	Comunicación entre Node – RED y TIA – Portal Control manual y automático de los breakers Presupuesto
---	--	--

Fuente: Autores.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Un sistema de monitoreo para variables eléctricas mediante protocolo modbus, permite efectuar el análisis de los consumos de corriente o potencia al igual que las perturbaciones en la red eléctrica, lo que se traduce en un ahorro económico [1]. Al visualizar el usuario las lecturas en tiempo real se disminuye el riesgo eléctrico, puesto que no se requiere el ingreso diario a las instalaciones [1].

El modelamiento de un sistema de medición electrónico basado en la adquisición y digitalización de señales tanto de corriente como voltaje, tiene la capacidad de registrar el consumo energético de una carga, así como, la notificación de las principales fallas eléctricas para mejorar la calidad del servicio [2].

Sentron PAC 3200 es una herramienta industrial de fácil uso para los estudiantes, puede medir diversos parámetros y conjuntamente con el PLC, efectúan de forma precisa análisis de fallas, igualmente, tiene la capacidad de obtener el estado actual de los equipos conectados ya sean estos: motores, HMI, transformadores, entre otros [3].

Según [4], el proyecto consiste en desarrollar el prototipo de un sistema electrónico de monitoreo para solventar los errores en las lecturas dadas por los medidores residenciales, mediante mediciones en tiempo real. Este modelo permite realizar la gestión de la red eléctrica de manera fácil con un bajo costo a través de la aplicación de hardware y software libre, lo cual, mejora el valor económico de los equipos en un 20 %. Por otra parte, al emplear una interfaz USB como medio para la transmisión de la información, se alcanza velocidades de 480 Mbits.

La gestión energética de un sistema eléctrico se lo puede realizar mediante diversos métodos, tal es el caso de los servicios de redes inalámbricas móviles Ad-hoc e internet de las cosas (IoT). Lo que permitió efectuar mediciones tanto de corriente como voltaje durante 4 días, por lo tanto, obtuvieron valores promedio de 0,4 A y 109,40 V respectivamente [5].

En [6], se muestra la implementación de un sistema de medición inteligente de energía eléctrica en la fábrica The Tesalia Springs Company S.A., con el objetivo de registrar los valores de consumo de electricidad, agua y CO₂. Para visualizar y almacenar las lecturas se hace uso de una interfaz HMI, además, permite crear históricos de datos.

En la presente investigación se efectúa la adquisición – visualización en tiempo real de las variables eléctricas de un motor trifásico, mediante la utilización del multimedidor Sentron PAC 3200, Controlador Lógico Programable (PLC), Interfaz Hombre – Máquina (HMI), Simatic IoT2040, Drive y la plataforma Ubidots, enlazados a través del protocolo de comunicación Modbus TCP. Donde, la corriente alcanza valores de 0,6 A para velocidades de 1.500 rpm, por otra parte, el factor de potencia aumenta a 0,73 al aplicársele una carga [7].

Un sistema de monitoreo del consumo de electricidad permite obtener las magnitudes eléctricas de cargas residenciales, donde, las señales son adquiridas mediante microcontroladores de nivel bajo en la arquitectura IoT, con retardos mínimos lo que brinda una excelente velocidad, fiabilidad y confiabilidad en la transmisión de datos [8]

De acuerdo a [9], la implementación de un sistema distribuido enfocado a los objetos (IoT) consta de diferentes procesos didácticos industriales que hacen uso de la comunicación TCP/IP, RTU y Profinet. Las gráficas de voltaje, corriente, así como, potencia activa, reactiva, aparente, se obtienen a través de PC – System WinCC.

Por otra parte, la programación se la efectúa a través del editor Node – Red para la lectura y escritura de las variables bajo estudio, mediante el uso de una red local conjuntamente con un dispositivo propuesto exclusivamente a IoT, lo que posibilita al usuario llevar a cabo el monitoreo remoto del sistema en tiempo real [9].

Diseñar e implementar un sistema de recolección de datos con el SENTRON PAC 3200 y el programa LabVIEW, tiene la ventaja principal que no requiere un servidor OPC como intermediario. Los parámetros eléctricos no presentan errores de precisión en la medición, lo que resulta beneficioso [10].

3.2. Redes de Comunicación Industrial

Las redes de comunicación industrial son empleadas para la interconexión de equipos avanzados de control (PCs y PLCs), que facilita intercambiar información de alto nivel. Esto permite la operación coordinada de las distintas áreas [11].

3.2.1. Sistemas de control centralizado

El control centralizado tiene una sola unidad que recibe todos los mensajes y ordenes (Figura 1) [12].

Las características principales son:

- Efectivo mientras el sistema no sea excesivamente grande ni complejo [13].
- Fácil de mantener.
- No existen problemas de compatibilidad por existir un único controlador [13].

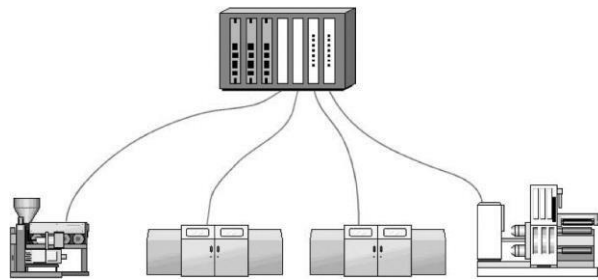


Figura 1. Sistema de control centralizado.

Fuente: [12].

3.2.2. Sistemas de control distribuido

El control distribuido (DCS) se realiza mediante diferentes sistemas automáticos e independientes conectados en red, dispersos en una planta o proceso [13], [14]. Son más resistentes a eventualidades que los centralizados, pues el fallo de un elemento no limita las capacidades de mando del conjunto [12].

3.2.3. Enlaces físicos

Las formas de enlace físico RS-232, RS-422 y RS-485 son altamente usados en las comunicaciones industriales [15].

3.2.3.1. RS-232

El enlace es utilizado en conexiones punto a punto full-dúplex (se puede transmitir simultáneamente por ambos sentidos) entre terminales de datos sin el empleo de módems [15]. Introducido al entorno industrial para la comunicación entre captadores y sistemas de adquisición de datos, codificación, pesaje, etc. [16].

La distancia máxima entre terminales conectados según RS-232C está limitada a 15 metros por ruidos electromagnéticos, aunque en la práctica puede funcionar correctamente hasta 100 m. La velocidad de transmisión está comprendida entre 110 y 1900 bit/s, sin embargo, puede ser superior [15].

3.2.3.2. RS-422

Es un estándar de comunicación serie full dúplex que utiliza señales diferenciales tanto para transmisión, como recepción o control [15]. Usado industrialmente en la conexión punto a punto entre dos terminales, mediante un par de cables trenzados para cada línea. El objetivo de la configuración es obtener una mayor robustez al ruido electromagnético [17].

3.2.3.3. RS-485

El enlace está conformado por un único par trenzado (semidúplex) destinado a la transmisión y recepción de datos (Figura 2), mismo que permite conectar en paralelo las salidas de varios transmisores [17].

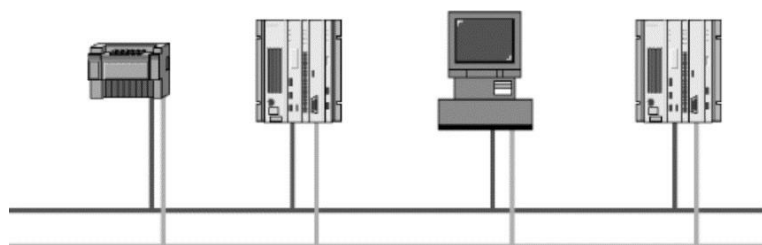


Figura 2. Conexión multipunto.

Fuente: [16].

En la conexión en red, el número máximo de terminales conectados suele estar limitado a 32 por razones de carga con una longitud máxima de 50m por tramo, pero puede admitir una cantidad mayor de nodos o incrementarse las distancias de enlace, a través de repetidores o amplificadores de bus [17].

Las principales características son:

- Resistencias de adaptación en extremos [16].
- Rango de velocidades que abarca de 9.6 kbit/s a 12 Mbit/s [16].
- Cable de par trenzado apantallado [16].
- Según velocidad, hasta 1200m de distancia de transmisión [16].
- Buena inmunidad a las interferencias al tratarse de señales de diferencia de tensión [16].

3.2.4. Formas de organización de nodos

Los nodos de una red pueden catalogarse entorno al modo de gestionar la información, en relación a los otros terminales [16].

3.2.4.1. Maestro – Esclavo

Es la jerarquía entre los equipos, en la que uno de ellos tiene el control de las comunicaciones de forma temporal o permanente. Para el entorno industrial, el Maestro (autómata) puede leer o escribir sobre los esclavos de la red controlados. El esclavo recibe esos mensajes enviados y emite una orden de confirmación [16].

Los esclavos pueden clasificarse de dos maneras:

- *Esclavos Activos*: son equipos con un PLC que recibe órdenes y ejecuta un programa propio [16].
- *Esclavos Pasivos*: no ejecutan programa alguno y realizan la función de entradas-salidas remotas del autómata Maestro [16].

3.2.4.2. Cliente – Servidor

Se basa en la interacción de procesos mediante peticiones y respuestas [15]. El Cliente de la red es un equipo que solicita servicios, mientras el servidor (estación) devuelve el mensaje con los resultados [16].

Esta interacción es un modelo punto a punto útil en la transmisión de información de estado, pero el servidor solo podrá informar un evento tras una petición del cliente. Además, presenta problemas de consistencia en sistemas distribuidos [15].

3.2.4.3. Productor – Consumidor

Este es utilizado para sistemas distribuidos basados en buses de campo, considerado como modelo multipunto [15]. El nodo productor emite un mensaje global a la red cuando lo necesita. Los consumidores reciben la información, y determinan si son los destinatarios del aviso [16].

El método permite que todos los nodos de la red puedan acceder de forma simultánea a un dispositivo para leer sus datos, lo cual significa mayor productividad, además proporcionan una sincronización automática al llegar los mensajes a todos los destinatarios de forma conjunta [16].

3.2.5. Buses de campo

Es un enlace de comunicaciones digitales, bidireccional y multipunto, que permite transferir mucha más información entre dispositivos inteligentes de control y medida, lo cual reemplaza al bucle de corriente de 4 – 20mA. Actúa como una red de área local para mando

de proceso avanzado, entrada/salida remota y aplicaciones de automatización de alta velocidad [15], [18].

Son usados en la actualidad para todo tipo de procesos de automatización con distintos requerimientos como necesidades, que van desde la industrial a la domótica, construcción de maquinaria, aplicaciones de automoción tanto automovilísticos, ferrocarriles y aeronáutica, pues su principal ventaja es reducir considerablemente los costos de implementación por rebajar la cantidad de cableado a instalar [15], [18].

Los buses de campo utilizan un protocolo de comunicación, para englobar al conjunto de reglas que gobierna el intercambio organizado de datos dentro de la red [19].

3.2.5.1. Profibus

Es un protocolo de estándar abierto que establece las características de comunicación de un sistema de bus de campo serie. Puede ser un sistema multimaestro, lo cual permite la operación conjunta de varios sistemas de automatización [18].

Puede utilizar transmisión por fibra óptica para aumentar la longitud del bus y trabajar en entornos con ruido eléctrico elevado [15].

Profibus tiene tres perfiles para distintas clases de aplicaciones:

- *Profibus FMS (Fieldbus Message Specification)*: usada para comunicaciones industriales en el nivel superior (nivel de célula) y de dispositivos de campo [15].
- *Profibus DP (Distributed Peripheral)*: es una versión mejorada en prestaciones y dedicada a comunicaciones críticas en el tiempo entre sistemas de automatización y la periferia distribuida [15].
- *Profibus PA (Process Automation)*: es la versión más empleada en automatización, pues brinda seguridad intrínseca y alimentación de las estaciones por el bus [15].

3.2.5.2. Ethernet Industrial

Ethernet/IP (EIP – Ethernet Industrial Protocol) es un protocolo de alto nivel destinado a la automatización industrial. Usa todo el hardware y software tradicional en Ethernet para la configuración, acceso y el control de los dispositivos [15].

El funcionamiento de Ethernet es diferente del resto de buses de campo clásicos (Profibus, AS-i, etc.) (Figura 3) pues trabaja con TCP/IP y emplea la topología en estrella, para facilitar la detección de fallas de cableado (incorporada en los HUB o repartidores, el denominado Link-Led) [16].

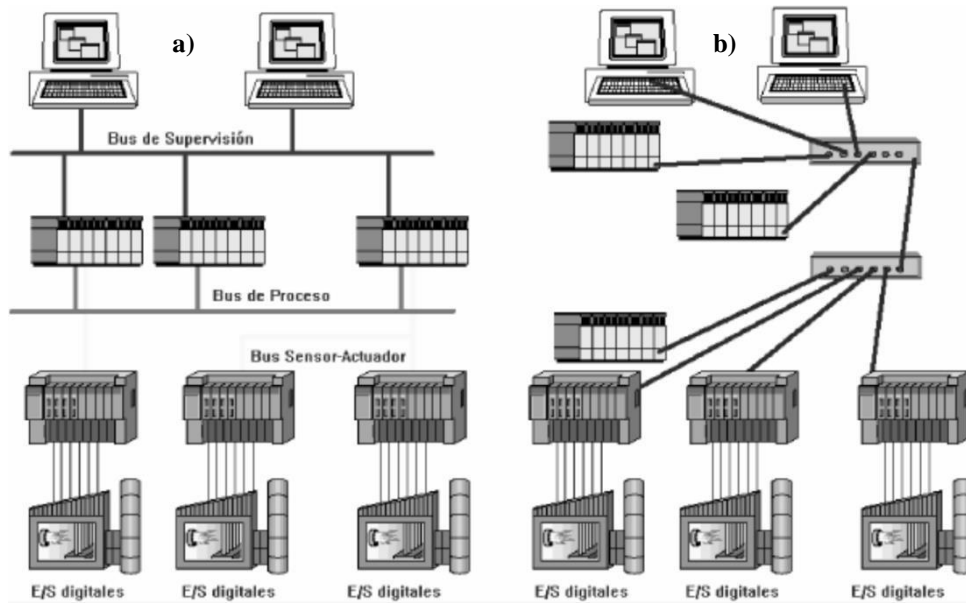


Figura 3. a) Bus clásico. b) Ethernet IP.

Fuente: [16].

Para incorporar una red Ethernet Industrial existen dos opciones:

- Modificar Ethernet con la finalidad de usarla en todos los niveles de la pirámide CIM (Manufactura Integrada por Computadora) y obtener una red industrial universal (Figura 4) [20]. Esto permite la conexión de los siguientes sistemas:
 - Controladores (PLC) y sistemas SCADA que necesiten un tiempo de respuesta entre 10 y 100ms [20].
 - Controladores (PLC), interfaces máquina-usuario (HMI) y estaciones de entrada-salida remotas (Distributed periphery) que necesiten un tiempo de respuesta entre 1 y 10ms [20].
 - Unidades de control de movimiento (Motion control) y estaciones de entrada-salida remotas que necesiten un tiempo de respuesta inferior a 1 ms [20].

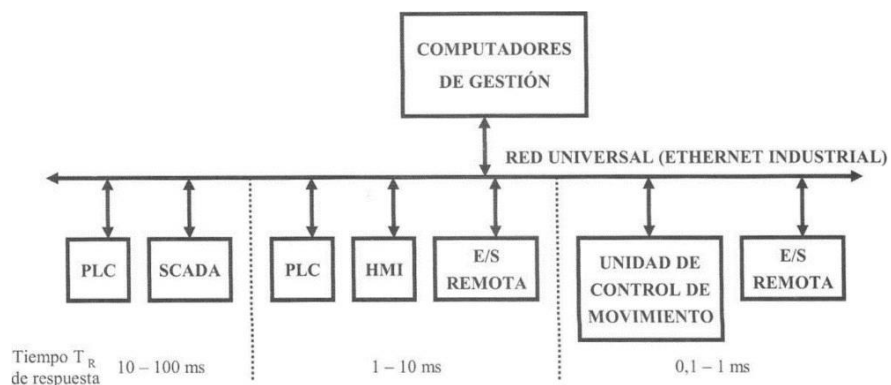


Figura 4. Diagrama de bloques de una red universal Ethernet Industrial.

Fuente: [20].

- Combinar Ethernet con una red de controladores y otra de sensores/actuadores. que utilizan el mismo protocolo [20].

Ethernet Industrial, se usa hasta que su velocidad y determinismo lo permitan, pero además es necesario considerar las características de la planta. Las redes de controladores y de sensores/actuadores incorporan el resto de las comunicaciones [20].

La red integrada está conformada de la siguiente manera (Figura 5):

- Las unidades de control de movimiento y las estaciones de entrada-salida remotas son conectadas a un bus de sensores-actuadores que disponga del tiempo de respuesta necesario para este tipo de sistemas [20].
- Las unidades de interfaz máquina-usuario y los controladores se conectan a un bus de control, y a su vez, actúan como puente entre las dos redes que se diferencian del protocolo de enlace [20].
- A la red Ethernet Industrial se acoplan controladores, sistemas SCADA y estaciones de entrada-salida remotas pues requieren un tiempo de respuesta mayor que los buses de sensores-actuadores y de controladores [20].

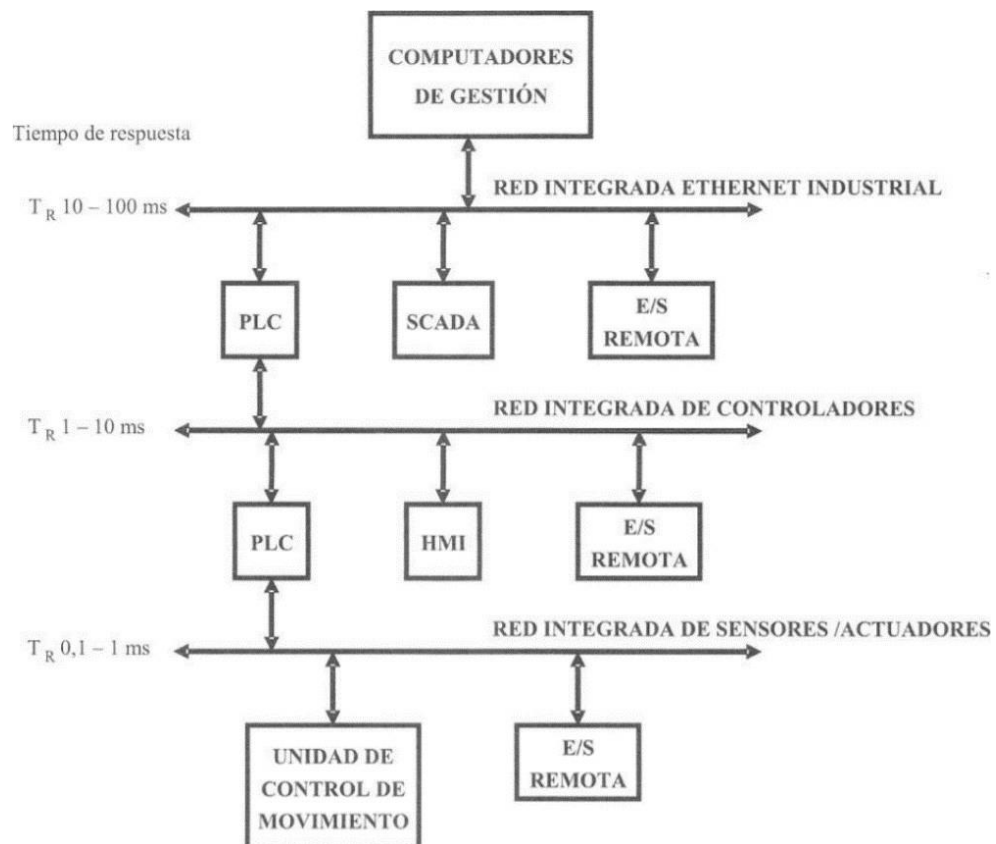


Figura 5. Diagrama de bloques de una red integrada Ethernet Industrial.

Fuente: [20].

3.2.5.3. *Profinet*

Profinet es la continuación consecuente del bus de campo Profibus DP e Industrial Ethernet. En su entorno, dispositivo es el término común que representa a sistemas de automatización, aparatos de campo (hidráulicos, neumáticos, PLCs, PCs) y componentes de red [15].

Características:

- Profibus es un modelo abierto de comunicación e ingeniería [13].
- Flexible gracias al empleo de Ethernet y de los acreditados estándares IT [13].
- Ahorro de ingeniería y puesta en marcha gracias a la modularización [13].
- Más rápido que los actuales buses especiales en el ámbito de Motion Control [13].

Profinet puede dividirse en dos tipos: IO y CBA. La clase de comunicación usada dependerá de la condición de la red y de su operatividad dentro del entorno industrial [15].

- *Profinet IO (Distributed Periphery)*: utilizado en aplicaciones modulares descentralizadas, donde el dispositivo de campo puede tener señales de entrada o salida tanto digitales como analógicas [15].
- *Profibus CBA (Component Based Automation)*: posibilita ampliar la modulación al medio tecnológico automatizado de la planta mediante componentes de software [15].

Profinet en Siemens

- A través del Profinet IO, se puede realizar la comunicación entre los autómatas y los aparatos de campo [13].
- La comunicación entre los autómatas como componentes de sistemas distribuidos se efectúa con el Profinet CBA [13].

3.2.5.4. *Modbus*

Es el protocolo más usado en la industria para establecer comunicaciones Maestro-Esclavo así como Cliente-Servidor entre dispositivos inteligentes y de campo. Transmitir o registrar señales digitales, analógicas, además monitorizar dispositivos de campo [16].

El número máximo de estaciones es de 63 esclavos más una estación maestra [17]. Además, se considera un sistema maestro mono, lo cual significa que sólo puede conectarse un master cada vez [21].

Existen dos versiones de Modbus que emplean distinta capa física:

- Modbus RTU: usa comunicaciones serie RS232, RS422 y RS485 [18].

- Modbus TCP/IP: utiliza Ethernet [18].

Modbus RTU (Remote Terminal Unit)

Modbus es un protocolo serie abierto de comunicaciones que utiliza la arquitectura maestro-esclavo o cliente/servidor para comunicar dispositivos en una red RS-485. Aunque menos habitual, puede utilizarse el RS-232. El master tiene la atribución de iniciar un intercambio de órdenes o datos. Los esclavos contestan mediante el dato solicitado o acción requerida en la petición. Si ocurre un error en la recepción del mensaje o no puede ejecutar la orden dada, el slave elaborará un aviso de error y lo remitirá como su respuesta. Además, la red debe tener una única dirección para cada equipo entre 1 y 247 [18].

Existen dos modos de comunicación: Unicast y Broadcast.

- En el modo Unicast el maestro envía una petición a un esclavo específico y espera un cierto tiempo para que responda [21].

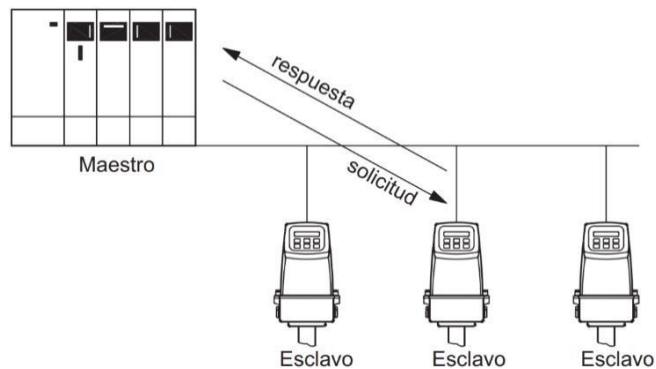


Figura 6. Comunicación Unicast.

Fuente: [21].

- En el modo Broadcast no hay respuesta de los esclavos ante un mensaje o petición pública, solo ejecutan la instrucción dada [21].

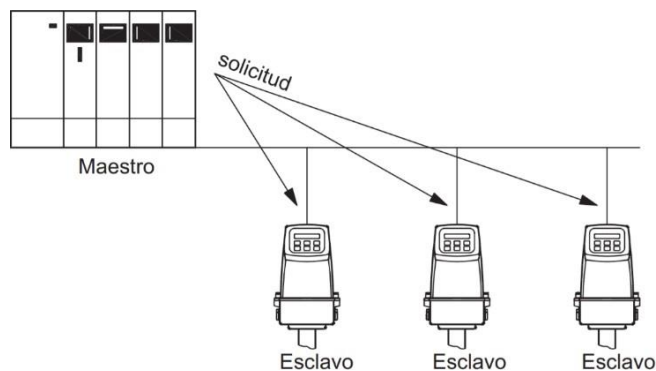


Figura 7. Comunicación Broadcast.

Fuente: [21].

Modbus TCP/IP

Modbus TCP (Transmission Control Protocol) es un protocolo cliente-servidor que usa el conector profinet de la CPU para comunicaciones TCP/IP, esto con el fin de direccionar y transferir información, por tanto, no necesitan módulos hardware de comunicación adicionales [22].

Modbus TCP usa conexiones para Open User Communications (OUC) como vía de comunicaciones Modbus. Puede existir varios enlaces cliente-servidor, a más de la conexión entre STEP 7 y la CPU, pero limitado por el modelo de CPU [22].

Cada conexión MB_SERVER (se debe ejecutar individualmente en cada conexión) debe usar un DB de instancia y número de puerto IP únicos, además, solo admite una conexión por puerto IP [22].

3.2.5.5. Hart

Hart (Highway Addressable Remote Transducer) es un protocolo de comunicación digital que usa un tradicional lazo de corriente 4–20 mA, para la instrumentación inteligente de control y medida [15].

En la Figura 8 se visualiza la señal analógica con una Hart modulada (procedimiento FSK – Frequency Shift Keying), la cual está constituida por ondas senoidales de 1200 Hz y 2200 Hz, además posee un valor medio 0 [23].

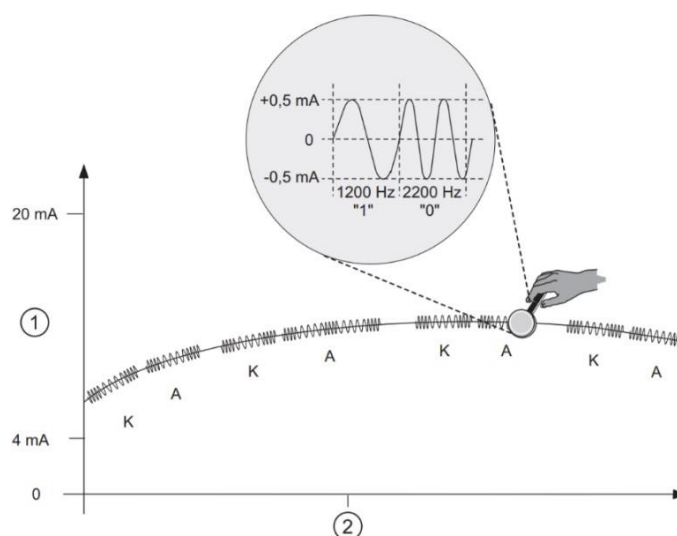


Figura 8. Señal Hart

Fuente: [23].

Donde: 1 es la señal analógica, 2 el tiempo (segundos), k comando y Q la respuesta.

Cada aparato puede transmitir hasta 256 datos del tipo: medida, parámetros, estado, ajustes, etc., cuya alimentación se proporciona por el mismo cable [16].

El número máximo de dispositivos conectados sobre un mismo cable o bus (técnica Multidrop, Figura 9) es de 15. Todas las transmisiones son digitales y no se usa la corriente del bucle para transmitir valor analógico, fijándose a un mínimo (4 mA) [16].

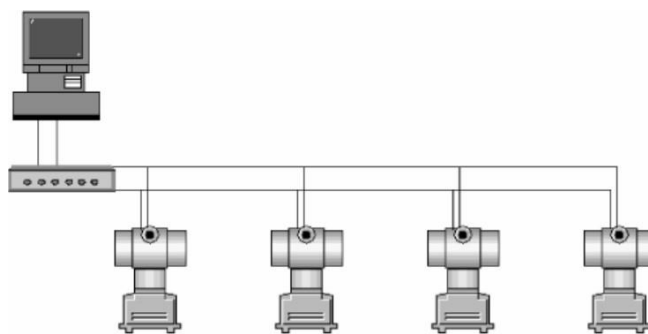


Figura 9. Hart en modo multidrop

Fuente: [16].

En el caso de 15 elementos conectados, el tiempo de ciclo para las variables primarias es de 7,5 segundos (500ms por variable, y es posible obtener 2 respuestas por segundo) [16].

3.3. HMI (Interfase Hombre-Máquina)

HMI comprende los sinópticos de control y sistemas de visualización gráfica, cuya función es la de representar simplificada la planta bajo control, ésta puede ser una red de distribución eléctrica, factoría, etc. [12].

Las interfaces hombre-máquina, se utilizan para comunicarse con PLC's u otras PC's. El personal que monitorea y controla mediante el HMI, puede ser conocido como operador dentro de los procesos industriales y entornos de fabricación. En salas de calderas y departamentos centrales de servicios públicos es llamado ingeniero estacionario [24].

Se utiliza el HMI para realizar la gestión de alarmas o en sistema electrónico complejos de control donde deben facilitar al usuario la posibilidad de cambiar parámetros, observar el estado de diferentes variables, detectar fallos dentro del conjunto formado por el autómata programable, etc. [20].

Existen diversas maneras de conformar una unidad HMI (Figura 10), entre ellas los paneles de operación, pantallas táctiles y paneles con computador industrial embebido con arquitectura cerrada o abierta [20].



Figura 10. Paneles Básico Siemens SIMATIC HMI.

Fuente: [25].

3.4. Multímetro Digital

El multímetro digital es un instrumento multifunción con presentación numérica que permite medir distintas magnitudes eléctricas [tensiones, intensidades (de frecuencia inferior a alguna centena de kilohertz), etc.], tanto en corriente continua como alterna, y con diferentes fondos de escala [26]. Su desventaja es no poder mostrar la forma de onda de la señal medida [27].

3.4.1. Siemens SENTRON PAC3220

El SENTRON PAC3220 (Figura 11) es un multímetro que muestra los parámetros básicos de la red en baja tensión. Permite efectuar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas. Además, puede usarse en sistemas con esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores [28].

El instrumento tiene la capacidad de determinar e incluso memorizar el último valor promedio del periodo de demanda de la potencia activa y reactiva, para generar perfiles de carga mediante software Periodo de demanda programable de 1 a 60 minutos [28].



Figura 11. SENTRON PAC3220 Siemens.

Fuente: [29].

El elemento capta más de 50 magnitudes (potencia, frecuencia, fp, desbalance de tensión, distorsión armónica, etc.) medidas a partir de las básicas con valores máximos y mínimos, así como los datos medios para voltajes simples, compuestas y corrientes [28].

