



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGÍA Y CONSUMOS EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°2 EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020.

Proyecto de Titulación presentado-previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Moreta Corella Daniela Elizabeth

Venegas Paute Edgar Eduardo

Tutor:

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. MSc.

LATACUNGA – ECUADOR
Septiembre 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Los postulantes, Daniela Elizabeth Moreta Corella y Edgar Eduardo Venegas Paute declaran ser autores del presente Proyecto de Investigación: “**SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020**”, siendo el Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. MSc., tutor del presente trabajo; se excluye expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de exclusiva autoría.

Latacunga, septiembre 2020.

AUTORES

Daniela Elizabeth Moreta Corella
C.C.: 171753631-0

Edgar Eduardo Venegas Paute
C.C.: 230003017-4



AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título: **“SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACIÓN N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020.”**, de la Srta Daniela Elizabeth Moreta Corella y el Sr. Edgar Eduardo Venegas Paute, 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 Proyecto que el Honorable Consejo Académico 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.

TUTOR

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena, MSc.
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 Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Daniela Elizabeth Moreta Corella y Edgar Eduardo Venegas Paute con el título de Proyecto de Investigación: **“SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del 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. Marco Aníbal León Segovia. MSc.
C.C.: 050230540-2

Lector 2

Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza. MSc.
C.C.: 180416535-3

Lector 3

Ing. Manuel Ángel León Segovia. MSc.
C.C.: 050204135-3



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Latacunga, septiembre 2020

PhD. Secundino Marrero

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD

Facultad de Ciencia de Ingeniería Aplicadas

Universidad Técnica de Cotopaxi

Ciudad. -

Quien suscribe, en calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, CERTIFICO que los postulantes Daniela Elizabeth Moreta Corella con C.C. 171753631-0 y Edgar Eduardo Venegas Paute con C.C. 230003017-4, implementaron en las instalaciones de la institución el proyecto de propuesta tecnológica titulado: “SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020”. En la ejecución de dicho proyecto los Sres. demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad; así también generaron resultados que les serán de gran utilidad al área de electricidad, por cuanto se enfocaron en solucionar problemas inherentes al monitoreo de la calidad de energía.

Durante su trabajo los Sres. en mención se hicieron acreedores de nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y profesionalismo demostrado.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Atentamente;

Ing. Secundino Marrero Ramírez. PhD.
C.C.: 175710790-7

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por guiarme y estar a mi lado a lo largo de mi carrera, por ser mi luz y fortaleza en momentos de debilidad y por darme una vida colmada de aprendizajes, experiencias y mucha prosperidad.

Le doy gracias a mi mami Nancy y a mis abuelitos Clemente y Yolita, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han enseñado, y por concederme una educación excelente en el transcurso de mi vida.

A Mau, por ser alguien muy importante en mi vida, por haberme apoyado en los días buenos y malos, brindarme mucha felicidad y sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A Nyan, Anny y Darly por estar a mi lado incondicionalmente, siempre sacarme una sonrisa y hacer más alegres mis días.

A mi mejor amigo Jei, por los instantes que pasamos juntos, las noches de estudio y los momentos de felicidad a su lado.

Daniela Elizabeth

AGRADECIMIENTO

Extiendo mi agradecimiento principalmente a Dios por haberme dado la vida y salud, y verme cuidado en todo momento en mi etapa estudiantil.

De igual forma expreso mis agradecimientos a mi prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, a mis compañeros y docentes por alentarme con palabras de aliento para seguir adelante en mi carrera.

Doy gracias a mis hermanos por brindarme el apoyo emocional en todo momento, también a mis padres por el amor, cariño, confianza y apoyo económico e incondicional que me ha dado.

Edgar Eduardo

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico principalmente a mi mami y a mis abuelitos, quienes fueron los que me brindaron su apoyo en días buenos y malos, me alentaron a seguir adelante y a luchar por mis metas es por ellos que estoy aquí.

Quiero además dedicar esta tesis a mi familia por su apoyo incondicional, ya que a pesar de las dificultades que tuve en mi camino siempre me apoyaron en mis sueños y objetivos.

Daniela Elizabeth

DEDICATORIA

Se lo dedico fundamentalmente a Dios, por darme la gracia y haberme ayudado durante estos años ya que el sacrificio fue muy grande, pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas de la institución y a cada uno de los docentes que impartieron sus conocimientos. A mis compañeros por brindarme no solo su amistad, sino que también su apoyo en cuanto a estudios.

De igual forma a mis padres y hermanos por ser ellos los motores, los mismos que me han impulsado a través de sus consejos a no decaer y seguir esforzándome, por su cariño, apoyo moral y económico que recibí con el cual logré culminar una meta más.

Edgar Eduardo

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE GENERAL	x
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE GRÁFICOS	xiv
INDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE	3
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO	4
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	4
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	6
2.5.1 Objeto de estudio.....	6
2.5.2 Campo de acción.....	6
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	7
2.6.1 Situación problemática	7
2.6.2 Problema	8
2.7. HIPÓTESIS	9

2.7.1 Declaración de variables	9
2.7.2 Operacionalización de las variables	10
2.8. OBJETIVOS	11
2.8.1 General.....	11
2.8.2 Específicos	11
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	11
3. MARCO TEÓRICO	14
3.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	14
3.2.2 Sistema de control.....	15
3.2.2.1 SCADA	15
3.2.3 Protocolos de comunicación	16
3.2.3.1 OSI.....	16
3.2.3.2 TCP/IP	17
3.2.4 Topologías de redes.....	18
3.2.4.1 Estrella	18
3.2.4.2 Anillo	19
3.2.4.3 Bus	19
3.2.5 Node Red... ..	20
3.2.6 ThingSpeak... ..	21
3.2.7 SIMATIC WinCC.....	22
3.2.8 SENTRON PAC 3220... ..	23
3.2.9 SIMATIC IOT 2000.....	23
3.2.10 Interfaces de comunicación.....	24
3.2.10.1 RJ-45.....	24
3.2.11 Buses de campo.....	25
3.2.11.1 Modbus	25
3.2.12 Cámara de transformación... ..	26
3.2.12.1 Partes fundamentales.....	27
3.2.12.2 Equipos eléctricos	28
3.2.13 Tipos de carga.....	29
3.2.13.1 Cargas Lineales.....	29

3.2.13.2 Cargas No Lineales	30
3.2.14 Parámetros eléctricos	30
3.2.15 Perturbaciones en los sistemas eléctricos.....	33
3.2.15.1 Variaciones de larga duración.....	34
3.2.15.2 Distorsión de la forma de onda	34
3.2.16 Estandarización y normas.....	34
4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	36
4.1. METODOLOGÍA DE LA BIBLIOGRAFÍA.....	36
4.2. TÉCNICAS	37
4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	37
4.4.1. Caracterización del sistema de monitoreo eléctrico.....	37
4.4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 1	41
4.4.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 2	45
4.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 3	48
4.4.3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 4.....	49
5. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	58
5.1. PRESUPUESTO	58
5.1.1 Análisis Económico	60
5.1.5 SOLUCION PARCIAL	64
5.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	64
5.2.1 Impacto social.....	64
5.2.2 Impacto económico.....	65
5.2.3 Impacto técnico.....	65
5.2.4 Impacto ambiental.....	65
5.2.5 Verificación de la hipótesis.....	66
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
6.1. CONCLUSIONES	66
6.2. RECOMENDACIONES.....	67
7. REFERENCIAS.....	68
8. ANEXOS.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Constelación de ideas de la variable independiente	14
Figura 2: Constelación de ideas de la variable dependiente	15
Figura 3: Distribución de capas modelo OSI.....	17
Figura 4: Comparativa modelo OSI y modelo TCP/IP	18
Figura 5: Topología estrella.....	19
Figura 6: Topología anillo	19
Figura 7: Topología bus	20
Figura 8: Node Red.....	21
Figura 9: Plataforma ThingSpeak	22
Figura 10: SENTRON PAC 3220.....	23
Figura 11: SIMATIC IOT 2000.....	24
Figura 12: Cable directo T568B	25
Figura 13: Equipos Siemens que trabajan bajo Modbus.....	26
Figura 14: Ondas de voltaje y corriente de una carga lineal y no lineal	29
Figura 15: Diagrama del Sistema de Monitoreo Eléctrico	43
Figura 16: Diagrama de flujo de automatización del sistema de monitoreo eléctrico	44
Figura 17: Esquema general del sistema de monitoreo eléctrico	45
Figura 18: Diagrama de proceso del sistema de monitoreo eléctrico	47
Figura 19: Diagrama eléctrico del SME.....	48
Figura 20: Conexión de SENTRON PAC 3220 y TC.....	49
Figura 21: Grafica Voltaje línea 1	50
Figura 22: Grafica Corriente línea 1	51
Figura 23: Grafica potencia aparente línea 1	51
Figura 24: Grafica potencia activa línea 1	52
Figura 25: Grafica potencia reactiva línea 1	52
Figura 26: Grafica frecuencia línea 1	53
Figura 27: Grafica energía activa línea 1	53
Figura 28: Grafica energía aparente línea 1	54
Figura 29: Grafica energía reactiva línea 1	54
Figura 30: Grafica factor de potencia línea 1	55
Figura 31: Grafica factor de potencia línea 1	55

Figura 32: Grafica THD de corriente linea 1 56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente.....	10
Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente.....	10
Tabla 3: Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados	12
Tabla 4: Límites norma EN50160	35
Tabla5: Caracterización de componentes del SME	38
Tabla 6: Matriz de medicion de corriente, voltaje, potencia, frecuencia CT N° 2.....	42
Tabla7:Hardware de procesado de información del SME	46
Tabla 8: Resultados obtenidos	57
Tabla 9: Presupuesto general	58
Tabla 10: Gastos directos materiales y suministros	58
Tabla 11: Gastos directos compra y uso de equipos	59
Tabla 12: Valores económicos anuales pretendidos	60
Tabla 13: Cálculo del VAN.....	61
Tabla 14: Tasa de actualización para proyectos.....	61
Tabla 15: Cálculo de la TIR	62
Tabla 16: Cálculo del PRC.....	63

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: "SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020."

Autores:

Daniela Elizabeth Moreta Corella - Edgar Eduardo Venegas Paute

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica está enfocada en el estudio de la calidad de energía en la Cámara de Transformación (CT) N° 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, debido a factores intrínsecos que se han sucedido en los equipos de cómputo y los equipos personales utilizados en la red que suministra el circuito, cuando está operativo el centro de cómputo, se aprecia que existe una variación prominente de tensión en los equipos, esto ha provocado que muchos se dañen en la fuente de energía, sobre todo las computadoras portátiles, además el consumo de energía nunca ha sido valorizado en este centro de energía, ni mucho menos se sabe el comportamiento que tiene con respecto a sus cargas y perturbaciones. El objetivo principal es implementar un sistema de monitoreo eléctrico para la evaluación de la calidad de energía en la CT, para ello la metodología utilizada tuvo un enfoque cuantitativo porque se trabaja con métricas de potencia, voltaje, frecuencia, corriente, factor de potencia, THD para estimar e interpretar si la energía cumple estándares y parámetros nacionales o internacionales. Entre los resultados revelados se obtiene que el THD es excesivo y no cumple un valor nominal debido a que el factor de potencia en las mediciones tomadas no cumple el 0,92 establecido por la norma, además existen eventos oscilantes de sobretensión y problemas de perturbaciones propiciados por ruido electromecánico que deriva de instalaciones cercanas; respecto a la calidad, se puede estimar que la red requiere de mantenimiento y toma de decisiones.

Palabras clave: Monitoreo, calidad de energía, perturbaciones, cámara de transformación.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

TITLE: "MONITORING AND DATA COLLECTION SYSTEM TO EVALUATE THE QUALITY OF ENERGY AND CONSUMPTION IN THE TRANSFORMATION CHAMBER N ° 2 AT THE UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIOD 2020."

Authors:

Daniela Elizabeth Moreta Corella - Edgar Eduardo Venegas Paute

ABSTRACT

This technological proposal is focused on the study of energy quality in the Transformation Chamber (CT) No. 2 of the Technical University of Cotopaxi, due to intrinsic factors that have occurred in the computer equipment and personal equipment used in The network that supplies the circuit, when the computer center is operating, it is appreciated that there is a prominent variation in voltage in the equipment, this has caused many to be damaged in the power source, especially the laptops, in addition to the consumption energy has never been valued in this energy center, much less its behavior with respect to its charges and disturbances is known. The main objective is to implement an electrical monitoring system for the evaluation of the power quality in the CT, for this the methodology used had a quantitative approach because it works with metrics of power, voltage, frequency, current, power factor, THD to estimate and interpret whether the energy meets national or international standards and parameters. Among the results revealed, it is obtained that the THD is excessive and does not meet a nominal value because the power factor in the measurements does not comply with 0.92 established by the standard, in addition there are oscillating overvoltage events and disturbance problems caused by electromechanical noise derived from nearby facilities; Regarding quality, it can be estimated that the network requires maintenance and decision-making.

Keywords: Monitoring, power quality, disturbances, transformation chamber.



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**, Moreta Corella Daniela Elizabeth y Venegas Paute Edgar Eduardo, cuyo título versa "SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA 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 los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Septiembre de 2020

Atentamente,

Msc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
CC.001801252

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

"SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020."

Fecha de inicio: marzo de 2020.

Fecha de finalización: septiembre de 2020.

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

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

Carrera que auspicia: Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos
de Potencia

Proyecto de investigación vinculado: Automatización de procesos

Equipo de Trabajo:

Tutor del proyecto de investigación:

Nombre: Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. MSc.

Celular: 0984293945

Cédula de Ciudadanía: 050307290-2

Correo electrónico: carlos.pacheco@utc.edu.ec

Coordinador uno del proyecto de investigación:

Nombre: Daniela Elizabeth Moreta Corella

Celular: 0983229313
Cédula de Ciudadanía: 171753631-0
Correo electrónico: daniela.moreta6310@utc.edu.ec
Dirección: Cantón Quito, Provincia de Pichincha.

Coordinador dos del proyecto de investigación:

Nombre: Edgar Eduardo Venegas Paute

Celular: 0997195695

Cédula de Ciudadanía: 230003017-4

Correo electrónico: edgar.venegas4@utc.edu.ec

Dirección: Cantón Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsáchilas.

Área de conocimiento:

- (Código: 07) Ingeniería, Industria y Construcción [1].

Subárea de conocimiento:

- (Código: 071) Industria y profesiones afines [1].

Subárea específica de conocimiento:

- (Código: 0713) Electricidad y energía [1].

Línea de investigación:

De acuerdo con lo establecido en las Políticas de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en base al diagnóstico situacional de la zona 3 y el plan estratégico de desarrollo institucional para la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, plantea la siguiente línea de investigación: Control y sistemas inteligentes.

Sublíneas de investigación de la carrera:

De acuerdo con lo establecido en la línea de investigación de la carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, del Grupo Control y sistemas inteligentes, la sublínea correspondiente es: Inteligencia Artificial y modelación de sistemas.

La propuesta tecnológica se adapta a las anteriores líneas y sublíneas de investigación, al ubicarse en las sub-temáticas relacionados a los sistemas inteligentes para el ahorro de energía, a través del conocimiento en un sistema de monitoreo y recopilación de datos para evaluar la calidad de energía y consumos en la cámara de transformación N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Este epígrafe de la propuesta tecnológica permite describir el diseño metodológico, realizado para el sistema de monitoreo para evaluar la calidad de energía en la cámara de transformación N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020.”

2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

La presente propuesta tecnológica es de tipo automatizado y de calidad de energía porque permite a la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la cámara de transformación N.º 2, dispone de un sistema de control y monitoreo con registros eficaces del flujo energético, para estipular estrategias ahorrativas en el consumo de energía, el mantenimiento de equipos y maquinaria, así como la toma de decisiones que mejoren la calidad de energía en las redes eléctricas de la institución que son alimentadas por esta cámara, entre las principales estrategias podrían ser equipos y maquinaria en trabajo operativo óptimo.