El instrumento está diseñado para medición directamente a la red de baja tensión o a través de un transformador, cuyo voltaje nominal sea hasta 400 V (máx. 347 V para UL) [28].

El dispositivo dispone de dos interfaces Ethernet equivalentes con switch integrado. De esta forma es posible conectar más estaciones Ethernet a la red [28].

Además, admite dos módulos de ampliación. Uno de ellos puede ser por ejemplo el Switched Ethernet Profinet, Profibus DP o RS485 [28].

3.4.1.1. Tipo de conexión

Existen 5 tipos de conexiones previstas para redes de dos, tres o cuatro conductores con carga balanceada (simétrica) o desbalanceada (asimétrica) [28].

Tabla 2. Tipos de conexiones del SENTRON PAC3200

Abreviatura	Tipo de conexión
3P4W	3 fases, 4 conductores, carga desbalanceada
3P3W	3 fases, 3 conductores, carga desbalanceada
3P4WB	3 fases, 4 conductores, carga balanceada
3P3WB	3 fases, 3 conductores, carga balanceada
1P2W	Corriente alterna monofásica

Fuente: [28].

3.5. TIA Portal V15 (Totally Integrated Automation Portal)

TIA Portal es un sistema de ingeniería de Siemens que permite configurar de manera eficiente e intuitiva todos los procesos de planificación y producción; además ofrece un entorno unificado para todas las tareas de control, visualización como accionamiento [30], [31].

TIA Portal incorpora y unifica las nuevas versiones software SIMATIC Step 7, WinCC y Startdrive que permite la programación, parametrización y diagnóstico de los controladores SIMATIC de Siemens, sus pantallas de visualización como accionamientos en una única herramienta [30].

Las principales ventajas que aporta TIA Portal son:

- Gestión conjunta de los datos [30].
- Manejo integrado y unitario de los programas, datos de configuración como visualización de un proyecto [30].
- Cómoda carga de datos en los distintos dispositivos [30].
- Asistencia gráfica en la configuración y diagnóstico [30].



Figura 12. TIA Portal V15.1.

Fuente: [31].

3.5.1. WinCC

La herramienta HMI de Siemens WinCC es utilizada para la configuración hardware de los diferentes elementos de visualización (pantalla, consolas, etc.), así como para la programación de los distintos elementos de control y visualización de la aplicación, lo que denominamos RunTime; que permite al operador manejar el sistema de control o maquina en cuestión [30].

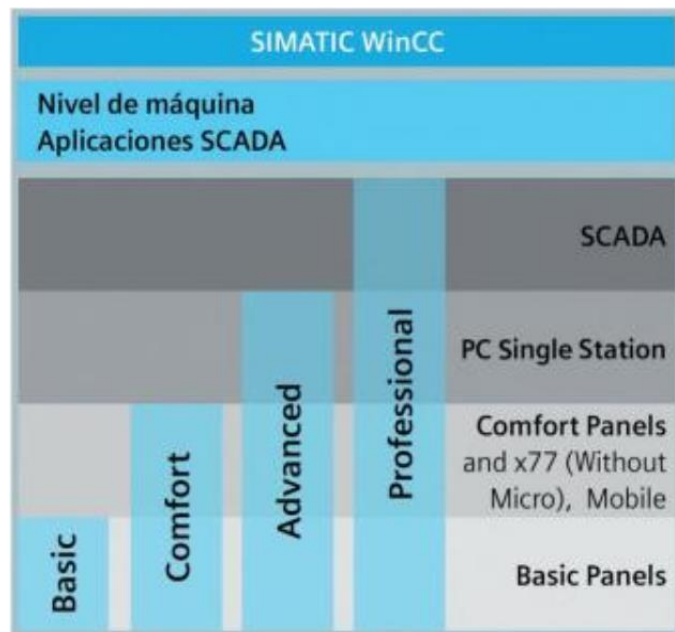


Figura 13. Licencias WinCC para TIA Portal.

Fuente: [30].

3.6. Internet de las Cosas (IoT)

IoT o también denominado Internet de los Objetos (IO) hace referencia a una tecnología basada en la conexión de objetos cotidianos vía sistemas embebidos, redes de comunicación, mecanismos de computación de respaldo y aplicaciones típicamente en la nube que intercambian, agregan, procesan, capturan, almacenan, recuperan datos e interactúan con usuarios humanos, así como con otros sistemas, lo cual crea ambientes cada vez más conectados e inteligentes [32], [33].



Figura 14. Internet de las Cosas (IoT).

Fuente: [34].

El Internet Industrial de las Cosas se encuentra en las industrias manufactureras, refiriéndose al subconjunto industrial de IoT, el cual permite la creación de nuevos modelos de negocio por mejorar la productividad, explotar los análisis para la innovación y transformar la fuerza laboral [35].

3.6.1. Características

- a) *Comunicación y cooperación:* los objetos tienen la capacidad de estar conectados en red con otros. Las tecnologías inalámbricas como 3G, 4G, 5G, wi-fi, wimax, bluetooth, zigbee, etc., son algunos estándares de red utilizados [32].
- b) *Identificación:* los objetos son identificables de forma única. RFID (Radio Frequency Identification), NFC (Near Field Communication) y los códigos en barras son algunos ejemplos de tecnologías que permiten realizar esta característica [32].
- c) *Direccionamiento:* los objetos pueden ser ubicados y dirigidos a través de servicios de investigaciones, búsqueda o nombres de dominio (como ONS, EPC Discovery Services o DNS) y, por tanto, remotamente interrogados o configurados [32].
- d) *Detección:* los objetos recopilan información sobre su entorno con sensores, graban, reenvían datos o reaccionan directamente [32].
- e) *Actuación:* Los objetos contienen actuadores para manipular físicamente su entorno, como el control remoto de procesos reales a través de Internet [32].
- f) *Procesamiento de información integrado:* Los objetos cuentan con un procesador o microprocesador y almacenamiento [32].
- g) *Localización y rastreo:* los objetos pueden ser geográficamente ubicados mediante tecnologías como el GPS (Global Positioning System) [32].
- h) *Interfaces de usuarios:* Los objetos inteligentes pueden comunicarse con los usuarios de manera adecuada (directa o a distancia) [32].

3.6.2. Ubidots

Ubidots es una plataforma de IoT que habilita la recopilación, análisis y visualización de información. Además, permite enviar datos de sensores a la nube, configurar tableros, alertas, conectarse con otras plataformas, usar herramientas de analítica e incluso arrojar mapas de datos en tiempo real [36], [37].

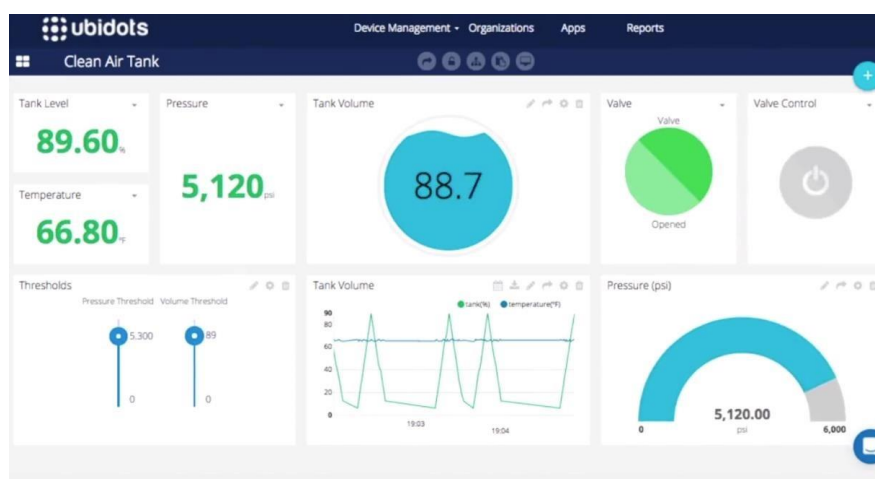


Figura 15. Ubidots.

Fuente: [37].

3.6.2.1. Características

- *Uso fácil:* cuenta con una arquitectura central orientada a la eficiencia de los datos y una UX (experiencia de usuario) atractiva, donde los usuarios pueden conectarse, construir e implementar aplicaciones de IoT en la nube con facilidad [37].
- *Apoyo:* Ubidots se enfoca en aportes clave para entregar las herramientas adecuadas y de manera oportuna [37].
- *Justicia:* dispone de soporte que brindan al cliente un aliado desde el prototipo hasta la producción. Cuando se cuestiona la funcionalidad, los desarrollos solicitados permiten obtener soluciones beneficiosas [37].

3.6.3. Siemens SIMATIC IoT2040

SIMATIC IoT2040 (figura 16) es una plataforma confiable abierta para el almacenamiento, procesamiento y transferencia de datos en los entornos industriales. Constituye la pasarela idónea entre La Nube, los sistemas IT y de producción [38].

Como interface, puede ser usado en la transferencia de información bidireccional y para el análisis de datos desde La Nube a los sistemas de control de la producción (véase figura 17) [38].



Figura 16. Siemens SIMATIC IoT2040.

Fuente: [38].

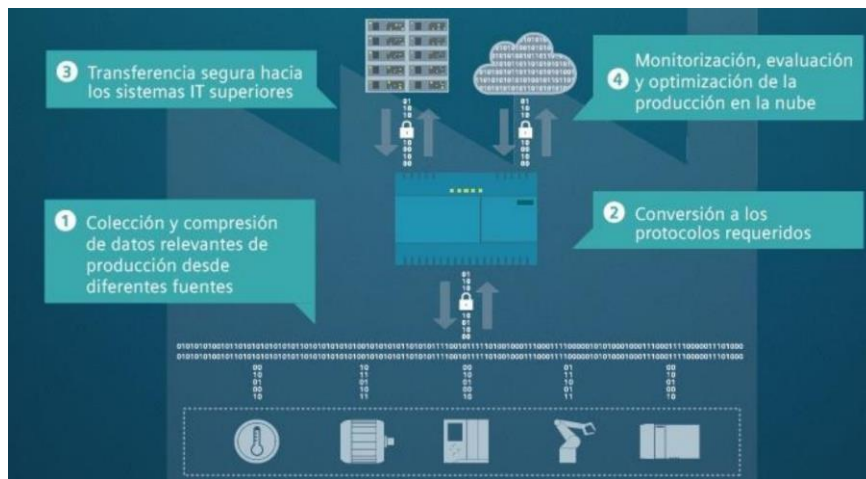


Figura 17. Transferencia de datos a la nube mediante Siemens SIMATIC IoT2040.

Fuente: [38].

3.6.3.1. Características

- Procesador de ahorro energético Intel Quark e interfaces integradas: Intel Quark x1020 (+Secure Boot), 1 GB RAM, 2 x Ethernet, 2 x RS232/485, battery-backed RTC [38].
- Soporta lenguajes Yocto Linux [38].
- Ampliable con módulos Arduino y tarjetas miniPCIe [38].
- Programable desde varios lenguajes de alto nivel [38].
- Diseño compacto. Montaje sobre carril DIN [38].

3.7. Node-RED

Es una herramienta de programación para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea. Proporciona un editor basado en navegador que facilita la conexión de flujos entre sí mediante el uso de la amplia gama de nodos de la paleta las cuales pueden implementarse en su tiempo de ejecución [39].

Las funciones de JavaScript se pueden crear dentro del editor con el uso de un editor de texto enriquecido. Una biblioteca incorporada permite guardar funciones, plantillas o flujos útiles para su reutilización [39].

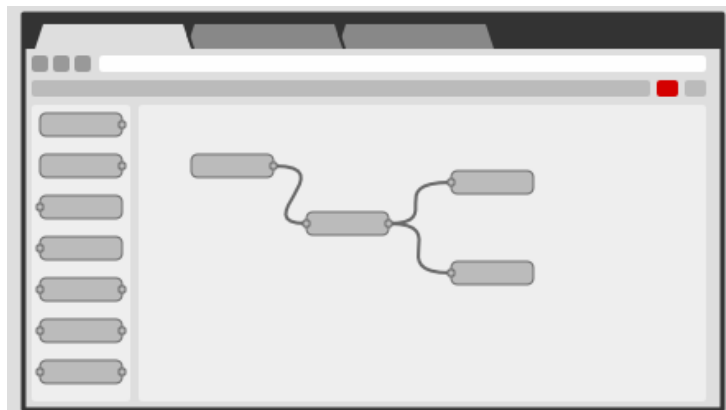


Figura 18. Interfaz del Node-RED.

Fuente: [39].

Node-RED se basa en Node.js, lo cual permite aprovechar al máximo su modelo sin bloqueo impulsado por eventos. Esto lo hace ideal para ejecutarse en el borde de la red en hardware de bajo costo como Raspberry Pi, así como en la nube [39].

3.8. Transformadores de Instrumentos

Son transformadores usados en instalaciones en las que se trabaja con valores de voltaje y corriente elevados, donde es necesario realizar medidas exactas. Estos pueden ser de dos tipos [40]:

- *Potencial:* son aquellos que manejan una señal de voltaje, están diseñados para conectar a su devanado secundario un instrumento de medida voltimétrico y separarlo galvánicamente del circuito principal [40].
- *Corriente:* Permiten adaptar los niveles de corriente a valores medibles y seguros. Disponen de un devanado primario que se conecta en serie con la carga. Este puede tener forma de bobina, barra o ser el propio cable por el que circula la corriente a medir [39].

En ambos casos, se debe tener en cuenta la relación de transformación para elegir adecuadamente el instrumento de medida. Algunas relaciones de transformación normalizadas son 75/5, 100/5, 200/5, 600/5, 800/5, 1000/5, 5000/5, etc. [40].

3.8.1. Transformador de corriente de núcleo partido para medida

Transformadores de núcleo abierto que permiten la medida de corriente sin necesidad de cortar el suministro. Es decir, no es necesario desmontar la instalación para colocarlos [41].



Figura 19. Transformadores de corriente para medida de núcleo partido, serie DP DIXSEN.

Fuente: [42].

3.9. Características de las Cargas

3.9.1. Demanda

Cantidad de potencia que un consumidor utiliza en un intervalo determinado. La demanda se puede expresar en kVA, kW, kVAR [43].

3.9.2. Curva de demanda o carga

Representan la variación del comportamiento de la carga en un determinado periodo, puede ser diario, semanal, mensual o anual [43].



Figura 20. Curva de demanda diaria.

Fuente: [44].

3.9.3. Demanda máxima (D_M)

Corresponde a la carga mayor presentada en un sistema durante un período de trabajo previamente establecido. Esta demanda presenta una caída de tensión significativa [43].

3.9.4. Demanda promedio (D_p)

Es la relación entre el consumo de energía del usuario en un intervalo dado y el mismo intervalo [43].

$$D_p = \frac{\text{Energía consumida en el tiempo(kWh)}}{\text{tiempo(h)}} \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

3.9.5. Demanda diversificada

Demanda de un grupo compuesto, como un conjunto de cargas no necesariamente relacionadas sobre un período especificado de tiempo [43].

3.9.6. Factor de carga (F_c)

Definida como la razón entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la carga máxima observada en el mismo intervalo de tiempo [43].

$$F_c = \frac{D_p \text{ (kW)}}{D_M \text{ (kW)}} \quad 0 < F_c < 1 \quad (2)$$

3.9.7. Factor de simultaneidad (F_{sim})

Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas máximas de consumidores individuales que conforman el grupo, ambos tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo [43].

$$F_{sim} = \frac{\square \text{Demanda máxima coincidente(kW)}}{\text{suma de demandas máximas individuales(kW)}} = \frac{\square 1}{\text{Factor de diversidad}} \quad (3)$$

3.9.8. Factor de potencia (fp)

Relación entre la potencia activa (W, kW o MW) y la potencia aparente (VA, kVA, MVA), determinada en el sistema o en uno de sus componentes [43].

$$fp = \cos(\theta) = \frac{\text{Potencia activa(kW)}}{\text{Potencia aparente(kVA)}} \quad (4)$$

3.9.9. Factor de demanda (F_D)

Razón entre la demanda máxima y la carga total instalada. El factor de demanda es menor que 1 [43].

$$F_D = \frac{\square \text{Carga máxima(kW)}}{\text{Capacidad instalada(kW)}} = \frac{D_M}{C_1} \leq 1 \quad (5)$$

3.9.10. Desbalance de voltaje

De acuerdo a la regulación 005/18 la calidad de nivel de voltaje en un punto del sistema de distribución se determina con la siguiente ecuación [45].

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_n}{V_n} \times 100 \quad [\%] \quad (6)$$

Donde:

ΔV_k : Variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k .

V_k : Voltaje de suministro en el punto k , determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

V_n : Voltaje nominal en el punto k .

3.9.11. Desbalance de corriente

El desbalance de corriente del sistema de distribución se determina con la ecuación 7 [46].

$$\Delta I = \frac{I_{\text{máx}} - I_p}{I_p} \times 100 \quad [\%] \quad (7)$$

Donde:

ΔI : Variación de la corriente.

$I_{\text{máx}}$: Corriente máxima de las tres fases A, B, C.

I_p : Intensidad promedio de las tres fases.

3.9.12. Caída de voltaje

La circulación de corriente a través de los conductores, produce pérdidas de potencia transportada por el cable, y una caída de voltaje entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización [46].

$$\Delta V = \frac{2 \left(\sqrt{\beta} \right) (l)(I)}{(V)(S)\gamma} \quad (8)$$

Donde:

ΔV : Caída de voltaje (V).

I : Corriente del tramo (A).

S : Sección del conductor (mm^2).

V : Voltaje de la línea (V).

γ : Conductividad del conductor ($\text{s}\cdot\text{m}/\text{mm}^2$).

l : Longitud de la línea (m).

4. METODOLOGÍA

4.1. Modalidad de investigación

La presente propuesta tecnológica consistió en el desarrollo de un sistema de control y monitoreo, que permitió efectuar el análisis en tiempo real del consumo de electricidad en el BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante el uso de la investigación cuantitativa, con métodos, técnicas e instrumentos afines al proyecto.

4.2. Tipo de investigación

4.2.1. Investigación bibliográfica

Esta investigación fue empleada en la recolección de información documental referida a los sistemas de monitoreo, control, tecnologías para el análisis del consumo energético y protocolos de comunicación, en base a obras colectivas, artículos científicos, así como, contenidos web de calidad, que permitieron tener una noción concisa de la temática a considerar en la implementación de la propuesta.

4.2.2. Investigación descriptiva

Con el propósito de llevar a cabo la caracterización de los equipos utilizados en la implementación del sistema de monitoreo y diagramas de conexión del circuito, se empleó la investigación con un enfoque descriptivo.

4.2.3. Investigación de campo

La investigación de campo se utilizó con la finalidad de recopilar los resultados obtenidos del sistema de monitoreo en tiempo real, lo que permitió evaluar el correcto funcionamiento de la propuesta tecnológica.

4.3. Métodos de investigación

4.3.1. Método inductivo

Mediante la utilización de este método fue posible enlistar adecuadamente las lecturas referentes a los parámetros eléctricos: voltaje, corriente, potencia activa, reactiva, aparente y frecuencia, obtenidas del analizador de red Sentron PAC3220.

4.3.2. Método deductivo

En la propuesta tecnológica se empleó este método para determinar el consumo de electricidad en la planta baja y los tres pisos altos, además, de identificar la instalación con mayor demanda eléctrica.

4.3.3. Método analítico

Por medio del método se llevó a cabo el análisis comparativo del consumo de energía eléctrica en el BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con la ayuda de los datos enlistados en el apartado 4.3.1.

4.3.4. Método descriptivo

Para realizar la presentación de manera sistemática se utilizó este método, en la cual constó la verificación del adecuado funcionamiento con respecto al sistema de monitoreo, mediciones de los parámetros eléctricos, análisis comparativo referente al consumo energético de cada piso del BLOQUE B, visualización en tiempo real de las variables, simulación del diseño de control y el presupuesto.

4.4. Técnicas e instrumentos de investigación

4.4.1. Observación

La observación como técnica fue empleada para identificar la asignación de los circuitos en el tablero de distribución principal del BLOQUE B, lo cual, facilitó el montaje de los equipos que componen el sistema de monitoreo. Adicionalmente, el usuario podrá observar las variables eléctricas en tiempo real con la ayuda de la interfaz HMI.

4.4.2. Medición

Se empleó en el proyecto con la finalidad de adquirir las mediciones de voltaje, corriente eléctrica, potencia activa, reactiva, aparente y frecuencia, mediante la utilización del SENTRON PAC3220 como instrumento de investigación. A través de estos datos se obtuvieron lecturas confiables que posibilitaron conocer el consumo energético por piso.

4.4.3. Simulación

Como alternativa para el diseño del control de cargas del BLOQUE B se emplea la técnica denominada simulación, la cual, consiste en diagramas esquemáticos realizados mediante el software Tía – Portal v.15, que describen el control manual y automático del tablero de distribución principal.

4.5. Operacionalización de variables

Tabla 3. Variable independiente: sistema de control y monitoreo en tiempo real.

Concepto	Indicadores	Unidades	Técnicas e instrumentos
Son sistemas conformados por equipos que permiten al usuario llevar un control en tiempo real del consumo energético de una instalación eléctrica.	Voltaje	V	SENTRON PAC3220
	Corriente	A	
	Potencia activa	W	
	Potencia reactiva	VAr	
	Potencia aparente	VA	
	Frecuencia	Hz	

Fuente: Autores.

Tabla 4. Variable dependiente: consumo eléctrico.

Concepto	Indicadores	Unidades	Técnicas e instrumentos
Es la cantidad de potencia eléctrica que se ocupa en un periodo de tiempo.	Energía	Wh	SENTRON PAC3220
	Presupuesto	\$	Excel

Fuente: Autores.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El Ecuador y el mundo entero se encuentra paralizado porque se encuentra atravesando una difícil situación que ha atentado a varias personas de mundo forzándonos a quedarnos en casa y a realizar nuestras actividades con la herramienta del teletrabajo, es por esto que nuestra implementación se basa en la investigación, con el fin de identificar el consumo de energía eléctrica por pisos del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Ahora lo demostraremos el funcionamiento del sistema de monitoreo en tiempo real tomando el consumo de energía eléctrica de nuestro hogar y analizando los parámetros eléctricos que se encuentren dentro de los límites establecidos por la regulación CONELEC 005/18.

5.1. Suministro de Energía Eléctrica a la Universidad Técnica de Cotopaxi

La empresa eléctrica Cotopaxi S.A. suministra el servicio de energía eléctrica a la UTC, está dedicada a la educación y formación de profesionales el cual debe contar con el suministro de energía eléctrica constante. El plantel académico cuenta con varios alimentadores, el cual el objeto de estudio se ha enfocado en el alimentador que se conecta a la cámara de transformación N1.

5.2. Descripción del Sistema Eléctrico en el BLOQUE B

El circuito que alimenta al tablero de distribución principal del BLOQUE B, parte desde la cámara de transformación N1, desde los bornes del transformador salen tres fases de bajo voltaje de 110 cada una al tablero de distribución principal, con un conductor 4/0XLPE con una longitud de 50m, y una acometida subterránea entre extremos.

5.2.1. Descripción del tablero principal del BLOQUE B

Los materiales ubicados en el tablero principal del BLOQUE B se pueden visualizar en la siguiente figura 21.



Figura 21. Tablero de distribución principal BLOQUE B.

Fuente: Autores.

Tabla 5. Materiales que está compuesto el tablero principal del BLOQUE B.

Material	Descripción
Breaker principal (termomagnético)	350 A.
Breaker secundario (termomagnético)	125 A.
Dos conductores por cada fase	# 4/0 AWG TTU
1 conductor de neutro	# 4/0 AWG desnudo
1 conductor de tierra	# 2/0 AWG

Fuente: Autores.

5.3. Estudio de la Demanda del BLOQUE B

Con los planos eléctricos del tablero principal de la Universidad Técnica de Cotopaxi (ANEXO 1), mediante el cual se pudo realizar un estudio de la carga instalada en el edificio, el cual nos facilitó para realizar el diagrama unifilar del tablero principal.

En la tabla 6 se observar la energía total consumida en kWh del BLOQUE B, basada en cálculos con el propósito de determinar el consumo energético y con el fin de verificar si los elementos que componen el tablero principal están correctamente implementados.

Tabla 6. Energía total consumida en kWh.

ENERGIA T. CONSUMIDA (kWh)	
Planta Baja BLOQUE B (Aso. Profesores)	4852,80
Planta Baja BLOQUE B (Sala De Computo 4-5)	7225,20
Planta Baja BLOQUE B (Sala De Computo 1-2)	6865,71
Planta Baja BLOQUE B (Sala De Computo 3 Y Aso. Empleados.)	5250,99
Primer Piso BLOQUE B	11135,70
Segundo Piso BLOQUE B	13074,54
Tercer Piso BLOQUE B	16762,35
Ascensor	45900,00
TOTAL	111067,29

Fuente: Autores.

En la tabla 6 se constató que el breaker principal de 350A, está correctamente dimensionado, para la energía consumida. Cabe recalcar que se realizó un estudio de todos los subtableros que alimentan al edificio (Anexo 2).

Utilizando la ecuación 9, se verifico la corriente total del breaker principal del tablero de distribución.

$$I_T = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} \quad (9)$$

$$I_T = \frac{111067,29}{\sqrt{3} * 220 * 0,9}$$

$$I_T = 329,5A$$

En figura 22 y 23 se puede observar los diagramas unifilares de cómo está distribuida la carga en el BLOQUE B, con sus respectivas protecciones en cada uno de los subtableros.

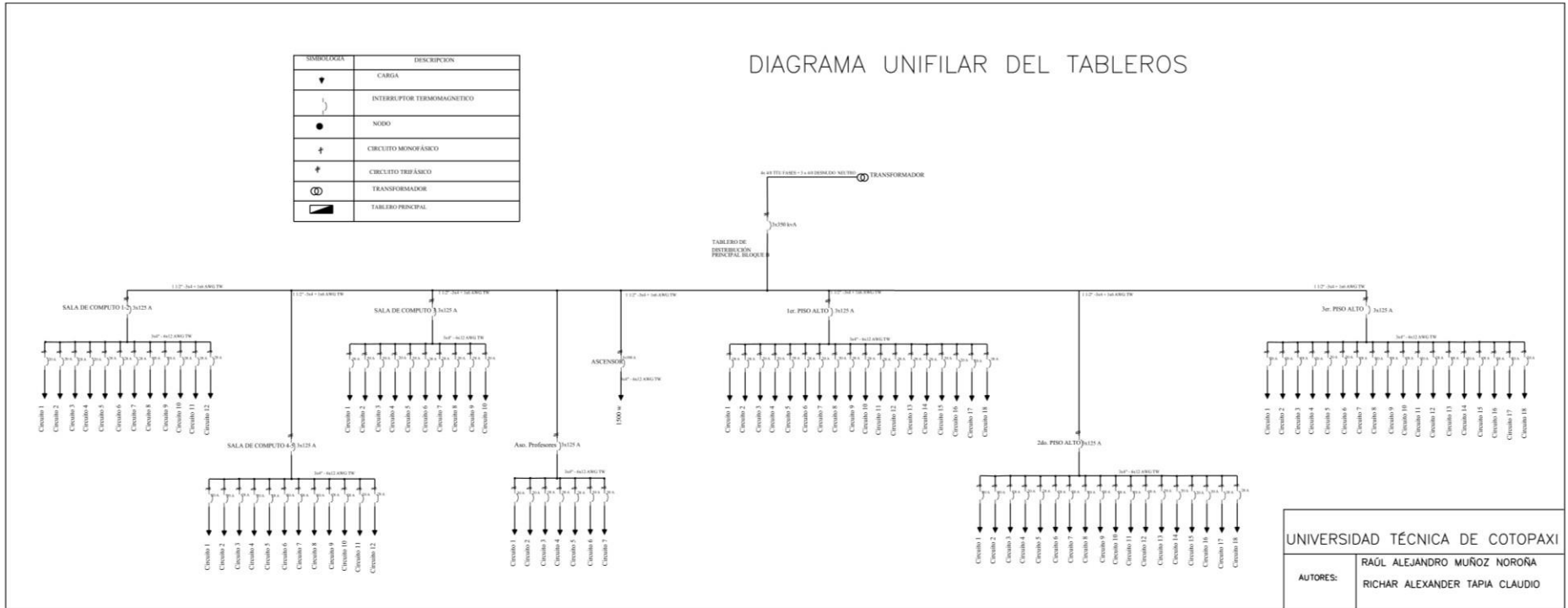


Figura 22. Diagrama unifilar del BLOQUE B.

Fuente: Autores.

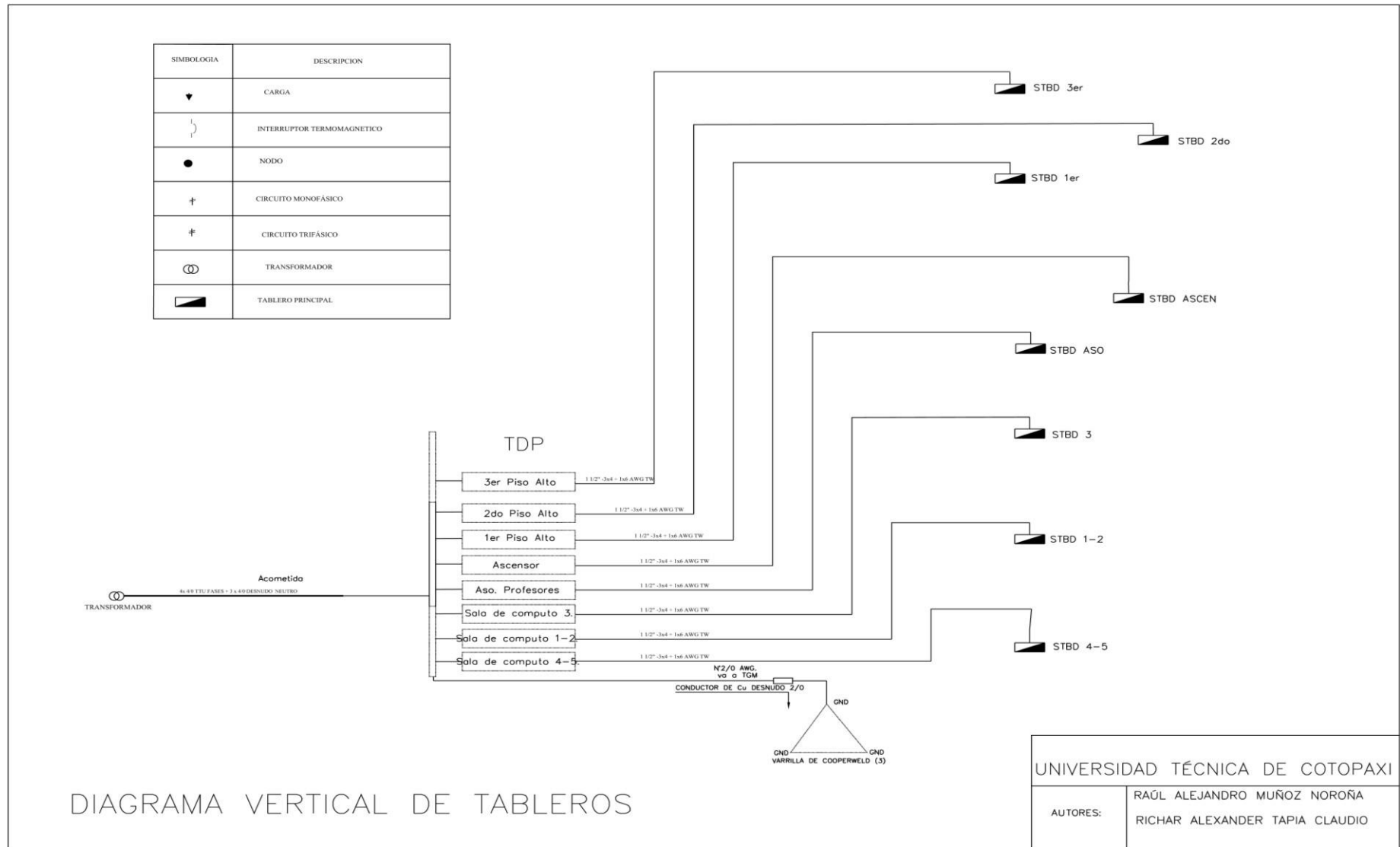


Figura 23. Diagrama unifilar vertical del tablero principal del BLOQUE B.