La propuesta abordará los aspectos más importantes de la calidad y calidad de energía basada en la fiabilidad aplicado a la CT N°2 (Cámara de Transformación), lo que implica una inducción a las nuevas tecnologías que se pretende implantar en el sistema eléctrico actual, como resultado de aplicar sobre la actual red eléctrica tecnologías de comunicaciones y protocolos, captación de datos, equipamiento autónomo e inteligente en la CT. Esta evolución en la red eléctrica aporta innumerables ventajas en la operación de esta. Entre otras, la posibilidad de la mejora de los procesos de mantenimiento predictivo, la posibilidad de implementar soluciones más rápidas y eficientes para un mejor balance de cargas, disponer de equipos que sean capaces de autoevaluarse, y que reporten la información relevante al sistema de control y monitoreo; además de la mejora de la fiabilidad de la red en general.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

En compendio a los anteriores epígrafes que tratan sobre el área del conocimiento, las sub áreas, la línea de investigación, sub línea de investigación y los sub temas; la propuesta tecnológica tiene un área de conocimiento extenso porque interviene en la ingeniería eléctrica y de energía implementando un sistema de monitoreo y recopilación de datos que permita no solo evaluar la calidad de la energía por medio de los consumos, sino caracterizar los problemas encontrados en los diferentes parámetros de voltaje, corriente, potencia, frecuencia; pero sobre todo en los problemas de armónicos como es la Distorsión Armónica Total (THD) en la cámara de transformación N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi por medio de un sistema inteligente.

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El primer paso en la eficiencia y la calidad de la energía es la medición; no se hace posible el buen uso de la energía al no disponer de una fuente confiable de información. La implementación de un sistema de monitoreo para la calidad de energía indica dónde existen pérdidas y que oportunidades de ahorro existen. Esto se logra a través de la implantación de estrategias inteligentes de medición, administración y mejor aprovechamiento de los insumos eléctricos.

La pérdida económica que implica el desperdicio de energía y la falta de un monitoreo fehaciente de la calidad de la energía cohibe a la Universidad Técnica de Cotopaxi y el área de Ingeniería Eléctrica, de información importante para la toma de decisiones con respecto al consumo energético. En este sentido, la ciencia y la tecnología han provisto la necesidad de crear Sistemas de Monitoreo Eléctrico (SME) conformados por una red de medidores conectados a un servidor central con el propósito de consentir una administración adecuada de la energía, y, para una óptima organización, transformar las métricas del entorno en información útil. Es así como la tecnología le otorga a la red eléctrica y a la CT la automatización.

La presente Propuesta Tecnológica diseñó, construyó e implementó un SME automatizado para la CT N.º 2 en la Universidad Técnica de Cotopaxi; el prototipo permite realizar un proceso automático en la medición y reporte del flujo y capacidad de energía eléctrica, a través de una interfaz HMI (Interfaz Humano-Máquina). A su vez, el prototipo consigue operar bajo una red Ethernet, conectado desde el Sentron pac hacia el IoT, que funciona como el centro de monitoreo del procesamiento de la información, este se interconecta por medio de comunicación Modbus TCP/IP al medidor de energía eléctrica para adquirir la información de la calidad de energía en tiempo real. La información del estado de la red de energía eléctrica es administrada en el HMI y en la plataforma ThingSpeak (Habla IoT) para la gestión por parte del operario del sistema.

El prototipo ha sido ensamblado como un sistema Supervisión Control y Adquisición de Datos (SCADA), en conjunto al IoT, el switch para la comunicación del sistema y el Sentron pack, donde se puede visualizar la información inherente al flujo de la energía con el propósito de monitorear la calidad de la energía en tiempo real. La medición se la realiza en el lado de baja tensión con una medición semidirecta a través de transformadores de medición de corriente (TC's) que ayudan a medir el voltaje secundario en cada transformador. Es importante recalcar que el medidor de energía permite monitorear el flujo de energía activa, reactiva y aparente; con estas mediciones se pueden establecer criterios del comportamiento de la red eléctrica para la toma de decisiones, principalmente con respecto al mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, así como estrategias de reducción de armónico.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

En la actualidad la integración de tecnologías en los procesos de monitoreo eléctrico aumenta el control y la eficiencia en la calidad de la energía eléctrica que satisface la demanda de energía en una CT y su red eléctrica interconectada. Siendo esto de gran importancia debido a la actual competitividad que existe en el mercado nacional e internacional por la eficiencia energética y el ahorro de energía, así como por la exigencia de calidad por parte de la ingeniería eléctrica. Un SME automático para la evaluación de la calidad de energía se utiliza en las buenas prácticas industriales y de la ingeniería eléctrica, no solo por el aspecto económico que implica el ahorro de recursos, sino también, por mejorar la calidad de vida de las personas a través del SME en la CT, al ser el circuito principal de la red eléctrica en la Universidad Técnica de Cotopaxi; mediante un buen monitoreo, no sólo aumenta la seguridad de las instalaciones eléctricas para los estudiantes, docentes y operarios; también se incrementa la fiabilidad en una auditoría energética y en el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de equipos y maquinaria.

2.5.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio de esta propuesta tecnológica es automatizar los mecanismos de identificación y medición eléctrica para la evaluación de la calidad de energía en la CT N.º 2, a través de un sistema que permita monitorear la información del flujo de energía con respecto a la corriente, potencia, voltaje y la carga en tiempo real.

2.5.2 Campo de acción

El prototipo consiste en un sistema inteligente para el ahorro de energía por medio de la interacción de la inteligencia artificial y la modelación de sistemas como SME para adquirir y procesar las medidas de voltaje, frecuencia, potencia y corriente dentro del flujo de energía eléctrica, parámetros fundamentales para evaluar la calidad de la energía.

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

Este epígrafe de la propuesta tecnológica permite reconocer los inconvenientes que han sido producidos debido a la ausencia de un Sistema de monitoreo eléctrico en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.6.1 Situación problemática

Macro:

En Ecuador el mundo el monitoreo y control de la energía eléctrica se fundamenta en la capacidad para mejorar o diseñar equipos que se basen en las limitaciones de los mismo y los rangos efectivos de trabajo tanto en voltaje, corriente, potencia y frecuencia; en este sentido, para lograr determinar estas características es relevante someter cada equipo a una serie de pruebas técnicas que aseguren los estándares de calidad y funcionamiento exitoso. Para este tipo de evaluación intervienen los modelos matemáticos y los sistemas que permiten planificar y analizar de manera detallada y anticipada, el comportamiento de la red eléctrica en resultados favorables y desfavorables evitando altos consumos económicos.

Siendo, la calidad de energía una de las actividades más difundidas a nivel mundial, en escalas industriales, debido al uso extendido de sistemas de automatización, redes industriales y protocolos de comunicación. De forma global, los procesos de monitoreo de la energía eléctrica buscan el uso de técnicas que permitan disminuir costos para obtener la mayor ganancia posible, empleando módulos de programación autónoma, conmutadores de red y medidores eléctricos inteligentes, despreocupados de los efectos secundarios hacia el ecosistema.

Meso:

En Cotopaxi, las industrias dedicadas al monitoreo eléctrico tienen dos frentes de trabajo, el uso de sistemas SCADA y la proyección de los sistemas al IoT, siendo el segundo la actividad que requiere aplicar las mediciones de energía para consensuar interfaces HMI que puedan interpretar la información y la toma de decisiones; o a nivel de las MiPymes se utilizan sistemas de monitoreo eléctrico para poder disminuir los precios del consumo

de energía eléctrica, así como tener redes más inteligentes y capaces de actualizarse al uso de internet para la visualización de resultados.

En la mayoría de entidades MiPymes, industrias o instituciones no prestan atención al consumo de energía eléctrica, ni a la implementación de sistemas de monitoreo eléctrico que puedan estimar la calidad de energía en las redes eléctricas que se interconectan, esto implica que los equipos tengan que trabajar en muchas ocasiones con equipos de soporte energético como UPS, reguladores, cortapicos, entre otros; que controlen las sobrecargas o pérdidas de tensión, desde su tecnificación a partir de modelamientos matemáticos hasta simulaciones en programas computacionales, simplemente se ha convertido en un proceso especulativo y mecánico que tiene que ser cumplido a determinado tiempo. Las industrias ecuatorianas desmeritan los sistemas de monitoreo energético provocando inseguridad en las redes o micro redes eléctricas.

Micro:

En la actualidad en la Cámara de Transformación (CT) N.º 2 en la Universidad Técnica de Cotopaxi del Barrio El Ejido, Parroquia Eloy Alfaro de la ciudad de Latacunga, provincia Cotopaxi; es de suma importancia un Sistema de Monitoreo Eléctrico que proporcione en tiempo real y de manera automática la evaluación de la calidad de la energía eléctrica, que se consume diariamente en la red del circuito de la CT N.º 2.

El efecto que produce el no contar con un Sistema de Monitoreo eléctrico es no conocer la información en tiempo real, ni de forma eficiente para la evaluación de la calidad de energía eléctrica; en variables como voltaje, potencia, frecuencia, corriente, teniendo efectos negativos, como por ejemplo: desperdicio de energía, ausencia de mantenimiento eléctrico, inseguridad, ausencia de información que permita la toma de decisiones y estrategias, pérdidas económica y pérdida de tiempo en la consecución de eventos que mantengan la operatividad óptima de la CT N.º 2, teniendo una importante afectación para la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.6.2 Problema

El problema que da origen a la propuesta tecnológica tiene como causa la inestabilidad del flujo de energía en los laboratorios e instalaciones que interconectan la red eléctrica

de la CT N.º 2, el alto consumo de energía que se traduce en un elevado factor económico. Los efectos que se producen son recorte de la vida útil de los equipos de cómputo producto de sobretensiones o voltaje inestable, problemas constantes en la potencia reactiva, daño en los transformadores y terminales eléctricas; con respecto al factor económico, grandes gastos económicos por parte de la Universidad.

Otro problema que origina la implementación del Sistema de Monitoreo Eléctrico para la evaluación de la calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2 de la institución, es el desperdicio de energía que en ocasiones ocurre debido a factores extrínsecos de la red eléctrica principal como el aspecto térmico o la criticidad de los equipos y maquinaria que la soportan. De esta forma el problema de investigación, se formula de la siguiente manera:

¿Cómo se puede reducir las pérdidas técnicas y no técnicas, así como el alto consumo de energía eléctrica con la implementación de un sistema de monitoreo y recopilación de datos para evaluar la calidad de energía y consumos en la cámara de transformación Nº2 en la Universidad Técnica De Cotopaxi, campus la matriz, periodo 2020?

En base a la formulación de problema, las variables de estudio están referidas en los campos de los sistemas de monitoreo de energía eléctrica como variable independiente; y calidad de energía eléctrica en la CT Nº2 de la UTC como variable dependiente de la propuesta tecnológica.

2.7. HIPÓTESIS

¿La implementación del Sistema de Monitoreo Eléctrico para la evaluación de la calidad de la energía eléctrica en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, incidirá positivamente en la calidad de energía de la red eléctrica y su carga suministrada para la toma de decisiones?

2.7.1 Declaración de variables

Variable independiente

Sistema de Monitoreo Eléctrico (SME)

Variable dependiente

Evaluación de la calidad de energía en la Cámara de Transformación N.º 2.

2.7.2 Operacionalización de las variables

La tabla 1 muestra la operacionalización de la variable independiente; variable que encamina el desarrollo técnico de la propuesta tecnológica.

Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Técnicas
Sistema de Monitoreo Eléctrico (SME)	Es un sistema automatizado de una red de medidores y dispositivos conectados a una interfaz HMI para gestionar la calidad de la energía eléctrica.	<ul style="list-style-type: none">• Potencia• Voltaje• Corriente• Frecuencia• Energía	Magnitudes de medición de potencia, voltaje, corriente, frecuencia, energía	Investigación Aplicada

Elaborado por: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

La variable independiente consolidada con el sistema de monitoreo de energía para la evaluación de la calidad de la energía eléctrica, la automatización de la información concerniente al flujo eléctrico en la red, para su gestión y toma de decisiones. En este sentido, la tabla 2 muestra la operacionalización de la variable dependiente.

Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Técnica
Evaluación de la calidad de energía en la CT N.º 2	Es el proceso que monitorea de manera óptima el flujo, consumo y ahorro de energía eléctrica.	<ul style="list-style-type: none">• Bajo factor de potencia• Niveles de voltaje, corriente, frecuencia etc.	Mediciones de los parámetros eléctricos	Investigación de Campo

Elaborado por: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

2.8. OBJETIVOS

Los objetivos son argumentos técnicos que encuadran la implementación del Sistema de Monitoreo de Energía y la evaluación de la calidad de energía en la Cámara de Transformación N.º 2.

2.8.1 General

- Implementar el sistema de monitoreo eléctrico para la evaluación de la calidad de energía en la cámara de transformación N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.8.2 Específicos

- Investigar fundamentos teóricos y antecedentes, mediante revisión bibliográfica para conocer la situación actual de la CT N.º 2.
- Seleccionar los componentes de software y hardware necesarios para la implementación del sistema de monitoreo eléctrico.
- Equipar el sistema de monitoreo eléctrico en base a las categorías de energía eléctrica, monitoreo de variables y visualización de resultados
- Implementar el sistema de monitoreo eléctrico que permitan la evaluación de la calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Las actividades y sistema de tareas con relación a los objetivos planteados se detallan en la tabla 3, todas las actividades sintetizan la implementación un sistema de monitoreo eléctrico que permitan la evaluación óptima de la calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 3: Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	TÉCNICAS
<p>Objetivo 1: Investigar fundamentos teóricos y antecedentes, mediante revisión bibliográfica para conocer la situación actual de la CT N.º 2.</p>	<p>a.- Reconocimiento de las instalaciones eléctricas de la CTN.º 2. b.- Consulta de información técnica sobre la propuesta tecnológica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de medición de corriente, voltaje, potencia y frecuencia. • Diagrama de automatización del sistema de monitoreo eléctrico. 	<p>Investigación Documental</p>
<p>Objetivo 2: Seleccionar los componentes de software y hardware necesarios para la implementación del sistema de monitoreo eléctrico.</p>	<p>a.- Selección de la plataforma tecnológica para el monitoreo de la calidad de energía eléctrica b.- Esquematización del hardware y software necesario para el sistema de monitoreo eléctrico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de elementos tecnológicos destinados al sistema de monitoreo eléctrico. • Diagrama del proceso del SME. 	<p>Investigación Aplicada</p>
<p>Objetivo 3: Equipar el sistema de monitoreo eléctrico en base a las categorías de energía eléctrica, monitoreo de variables y visualización de resultados</p>	<p>a.- Conexión de las protecciones, gabinete, Breakers, TC y líneas eléctricas para medición de la energía. b.- Conexión de la red con el SENTRON PAC 3220 para el monitoreo de la energía eléctrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama eléctrico SME • Configuración y programación SENTRON PAC 3220, protocolo ModBus TCP/IP • Configuración y programación del ThingSpeak IoT 2000 	<p>Investigación de Campo</p>

	c.- Diseño del HMI para visualización de resultados		
Objetivo 4: Implementar el sistema de monitoreo eléctrico que permita la evaluación de la calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2	a.- Implementación del sistema de monitoreo eléctrico. b.- Pruebas de medición de variables eléctricas en diferentes horarios c.- Análisis de resultados obtenidos d.- Análisis técnico económico del sistema de monitoreo eléctrico, el VAN, TIR, PRC.	<ul style="list-style-type: none"> • Evidencia de implementación del SME. • Visualización de variables de corriente, potencia, voltaje, THD • Resultado y análisis de mediciones • Matriz del estudio económico 	Investigación Experimental

Elaborado por: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

Cada actividad es relevante al objetivo general y los objetivos específicos que encuadran la fundamentación científica y técnica en el marco teórico. El sistema de monitoreo eléctrico para la evaluación de la calidad de energía en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, como proyecto innovador ayuda a la calidad de energía de la red eléctrica que la interconecta, robusteciendo su funcionalidad, con la característica de tener información relevante para la toma de decisiones en beneficio del ahorro energético y la optimización del manejo de recursos. El sistema de monitoreo eléctrico automatizado en la CT N.º 2 permitirá establecer un estándar de calidad para proporcionar un eficaz suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas de su interconexión, en los términos de voltaje y frecuencia constante.

3. MARCO TEÓRICO

Los siguientes numerales de la propuesta tecnológica detallan el argumento científico y técnico de la implementación del sistema de monitoreo para la evaluación de la calidad de energía en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

Para el desarrollo del marco teórico se realiza una constelación de ideas de las variables de estudio tanto para la dependiente como para la independiente. La figura 1 muestra la constelación de ideas de la variable independiente referente al sistema de monitoreo eléctrico [1].