Fuente: Autores.

5.4. Análisis Comparativo del Consumo Energético de cada Piso del BLOQUE B

Para el análisis comparativo del consumo de energía eléctrica por pisos del BLOQUE B se basó en los breaker que conforman el tablero distribución principal, a continuación, se detalla los elementos de protección por cada uno de los pisos.

Tabla 7. Número de Breaker del tablero principal del BLOQUE B.

N°	BREAKER	
1	Ascensor	PLANTA BAJA
2	Aso. Profesores	
3	Sala de computo 4-5	
4	Sala de computo 1-2	
5	Sala de computo 3	
6	1er piso	
7	2do piso	
8	3er piso	

Fuente: Autores.

En la tabla 7 Se especifica que el tablero principal está conformado por ocho breakers termomagnéticos el cual controlan 5 circuitos para la planta baja, y un breaker termomagnético para cada piso siguiente.

5.5. Análisis de la Demanda de la Universidad Técnica de Cotopaxi del BLOQUE B

Para el análisis de la demanda del BLOQUE B, basado en datos históricos por lo tanto permitirá identificar los parámetros eléctricos de manera que deben estar dentro los límites determinados por la regulación ARCONEL 005/18.

Tabla 8. Datos de la curva de demanda diaria del BLOQUE B.

HORA	A[W]	B[W]	C[W]	T[W]
0:00:00	2,91	1,214	1,222	5,346
1:00:00	2,254	1,228	1,226	4,708
2:00:00	2,167	1,218	1,218	4,603
3:00:00	2,17	1,332	1,342	4,844
4:00:00	2,254	1,304	1,306	4,864
5:00:00	2,251	1,308	1,308	4,867
6:00:00	2,818	1,366	2,193	6,377
7:00:00	5,815	4,634	4,506	14,955
8:00:00	11,534	7,078	7,613	26,225
9:00:00	11,794	9,034	8,147	28,975
10:00:00	12,034	8,865	8,865	29,764
11:00:00	12,018	7,051	9,904	28,973
12:00:00	10,486	8,954	7,109	26,549

HORA	A[W]	B[W]	C[W]	T[W]
13:00:00	10,992	7,661	7,374	26,027
14:00:00	12,984	9,614	9,028	31,626
15:00:00	12,807	10,352	10,36	33,519
16:00:00	13,264	9,45	9,771	32,485
17:00:00	15,331	8,913	10,587	34,831
18:00:00	15,069	13,085	13,964	42,118
19:00:00	13,531	13,644	13,712	40,887
20:00:00	12,435	11,684	11,539	35,658
21:00:00	11,275	9,778	9,527	30,58
22:00:00	3,444	5,962	5,977	15,383
23:00:00	2,048	1,762	1,674	5,484

Fuente: [46].

Se observa los datos de consumo de energía eléctrica para la curva de la demanda diaria del BLOQUE B como se indica en la figura 24 el cual se concluye que desde las 00:00:00 hasta las 6:00:00 am se puede ver la demanda mínima de manera que no existen actividades dentro del edificio con un valor de 4.600W. El aumento de la demanda empieza al iniciar las actividades a partir de las 6:00:00 am, durante un periodo de tiempo de 13 horas de consumo al culminar las actividades en la institución se puede visualizar que la demanda máxima se muestra a la 18:00:00 con un valor de 42.118W por la jornada nocturna mientras que la demanda promedio en el día es 21,652W.

En la figura 24 se puede considerar la curva del consumo diaria del BLOQUE B.

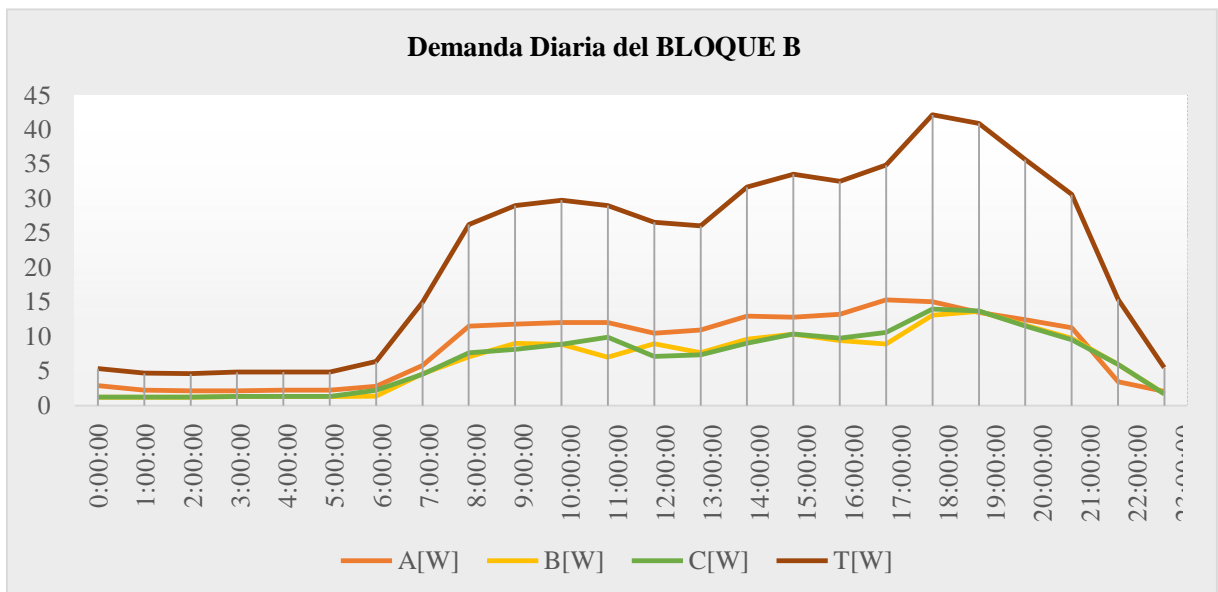


Figura 24. Curva de la demanda diaria de un día.

Fuente: [46].

5.6. Factor de Carga

De acuerdo a la ecuación 2 se puede verificar que la demanda diaria no presenta grandes fluctuaciones en la carga.

$$F_c = \frac{D_p}{D_M}$$

$$F_c = \frac{21,652}{42,118}$$

$$F_c = 0,514$$

5.7. Desbalance de Voltaje del Tablero Principal del BLOQUE B.

Tabla 9. Desbalance de voltaje en el BLOQUE B.

Estado	Hora	A[V]	B[V]	C[V]	Desbalance [%]
Demanda Mínima	0:00:00	126	126	124	0,53%
	1:00:00	124	124	124	0,00%
	2:00:00	124	125	124	0,54%
	3:00:00	124	124	124	0,00%
	4:00:00	124	124	124	0,00%
	5:00:00	122	123	122	0,54%
	6:00:00	123	123	123	0,00%
Incremento de la demanda	7:00:00	122	122	122	0,00%
	8:00:00	120	121	121	0,28%
	9:00:00	120	121	121	0,28%
Demanda Media	10:00:00	120	120	119	0,28%
	11:00:00	119	122	121	1,10%
	12:00:00	121	121	123	1,10%
	13:00:00	122	123	123	0,27%
	14:00:00	121	122	122	0,27%
Demanda Máxima	15:00:00	121	122	121	0,55%
	16:00:00	120	121	121	0,28%
	17:00:00	122	123	122	0,54%
	18:00:00	121	121	121	0,00%
	19:00:00	121	122	122	0,27%
	20:00:00	122	123	122	0,27%
Decremento de la demanda	21:00:00	124	124	123	0,27%
	22:00:00	125	124	124	0,54%
	23:00:00	125	125	125	0,00%

Fuente: [46].

En la figura 25 se puede considerar la curva del desbalance del voltaje.

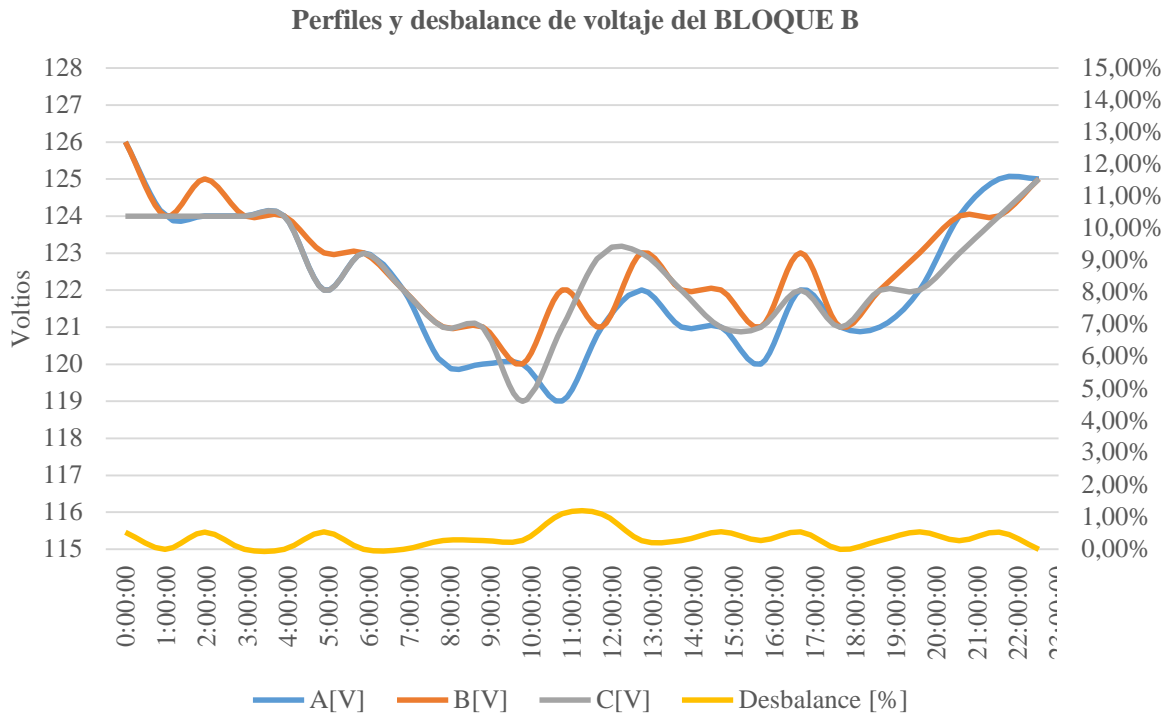


Figura 25. Curva del desbalance del voltaje.

Fuente: [46].

Se proporciona los datos de voltaje de cada fase del BLOQUE B se concluye que el voltaje tiene una variación de 119V y 126V durante el transcurso del día.

El desbalance de voltaje expresado por la ecuación 6 en porcentaje demuestra un valor máximo de 1,1% el cual se presenta a las 11:00:00 am hasta las 12:00:00 pm.

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_n}{V_n} \times 100 \quad [\%]$$

$$\Delta V_k = \frac{121 + 121 + 121}{3}$$

$$\Delta V_k = 120,66$$

$$\Delta V_k = \frac{122 - 120,66}{120,66} \times 100\%$$

$$\Delta V_k = 1,1\%$$

5.8. Desbalance de Corriente del Tablero Principal del BLOQUE B.

Tabla 10. Desbalance de corriente en el BLOQUE B.

Estado	Hora	A (A)	B (A)	C (A)	T (A)	Desbalance [%]
Demanda Mínima	0:00:00	20	11	11	42	42,86%
	1:00:00	20	11	11	42	42,86%
	2:00:00	20	11	11	42	42,86%
	3:00:00	20	12	12	44	36,36%
	4:00:00	20	12	12	44	36,36%
	5:00:00	20	12	12	44	36,36%
	6:00:00	22	16	20	58	13,79%
Incremento de la demanda	7:00:00	51	40	39	130	17,69%
	8:00:00	91	61	55	217	25,81%
	9:00:00	101	79	72	252	20,24%
Demanda Media	10:00:00	101	76	76	253	19,76%
	11:00:00	103	60	62	225	37,33%
	12:00:00	91	56	70	217	25,81%
	13:00:00	99	60	63	222	33,78%
	14:00:00	108	75	77	260	24,62%
Demanda Máxima	15:00:00	110	88	88	286	15,38%
	16:00:00	112	81	82	275	22,18%
	17:00:00	94	75	90	259	8,88%
	18:00:00	131	115	118	364	7,97%
	19:00:00	118	119	123	360	2,50%
	20:00:00	112	106	102	320	5,00%
Decremento de la demanda	21:00:00	102	90	86	278	10,07%
	22:00:00	43	66	64	173	14,45%
	23:00:00	19	15	15	49	16,33%

Fuente: [46].

En la figura 26 se puede considerar la curva del desbalance del corriente.

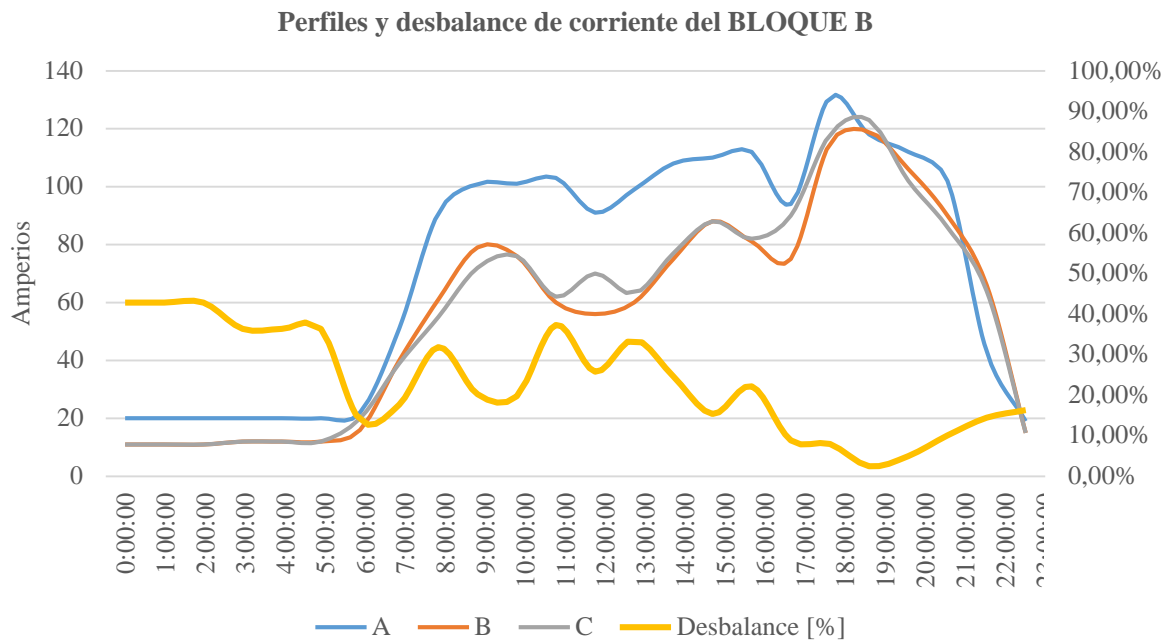


Figura 26. Curva del desbalance de la corriente.

Fuente: [46].

Los datos que proporciona la corriente de cada fase del BLOQUE B se concluye que desde las 00:00:00 se puede ver una corriente mínima de las 3 fases, el aumento de corriente empieza desde las 6:00:00 am al iniciar las actividades durante un periodo de tiempo de 13horas de consumo al culminar las actividades en la institución. Seguidamente la corriente total tiene una variación hasta los 60A durante el transcurso del día.

El desbalance de corriente expresado por la ecuación 7 en porcentaje demuestra un valor un máximo de 42,86% a las 0:00:00 am y un valor mínimo de 13,79 % a las 6:00:00.

$$\Delta I = \frac{I_{\text{máx}} - I_p}{I_p} \times 100 \quad [\%]$$

$$\Delta I = \frac{20 + 11 + 11}{3}$$

$$\Delta I = 14$$

$$\Delta I = \frac{20 - 14}{14} \times 100$$

$$\Delta I = 42,86\%$$

Tabla 11. Consumo de energía eléctrica de cada uno de los pisos.

ENERGIA T. CONSUMIDA [kWh] (PLANTA BAJA)	
Planta Baja BLOQUE B (Aso. Profesores)	7.682,40
Planta Baja BLOQUE B (Sala De Computo 4-5)	7.203,42
Planta Baja BLOQUE B (Sala De Computo 1-2)	5.653,98
Planta Baja BLOQUE B (Sala De Computo 3 Y Aso. Empleados.)	4.203,60
Ascensor	45.900,00
TOTAL	70.643,40

ENERGIA T. CONSUMIDA [kWh] (PRIMER PISO)	
Primer Piso BLOQUE B	11.135,70

ENERGIA T. CONSUMIDA [kWh] (SEGUNDO PISO)	
Segundo Piso BLOQUE B	13.074,54

ENERGIA T. CONSUMIDA [kWh] (TERCER PISO)	
Tercer Piso BLOQUE B	16.762,35

Fuente: Autores.

En la tabla 11 podemos observar la energía eléctrica total consumida por pisos en un día de actividades en la institución.

- La planta baja tiene un consumo de energía eléctrica total de 70646,4 kWh en un día normal de actividades.
- En el primer piso alto tiene un consumo de energía eléctrica total de 11135,7 kWh en un día normal de actividades.
- En el segundo piso alto tiene un consumo de energía eléctrica total de 13074,54 kWh en un día normal de actividades.
- En el tercer piso alto tiene un consumo de energía eléctrica total de 16762,35 kWh en un día normal de actividades.

Se puede concluir que, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, sección de la planta baja tiene un mayor consumo de energía eléctrica ya que tiene una carga instalada de los 5 laboratorios de cómputo y el ascensor que representan un mayor consumo. También el consumo que representa por los circuitos de iluminación y fuerza de toda la planta baja. Tomando en cuenta que las actividades de la institución inician a las 6:00:00 am donde el personal administrativo, estudiantes, docentes inician sus labores hasta terminar la jornada nocturna requiriendo de energía eléctrica constante.

5.9. Adquisición de los Componentes del Sistema de Monitoreo

La tabla 12 detalla los materiales adquiridos para el sistema de monitoreo en tiempo real.

Tabla 12. Materiales adquiridos.

CANTIDAD	DESCRIPCION
1	SETRON PAC 3220
3	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (400A)
1	SIMATIC Iot 2040

Fuente: Autores.

5.10. Selección de los TC's

Para la selección de los transformadores de corriente se tomó en cuenta el resultado de la corriente total obtenida por la ecuación 9. De igual forma se consideró las mediciones de corriente y voltaje, para la adquisición de los TC's mediante su utilización por catálogos. (ANEXO 3).

5.11. Construcción del sistema de control para el análisis de datos

5.11.1. Procedimiento para la construcción

Para el análisis de datos y monitoreo de magnitudes eléctricas en esta propuesta tecnológica se utilizó la investigación de campo, con el propósito de analizar los parámetros eléctricos mediante Node-RED, dentro de esto tenemos la red local como la red remota por medio de un protocolo de comunicación Modbus TCP/IP hacia la plataforma Ubidots donde se representa la corriente, potencia, voltaje, energía para la determinación del consumo y gestión energética en el BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Inicialmente se ubicará los materiales en el gabinete metálico, donde se procederá a instalar el tablero de control para poder analizar los datos de la Universidad.

Seguidamente se colocará los transformadores de corriente en cada una de las líneas visualizando los datos que nos da el tablero principal del BLOQUE B.

5.11.2. Diseño del tablero de control

El Dimensionamiento del tablero de control se va a realizar con las medidas estándares de los elementos a colocar en la parte frontal del gabinete para poder representar el monitoreo de datos.

5.11.3. Descripción de los equipos usados en el sistema de monitoreo de datos

El sistema de monitoreo de datos está incorporado por un medidor de energía SETRON PAC3220, transformadores de corriente y un SIMATIC IoT2040, por ende, se configura los protocolos de comunicación empleados en la plataforma como modbus TCP/IP, y protocolo

Node-RED, el cual centraliza todo el sistema SCADA incluyendo una interfaz que facilita WinCC en la pantalla HMI.

El IoT2040 será programado para generar un flujo de información del medidor de energía SENTRON PAC3220, permitiendo obtener datos reales del consumo de energía eléctrica previamente visualizar la confiabilidad de cada una de las variables que acceden en el tablero principal del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

5.11.4. Gabinete metálico

El gabinete metálico está diseñado para colocar todas las instalaciones del sistema de control, como el medidor SENTRON PAC3220, IoT2040, borneras, luz piloto, interruptor de arranque, terminales para la fuente de alimentación, el gabinete fue adquirido y comparado el valor económico en diferentes locales eléctricos.

En la figura 27 y 28 se puede distinguir todos los materiales en el tablero de control que se constituyen para las diferentes conexiones.

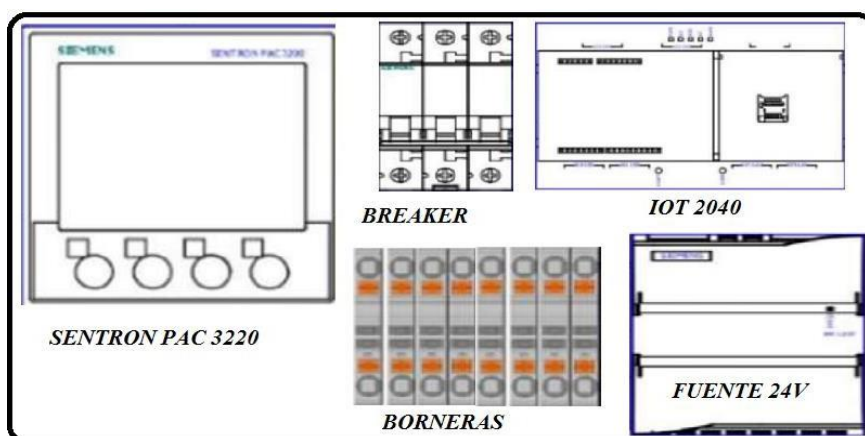


Figura 27. Diseño de ubicación de equipos en el tablero.

Fuente: Autores.

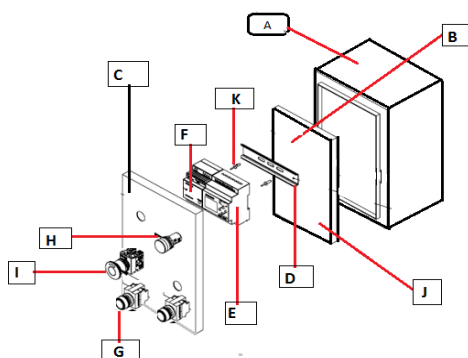


Figura 28. Partes del gabinete metálico.

Fuente: Autores.

La siguiente tabla 13 hace referencia a los materiales que constituyen en el tablero de control con su respectiva identificación numérica.

Tabla 13. Materiales que conforman el tablero de control.

Elemento	Denominación
A	Estructura del gabinete metálico
B	Placa doble fondo gabinete
C	Puerta gabinete metálico
D	Riel DIN
E	Módulo IOT 2040
F	Módulo de alimentación
G	Medidor de Energía SENTRON PAC
H	Luz Piloto
I	Paro de emergencia
J	Tornillos
K	Remaches

Fuente: Autores.

Finalmente se puede percibir la figura 29 el tablero de control concluido con todos los materiales del sistema de monitoreo.

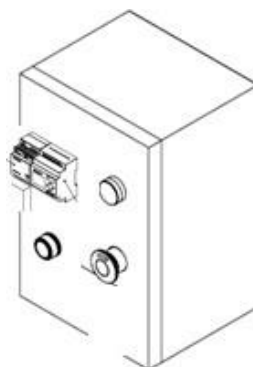


Figura 29. Gabinete de control.

Fuente: Autores.

5.12. Ubicación del medidor de energía SENTRON PAC3220 en el tablero principal

En la figura 30 y 31 se puede ver la ubicación y conexión del sistema de monitoreo en el tablero de distribución principal en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el BLOQUE B, de tal forma se visualiza los subtableros mediante los planos eléctricos de cada uno de los pisos, tomando en cuenta que la ubicación del tablero principal está en la planta baja donde será factible la instalación del sistema de control y monitoreo, permitiendo una facilidad a los estudiantes docentes y personal administrativo una visualización del funcionamiento del medidor de energía.

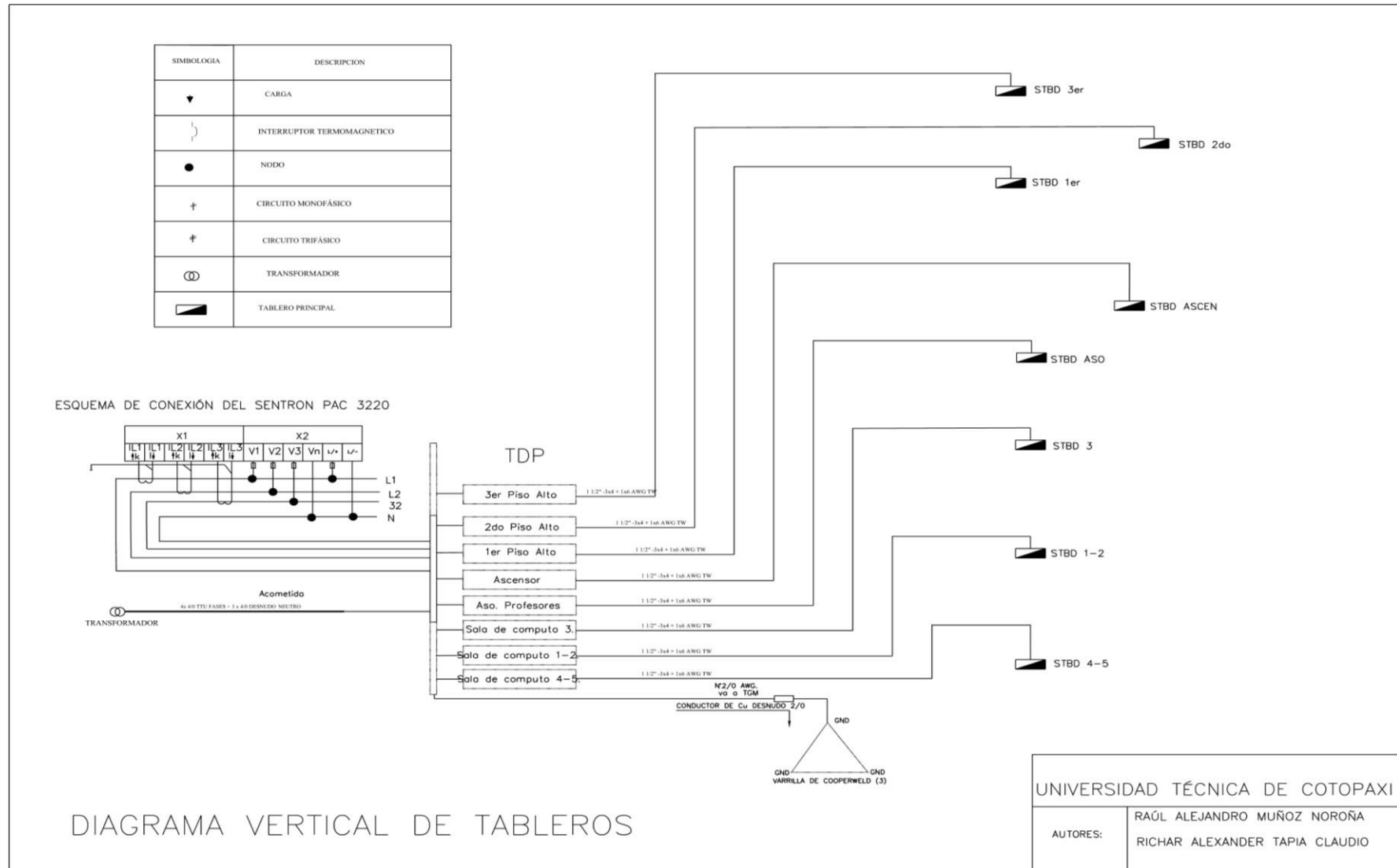


Figura 30. Ubicación y conexión del medidor de energía.

Fuente: Autores.