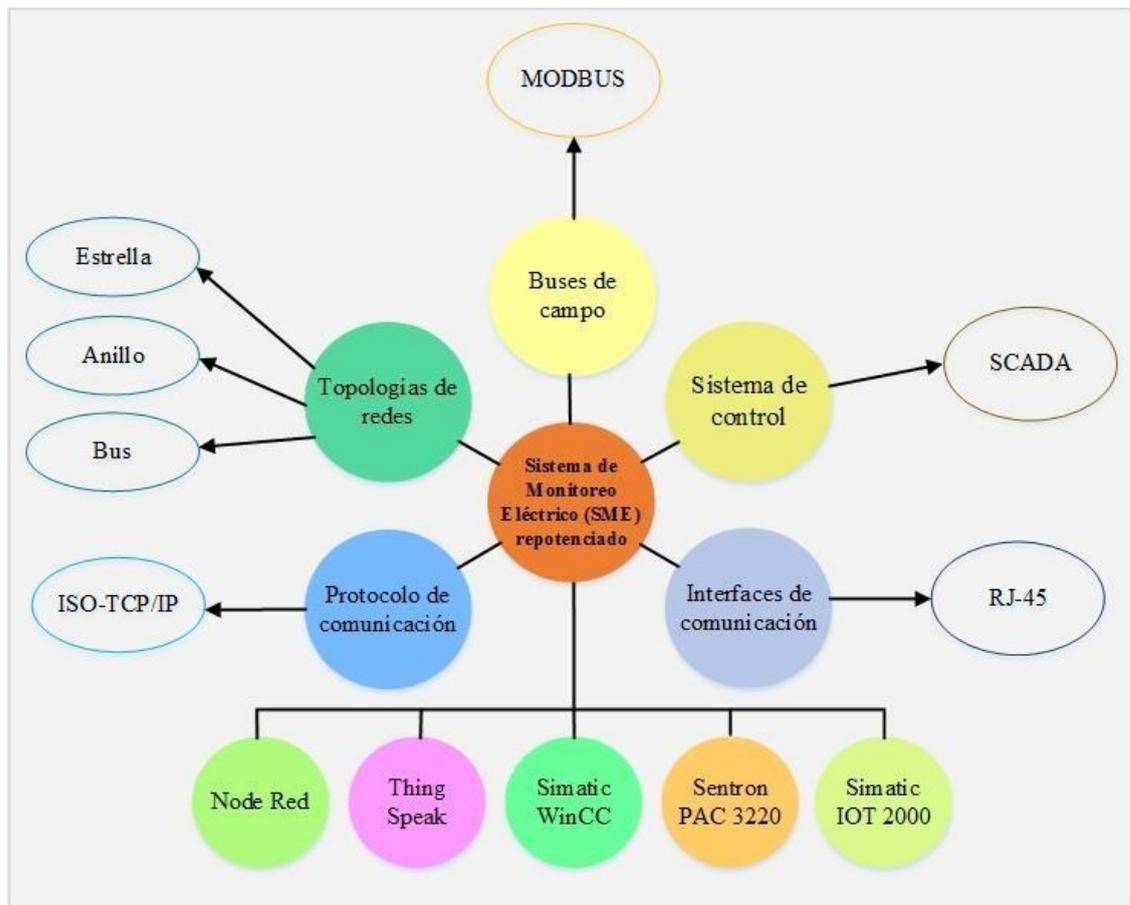


Figura 1: Constelación de ideas de la variable independiente
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

La figura 2 muestra la constelación de ideas de la variable dependiente referente a la evaluación de la calidad de energía en la CT N.º 2.

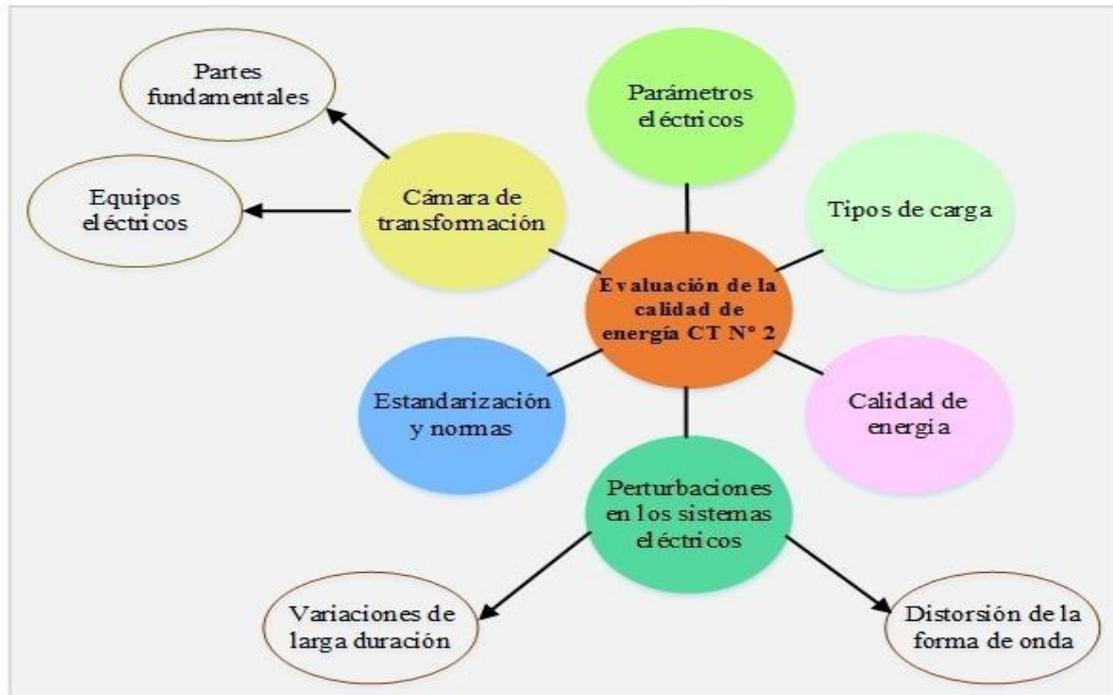


Figura 2: Constelación de ideas de la variable dependiente
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

3.2.2 Sistema de control

Un sistema de control básico en los sistemas eléctricos está constituido por las entradas del sistema, el procesamiento de la señal y por las salidas del sistema. Uno de los más importantes sistemas de control utilizados para redes eléctricas y cámaras de transformación son los sistemas SCADA.

3.2.2.1 SCADA

El nombre SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) o Control Supervisor y Adquisición de Datos por su traducción al español, se aplica a sistemas de control en los que el proceso está disperso en una amplia superficie geográfica, utilizándose en el control de oleoductos, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas natural, subterráneos, etc. [2]. Entre las partes de un sistema SCADA, se encuentran:

Las unidades remotas, o Remote Terminal Unit (RTU): Reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control. Un sistema SCADA puede tener decenas de RTUs, distribuidas en una amplia superficie geográfica. En forma

periódica son interrogadas por la Estación Maestra, pudiendo tener capacidad de control, o no.

La Estación Maestra o Máster Terminal Unit (MTU): Se trata de un conjunto de equipos que cumple las siguientes funciones: Interroga en forma periódica a las RTUs, y les transmite consignas; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo [3].

3.2.3 Protocolos de comunicación

A pesar de que la señal de 4-20 mA, como ejemplo de señal estándar de transmisión, es todavía empleada en la mayoría de los casos, en años recientes se ha visto una gradual transformación de instrumentación analógica a digital. En la actualidad, se está dando el cambio de señales analógicas a digitales [4].

Existen distintas soluciones para la comunicación de una PC con un IOT o un sistema SCADA. Antes de ver las soluciones conviene explicar dos modelos. El primero es el modelo OSI, en el cual se basan la mayoría de los sistemas de comunicación entre dispositivos, y el segundo es el modelo TCP/IP, que es el estándar más empleado en la actualidad, el cual es el fundamento de la red Internet [4].

3.2.3.1 OSI

El modelo OSI (Open System Interconnect) surge como una búsqueda de solución al problema de incompatibilidad de las redes de los años 60. Fue desarrollado por el ISO (International Organization for Standardization) en 1977 [5].

Consiste en una serie de niveles que contienen las normas funcionales que cada nodo debe seguir en la red para el intercambio de información y la interoperabilidad de los sistemas independientes de proveedores o sistemas. Cada nivel del OSI es un módulo independiente que provee un servicio para el nivel superior dentro de la arquitectura o modelo. [6] . En un sistema dividido en niveles se clasifica los conceptos como:

- **Protocolos de nivel n.** Reglas que controlan la comunicación entre dos entidades del mismo nivel (PC con PC, PLC con PLC, etc.).
- **Interfaz.** Conjunto de posibles mensajes que permiten el entendimiento entre dos modelos contiguos del modelo.

La figura 3 ilustra la distribución de capas del modelo OSI [7].

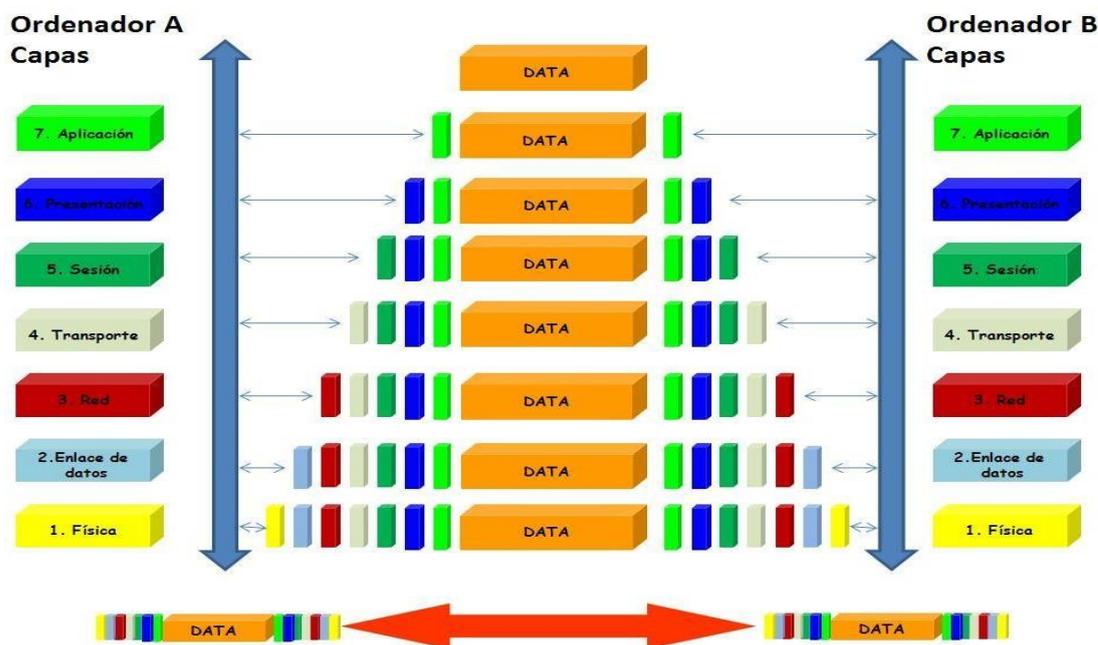


Figura 3: Distribución de capas modelo OSI
Fuente: Capas del modelo OSI [7]

3.2.3.2 TCP/IP

Este modelo está basado en un modelo de referencia de cinco niveles. Todos los protocolos que pertenecen al conjunto de los protocolos TCP/IP se encuentran en los tres niveles superiores de este modelo. El nivel del modelo TCP/IP corresponde a uno o más niveles del modelo de referencia de conexión de sistemas abiertos (OSI) de siete niveles o siete capas [8].

Los responsables del OSI consideraron que este modelo y los protocolos asociados, llegarían a dominar las comunicaciones entre computadores, reemplazando eventualmente las implementaciones particulares de protocolos, así como a modelos rivales tales como TCP/IP. Sin embargo, esto no ha sido así. Aunque se han desarrollado muchos protocolos de utilidad dentro del contexto de OSI, el modelo de las siete capas en su conjunto no ha prosperado. Por el contrario, la arquitectura TCP/IP se ha impuesto como dominante, ya sea por simplicidad, así como por velocidad en la transferencia de datos [9].

La figura 4 ilustra la distribución de capas del modelo TCP/IP y sus características principales [9].

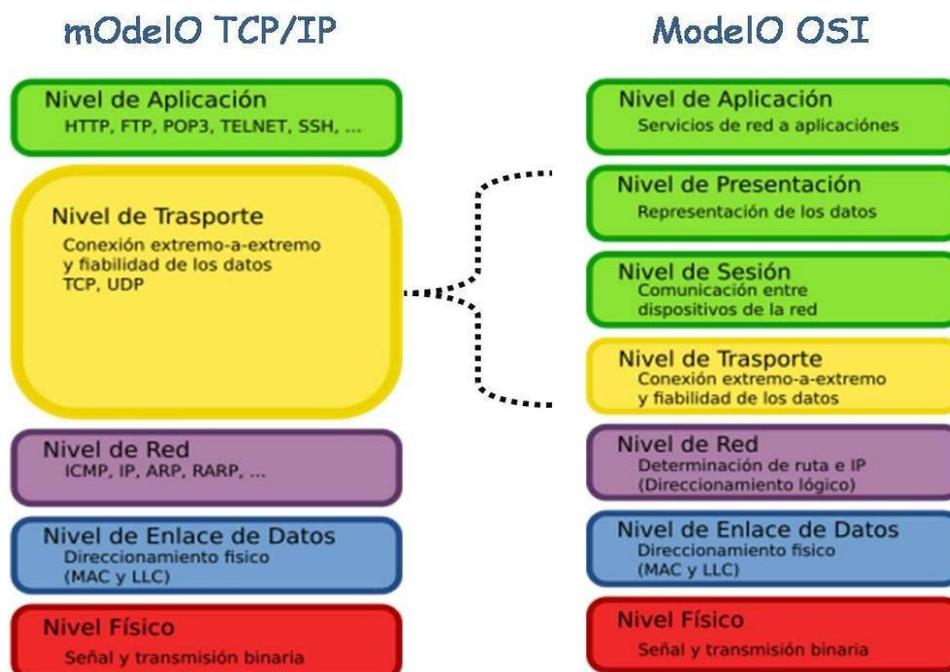


Figura 4: Comparativa modelo OSI y modelo TCP/IP

Fuente: Modelo TCP/IP [10]

3.2.4 Topologías de redes

La topología de red es la manera en que se interconecta las computadoras para el intercambio de información y datos entre sí; es decir, es como una familia de comunicación que marca los parámetros para el diseño de la red, tanto de forma lógica como física; entre las principales se tiene la topología estrella, anillo y bus.

3.2.4.1 Estrella

Toda la información es canalizada a través de un nodo central como lo es una computadora central. Cada dispositivo es servido por su propia conexión. El intercambio de datos entre periféricos inicialmente centralizado o desde la periferia, es siempre manejado vía el nodo central como se aprecia en la figura 5. Esta topología tiene la ventaja de que si una de las líneas está sujeta a interferencias, solo el dispositivo conectado a ella es afectado. Adicionalmente, las líneas pueden ser conmutadas a encendidas o apagadas durante la operación normal [11].

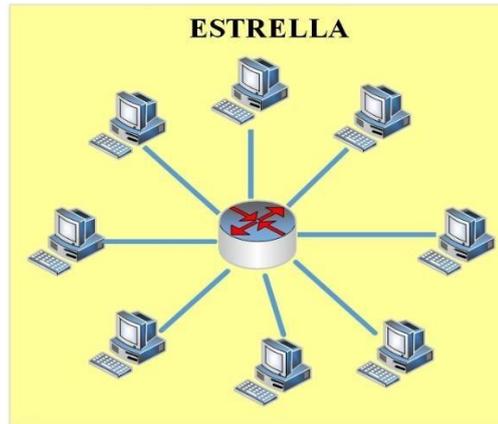


Figura 5: Topología estrella
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

3.2.4.2 Anillo

La información es pasada de dispositivo a dispositivo. No hay un control central en el anillo, en vez de esto, cada dispositivo asume el rol de controlador a intervalos estrictamente definidos, la figura 6 ilustra esta topología. Teóricamente no existe límite para el número de dispositivos permitidos. Para evitar esto, se incorporan interruptores de baipás que automáticamente conmutan cuando un dispositivo falla. Esto también permite a los dispositivos ser añadidos o removidos sin interrumpir la operación normal. Una variación de la estructura en anillo es la conocida como token ring [12].

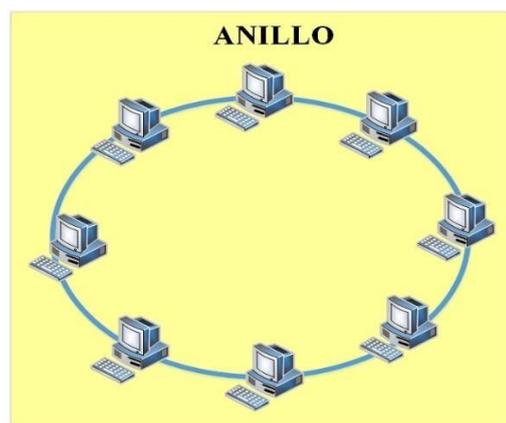


Figura 6: Topología anillo
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020).