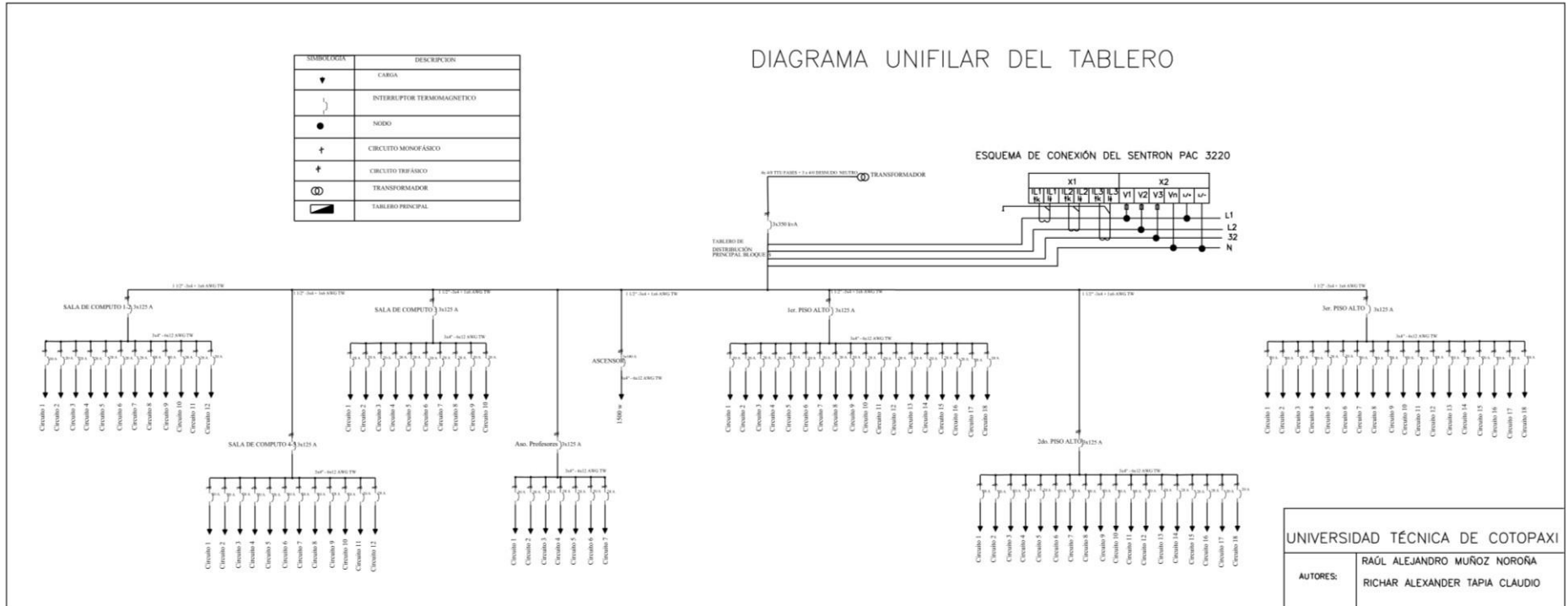


Figura 31. Ubicación y conexión del medidor de energía.

Fuente: Autores.

5.13. Requerimientos del sistema de control para el monitoreo de datos

5.13.1. Requerimientos generales

El sistema de monitoreo requiere de un medidor de energía que se especificará en el desarrollo, por consiguiente, desempeñará como un elemento esencial para analizar los datos.

Además, se instalará los TC's para la reducción de la corriente que ingresa al SENTRON PAC3220, estos se los ubicará en la salida del tablero principal del BLOQUE B, siendo esto un nivel de 400/5 amperios y posteriormente se empleará un puerto de comunicación IoT2040.

La información del consumo y gestión energética será visualizada en el programa Node-RED, en la plataforma Ubidots teniendo una comunicación de cada una de las variables, creando una interfaz HMI para la obtención de las gráficas en WINCC.

5.13.2. SIMATIC IoT2040

Es una plataforma confiable abierta para el almacenamiento y transferencia de datos en los entornos industriales, constituye la pasara idónea entre la nube, los interconectados de producción como interface puede ser utilizado en la trasferencia de información.



Figura 32. SIMATIC IoT2040.

Fuente: [38].

Con una implementación de un sistema de monitoreo remoto por medio del IoT se podrá monitorear y controlar constantemente el funcionamiento, con la obtención de datos en tiempo real en el BLOQUE B, se manejó un protocolo de comunicación como son Modbus TCP/IP, Node-RED, con sus diferentes configuraciones y programación lo cual podrá ser visualizado y analizando las magnitudes eléctricas en cualquier lugar con acceso a internet.

5.13.3. Medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220

El medidor de energía es un instrumento que permite la visualización de los parámetros de la red más relevantes monitoreo diagnóstico de variables eléctricas, como voltajes entre líneas, corrientes, potencia activa, reactiva, aparente, frecuencia, factor de potencia, distorsión armónica y valores de energías al sistema que se encuentra conectado en el tablero principal del BLOQUE B (Anexo 4).



Figura 33. Medidor de energía SENTRON PAC3220.

Fuente: [29].

5.13.4. Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente empleados para la información de la corriente de la línea del tablero principal del BLOQUE B, son utilizados para reducir a niveles óptimos y confiables para dispositivos de medida y control.

Los valores nominales de funcionamiento de los TC/s son de 5A y 1A, teniendo claro la relación de transformación de corriente primaria a secundaria de 400/5, utilizados en la salida del tablero principal.



Figura 34. Transformador de corriente 400/5 A.

Fuente: [42].

5.13.5. Diagrama de flujo

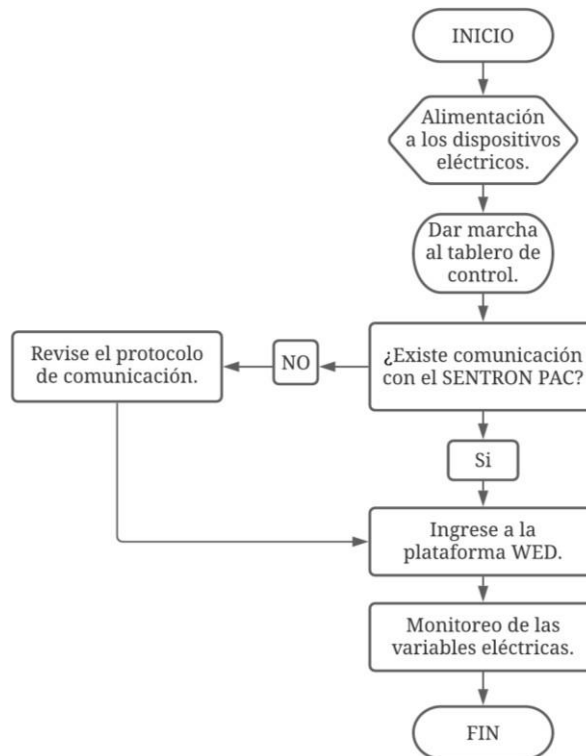


Figura 35. Diagrama de flujo.

Fuente: Autores.

5.14. Diseño del protocolo de comunicación del sistema de adquisición de datos

5.14.1. Configuración de la SIMATIC IOT2040

En la figura 36 se puede ver el esquema general de la propuesta tecnológica de tal manera se puede identificar la estructura de la red mediante la topología física y lógica, por tal motivo se visualiza las conexiones y comunicaciones ideales dentro del sistema de monitoreo.

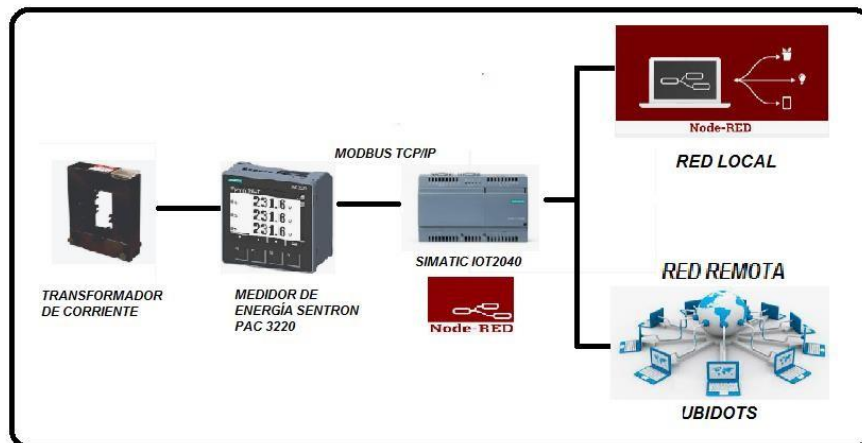


Figura 36. Esquema general de adquisición de datos.

Fuente: Autores.

5.14.2. Conector RJ-45

En la figura 37 se puede observar la conexión física empleadas para conectar los equipos de medición al Router que normalmente son 8 pines en los extremos de cables de par trenzado, la utilización frecuente es un uso en cables de red Ethernet para una transmisión de datos entre el equipo de cómputo y la red local, el dispositivo Putty también es usado para las comunicaciones a través de MODBUS para almacenar datos.

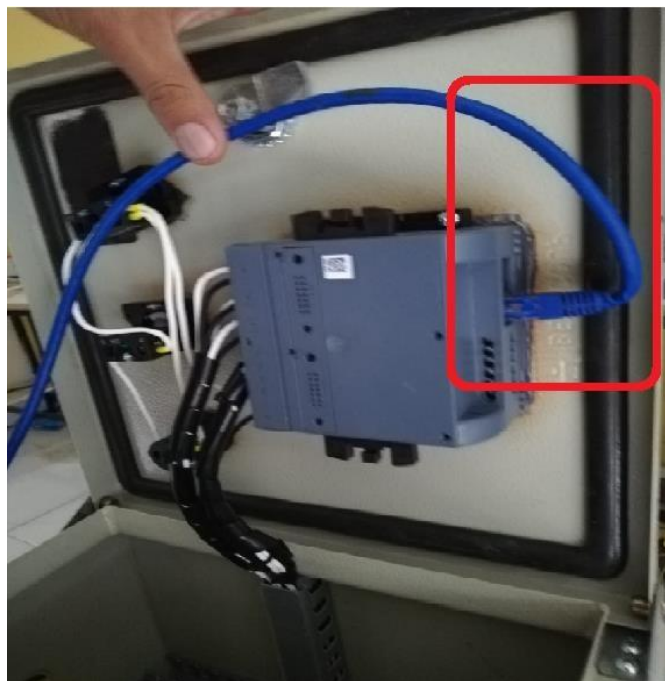


Figura 37. Conexión física del RJ45.

Fuente: Autores.

5.14.2.1. Ventajas y Desventajas del RJ-45

Ventajas

- Posibilidad de compartir hardware y software.
- Flexibilidad de instalación.
- Independencia de proveedores y protocolos.
- Gran posibilidad de conectar equipos de medición y almacenamiento de datos.
- Facilidad para el rendimiento y la solución de problemas.

Desventajas

- Diferentes trazados de cableado.
- Cable viejo y que no es reutilizable.
- Mayor dificultad para localización de averías.

- Distancia limitada (100 metros por segmento).
- Alto costo en cable UTP dado que debe recorrer desde el router hasta sistema de medición.

5.14.3. Categorías del cable de red

Tabla 14. Categorías del cable red Ethernet.

Categorías	Distancia	Velocidad	Frecuencia	Velocidad De Descarga
ETHERNET CAT 5	100m	100 Mbps	100 MHz	15,5 MB/s
ETHERNET CAT 5E	100m	1,000Mbps	100 MHz	150,5 MB/s
ETHERNET CAT 6	100m	1,000Mbps	250 MHz	150,5 MB/s
ETHERNET CAT 6A	100m	10,000Mbps	500 MHz	1,250 MB/s; 1,25 GB/s
ETHERNET CAT 7	100m	10,000Mbps	600 MHz	1,25 GB/s
ETHERNET CAT 7A	100m	10,000Mbps	1,000 MHz	1,25 GB/s
ETHERNET CAT 8	100m	40,000Mbps	2,000 MHz	5 GB/s

Fuente: Autores.

Para la categoría 5e y la categoría 6 se tiene una gran variedad de diferencias por lo cual el rendimiento de la transmisión y el aumento del ancho de banda disponible en la categoría 5 es de 100MHz en la categoría 6 de 250 MHz, por consiguiente, esta facilita una mejor relación señal-ruido más alta consistiendo una mayor fiabilidad para las aplicaciones mayores de velocidad de datos. Se buscó mejor transmisión de datos y señales analógicas y digitales, se expresa que es una avanzada tecnología para transmitir a alta velocidad, por lo cual la mejor opción fue el cable UTP Cat. 6 que es capaz de alcanzar 250Mhz en cada par y una velocidad de 1Gbps, reduciendo las interferencias de ruido.

Para la adquisición y analizar datos la categoría 5 no tendrá incidencias y distorsiones de datos a distancias cortas bajo condiciones de señal pero en este caso como se controlará un sistema donde podrá tener incidencias y dificultades en la velocidad de datos, es por eso que en este proyecto se utilizó el conector RJ-45 categoría 6, por lo que este tiene especificaciones y características para poder evitar el ruido que satisfacen la nueva tecnología y la rapidez de la transmisión de datos la distancia máxima es de 100 metros a 55 por lo cual soporta el modo Ethernet la vida útil de este cableado como mínimo son unos 10 años.

5.14.4. Desarrollo del código de programación

Seguidamente una vez definida los protocolos de comunicación se procede a desarrollar la configuración necesaria para la pasarela SIMATIC IOT2040 en la herramienta de programación Node-RED el código desarrollado se puede ver en el Anexo 5.

5.14.5. Configuración del medidor de energía SENTRON PAC3220

Los ajustes de comunicación Ethernet son previamente determinados antes de conectar y deben ser modificados a su red local (LAN) usando sitios web.

Para la comunicación del medidor de energía se le hará manualmente por lo cual, para la correcta transmisión de datos, se debe cambiar todos los parámetros de comunicación del dispositivo como: “DIR. MAC, DIR.IP, SUBNET, GATEWAY y PROTOCOLO”.

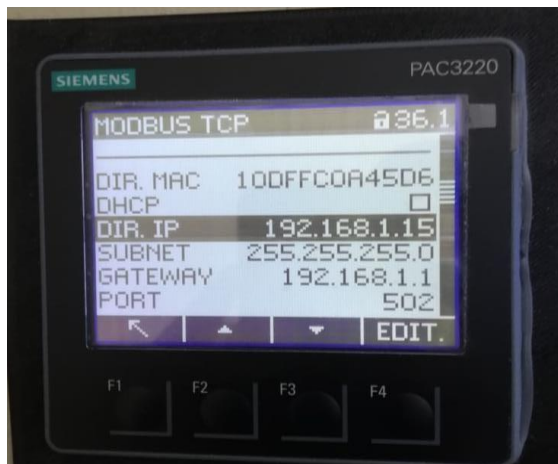


Figura 38. Configuración SENTRON PAC3220.

Fuente: Autores.

5.14.5.1. Configuración de registro de datos

En la siguiente tabla 15, se puede visualizar las magnitudes de medida utilizadas que proporciona el medidor de energía SENTRON PAC, estas medidas estándares corresponden a cada magnitud que se desee leer, como son: Voltaje de línea a línea, Voltaje de línea a neutro, Corrientes, Potencia Total, Potencia Activa, Potencia Reactiva, Potencia Aparente, Frecuencia, etc. Todos estos datos proporcionados indistintamente el valor que se obtenga analizara la correcta comunicación industrial y realizar el monitoreo remoto por la herramienta Node-Red.

Tabla 15. Magnitudes medidas.

Offset	Número de registros	Nombre	Formato	Unidad	Rango admitido	Acceso
1	2	Tensión U_{L1-N}	Float	V	-	R
3	2	Tensión U_{L2-N}	Float	V	-	R
5	2	Tensión U_{L3-N}	Float	V	-	R
7	2	Tensión U_{L1-L2}	Float	V	-	R
9	2	Tensión U_{L2-L3}	Float	V	-	R

Offset	Número de registros	Nombre	Formato	Unidad	Rango admitido	Acceso
11	2	Tensión U_{L3-L1}	Float	V	-	R
13	2	Corriente L1	Float	A	-	R
15	2	Corriente L2	Float	A	-	R
17	2	Corriente L3	Float	A	-	R
19	2	Potencia aparente L1	Float	VA	-	R
21	2	Potencia aparente L2	Float	VA	-	R
23	2	Potencia aparente L3	Float	VA	-	R
25	2	Potencia activa L1	Float	W	-	R
27	2	Potencia activa L2	Float	W	-	R
29	2	Potencia activa L3	Float	W	-	R
31	2	Potencia reactiva L1	Float	var	-	R
33	2	Potencia reactiva L2	Float	var	-	R
35	2	Potencia reactiva L3	Float	var	-	R
37	2	Factor de potencia L1	Float	-	0 ... 1	R
39	2	Factor de potencia L2	Float	-	0 ... 1	R
41	2	Factor de potencia L3	Float	-	0 ... 1	R
43	2	THD-R en tensión L1	Float	%	0 ... 100	R
45	2	THD-R en tensión L2	Float	%	0 ... 100	R
47	2	THD-R en tensión L3	Float	%	0 ... 100	R
49	2	THD-R en corriente L1	Float	%	0 ... 100	R
51	2	THD-R en corriente L2	Float	%	0 ... 100	R
53	2	THD-R en corriente L3	Float	%	0 ... 100	R
55	2	Frecuencia	Float	Hz	45 ... 65	R
57	2	Tensión media U_{L-N}	Float	V	-	R
59	2	Tensión media U_{L-L}	Float	V	-	R
61	2	Corriente media	Float	A	-	R
63	2	Potencia aparente total	Float	VA	-	R
65	2	Potencia activa total	Float	W	-	R

Fuente: Autores.

5.15. Configuración e instalación de la interfaz gráfica HMI-WinCC

Para la interpretación grafica del sistema Scada se requiere de dos procesos como: la programación en la PC SYSTEM y la programación en la pantalla HMI, para observar desde el ordenador las variables de WinCC e importante realizar la designación de proceso de variables en el sistema de automatización SENTRON PAC. Se debe cumplir los siguientes requisitos para configurar la conexión en WinCC.

1. El medidor de energía SENTRON PAC debe contener un protocolo de comunicación que sea soportado por el WinCC.
2. Una vez configurada la comunicación con el SENTRON PAC, de modo que el programa de control pueda acceder a la interfaz a través de llamadas de comunicación.
3. Observar que la dirección de las variables sea dependiente del sistema de automatización a las que se debe comunicar WinCC.
4. Para la confirmación del hardware y software para la interfaz HMI debe estar instalado en el sistema WinCC correspondiente los procesadores de comunicación, puerto I/O estándar COMx.

5.16. Programación para el control de carga en el tablero de distribución principal del BLOQUE B

Este proyecto tiene por objetivo reducir la demanda generada por el BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante el control manual y automático del tablero de distribución principal, el cual alimenta a varios circuitos integrados de la institución educativa, utilizando equipos que faciliten la visualización de variables eléctricas.

Seguidamente se emplean los protocolos de comunicación a cada uno del software y el hardware, que envíen datos de entradas y salidas el cual debe contar con una interfaz ethernet constante.

Posteriormente para la programación y envío de datos en cada uno de los softwares, se utilizó la librería node-red-contrib-s7. El cual la simulación en Node-RED crea los flujos requeridos por el usuario transmitiendo variables al Tía-Portal, el cual reflejara el comportamiento de las variables eléctricas.

Para la simulación del control del tablero principal se emplea la programación en el Tía-Portal, conformada de contactos normalmente abiertos y cerrados que se enlazan a las variables y designaciones de cada uno de los bloques que permiten el control manual y automático de los contactores.

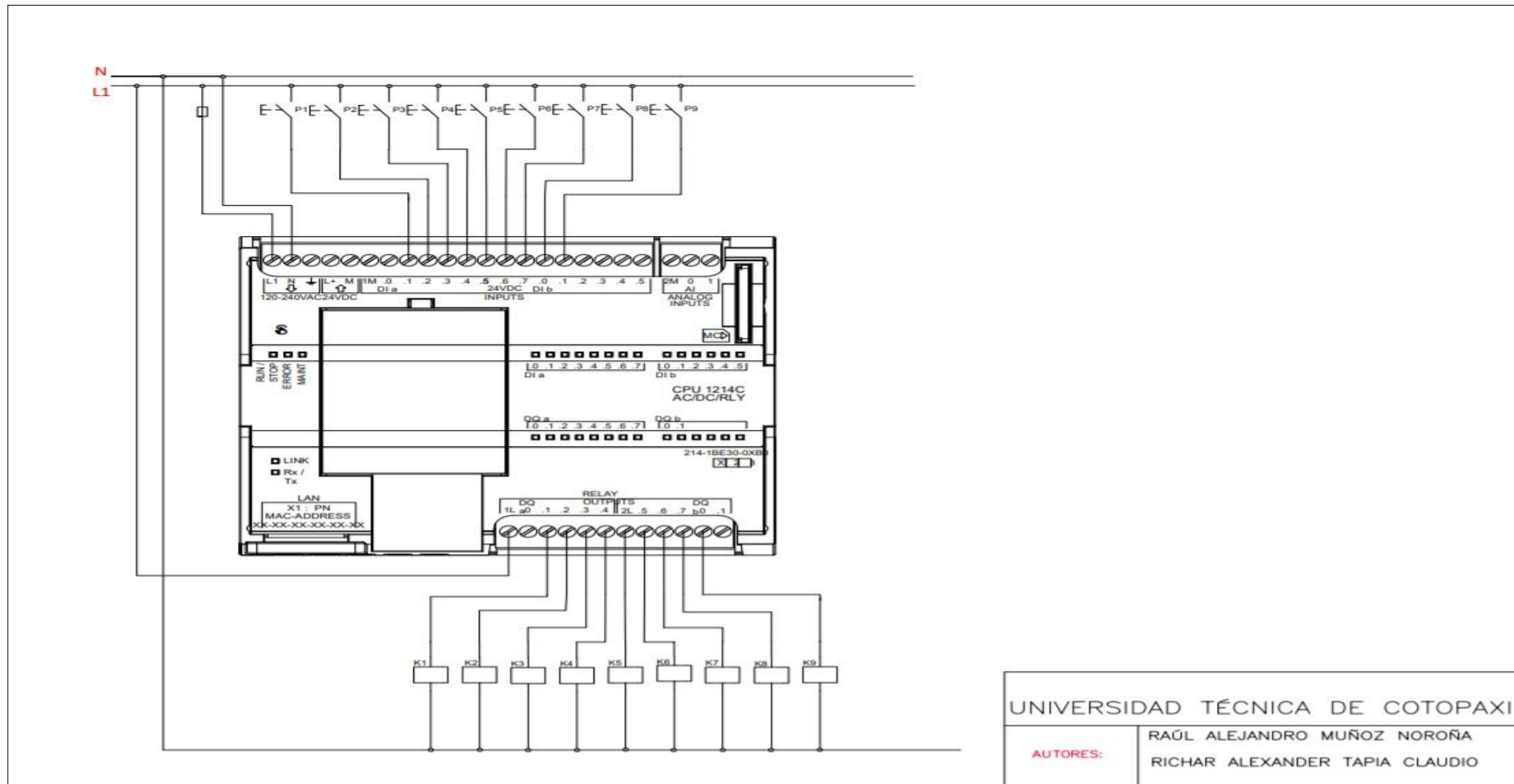


Figura 39. Conexión del sistema de control de los contactores mediante el PLC.

Fuente: Autores.

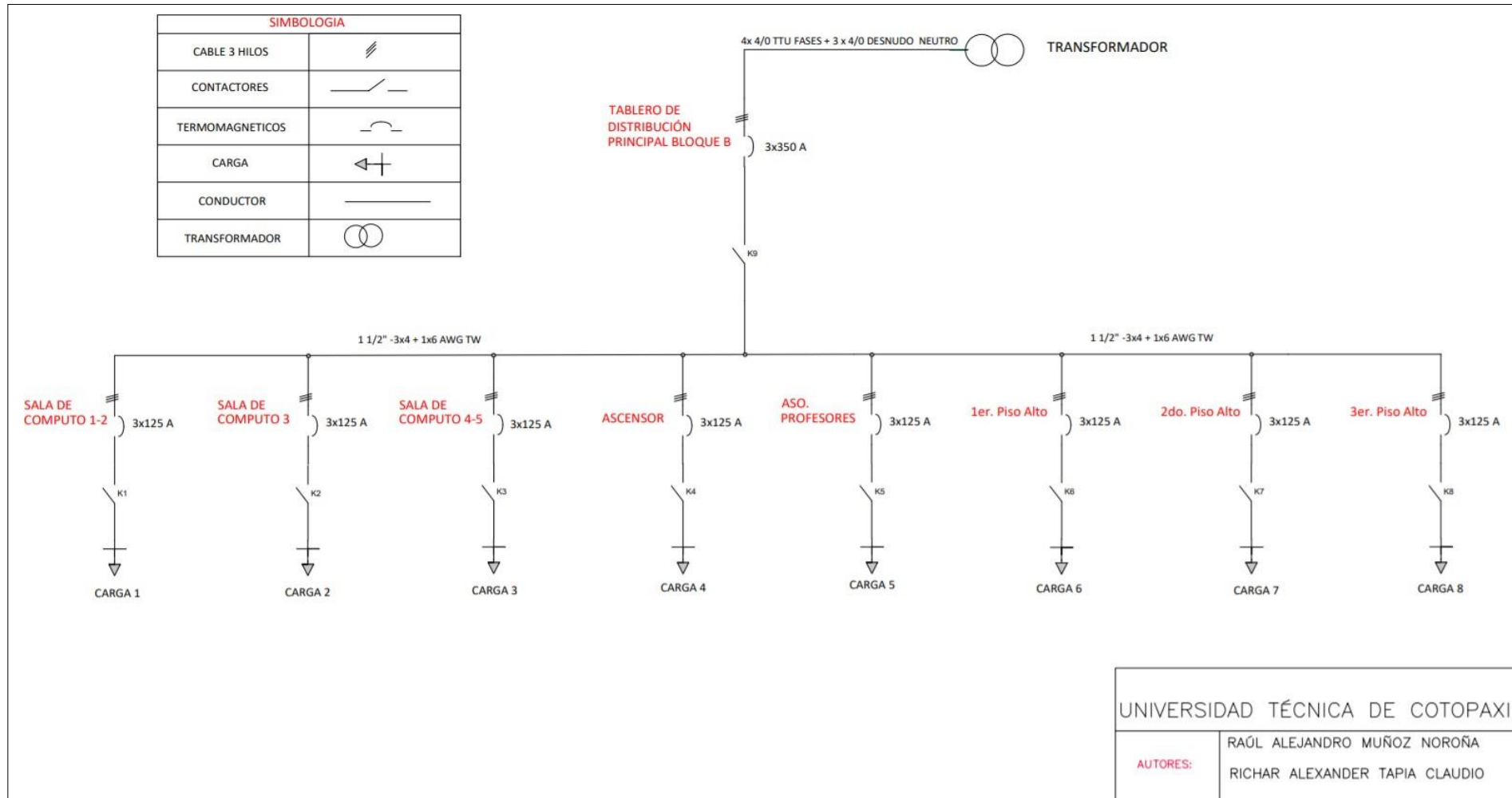


Figura 40. Conexión de los contactores en el tablero de distribución principal del BLOQUE B.

Fuente: Autores.

5.16.1. Plataforma Node-RED

El programa Node-RED es una plataforma de configuración libre y su ejecución se basa en la conexión de nodos el cual forma un diagrama de flujo según las disposiciones del usuario. Seguidamente se detalla las variables configuradas para él envío de datos a través de la librería node-red-contrib-s7 donde me podrá enviar los datos al TIA Portal de modo que permite proyectar una interfaz gráfica.

Tabla 16. Identificación de variables.

Address	Step7 equivalent	JS data type	Description
DB5,XØ.1	DB5.DBXØ.1	Boolean	Bit 1 of byte 0 of DB 5

Fuente: Autores.

Para él envío de datos se utilizó “SINGLE VARIABLE” el cual mediante la tabla 16 nos facilita la designación de las variables, según sea el requerimiento del usuario, DB6 representa el nombre del bloque, XØ es el tipo de dato “real, booleana y entero”, 1 es el identificador de la variable.

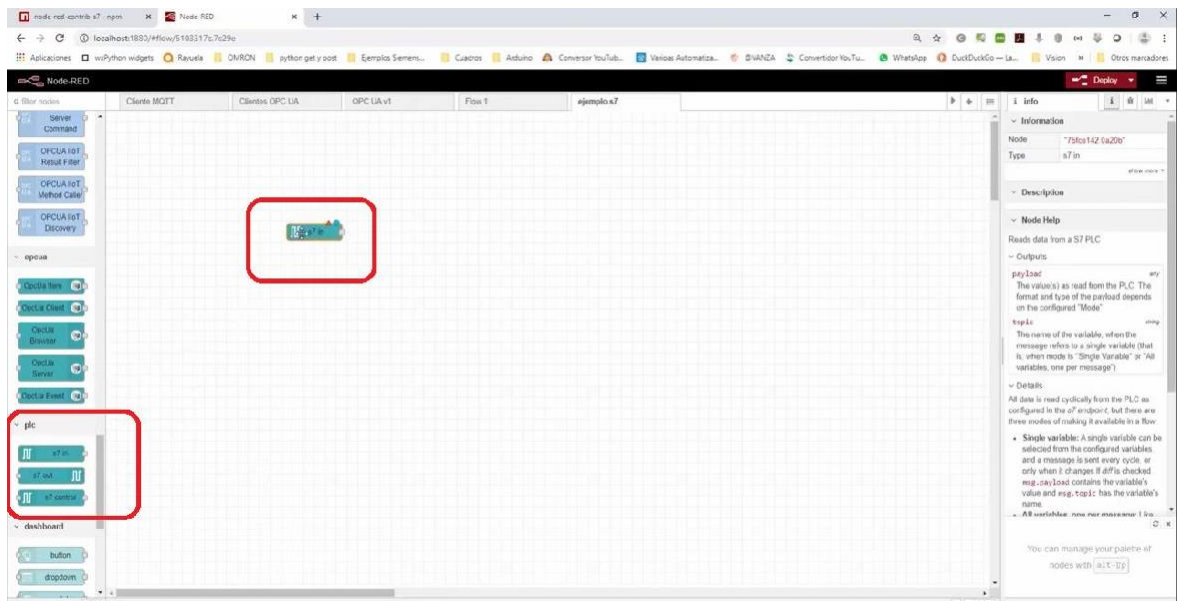


Figura 41. Funciones del Node-RED al TIA Portal.

Fuente: Autores.

En la figura 41 se puede ver las funciones requeridas que se conecta al Node-RED y al TIA Portal, por lo cual la conexión adecuada del PLC es el nodo s7 ya que es el indicado para el aérea de trabajo (enviar y recibir) datos.

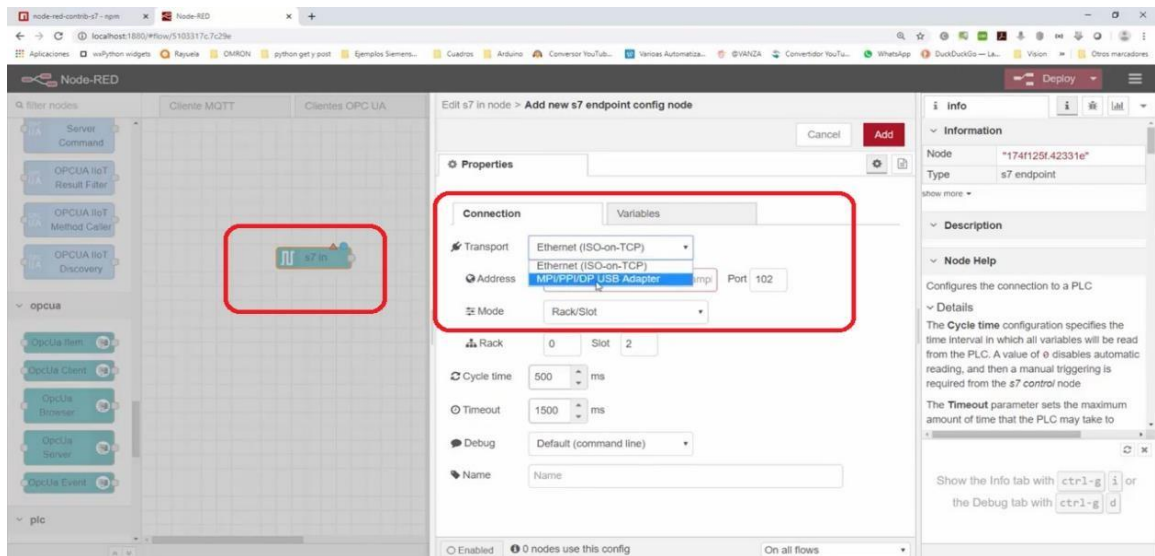


Figura 42. Nodo de configuración.

Fuente: Autores.

Por consiguiente, en la figura 42 se configura el nodo en este caso se utilizó la comunicación Ethernet.

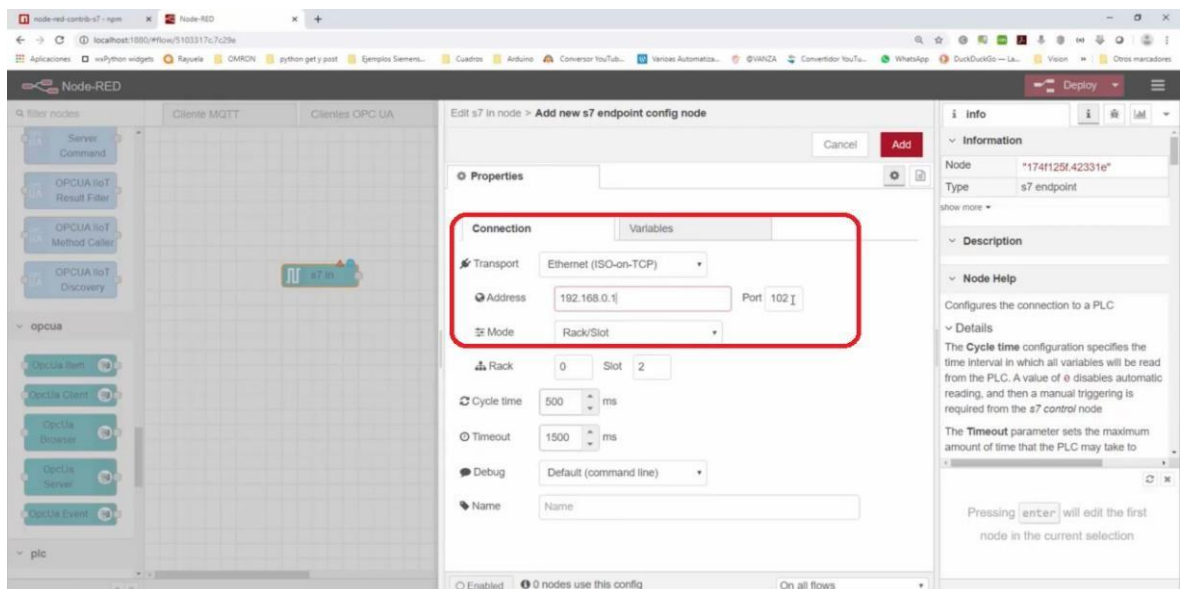


Figura 43. Dirección IP.

Fuente: Autores.

Seguidamente en la figura 43 se enlaza el PLC hacia la plataforma Node-RED donde se introduce la misma dirección IP y Slot.

5.16.2. TIA Portal

La programación en el TIA Portal es un software para la comunicación con el PLC de siemens donde se podrá apreciar elementos como contactos donde se enviarán datos

mediante la plataforma Node-RED, de tal manera garantiza una interfaz relacionada para las ocupaciones de control considerando cada protocolo de comunicación en este proyecto.

Por consiguiente, se ingresa las variables eléctricas al TIA Portal, donde se podrá verificar si el dato es real como corrientes, potencias, factor de potencia, frecuencia, de tal manera recibe los datos de Node-RED a la plataforma como indica en la figura 44.

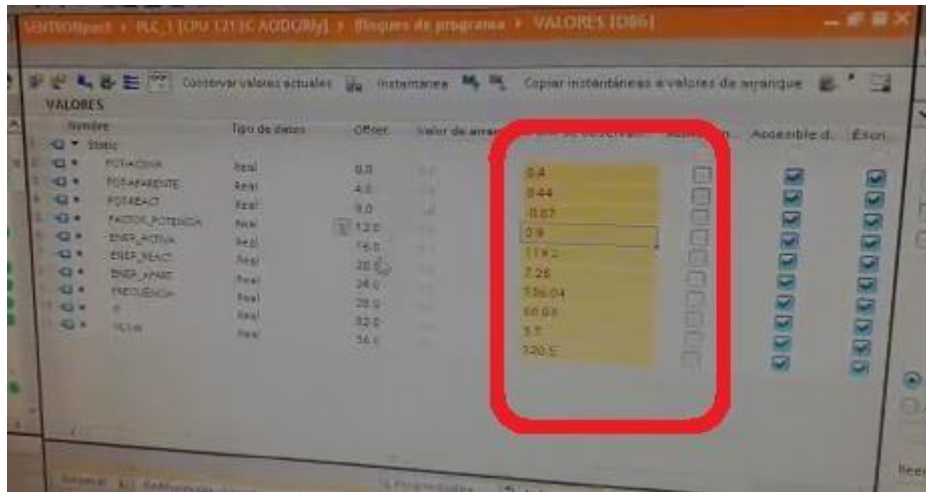


Figura 44. Datos del Node-RED al TIA Portal.

Fuente: Autores.

Para poder enviar a la pantalla se realiza con la creación de MOVE donde puede mover los datos con las direcciones correctas, para poder asignar la adquisición de todas las variables donde también se le asignará alarmas en el caso de que algún parámetro eléctrico no esté en los límites programados.

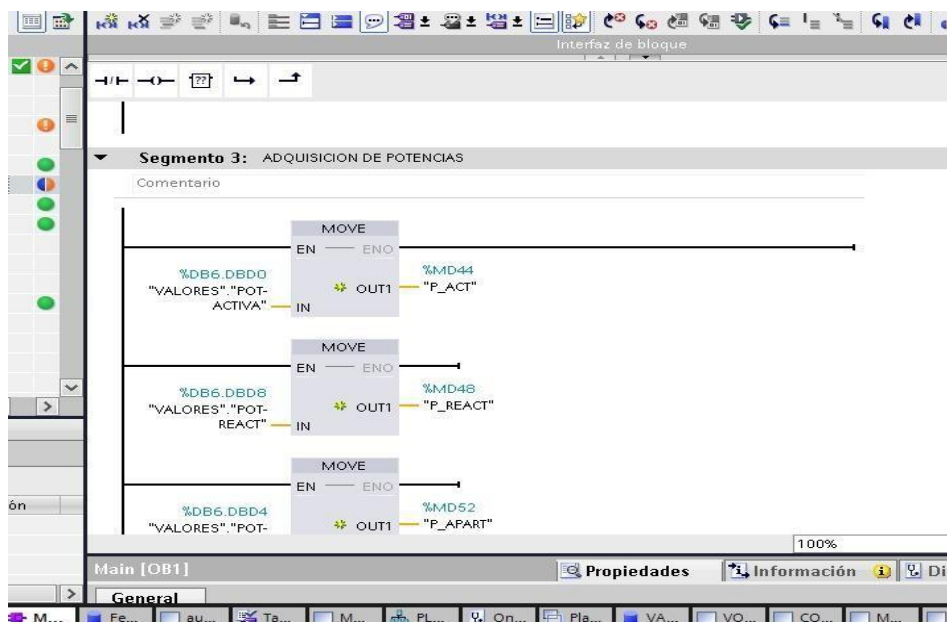


Figura 45. Dirección de envío a la pantalla.

Fuente: Autores.

En la figura 45 para el control manual se envía las direcciones M1.0 para presionar los botones de encendido y apagado.

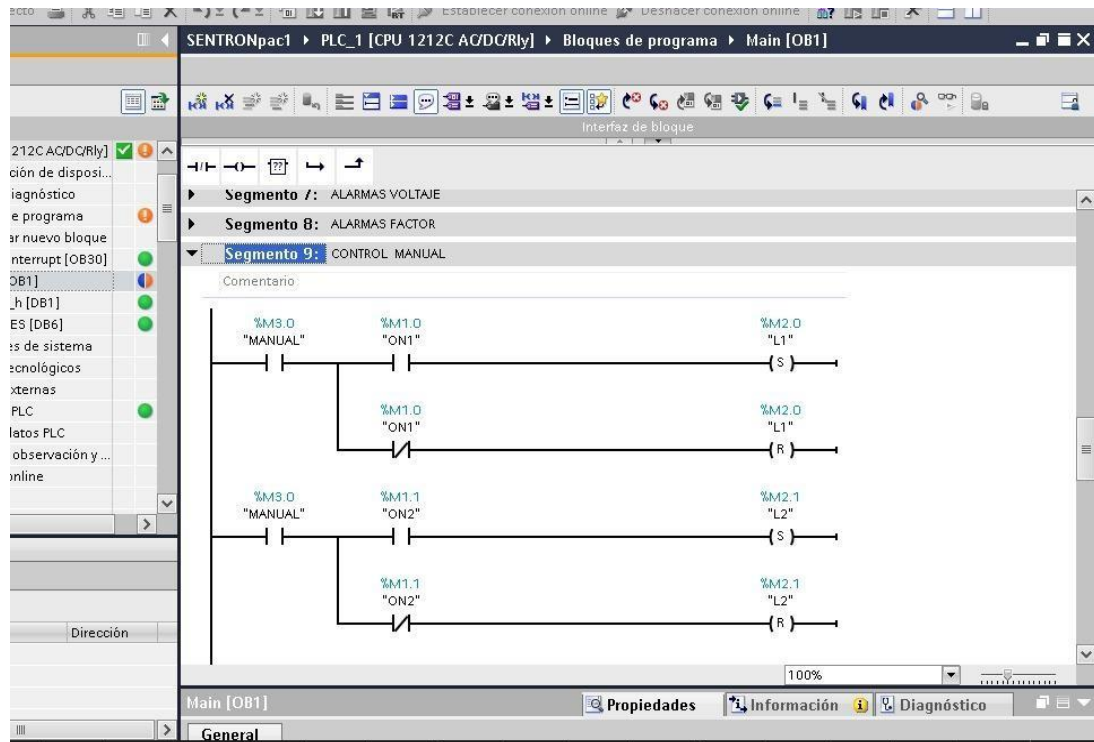


Figura 46. Control Manual.

Fuente: Autores.

Para el control automático se verificará el bloque de la fecha y hora actual, de manera que se pueda enviar a las demás variables y así poder comparar la hora del encendido y apagado del breaker automáticamente.

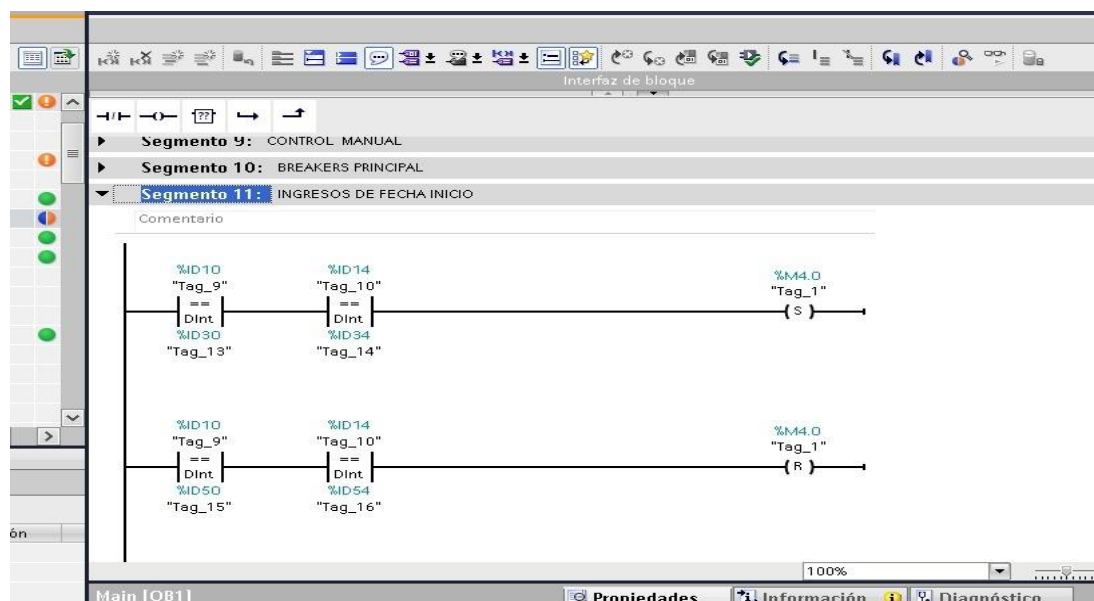


Figura 47. Control Automático.

Fuente: Autores.

6. ANÁLISIS Y RESULTADOS

6.1. Análisis de Funcionamiento del Sistema de Monitoreo de Datos

Con la ayuda del medidor de energía SENTRON PAC3220 podemos observar el análisis de los resultados de las variables eléctricas como voltajes, corrientes, potencias, factor de potencia y frecuencia que fue instalado en el domicilio, la lectura fue tomada en un periodo de tiempo de cada 5 minutos. Los datos fueron registrados durante 7 días y se analizó el día de mayor consumo.

6.2. Resultados de la Potencia Activa

Para la comparación de las potencias se realizó un registro de 24 horas, seguidamente en la figura 48 se puede ver la curva de consumo diario.

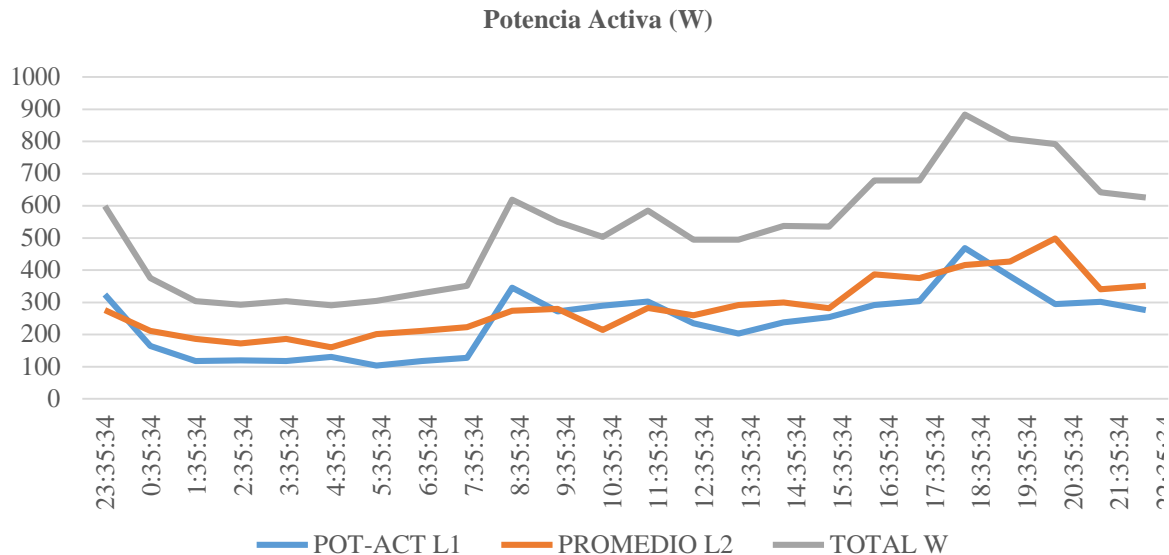


Figura 48. Resultados de la potencia activa.

Fuente: Autores.

En la figura 48 se observa los datos de consumo de la energía eléctrica el cual se concluye que desde las 0:35:34 am hasta las 6:35:34 am se puede ver la demanda mínima ya que no existen actividades en el domicilio con un valor de 103,675 W el aumento de la demanda empieza al iniciar las actividades a partir de las 7:35:34 am durante un periodo de tiempo de 16 horas de consumo, por lo tanto, en el transcurso del día existe varios niveles de demanda. Donde la demanda máxima se puede apreciar con un valor de 497,86 W a las 20:35:34 pm.

6.3. Resultados de la Potencia Reactiva

En la figura 49 se puede ver la curva de la potencia reactiva durante las 24 horas.

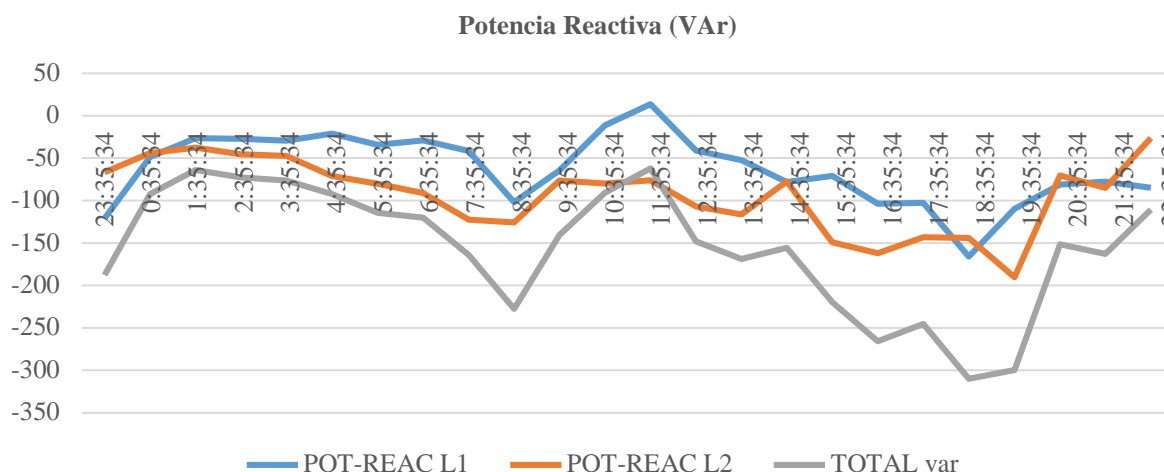


Figura 49. Resultados de la potencia reactiva.

Fuente: Autores.

Seguidamente se puede ver en la figura 49 la variación de la potencia reactiva, de cada una de las fases como se puede observar tenemos valores negativos, por motivo de nuestra instalación en el domicilio ya que existen cargas inductivas.

Estas variaciones dependen de las instalaciones externas o junto al domicilio, ya que en la red existen cargas no lineales, siendo el pico más bajo de la potencia reactiva de -21,1583 VAr a las 4:35:34 am; y el pico más alto de potencia reactiva es de -190,225 VAr cuando son las 19:35:34 pm de la noche.

6.4. Resultados de la Potencia Aparente

En la figura 50 se puede considerar la curva de la potencia aparente durante las 24 horas a un periodo de cada hora.

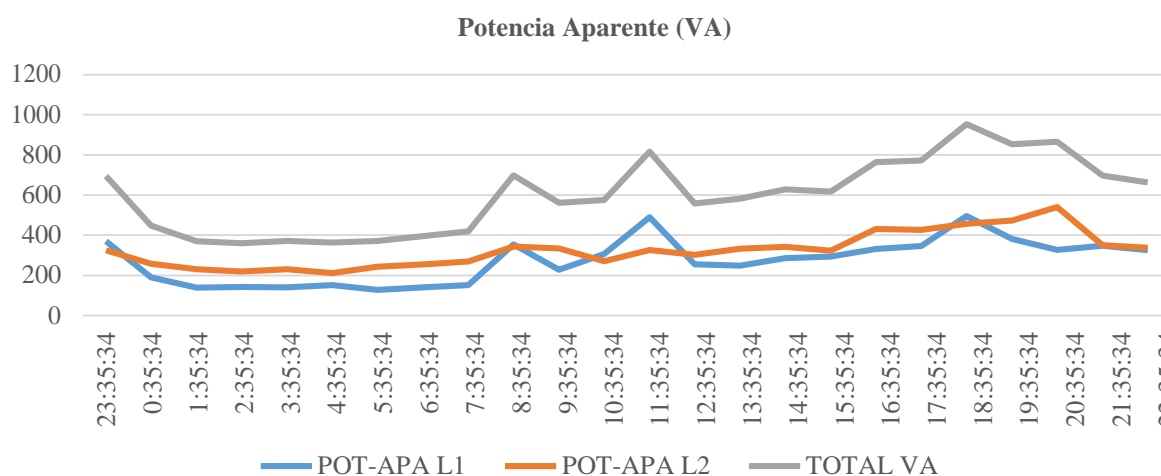


Figura 50. Resultados de la potencia aparente.

Fuente: Autores.

En la figura 50 se puede visualizar la variación de la potencia aparente de cada una de las fases donde es una potencia eléctrica suministrada en una carga ya que la potencia aparente debería ser el producto de voltaje y corriente en este caso, se puede observar que la carga instalada es netamente resistiva teniendo el pico más bajo de 37,1916 VA cuando son las 11:35:34 am de la mañana; y el pico más alto de potencia aparente es de 529,9166 VA cuando son las 20:35:34 pm, donde existen fluctuaciones y variaciones mínimas de potencia en horas de la mañana.

6.5. Resultados del Factor de Potencia

El registro de datos del fp, se realizó un análisis de datos que fue tomado en un intervalo de tiempo de 5 minutos por registro.

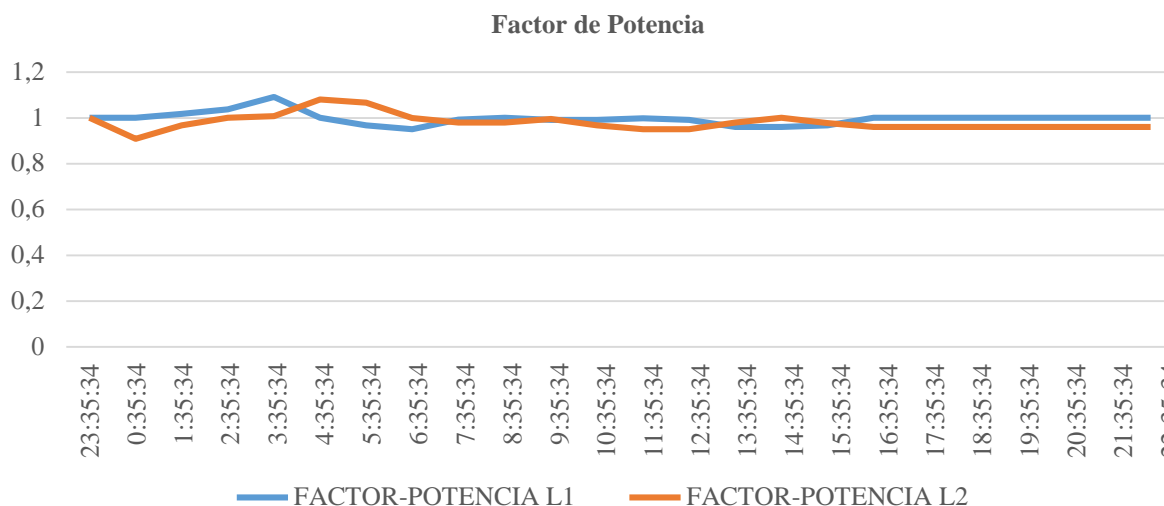


Figura 51. Resultados del factor de potencia.

Fuente: Autores.

En la figura 51 se puede ver la variación del factor de potencia de cada fase, siendo el pico más bajo de 0,90 desde las 00:35:34 am manteniéndose durante 6 horas seguidas; y el pico más alto es de 1,09 desde las 11:35:34 am. Estos resultados son promedios de cada hora de 0,94, donde existen fluctuaciones y variaciones mínimas en el transcurso del día.

El factor de potencia de una carga que representa la energía total que consume la instalación en este como es en el domicilio, está dado por la relación entre la potencia activa y la potencia aparente se puede decir que el factor de potencia oscila de 0 a 1 para indicar la mínima y máxima utilización de la energía, si el FP, los datos del domicilio está dentro de los límites establecidos.

6.6. Resultados de Frecuencia

Posteriormente se observa la variación de la frecuencia con respecto al consumo como se indica en la figura 52.

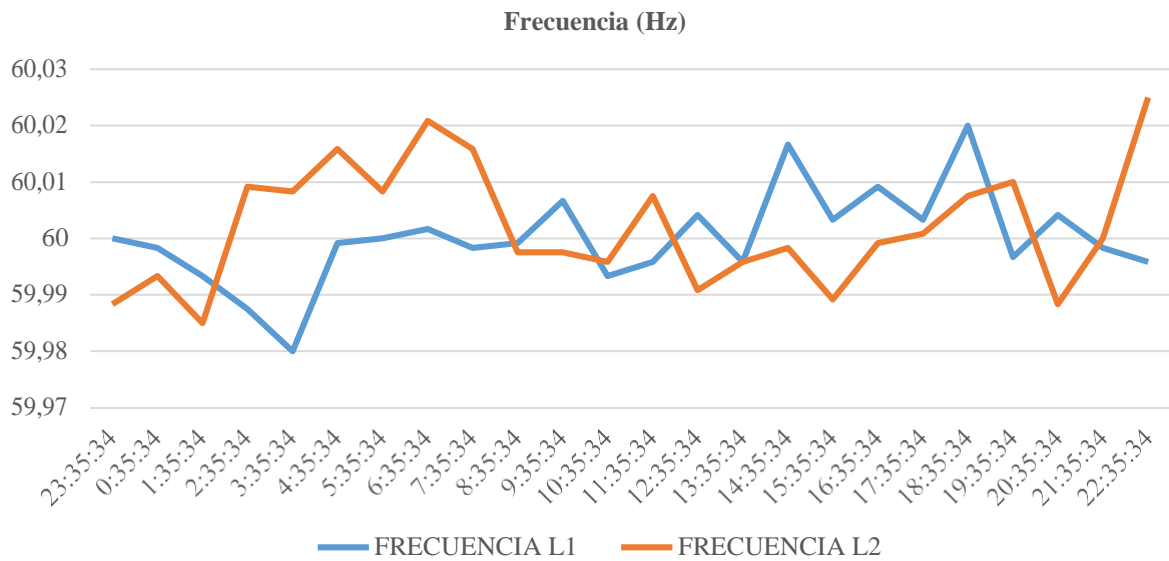


Figura 52. Resultado de la frecuencia.

Fuente: Autores.

Este valor puede variar dependiendo la carga conectada hacia la red, en la figura 52 se puede visualizar la variación de la frecuencia, donde existen fluctuaciones mínimas en las horas de la mañana estos valores tienen un promedio de 60 Hz. Existen variaciones de frecuencia en la instalación cuando se produce una alteración del equilibrio entre la carga. Teniendo un pico más bajo de 59,98 a las 3:35:34 am y el pico más alto 60,025 a las 22:35:34 pm.

6.7. Resultados de Voltaje

Seguidamente en la figura 53 se puede analizar la curva de voltaje.

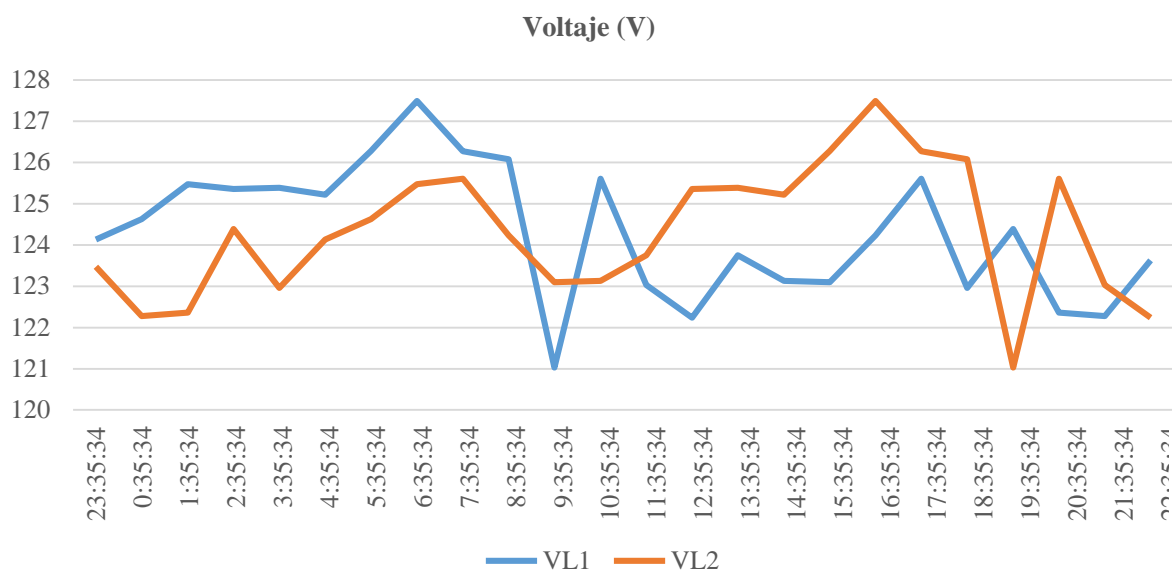


Figura 53. Consumo de Voltaje Línea- Neutro día 1.

Fuente: Autores.

En la figura 53 se visualiza los resultados de voltajes de la fase A y B, del día 1 existiendo un pico más bajo de 121,03V a las 9:35:34 am, por otra parte, el pico más alto de voltaje es de 127,49V a las 6:35:34 am, debido a que los miembros de la familia inician actividades arrojando resultados promedios de cada hora de 124V, por lo cual existen fluctuaciones en las distintas horas de la mañana.

6.8. Resultados de la Corriente L1

Seguidamente en la figura 54 se observa la variación del Corriente con respecto al consumo de las primeras 24 horas.

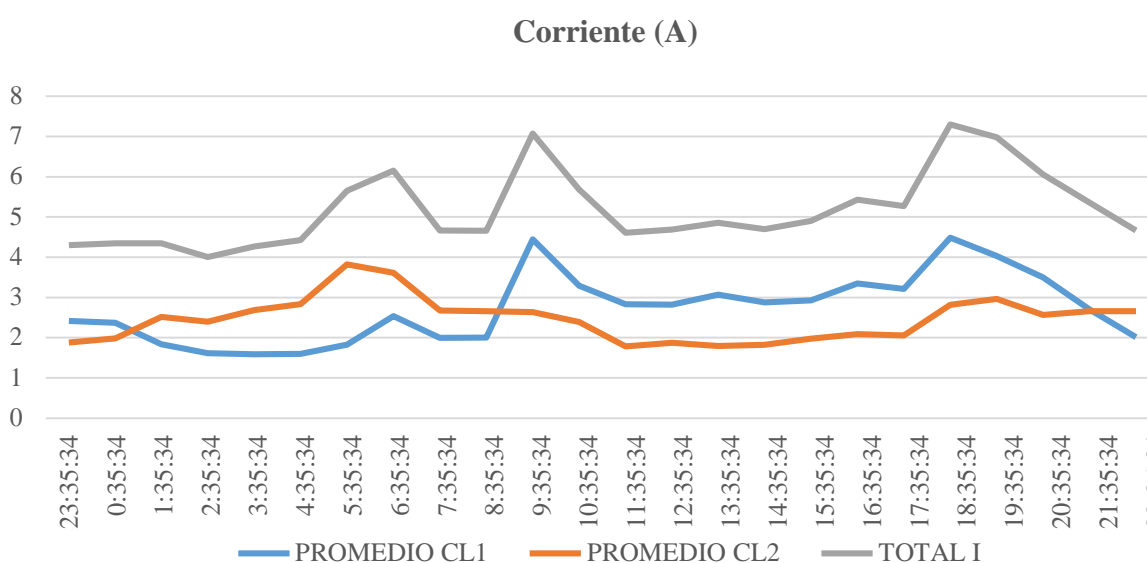


Figura 54. Consumo de la Corriente L1 día 1

Fuente: Autores.