3.2.4.3 Bus

Todos los dispositivos son conectados a una misma línea de datos, llamada bus, a través de la cual es pasada la información, la figura 7 muestra la conexión de los equipos con

esta topología. Un bus con ramas se dice que tiene una estructura en árbol. La información llega al receptor sin la ayuda de ningún otro dispositivo; en efecto, en contraste a una estructura en anillo, las estaciones individuales son pasivas. Si se añade un dispositivo al bus, no se requieren interfaces adicionales en las estaciones existentes. Así, el problema de un número limitado de participantes relacionados con la estructura en estrella no aparece. La cantidad de cableado necesario es pequeño y se pueden agregar nuevos dispositivos sin problema. Una estructura en bus puede permitir comunicación cruzada entre cualquiera de los dispositivos conectados. Desde que todos se conectan a un cable común, la transmisión debe ser estrictamente regulada [13].

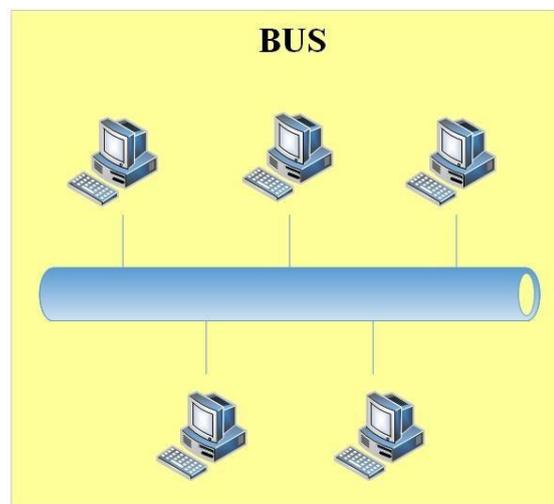


Figura 7: Topología bus
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020).

3.2.5 Node Red

Es una herramienta de programación que se utiliza para conectar dispositivos de hardware, APIs y servicios de internet. Adecuado para los equipos dedicados al Internet de las cosas Industrial (IoT) y personal dedicado al diseño y prueba de soluciones para la comunicación de equipos de planta con aplicaciones de IT. Dado que la mayoría de los dispositivos IoT para industria 4.0 posibilitan realizar un programa de control con la herramienta de Node-Red [14]. La figura 8 muestra una captura de pantalla de la herramienta de programación Node-RED.

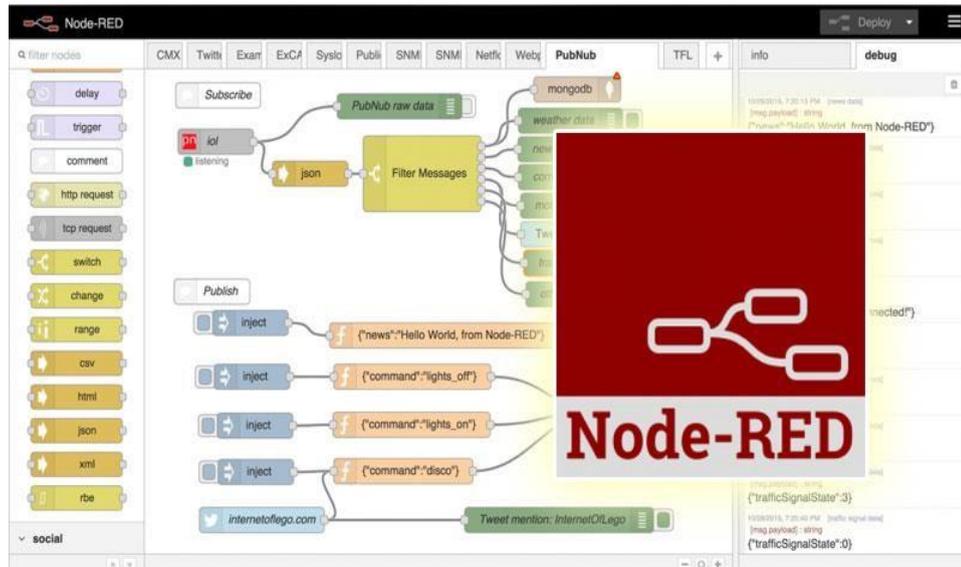


Figura 8: Node Red
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020).

3.2.6 ThingSpeak

ThingSpeak es un servicio de plataforma de análisis de IoT que permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube. Puede enviar datos a ThingSpeak desde sus dispositivos, crear una visualización instantánea de datos en vivo y enviar alertas [15].

La estructura de ThingSpeak es:

- Canales (Channels): los datos que recogemos en los dispositivos se guardan en canales.
- En cada canal se disponen de una serie de campos para guardar datos, así como otra información adicional
- Los canales pueden ser públicos o privados.
- Dentro de cada canal podemos añadir visualizaciones o Widgets
- Los datos del canal se pueden importar o exportar
- En la pestaña de API keys está la información con las contraseñas (API Keys) para usar con las Apis.

La figura 9 muestra la captura de pantalla del servicio de plataforma de análisis de IoT denominado ThingSpeak, el cual mostrará las curvas en el monitoreo de la calidad de energía eléctrica en el sistema SME.

The screenshot shows the ThingSpeak website interface. At the top, there is a navigation bar with the ThingSpeak logo and menu items: 'Canales', 'Aplicaciones', and 'Apoyo'. On the right side of the navigation bar, there are links for 'Uso comercial' and 'Cómo comprar', along with a user profile icon labeled 'DM'. The main content area is divided into two sections: 'Mis canales' (My Channels) and 'Ayuda' (Help). The 'Mis canales' section features a 'Nuevo canal' button, a search bar labeled 'Buscar por etiqueta', and a table listing channels. The table has columns for 'Nombre', 'Creado', and 'Actualizado'. Two channels are listed: 'MONITOR DE CONSUMO' and 'CONSUMO'. Each channel entry includes a set of buttons for 'Privado', 'Público', 'Configuraciones', 'Compartiendo', and 'Claves API', along with an 'Importación / Exportación de datos' button. The 'Ayuda' section contains text instructions on how to create a channel and use the table's sorting and filtering features. Below the 'Ayuda' section, there is an 'Ejemplos' (Examples) section with a list of links to various IoT projects: 'Arduino', 'Arduino MKR1000', 'ESP8266', 'Raspberry pi', and 'Netduino Plus'. At the bottom of the page, there is a footer with links to 'Blog', 'documentación', 'Tutoriales', 'Condiciones', and 'Política de privacidad', along with social media icons and the copyright notice '© 2020 The MathWorks, Inc.'.

Nombre	Creado	Actualizado
MONITOR DE CONSUMO Privado Público Configuraciones Compartiendo Claves API Importación / Exportación de datos	2020-08-15	15-08-2020 15:50
CONSUMO Privado Público Configuraciones Compartiendo Claves API Importación / Exportación de datos	2020-08-15	15-08-2020 15:02

Figura 9: Plataforma ThingSpeak
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020).

3.2.7 SIMATIC WinCC

Es una de las soluciones de Siemens para la implantación de sistemas SCADA que satisface las necesidades básicas, supervisión, control y monitorización de instalaciones [16].

Algunas de sus principales características son las siguientes:

- Concepto de “Manager” y arquitectura cliente-servidor.
- Sistemas distribuidos y redundancia.
- Flexible y escalable.
- Proyectos multilingües.
- Sistema orientado a eventos.

3.2.8 SENTRON PAC 3220

El Sentron Pac 3220 es un multímetro tipo central de medida para la visualización de todos los parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores. Dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva, un contador universal y un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de consumidores conectados. Para la comunicación se puede utilizar la interfaz Ethernet integrada o un módulo de interfaz opcional [17]. La figura 10 ilustra la plataforma SENTRON PAC 3220.



Figura 10: SENTRON PAC 3220
Fuente: Plataforma SENTRON PAC 3220 [17]

3.2.9 SIMATIC IOT 2000

SIMATIC IOT2000 es una pasarela inteligente que estandariza la comunicación entre varias fuentes de datos, luego analiza y reenvía las comunicaciones a los destinatarios correspondientes, y es fácil de implementar. Es ideal como puerta de enlace entre la nube o el nivel de TI de la empresa y la producción. La apertura del sistema permite soluciones personalizadas [18]. Entre las principales características de la plataforma, se tiene que:

- Soporte Yocto Linux
- Ampliado fácilmente con protectores Arduino y tarjetas miniPCIe
- Diseño industrial compacto y montaje en carril DIN

- Procesador Intel Quark de alto rendimiento y ahorro de energía y numerosas interfaces: Intel Quark x1020 (+ arranque seguro), 1 GB de RAM, 2 puertos Ethernet, 2 puertos RS232 / 485, reloj en tiempo real respaldado por batería
- Calidad SIMATIC probada y extremadamente robusta.