En la figura 54 se representa los resultados del Corriente de cada fase, existiendo un pico más bajo de 1,58A a las 3:35:34 am, por otra parte, el pico más alto de corriente es de 4,83I a las 18:35:34 pm, arrojando resultados promedios de cada hora de 3A, por lo cual existen variaciones y caídas de corriente en las distintas horas de la mañana.

6.9. Simulación del diseño de Control

Se puede apreciar los parámetros eléctricos ejecutados desde la plataforma Node-RED, de tal manera para su comunicación hacia el TIA-Portal, se utilizó la librería node-red-contrib-s7, estos datos son enviados desde el medidor de energía SENTRON PAC3220 por un protocolo de comunicación Ethernet permitiendo visualizar por el HMI.

Mediante la simulación del control del tablero de distribución principal, se concluye que, para reducir el consumo energético en la institución educativa, se requiere del control manual y

automático de los contactores, para la energización al edificio durante las jornadas que se encuentra establecida en la institución como:

- Durante un periodo de tiempo que inician las actividades en la institución, desde las 5:00 am hasta las 23:00 pm manteniendo al breaker principal (ON).
- Control manual y automático de los subtableros que conforman los circuitos de iluminación y fuerza.
- Alerta de sobrecarga y cortocircuitos en los circuitos del BLOQUE B.
- Visualización de los parámetros eléctricos en tiempo real tal como potencia activa, reactiva, aparente, factor de potencia, voltaje y corriente.

Contraseña de seguridad para maniobrar los Contactores.

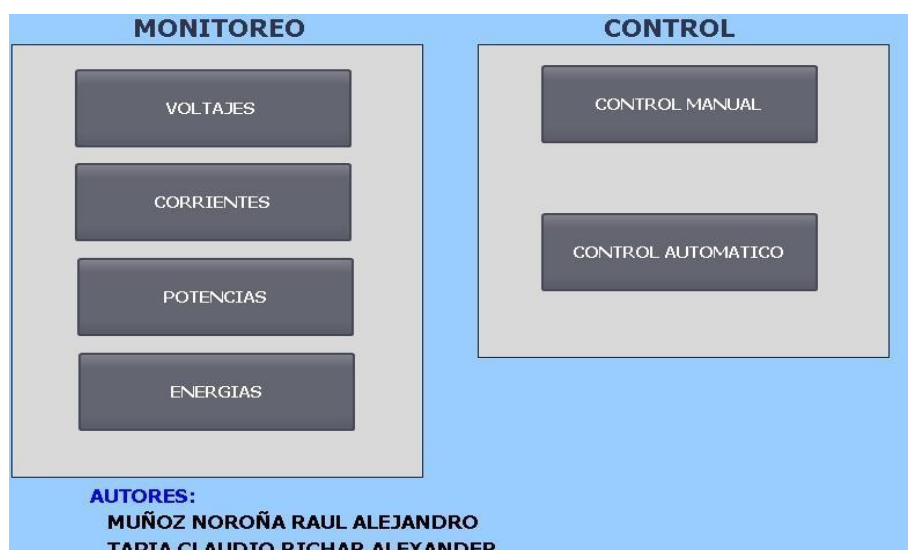


Figura 55. Visualización de la pantalla principal.

Fuente: Autores.

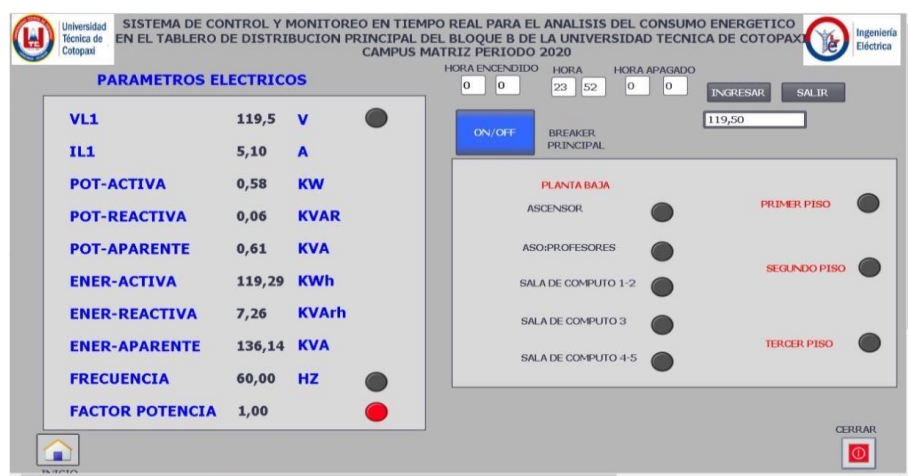


Figura 56. Control automático de los contactores.

Fuente: Autores.

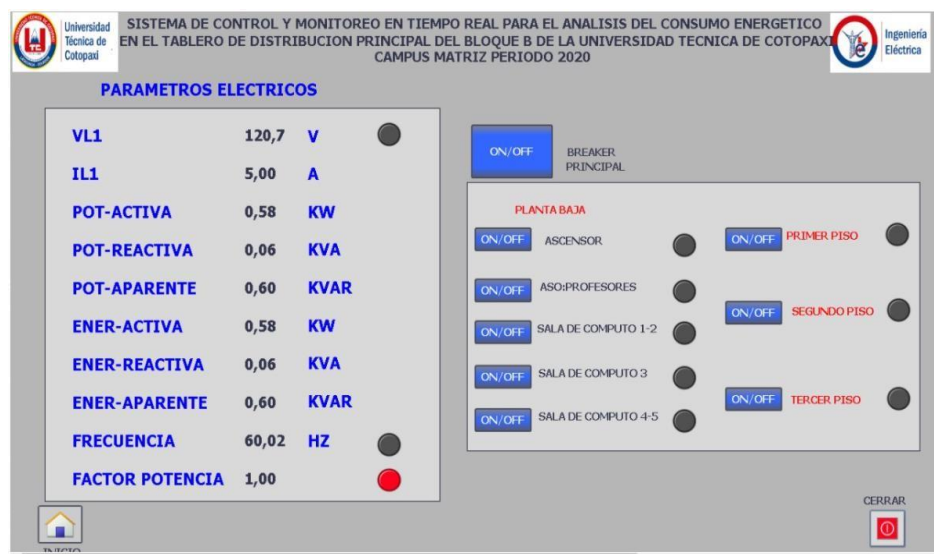


Figura 57. Control manual de los contactores.

Fuente: Autores.

7. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

7.1. Presupuesto

7.1.1. Costos directos

7.1.1.1. Componentes del sistema de medición

Tabla 17. Costos directos de los componentes del sistema de medición.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
1	Medidor Sentron PAC3220	510,00	510,00
1	Simatic IoT2040	411,00	411,00
3	Transformadores de corriente	50,00	150,00
		TOTAL (\$)	1.071,00

Fuente: Autores.

7.1.1.2. Materiales y suministros empleados en el sistema de medición

Tabla 18. Costos directos de los materiales y suministros empleados en el sistema de medición.

Cantidad	Unidades	Descripción	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
1	unidad	Breaker de riel 2 polos	14,75	14,75
4	unidades	Borne carril para componente	9,58	34,49
4	unidades	Conector transversal	4,78	17,21
5	unidades	Borneras fusible	6,98	31,41
5	unidades	Fusible cristal	0,06	0,27
1	unidad	Gabinete metálico	37,89	37,89
1	unidad	Enchufe cooper	2,05	2,05
10	unidades	Luz piloto	2,50	25,00
10	metros	Alambre flexible #18	2,50	2,50
10	metros	Cable UTP	5,00	5,00

1	unidad	Paro de emergencia	3,00	3,00
			TOTAL (\$)	173,57

Fuente: Autores.

7.1.2. Costos indirectos

Tabla 19. Costos indirectos del sistema de medición.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
7	Consultoría	20,00	140,00
4	Trasporte	8,00	32,00
10	Alimentación	5,00	50,00
		TOTAL (\$)	222,00

Fuente: Autores.

7.1.3. Costo total de la propuesta tecnológica

Tabla 20. Costo total de la propuesta tecnológica.

No.	Descripción	Valor Total (\$)
1	Costos directos	1.244,57
2	Costos indirectos	222,00
3	Imprevistos	100,00
	TOTAL (\$)	1.566,57

Fuente: Autores.

7.2. Análisis de Impactos

Tras la implementación de la presente propuesta tecnológica se considera los impactos descritos a continuación:

7.2.1. Impacto Práctico

La implementación del sistema de control y monitoreo en tiempo real permitió conocer el consumo energético del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, además, de facilitar tanto la medición como la visualización de los parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia, frecuencia), mediante la plataforma Node – RED o la interfaz gráfica WinCC.

7.2.2. Impacto Tecnológico

Mediante el proyecto se evidenció el avance tecnológico existente en el ámbito del control y monitoreo de procesos o variables eléctricas en tiempo real, al emplear el concepto de internet de las cosas (IoT) para facilitar el acceso a los datos de manera remota.

7.2.3. Impacto Social

El beneficio principal para los estudiantes como personal técnico de la carrera de Ingeniería Eléctrica, se basa en la posibilidad de llevar a cabo una gestión energética al conocer el comportamiento de la demanda del edificio en tiempo real, lo que permite obtener un uso racional de la energía.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- El sistema de monitoreo implementado en el tablero de distribución principal del BLOQUE B, está conformado por equipos industriales como el medidor de energía Sentron PAC3220, la pasarela inteligente Simatic IoT2040 y HMI (Human Machine Interface).
- Para el monitoreo del consumo energético del BLOQUE B, se utilizó dos protocolos de comunicación tales como modbus TCP/IP y Node – RED, con sus diferentes configuraciones, además de disponer de conexión directa con la herramienta de programación visual.
- La planta baja dispone del mayor consumo de energía eléctrica de 70.646,4 kWh durante un periodo normal de actividades de la institución educativa, ya que, la carga instalada está conformada por cinco laboratorios de computación, el ascensor, sistema de iluminación y fuerza.
- Mediante la simulación del control del tablero de distribución del BLOQUE B efectuada en el software Tía – Portal, se evidencia que, para la disminución del consumo energético se realiza la energización manual y automática de los contactores, únicamente en el periodo ordinario de 5:00 am a 23:00 pm.

8.2. Recomendaciones

- Con el objetivo de presentar un sistema de monitoreo basado en una diversidad de equipos y protocolos de comunicación, se recomienda analizar la utilización conjunta con plataformas que presenten beneficios técnicos – económicos adicionales para la institución.
- Introducir correctamente los datos en la herramienta de programación visual Node – RED, caso contrario no podrá comunicarse con la plataforma Ubidots, además, debe ingresarse la misma dirección IP en todos los equipos para poder enlazarse y obtener las variables eléctricas de interés.
- Se identifique las oportunidades de mejora con la finalidad de reducir el consumo de energía eléctrica referente a la planta baja del BLOQUE B de la Universidad Técnica de Cotopaxi
- El sistema de monitoreo diseñado en la presente propuesta tecnológica, se lo implemente en la institución educativa como una alternativa eficaz para promover el uso racional de la energía eléctrica, mediante lo cual, se obtendría beneficios económicos al reducir el consumo energético facturado por la empresa distribuidora.

9. REFERENCIAS

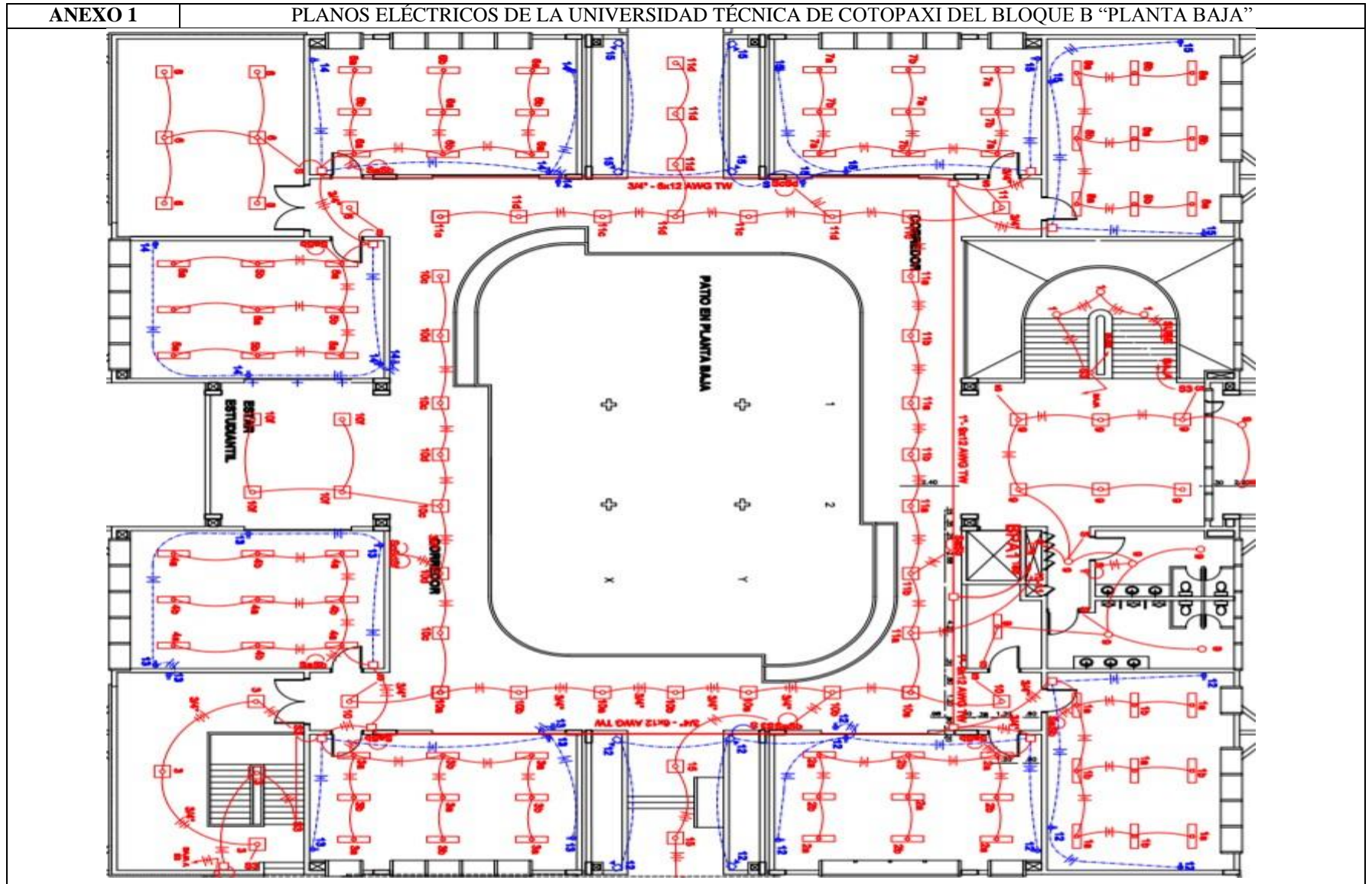
- [1] D. Andía, “Sistema de monitoreo a través de protocolo modbus para la eficiencia energética de planta Arequipa – Corporación Lindley S.A.”, Tesis Ing., FIPS, UNSA, Arequipa, Perú, 2015.
- [2] L. Muñoz, “Diseño de un medidor de consumo de energía eléctrica en redes industriales domésticas, basado en la adquisición y digitalización de señales para el monitoreo y análisis de la calidad de energía”, Tesis Ing., FIA, USMP, Lima, Perú, 2014.
- [3] P. Chasiliquín y C. Mera, “Investigación y desarrollo de un sistema automatizado para protección de máquinas eléctricas utilizando el SENTRON PAC 3200”, Tesis Ing., FETD, UCSG, Guayaquil, Ecuador, 2012.
- [4] A. Salazar, “Sistema electrónico de monitoreo y control para la distribución de energía eléctrica en los hogares”, Tesis Ing., FISEI, UTA, Ambato, Ecuador, 2017.
- [5] B. Oviedo, A. Torres, J. Tubay y J. Pacheco, “Sistema de monitoreo para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios en redes AD-HOC E IOT”, *Universidad y Sociedad*, vol. 11, no. 2, págs. 186-192. Febrero 2019.
- [6] J. Reinoso y G. Salazar, “Sistema de medición inteligente de energía eléctrica en la empresa The Tesalia Springs Company S.A.: implementación y análisis de resultados”, *Revista Politécnica*, vol. 39, no. 2. Julio 2017.
- [7] A. Sarmiento, “Adquisición y visualización de parámetros eléctricos de un motor trifásico mediante el uso de un módulo de internet industrial de las cosas”, Tesis Ing., FCT, UDA, Cuenca, Ecuador, 2020.
- [8] L. Carrasco, “Sistema de monitoreo y telegestión del consumo eléctrico en cargas residenciales basado en una arquitectura IoT”, Tesis Ing., ISEI, UTA, Ambato, Ecuador, 2018.
- [9] A. Moreano, “Diseño e implementación de un sistema distribuido empleando protocolo de comunicación industrial enfocado a los objetos (IIoT), para el control y monitoreo remoto en tiempo real (RT) a través de la web en el laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE extensión Latacunga”, Tesis Ing., DEE, ESPE, Latacunga, Ecuador, 2019.
- [10] O. Rodríguez, “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo energético en el campus Rodríguez Lara – ESPE extensión Latacunga”, Tesis Ing., DEE, ESPE, Latacunga, Ecuador, 2014.
- [11] A. García, *El control automático en la industria*, 2da. ed. España: UCLM, 2005.

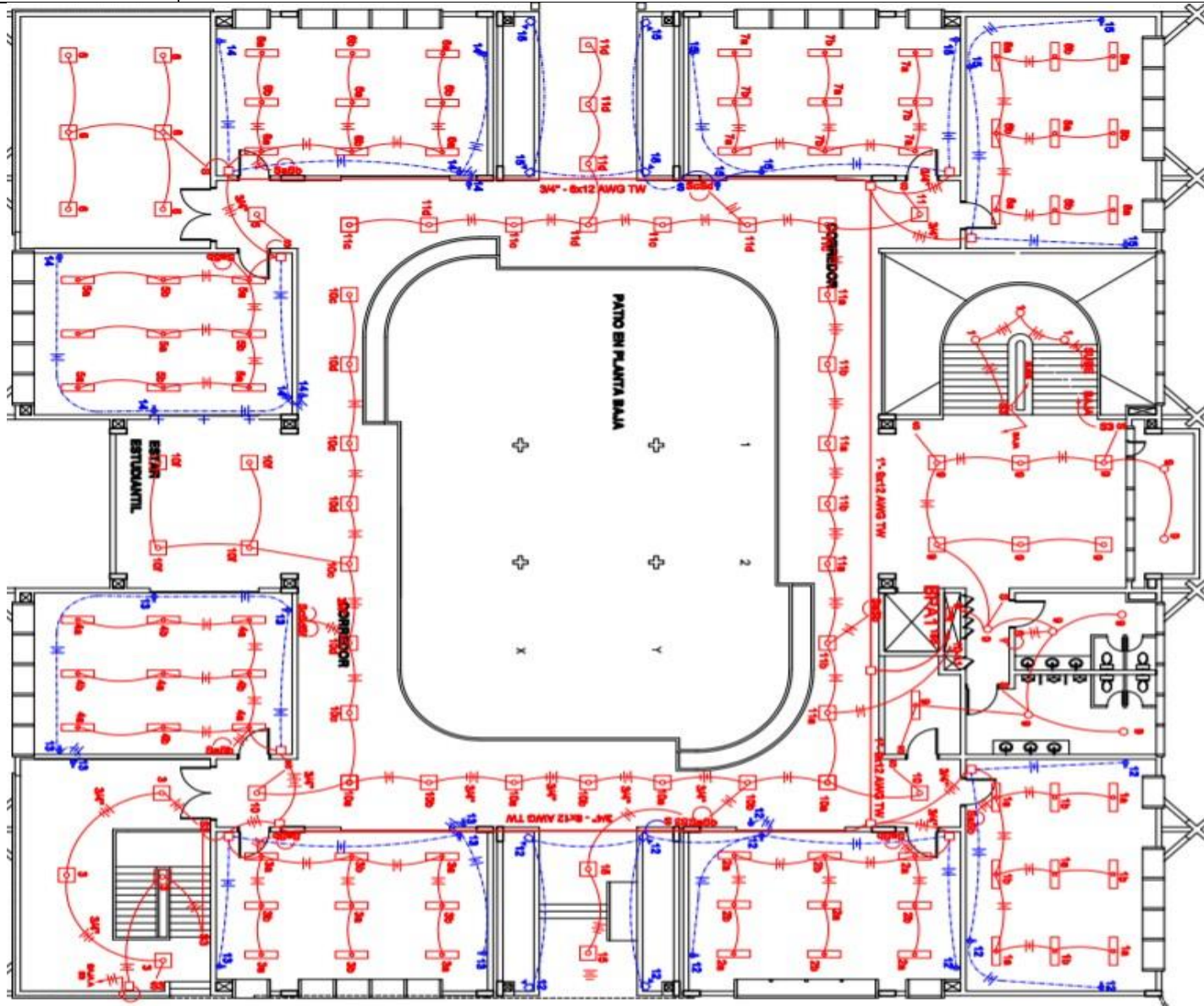
- [12] A. Rodríguez, *Sistemas Scada*, 3ra. ed. México: Alfaomega, 2009.
- [13] V. Guerrero, R. Yuste y L. Martínez, *Comunicaciones industriales*, 1ra. ed. España: MARCOMBO, 2009.
- [14] L. Corrales, “Interfaces de comunicación industrial”, EPN, Quito, Ecuador, Dpto. Automatización y control industrial, 2007.
- [15] N. Oliva, *Redes de comunicaciones industriales*, 1ra. ed. Madrid, España: UNED, 2013.
- [16] A. Rodríguez, *Comunicaciones industriales*, 1ra. ed. Barcelona, España: MARCOMBO, 2008.
- [17] J. Balcells y J. Romeral. *Autómatas programables*, 1ra. ed. Barcelona, España: MARCOMBO, 1997.
- [18] M. Bollaín, *Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso*, 1ra. ed. España: Díaz de Santos, 2018.
- [19] W. Tomasi, *Sistemas de comunicaciones electrónicas*, 4ta. ed. México: Pearson Educación, 2003.
- [20] E. Mandado, J. Marcos, C. Fernández y J. Armesto, *Autómatas programables y sistemas de automatización*, 2da. ed. España: MARCOMBO, 2009.
- [21] Siemens. (2010, Junio 21). Módulos de comunicación. Modbus RTU RS485 [En línea]. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/906/44880906/att_70367/v1/USMII_MODBUS_AOM_OI_ES_es-ES.pdf
- [22] Siemens. (2019, Noviembre 08). SIMATIC. Controlador programable S7-1200 [En línea]. Disponible en: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109772940/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf?download=true
- [23] Siemens. (2020, Abril 16). Módulo de entradas analógicas AI 4xI 2-wire 4...20mA HART [En línea]. Disponible en: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109779534/AI4xI_2_wire4to20mA_HART_manual_es_ES_es-ES.pdf?download=true
- [24] V. Teigens, P. Skalfist y D. Mikelsten, *Inteligencia artificial: la cuarta revolución industrial*, 1ra. ed. Madrid, España: Cambridge Stanford Books, 2019.
- [25] Siemens. (2016, Agosto 10). Visualización a pie de máquina con SIMATIC HMI [En línea]. Disponible en: <https://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/dffa-b10135-00-7800.pdf>

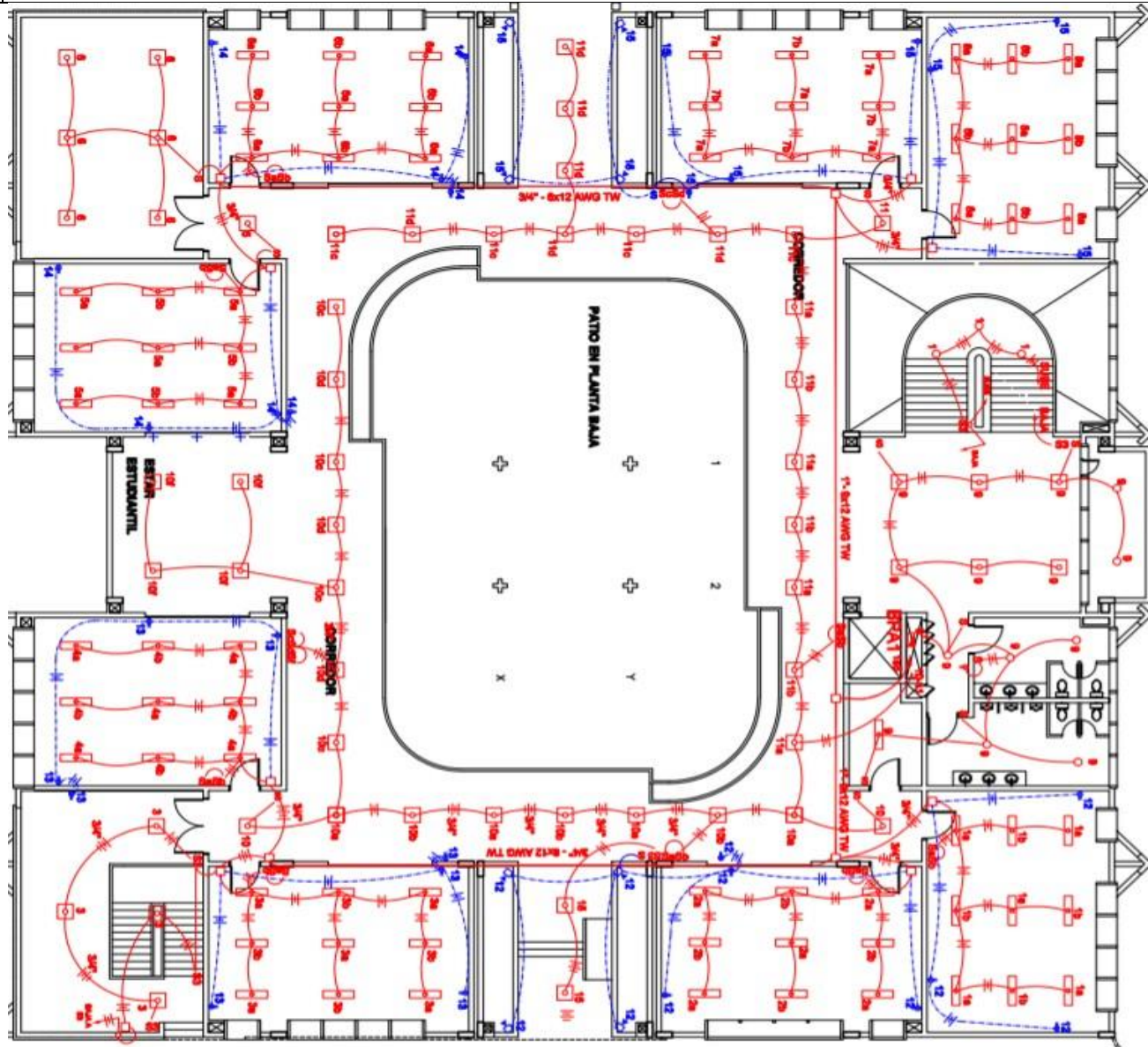
- [26] J. Martín, *Equipos eléctricos y electrónicos*, 1ra. ed. España: Editex, 2014.
- [27] R. Pallás, *Instrumentos electrónicos básicos*, 1ra. ed. Barcelona, España: MARCOMBO, 2006.
- [28] Siemens. (2019, Octubre 21). Manual de producto Multímetro 7KM Sentron PAC3120 y PAC3220 [En línea]. Disponible en: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109767307/MAN_L1V30519172D-01_es_es-MX.pdf?download=true
- [29] Siemens. (2019, Septiembre 09). Instructivo del Multímetro Sentron PAC 3120 / PAC3220 [En línea]. Disponible en: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109770272/OI_L1V30582464A-03_emb_201909090847456998.pdf?download=true
- [30] S. Gallardo, *Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas*, 2da. ed. Madrid, España: Paraninfo, 2019.
- [31] Siemens. (2019, Abril 1). Ofertas de automatización y digitalización [En línea]. Disponible en: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1560394898.6875660b-c62c-4b9d-80d2-7fba82966df4.1819-df-fa-pa-ofertas-edicion-2019.pdf>
- [32] A. Barrio, *Internet de las cosas*, 1ra. ed. Madrid, España: REUS, 2018.
- [33] O. Quiñonez, *Internet de las cosas (IoT)*, 1ra. ed. California, EE.UU.: IBUKKU, 2019.
- [34] Velogig. (2019, Junio 25). Internet de las Cosas (IoT) [En línea]. Disponible en: <https://velogig.com/que-es-como-funciona-y-cual-es-el-futuro-del-internet-de-las-cosas-iot/>
- [35] D. Mikelsten, *Automatización y tecnologías emergentes*, 1ra. ed. Madrid, España: Cambridge Stanford Books, 2016.
- [36] Connect Americas. (2019, Febrero 24). Ubidots [En línea]. Disponible en: <https://connectamericas.com/es/company/ubidots>
- [37] Ubidots. (2011, Enero 30). Decisiones de impulso de datos [En línea]. Disponible en: <https://ubidots.com/>
- [38] Siemens. (2018, Octubre 1). Soluciones para formación. Productos de automatización y digitalización 4.0 [En línea]. Disponible en: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:0f07ad77-70da-41f5-b1c6-1b4e9b33f15f/catalogo-soluciones-sce-2019.pdf>

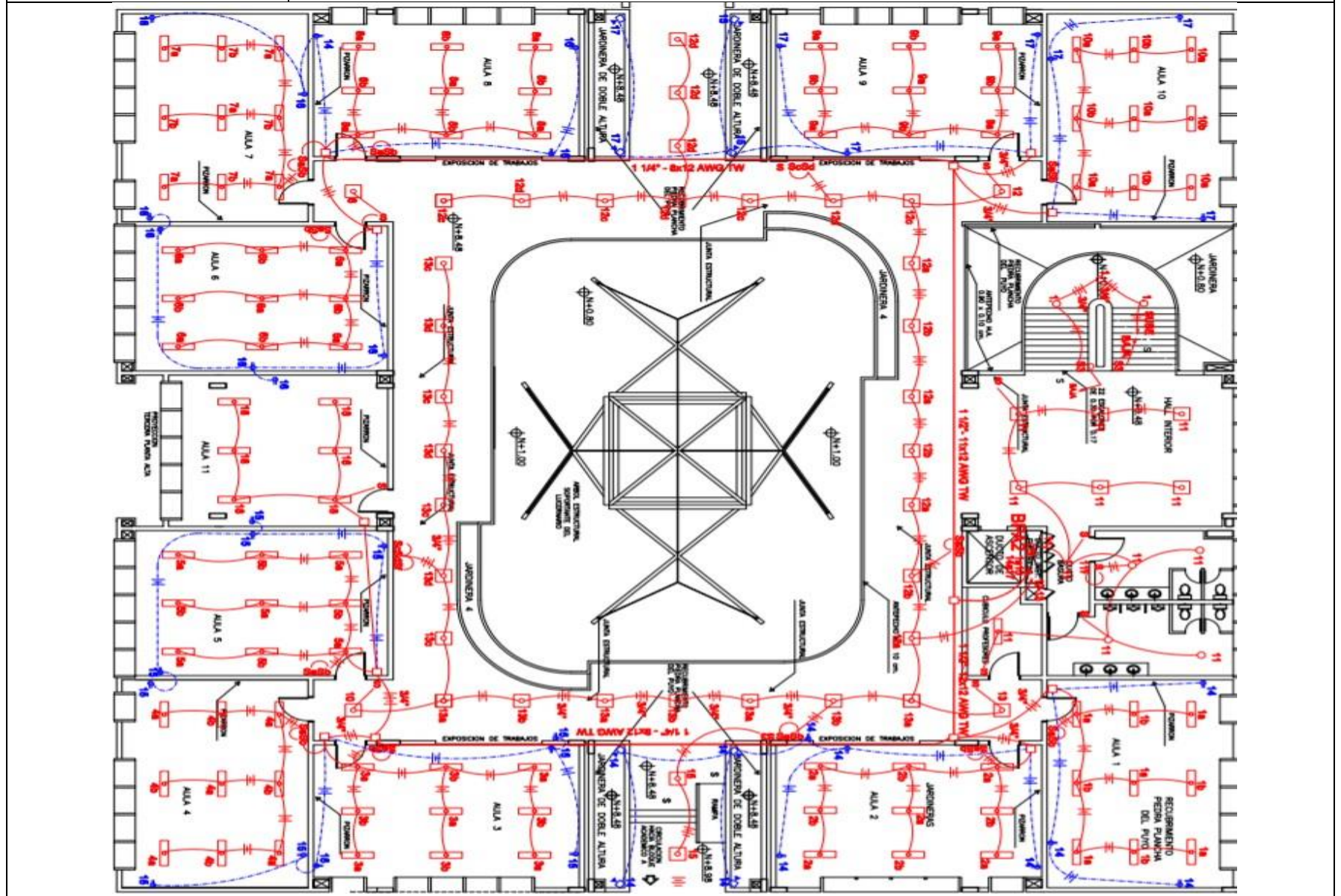
- [39] Node-RED. (2018, Febrero 2). Node-RED v1.1.3 [En línea]. Disponible en: <https://nodered.org/#get-started>
- [40] J. Martín, *Máquinas eléctricas*, 1ra. ed. Madrid, España: Editex, 2012.
- [41] Circutor. (2015, Enero 28). Transformador de corriente de núcleo partido para medida [En línea]. Disponible en: http://circutor.com/docs/FT_TP_SP.pdf
- [42] DIXSEN. (2014, Enero 23). Transformadores de corriente para medida de núcleo partido, serie DP [En línea]. Disponible en: <http://www.web.clas.cl/imgmodulo/archivos1/273.pdf>
- [43] S. Ramírez, *Redes de distribución de energía*, 3ra. ed. Colombia: UNAL, 2003.
- [44] P. Méndez, “Gestión de la demanda de energía eléctrica en la empresa CARTOPEL de Cuenca”, Tesis Ing., UCuenca, Cuenca, Ecuador, 2013.
- [45] ARCONEL. (2018, Diciembre 28). Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica. Regulación No. ARCONEL 005/18 [En línea]. Disponible en: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf.pdf>
- [46] A. Ibujés y W. Rueda, “Diagnóstico energético del sistema de suministro eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi”, Tesis Ing., UTC, CIYA, Latacunga, Ecuador, 2017.

10. ANEXOS









UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

AUTORES MUÑOZ NOROÑA RAUL ALEJANDRO; TAPIA CLAUDIO RICAR ALEXANDER							
UBICACIÓN: PLANTA BAJA BLOQUE B (ASO. PROFESORES)							
ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN %	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN (h)	ENERGIA CONSUMIDA (kwh)
1	Computadoras	50	400	80	16000	8	3840
2	Toma Corrientes	15	200	80	2400	10	720
3	Iluminacion florecente 2 tubos	30	40	60	720	8	172,8
4	Iluminacion florecente 3 tubos	8	30	50	120	8	28,8
5	Proyector Spot	4	20	50	40	4	4,8
6	Proyectores	4	300	40	480	6	86,4
					19760		4852,8
UBICACIÓN: PLANTA BAJA BLOQUE B (SALA DE COMPUTO 4-5)							
ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN %	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN (h)	ENERGIA CONSUMIDA (kwh)
1	Computadoras	90	400	70	25200	8	6048
2	Toma Corrientes	15	200	80	2400	10	720
3	Iluminacion florecente 2 tubos	25	40	60	600	8	144
4	Iluminacion florecente 3 tubos	4	30	50	60	6	10,8
6	Proyectores	6	300	70	1260	8	302,4
					29520		7225,2
UBICACIÓN: PLANTA BAJA BLOQUE B (SALA DE COMPUTO 1-2)							
ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN %	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN (h)	ENERGIA CONSUMIDA (kwh)
1	Computadoras	85	400	70	23800	8	5712
2	Toma Corrientes	17	200	80	2720	10	816
3	Iluminacion florecente 2 tubos	22	40	70	616	7	129,36
4	Iluminacion florecente 3 tubos	3	30	50	45	5	6,75
6	Proyectores	4	300	70	840	8	201,6
					28021		6865,71
UBICACIÓN: PLANTA BAJA BLOQUE B (SALA DE COMPUTO 3 Y ASO. EMPLEADOS.)							
ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN %	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN (h)	ENERGIA CONSUMIDA (kwh)
1	Computadoras	55	400	80	17600	8	4224
2	Toma Corrientes	13	200	80	2080	10	624
3	Iluminacion florecente 2 tubos	23	40	70	644	7	135,24

4	Iluminacion florecente 3 tubos	7	30	50	105	5	15,75
6	Proyectores	5	300	70	1050	8	252
					21479		5250,99

UBICACIÓN:	PRIMER PISO BLOQUE B							
ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN N%	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN (h)	ENERGIA CONSUMIDA (kwh)	
1	Computadoras	60	400	80	19200	12	6912	
2	Toma Corrientes	55	200	70	7700	10	2310	
3	Iluminacion florecente 2 tubos	100	40	70	2800	8	672	
4	Iluminacion florecente 3 tubos	50	30	50	750	8	180	
5	Proyector Spot	4	20	40	32	5	4,8	
6	Proyectores	16	300	90	4320	8	1036,8	
7	Aire acondicionado	5	70	30	105	4	12,6	
8	luces empotradas	10	10	50	50	5	7,5	
					34957		11135,7	

UBICACIÓN:	SEGUNDO PISO BLOQUE B							
ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN N%	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN (h)	ENERGIA CONSUMIDA (kwh)	
1	Computadoras	70	400	80	22400	12	8064	
2	Toma Corrientes	90	200	70	12600	8	3024	
3	Iluminacion florecente 2 tubos	120	40	70	3360	8	806,4	
4	Iluminacion florecente 3 tubos	43	30	60	774	8	185,76	
5	Proyector Spot	4	20	40	32	5	4,8	
6	Proyectores	15	300	80	3600	9	972	
7	Aire acondicionado	4	70	30	84	4	10,08	
8	luces empotradas	10	10	50	50	5	7,5	
					42900		13074,54	

UBICACIÓN:	TERCER PISO BLOQUE B							
ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN N%	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN (h)	ENERGIA CONSUMIDA (kwh)	
1	Computadoras	90	400	80	28800	12	10368	
2	Toma Corrientes	85	200	80	13600	10	4080	
3	Iluminacion florecente 2 tubos	125	40	70	3500	8	840	
4	Iluminacion florecente 3 tubos	50	30	60	900	8	216	
5	Proyector Spot	4	20	50	40	5	6	
6	Proyectores	17	300	80	4080	10	1224	
7	Aire acondicionado	5	70	30	105	4	12,6	
8	luces empotradas	15	10	70	105	5	15,75	
					51130		16762,35	

ITEM	APARATOS ELECTRICOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	UTILIZACIÓN N%	DEMANDA UNITARIA (W)	TIEMPO UTILIZACIÓN	ENERGIA CONSUMIDA
------	---------------------	----------	--------------	----------------	----------------------	--------------------	-------------------

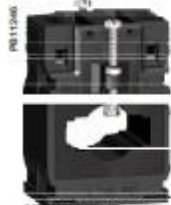
						(h)	(kwh)
1	Ascensor	1	15000	85	12750	12	45900

ANEXO 3

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



METSECT5CCppp



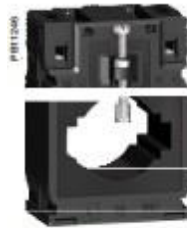
METSECT5MBppp



METSECT5MAppp



METSECT5MCppp



METSECT5MDppp

Transformador de corriente de núcleo sólido tipo C (perfil de cable)

Tipo de perfil interno	Cables (mm)	Barra (mm)	Valor nominal (p/5 A) (A)	Número de referencia comercial
CC	Ø 21	-	40	METSECT5CC004
			50	METSECT5CC005
			60	METSECT5CC006
			75	METSECT5CC008
			100	METSECT5CC010
			125	METSECT5CC013
			150	METSECT5CC015
			200	METSECT5CC020
			250	METSECT5CC025

Transformador de corriente tipo M (perfil mixto para cable/barra)

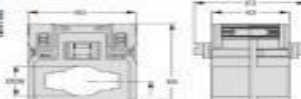
Tipo de perfil interno	Cables (mm)	Barra (mm)	Valor nominal (p/5 A) (A)	Número de referencia comercial
MB	Ø 26	12 x 40 15 x 32	250	METSECT5MB025
			300	METSECT5MB030
			400	METSECT5MB040
MA	Ø 27	10 x 32 15 x 25	150	METSECT5MA015
			200	METSECT5MA020
			250	METSECT5MA025
			300	METSECT5MA030
			400	METSECT5MA040
MC	Ø 32	10 x 40 20 x 32 25 x 25	250	METSECT5MC025
			300	METSECT5MC030
			400	METSECT5MC040
			500	METSECT5MC050
			600	METSECT5MC060
			800	METSECT5MC080
MD	Ø 40	12 x 50 20 x 40	500	METSECT5MD050
			600	METSECT5MD060
			800	METSECT5MD080

Consulte a su representante de Schneider Electric sobre la información completa para realización de pedidos.

Tipo de perfil interno CC



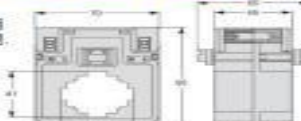
Tipo de perfil interno MB



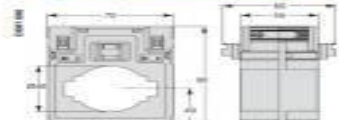
Tipo de perfil interno MA



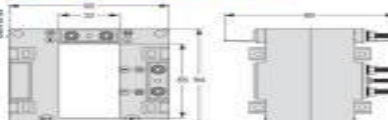
Tipo de perfil interno MC



Tipo de perfil interno MD



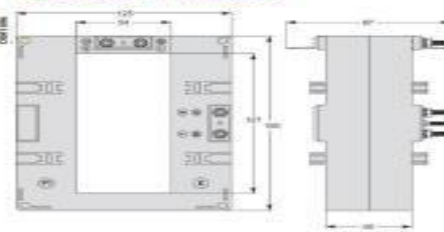
Tipo de perfil interno DA



Tipo de perfil interno DB

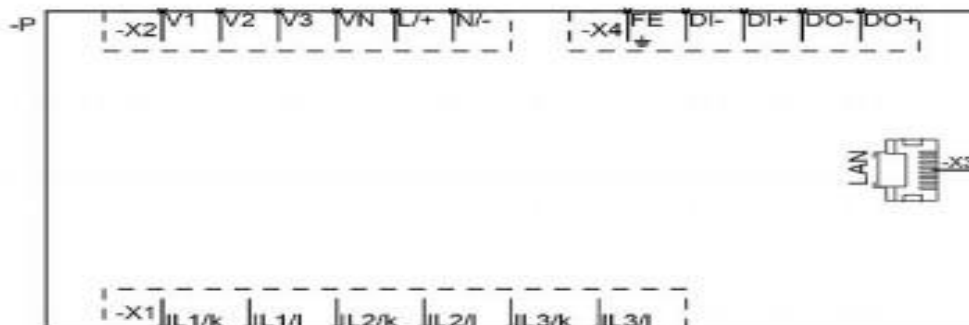
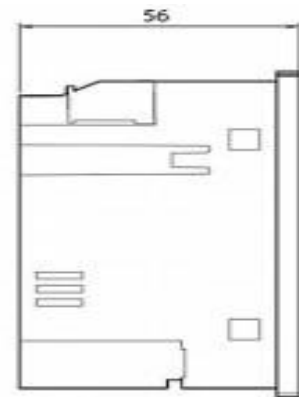
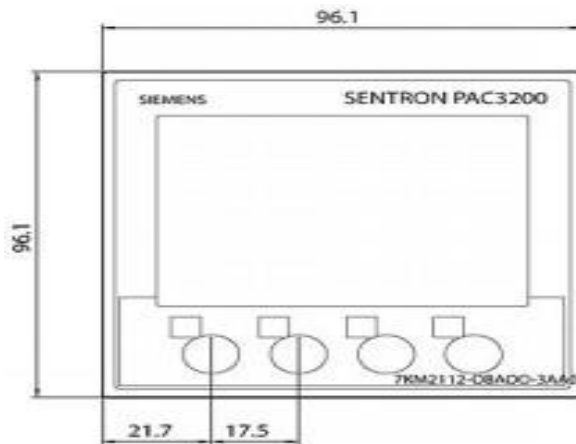


Tipo de perfil interno DC





Multimedidores		SENTRON PAC3100	PAC3200	PAC4200
Resumen de funciones				
Magnitudes básicas de medición				
Tensión, corriente		✓	✓	✓
Corriente del conductor de neutro		✓	--	✓
Potencia aparente, activa, reactiva, factor de potencia		✓	✓	✓
Factor de potencia de la onda fundamental		--	--	✓
Frecuencia	De la fase de referencia	✓	✓	✓
Valores mín. /máx.	Función de medidor esclavo I con fecha y hora	✓ 1--	✓ 1--	✓ 1✓
Medición de energía				
Energía aparente		--	✓	✓
Energía activa, energía reactiva	Entrada I Salida I Balance	✓ 1✓ 1✓	✓ 1✓ 1--	✓ 1✓ 1--
Cantidad de tarifas	Energía aparente, activa y reactiva	3	2	2
Valores energéticos diarios para 365 días	Energía aparente, activa y reactiva	--	--	✓
Registro de consumo de un sub-proceso o proceso de manufactura	Energía aparente, activa y reactiva	--	--	✓
Promedios de energía del último periodo medido	Promedio de energía activa y reactiva con valor mín. / máx.	✓	✓	✓
Registro de perfil de carga		--	--	✓máx. 3840 entradas ¹⁾
Contador de energía para señal S ₀ en la entrada digital	Energía eléctrica I Otros tipos de Energías	-- 1--	✓ 1--	✓ 1✓
Clase de precisión para energía activa	Según IEC 62053-21 / 62053-22	Clase 1	Clase 0.5S	Clase 0.2S
Clase de precisión para energía reactiva	Según IEC 62053-23	Clase 3	Clase 2	Clase 2
Monitoreo del estado de la planta y Calidad de la red				
Pantallas configurables		--	--	4
Contador de horas operativas	Horas operativas de las cargas	--	✓	✓
Valores medios móviles	U, I, S, P, Q, FP	--	--	✓
THD tensión, corriente		--	THD-R	THD
Fuerza de la distorsión de corriente		--	--	✓
Ángulo de fase, ángulo de desplazamiento de fase		--	--	✓
Desequilibrio	Tensión I corriente	--	U _{red} I I _{red} ²⁾	U _{red} I I _{red} ³⁾
Armónicos en tensión, corriente		--	--	3ra a 31ma
Monitoreo de valor límite	Cantidad máxima de valores límite	--	6	12
Lógica booleana	Para valores límite I entradas	-- 1--	✓ 1--	✓ 1✓
Memoria de eventos para eventos relacionados con las operaciones, control y el sistema	Incluye marca de tiempo	--	--	✓ (> 4000 eventos)
Backup de batería para valores mín. / máx.		--	--	✓



Datos técnicos generales:		
Designación del producto		medidor multifunción
Nombre comercial del producto		SETRON
Designación del tipo de producto		PAC32 20
Tamaño constructivo del medidor multifunción / específico de la empresa		tamaño constructivo 96
Versión del producto		Basic
Función del producto		
• medición de la tensión		Si
• medición de la corriente		Si
• medición de la potencia activa		Si
• medición de la potencia reactiva		Si
• medición de impulsos		Si
• medición de la frecuencia		Si
Tiempo medio entre fallos (MTBF)	a	185,8
Número de referencia del material		
• según DIN 40719 y ampliado con la norma IEC 204-2 / según IEC 750		P
• según EN 61346-2		P





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVESIDAD



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Alejandro Muñoz Ricañar Tapia	Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena M.Sc.	Ing. Eduardo Hinojosa.
Firmas: _____ _____	Firma: _____	Firma: _____

ANEXO 5	1 OBJETIVO
----------------	-------------------

Efectuar el correcto manejo del tablero de control basándose del sistema del encendido de esta menea verificar que todos los elementos se relacionan en el sistema de medición.

2	INTRODUCCIÓN
----------	---------------------

El presente manual tiene como objetivo reunir un conjunto de funciones para el correcto manejo del sistema de control y monitoreo de datos. Por consiguiente, verificar que la pasarela SIMATIC IOT2040 y el medidor de energía Sentron pac3220 estén enfocados correctamente todo esto tendrá como propósito registrar datos relevantes.

El manual de funcionamiento proporciona información que está conformado por pasos a seguir para el manejo del tablero de control, todo esto será de gran ayuda para cumplir a cabalidad los objetivos y metas planteadas para este proyecto.

3	PASOS PARA FUNCIONAMIENTO DEL ENCENDIDO DEL TABLERO DE CONTROL.
----------	--

- 1) Verificar que la luz piloto azul este prendida, de no ser así visualizar los Breakers.



- 2) Analizar que los Breakers estén en el lugar de encendido para tablero de control.



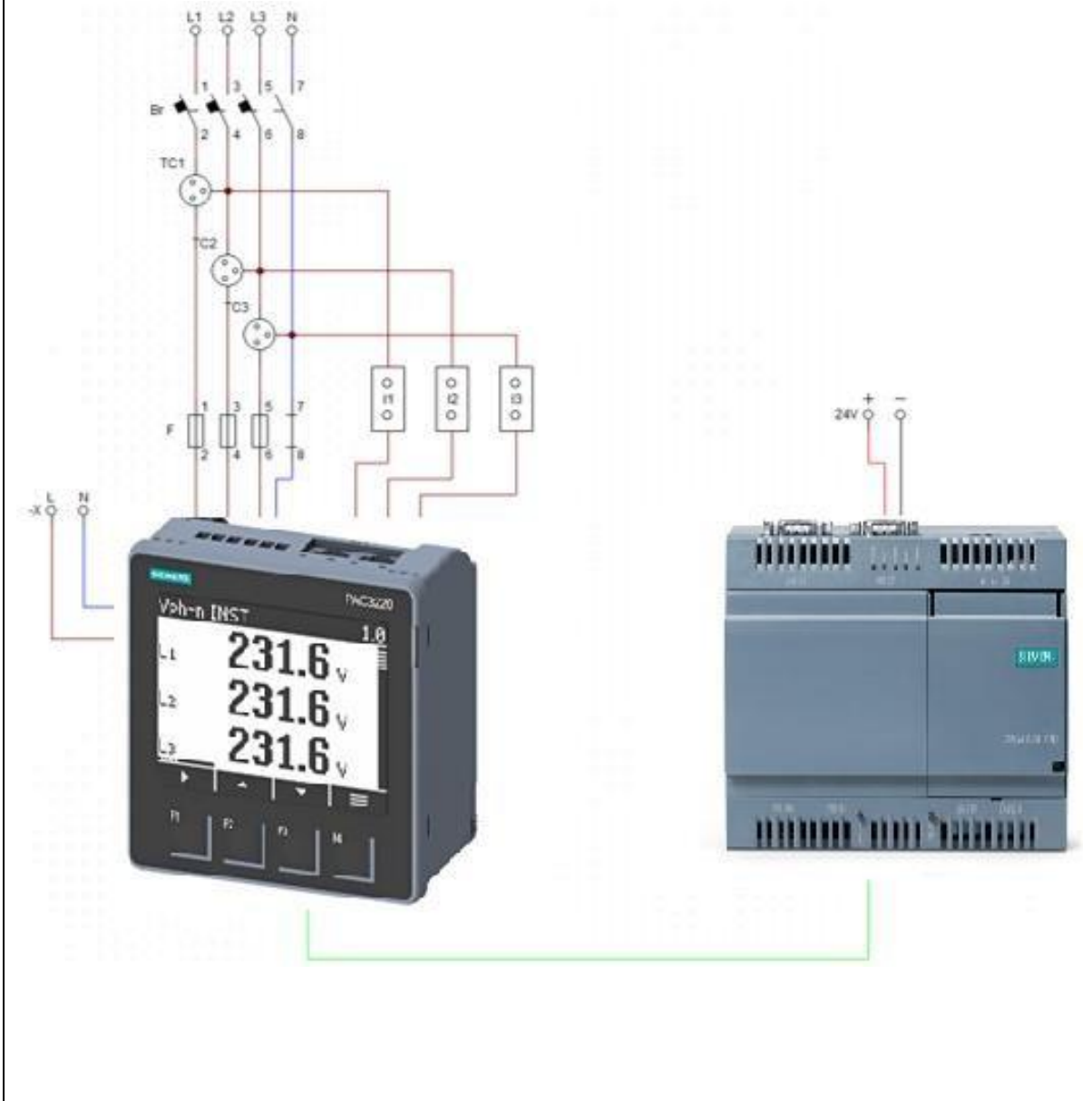
- 3) Observar que el medidor de energía Sentron Pac3220 se prenda completamente.



- 4) Observar que la Pasarela SIMATIC IOT2040 se prenda con tal normalidad, para proceder al encendido de la computadora para poder observar las variables eléctricas.

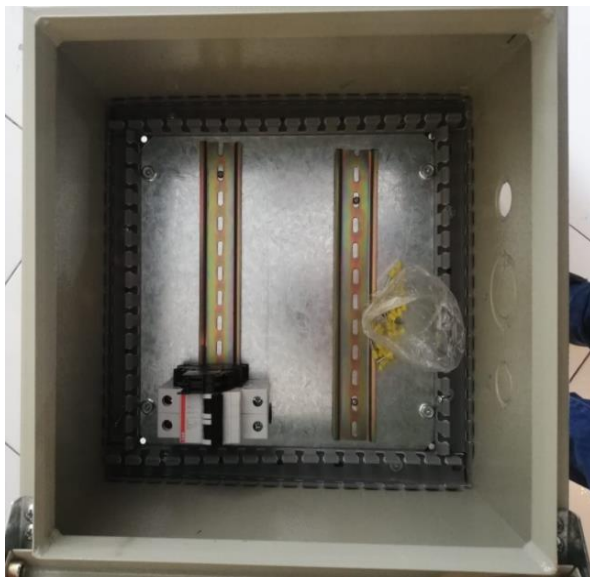


4	RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none">➤ En el manual de funcionamiento se distingue los procedimientos a realizarse dentro del tablero de control.➤ Visualizar de manera adecuada las diferentes variables eléctricas que surge del funcionamiento el sistema.➤ Verificar que los altos voltajes se encuentren en un correcto estado, de tal modo precautelar cualquier riesgo eléctrico.	

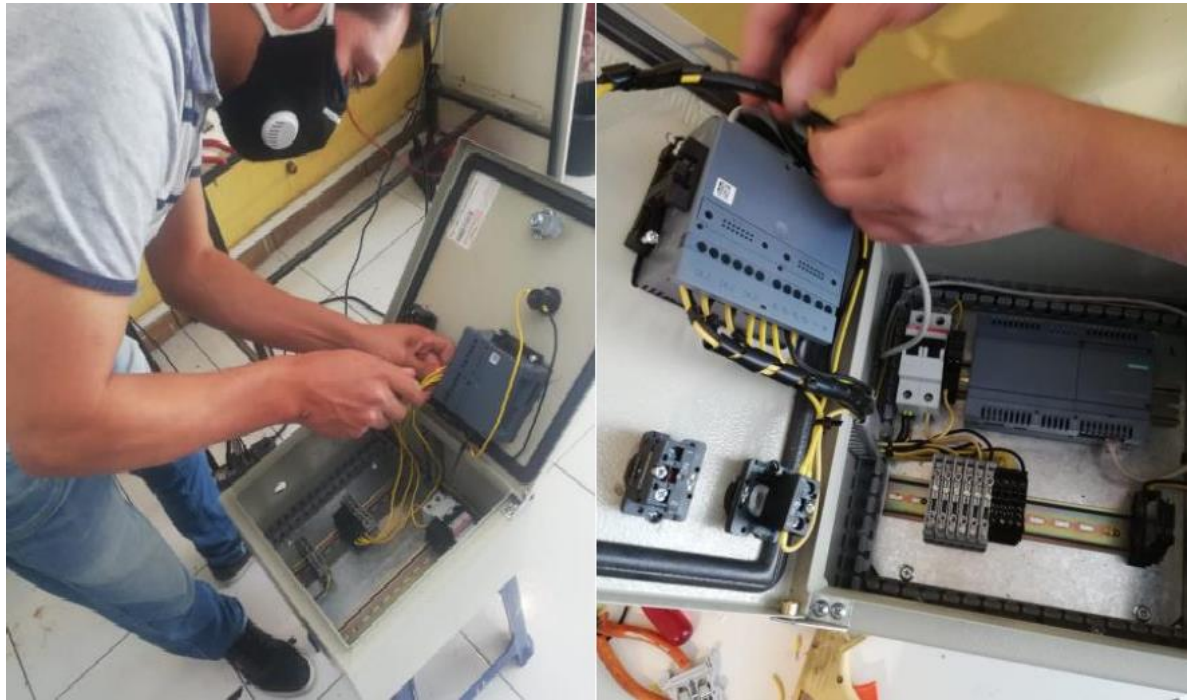




Fotografía 1. Perforaciones en el gabinete metálico para sujetar los materiales.



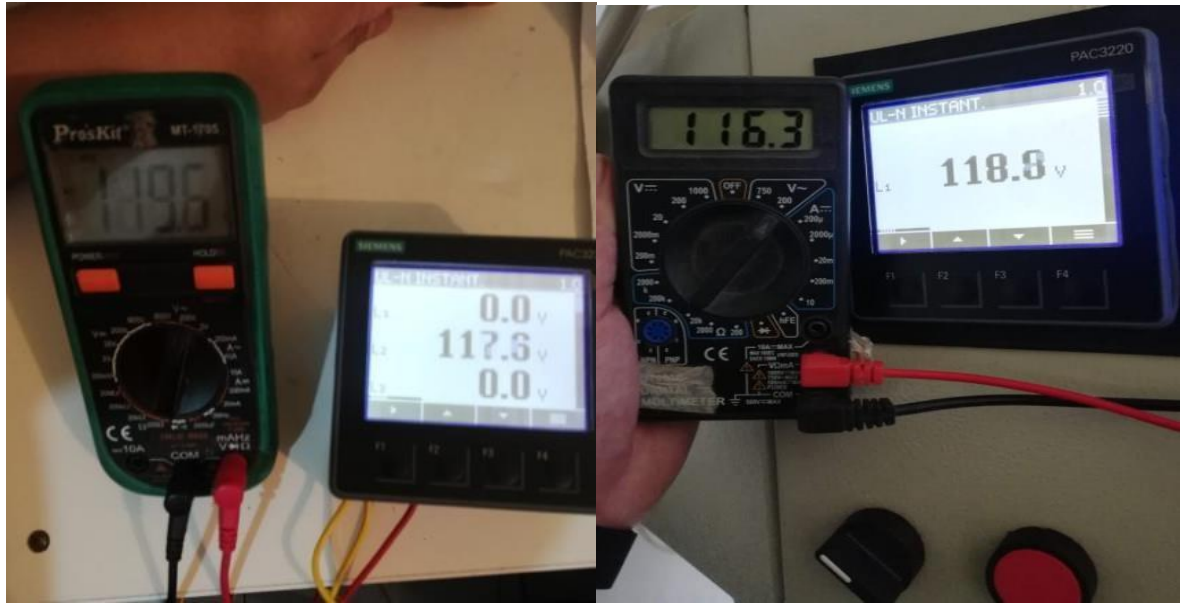
Fotografía 2. Colocación de los equipos dentro del gabinete metálico.



Fotografías. Conexión de los equipos.



Fotografías. Colocación del transformador de corriente en cada una de las fases.



Fotografías. Energización con la red monofásica.



Fotografías. Tablero finalizado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

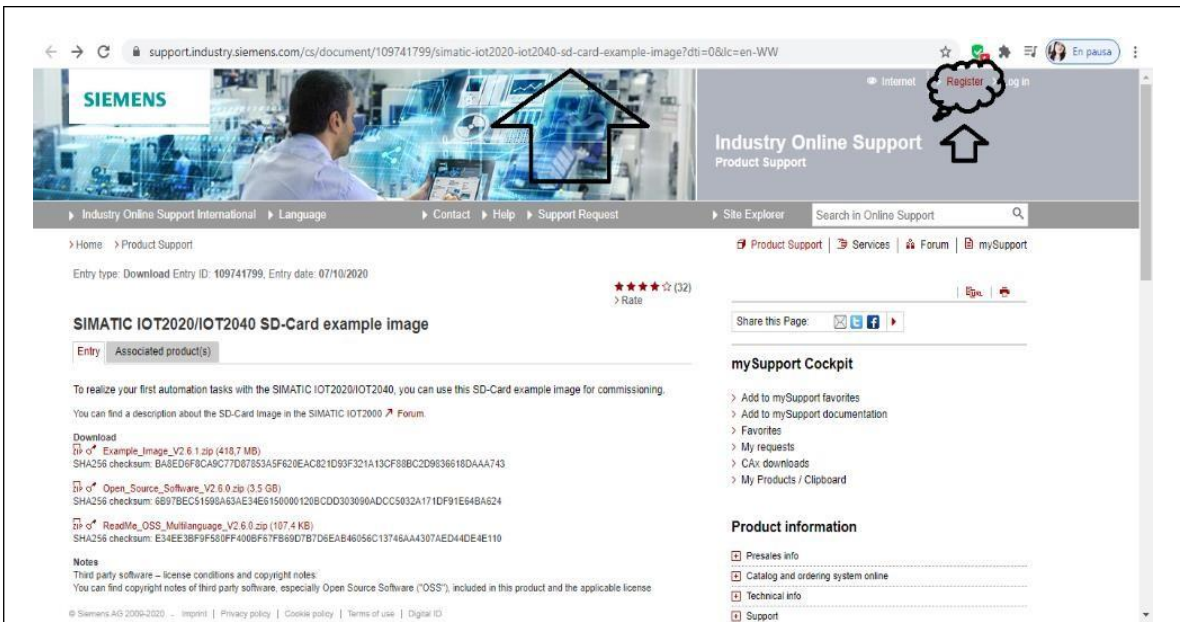
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

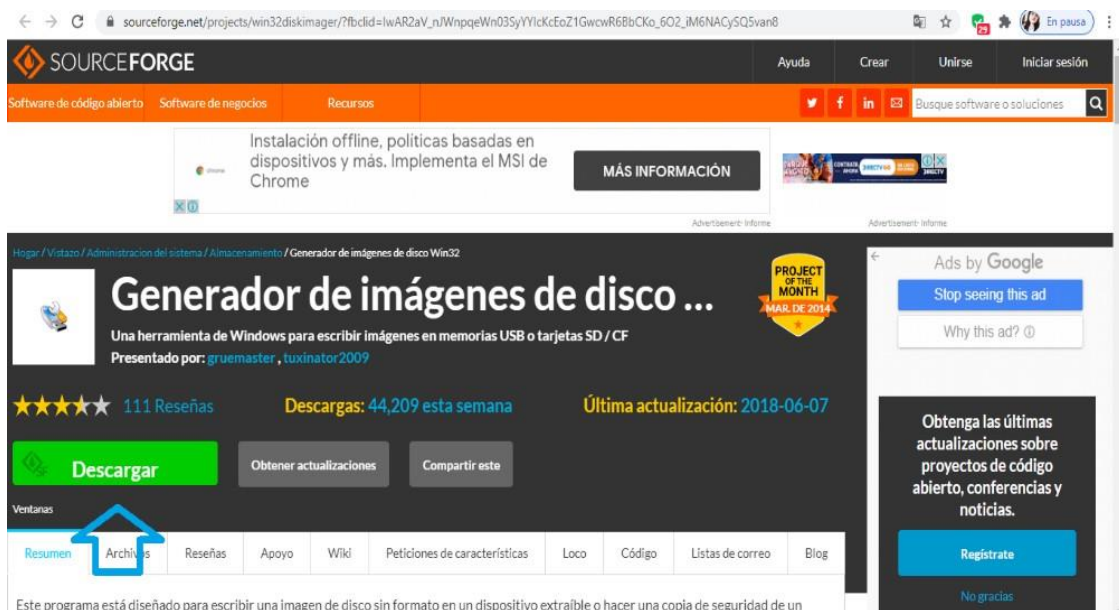
MANUAL DE PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL TABLERO PRINCIPAL DEL BLOQUE B DE LA UNIVESIDAD

LATACUNGA- COTOPAXI- ECUADOR

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Alejandro Muñoz Ricañar Tapia	Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena M.Sc.	Ing. Eduardo Hinojosa.
Firmas: _____ _____	Firma: _____	Firma: _____



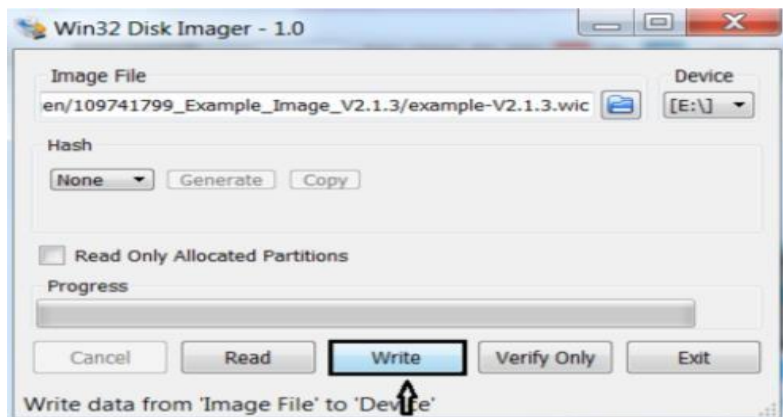
Inicialmente debemos estar registrados en el foro de siemens SIMATIC IoT2040 por el siguiente enlace <https://support.industry.siemens.com/tf/ww/conf/60/>. Por lo cual el sistema operativo Yoctu Linux provee con algunas configuraciones ventajosas para proyectos con el IoT2040.



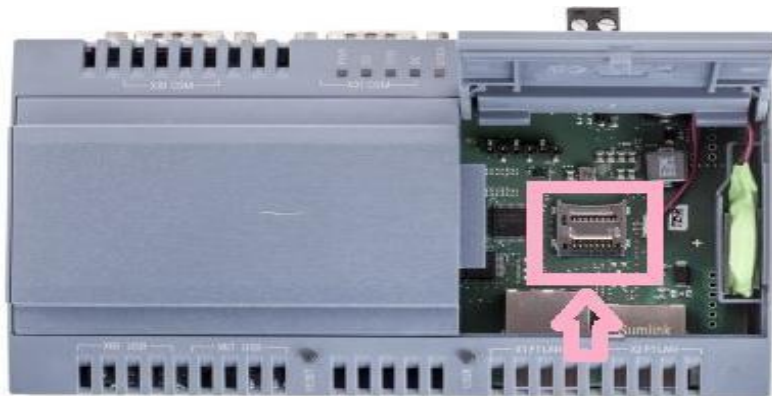
En el siguiente enlace <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/> se podrá descargar el programa Win32DiskImager, para instalar la imagen en la tarjeta de memoria, después introducirla en el iot2040.

Inicialmente debemos estar registrados en el foro de siemens SIMATIC IoT2040 por el siguiente enlace <https://support.industry.siemens.com/tf/ww/conf/60/>. Por lo cual el sistema operativo Yoctu Linux provee con algunas configuraciones ventajosas para proyectos con el IoT2040.

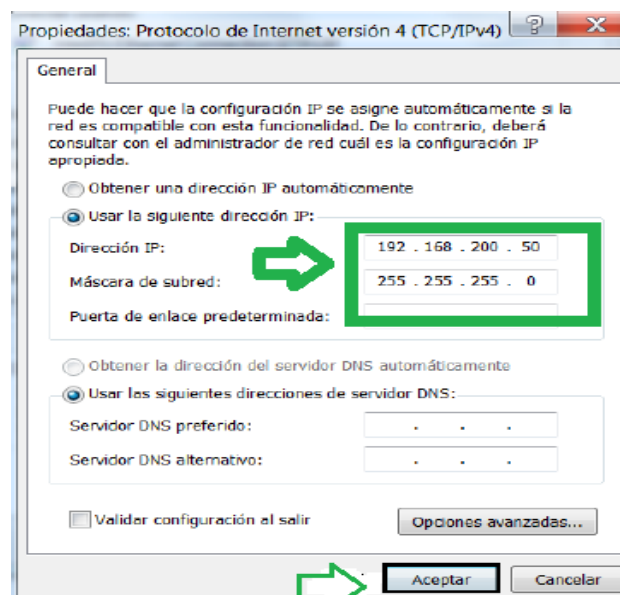
Vale recalcar que para introducir la MicroSD debemos formatearla, para poder escribir la imagen. Seguidamente se abre el programa se selecciona el archivo, wic de la imagen y se especifica la unidad en la que se encuentra la MicroSD.



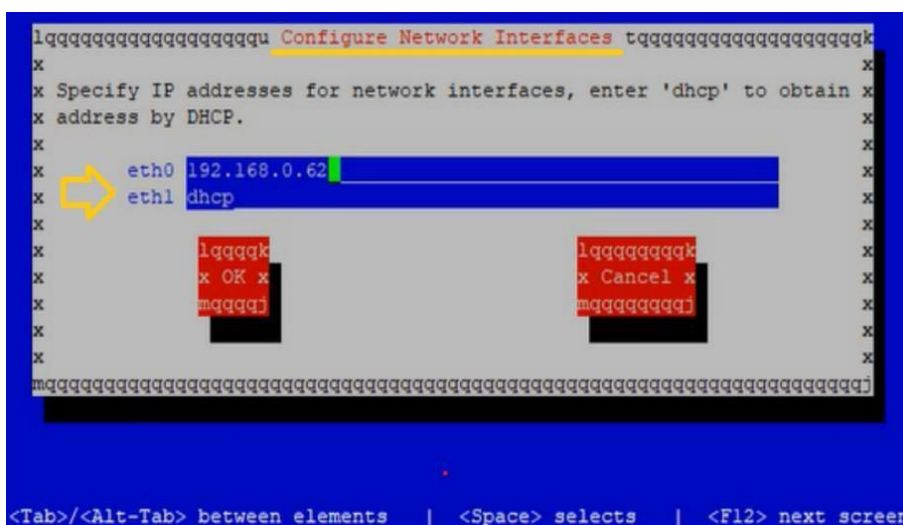
Comenzaremos por introducir la tarjeta MicroSD en el SIMATIC IOT2040, seguidamente a ello conectarlo a la red por un medio de un cable Ethernet RJ-45 y para conectarlo a internet por medio del puerto X2P1 LAN.



La dirección IP 192.168.200.1 preestablecida en el SIMATIC IOT2040 debe ser modificada y asignada una IP dentro de la misma red a la computadora, desde la cual se pretende acceder. La dirección IP que se encuentra dentro de los rangos 192.168.200.2 – 192.168.200.254



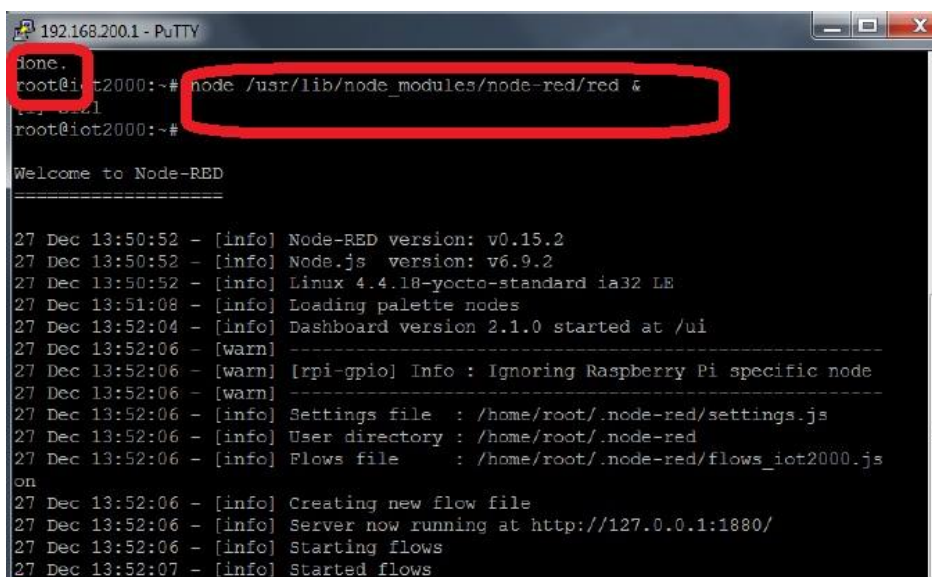
Se puede observar la configuración del software Putty se selecciona la conexión por SSH y se escribe la dirección del IoT2040. Para ello el dispositivo debe estar conectado con el cable Ethernet a la PC.



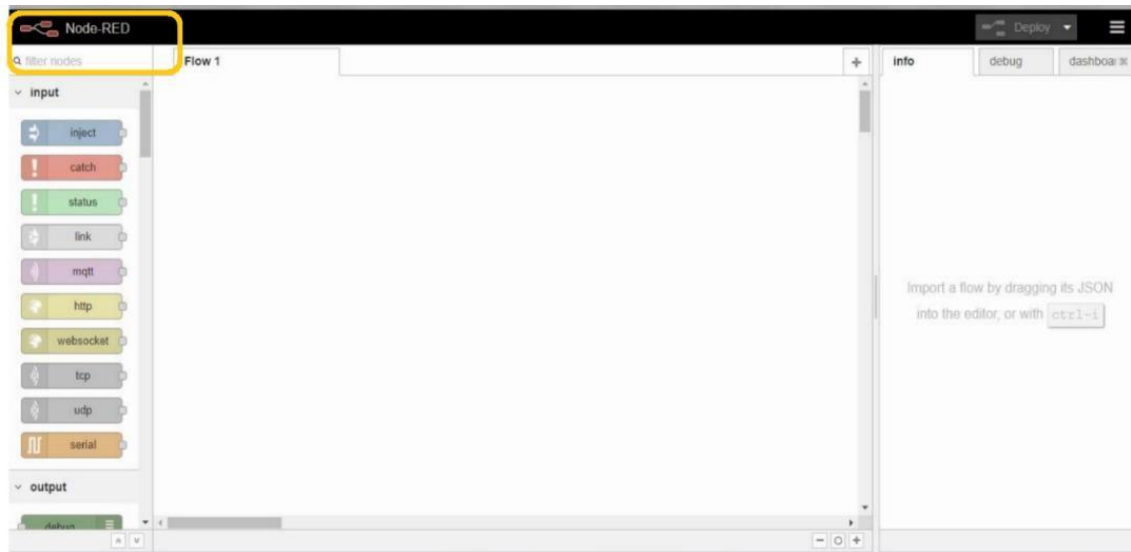
En la siguiente figura 33 se puede ver cómo llegar hasta Networking, introduciendo la IP del IoT para la comunicación del puerto XP1 mientras se mantiene en DHCP (Protocolo de configuración dinámica de host), la segunda comunicación del puerto XP2 será quien establezca el acceso a internet y mediante una conexión ilimitada deberá estar conectada aun patch core.

Instalación y Configuración del Node-RED


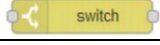
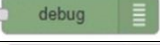
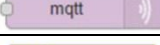
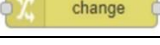
Para la configuración de herramientas del visual Node-RED esta herramienta se basa en nodos que ya tienen una función programada, por lo tanto una configuración de los nodos es definir el flujo del programa a través de la conexión de los nodos. Introducir la nueva dirección IP en el software Putty luego ejecutar el comando root para después iniciar Node-RED y luego digitar el comando: “node /usr/lib/node_modules/node-red/red&”.



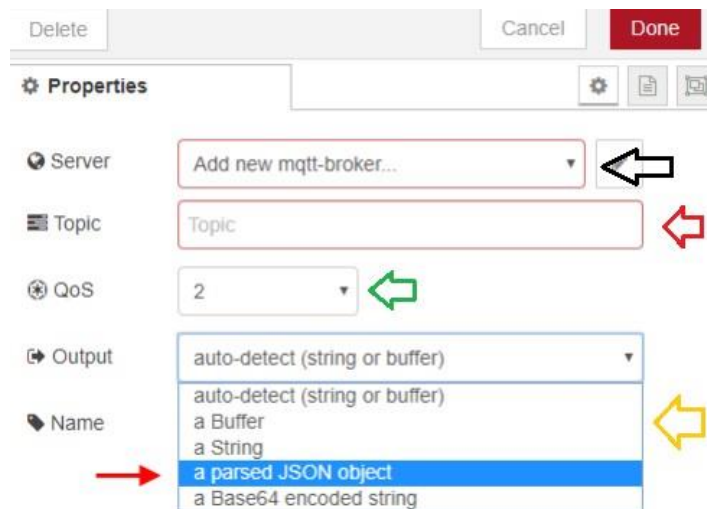
Seguidamente con la dirección IP se puede ingresar al sitio web de Node-RED en donde se puede realizar la configuración de los nodos en una red local (Local Host).



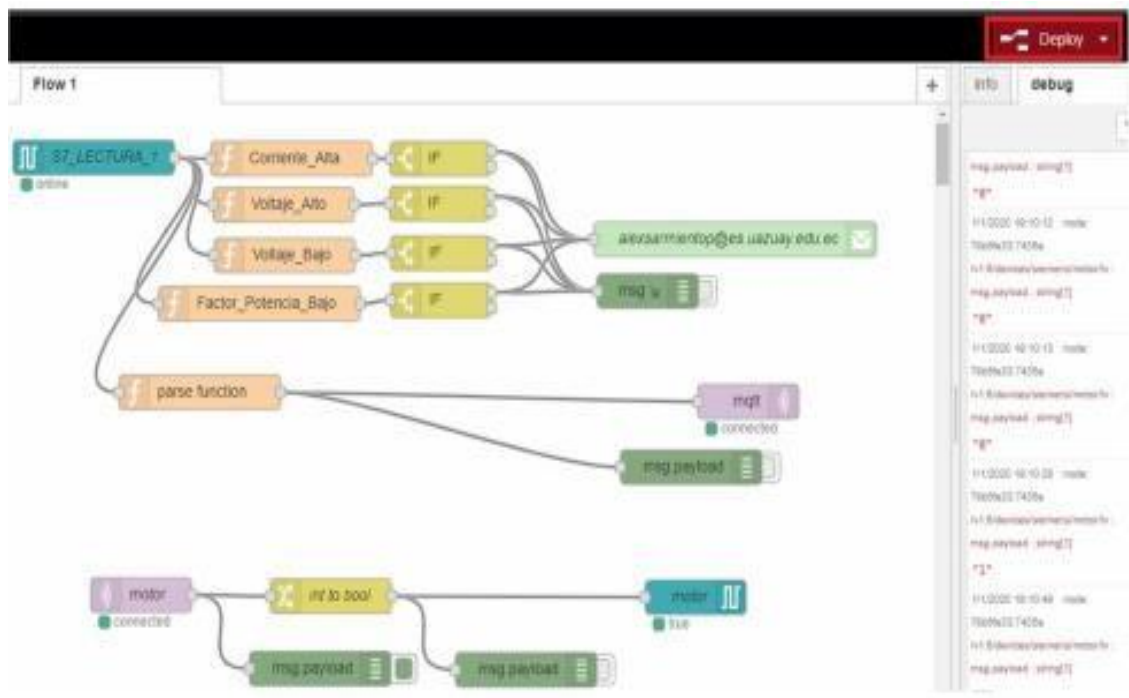
Para implementar el flujo en el Node- Red de nuestro programa vamos a utilizar los siguientes nodos como se muestra en la tabla

Nodo	Tipo	Gráfica
Function	Function	
Switch	Function	
Debug	Output	
MQTT	Output/ Input	
Change	Function	

De la librería de nodos se selecciona el nodo al sitio de configuración, haciendo doble click, se despliega los parámetros solicitados a configurar sobre el proyecto.



Finalmente, configurado todos los nodos se procede a ejecutar presionando el botón deploy.

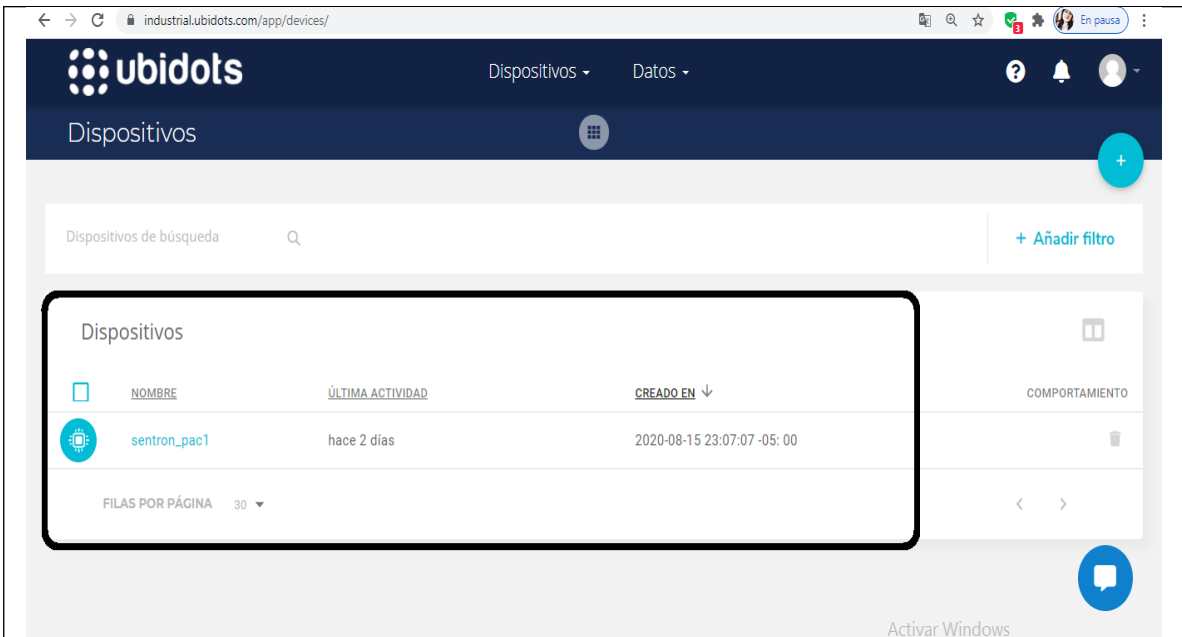


Configuración en la plataforma web Ubidots

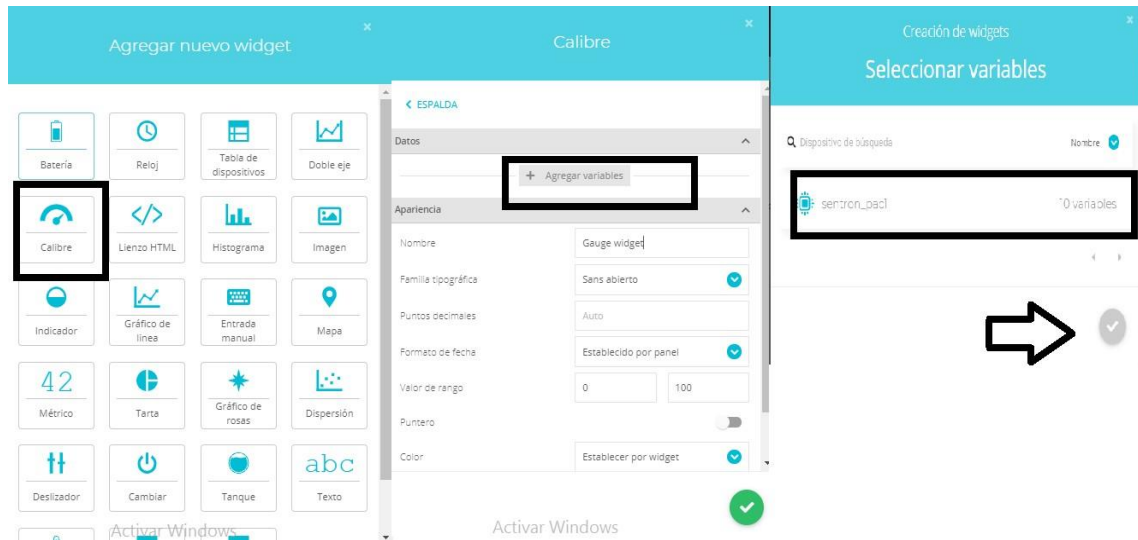
Cabe recalcar que debe seleccionar una plataforma compatible con el software utilizado. El Ubidots contiene los requerimientos necesarios para registrar las variables eléctricas que explora el Node-RED hacia el sitio web. Para ello debe registrarse en la plataforma creando un usuario.



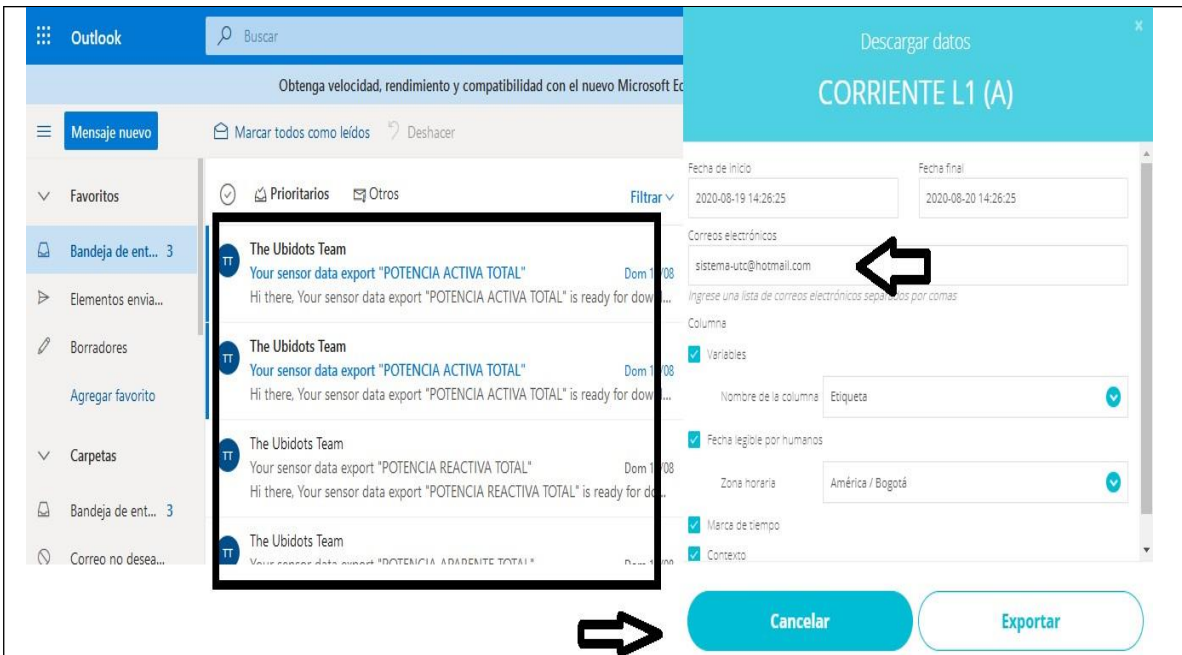
Se verifica la conexión del protocolo MQTT hacia la aérea de trabajo de Node-RED, donde se puede obtener los nodos y flujos correspondientes para una interfaz de visualización, por lo cual selecciona la pestaña “SENTRON PAC” donde muestran que tienen los nombres que se enviaron por el protocolo mencionado.



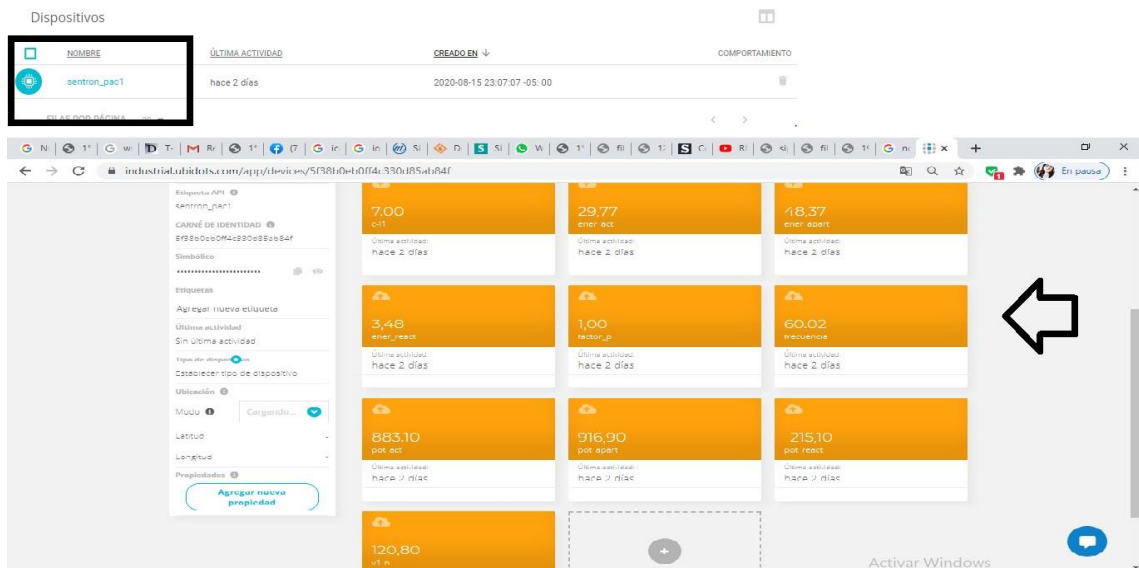
Para mayor detalle de algunas variables eléctricas, fue necesario crea un Dashboard en la parte primordial de la plataforma, se debe seleccionar agregar variable para poder analizar el parámetro eléctrico que tiene el dispositivo.



Seguidamente una vez creado todas las variables eléctricas con Dashboard, para analizar los datos de cada variable es necesario tener un correo vinculada con la plataforma Ubidots, donde debe seleccionar en descargar y así poder observar todos los datos almacenados de todos los parámetros, por lo tanto, podrán exportar al correo que se haya vinculado.



Finalmente se debe ingresar al Dashboard creado con el nombre que fue asignado, para poder acceder a todas las variables eléctricas que contiene la plataforma.



Comunicación de SENTRON PAC 3220 con PC mediante Protocolo Modbus TCP/IP.

Primeramente, para la comunicación Ethernet se requiere un conector RJ45, seguidamente el soporte de Modbus TCP/IP a través de la interfaz de comunicación será la siguiente. El dispositivo por defecto su configuración de protocolo se encuentra establecida por “SEAbus”.

```
COMUNICACIÓN  @21.6
DIR. MAC      237A0000403A
DIR. IP       0.0.0.0
SUBNET        0.0.0.0
GATEWAY       0.0.0.0
PROTOCOLO    SEAbus TCP
ESC | ▲ | ▼ | EDIT.
```

Para que el Modbus pueda transmitir datos, debemos establecer la comunicación TCP/IP entre cliente y servidor, en el servidor el número de puerto asignado para la ejecución de Modbus es 502.

```
COMUNICACIÓN  @21.6
DIR. MAC      237A0000403A
DIR. IP       192.168.0.000.000
SUBNET        0.0.0.0
GATEWAY       0.0.0.0
PROTOCOLO    SEAbus TCP
ESC | + | → | OK
```