La figura 11 ilustra la plataforma Simatic IOT 2000 utilizada como pasarela inteligente para la comunicación entre dispositivos de procesamiento de datos.



Figura 11: SIMATIC IOT 2000
Fuente: Plataforma SIMATIC IOT 2000 [18]

3.2.10 Interfaces de comunicación

Las interfaces de comunicación son los protocolos de transmisión y recepción que permiten las comunicaciones en redes industriales de campo que están trabajando en el nivel más bajo y proporcionar conexiones entre dispositivo industriales simples (sensores, actuadores, medidores) y dispositivos en un nivel superior de control (PLC controladores y ordenadores). Las redes de campo son flexibles y abiertas (que permiten extensiones); suelen trabajar con dispositivos de diferentes fabricantes [19].

3.2.10.1 RJ-45

Es una interfaz física comúnmente utilizada para conectar redes de computadoras con cableado estructurado. Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado (UTP). Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse cuatro pares (ocho pines).

El cable directo de red sirve para conectar dispositivos desiguales, como un computador con un centro de operaciones o switch. En este caso, ambos extremos del cable deben tener la misma distribución. No existe diferencia alguna en la conectividad entre la distribución 568B y la distribución 568A siempre y cuando en ambos extremos se use la misma, en caso contrario se habla de un cable cruzado. El esquema más utilizado en la práctica es tener en ambos extremos la distribución 568B [20]. La figura 12 muestra la estructura de conexión RJ45 de forma directa T568B.

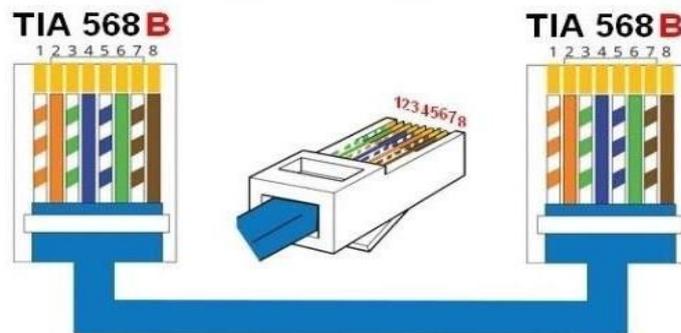


Figura 12: Cable directo T568B
Fuente: Esquema de comunicación RJ45 TIA 568B [20]

3.2.11 Buses de campo

Los buses de campo son necesarios en las redes digitales bidireccionales, multimodo, montadas sobre un bus serie que conectan dispositivos de campo como transductores, actuadores, sensores, medidores eléctricos, módulos de E/S, controladores de velocidad, terminales de operador con los sistemas de control: PLC's, PC's, NC, RC, etc. [21].

3.2.11.1 Modbus

Modbus es un protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso [22]. En Modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión y una extensión del protocolo:

- **Modo RTU (Remote Terminal Unit)**, donde se envía cuatro caracteres hexadecimales (4 bits cada uno) para cada mensaje. Finaliza la trama con una suma de control de redundancia cíclica (CRC).

- **MODBUS TCP/IP**, es una variante de la familia MODBUS de protocolos de comunicación simples y neutrales para la supervisión y el control de equipos de automatización. Específicamente, cubre el uso de la mensajería MODBUS en un entorno ‘Intranet’ o ‘Internet’ utilizando los protocolos TCP/IP. El uso más común de los protocolos en este momento es para la conexión Ethernet de PLC’s, módulos de E/S y “puertas de enlace” a otros buses de campo o redes de E/S simples.
- **Modo ASCII**, enviando dos caracteres (2 bytes) para cada mensaje, pudiendo haber hasta 1 segundo de tiempo de diferencia entre ellos. Utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC) [22].

Los protocolos Modbus RTU y Modbus ASCII se implementan a través del puerto serie, a diferencia de Modbus/TCP que se implementa a través del puerto Ethernet. Es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP. La figura 13 muestra equipos Modbus de SIEMENS que trabajan bajo el bus de campo Modbus [23].



Figura 13: Equipos Simens que trabajan bajo Modbus
Fuente: Equipos de red industrial conectados con Modbus [23]

3.2.12 Cámara de transformación

Las cámaras de transformaciones clasifican las instalaciones en función de sus tensiones, por lo que la clasificación en categorías es la siguiente:

- **Primera categoría:** Las de tensiones nominales superiores a 66 KV.
- **Segunda categoría:** Las tensiones nominales iguales o inferiores a 66KV y superior a 30KV.

- **Tercera categoría:** Las de tensiones nominales igual o inferior a 30KV y superior a 1KV [24].

3.2.12.1 Partes fundamentales

De forma general, los diferentes elementos que constituyen las instalaciones de las cámaras de transformación (CT) son: interruptores, seccionadores, barras colectoras, transformadores de medida, transformadores de potencia, etc. [25].

Celda de transformación: Punto donde se coloca el transformador de potencia. Deberá estar protegido por tabiques o muros, que impida la proyección de material y aceite al resto de las instalaciones, en caso de proyección de estos [26].

Aislador: Son piezas de material aislante que sirven para soportar o sujetar conductores o equipos eléctricos [27].

Seccionador: El seccionador es un aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad en posición abierta, asegura una distancia de seccionamiento que satisface a condiciones especificadas. También es capaz de abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o a establecer, o bien cuando no se produce cambio apreciable de tensión en bornes de cada uno de los polos del seccionador [28].

Interruptor: Es el aparato dotado de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y el cierre de un circuito, que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y otra al cierre del circuito [29].

Transformadores: Es una maquina estática, de inducción electromagnética destinada a transformar un sistema de corriente variables en otro de intensidades y tensiones generalmente distintas, pudiendo ser su aislamiento en aceite [30].

Para el sistema eléctrico de distribución, se dispone una gama de transformadores de tipo padmounted. Gracias a las seguridades que estos equipos presentan, generalmente se ubican en espacios frecuentados por los públicos como jardines, parques centros comerciales, etc. Como también son colocados en partes subterráneas, son de frente muerto en alta tensión, poseen una consola para cubrir las partes energizadas y permitir un mejor uso de los espacios [30].

3.2.12.2 Equipos eléctricos

Los equipos eléctricos a utilizarse en una CT se encuentran bien definidos, puesto que siendo el transformador el equipo principal el resto de los equipos son complementarios de este, debido a que se trata de la protección tanto en el lado de baja como en el de alta del transformador, y del accesorio elegido al inicio y final del cable utilizado para la alimentación de este [31].

Las protecciones de una CT generalmente se realizan a partir de la acometida. Si la acometida se la hace desde un poste, en él puede darse cualquier tipo de falla externa. Esta falla externa puede ser de origen mecánico en el caso de ruptura de la estructura, ruptura de un aislador por contacto de agentes extraños (árboles), o de origen eléctrico, en el caso de descargas atmosféricas. En el caso de acometidas totalmente subterráneas no es tan crítico las descargas atmosféricas como para una falla eléctrica, pero puede ser causante de una falla mecánica por el temblor que pueda producir la descarga [32].

Pararrayos: Siguiendo una secuencia de protección, lo primero que se debe considerar en una instalación para sobre voltajes, y la principal causa es producida por descargas atmosféricas, aunque podrían ser causadas por fallas o mala operación del sistema. Entonces, para la protección de sobre voltajes se utiliza el pararrayos [33].

Seccionador fusible: Es un equipo de desconexión (protección de sobre corriente) compuesto por una base o porta y la tira fusible, pueden ser de tipo abierto o cerrado. La mayoría de los seccionadores fusibles operan bajo el principio de expulsión. Para la selección del seccionador fusible se debe considerar: Frecuencia, capacidad continua de corriente, voltaje nominal, voltaje máximo de diseño, capacidad de interrupción [34].

Transformador de distribución: Existen varios tipos de transformadores que dependen por un lado según la capacidad y/o nivel de voltaje, estos pueden ser transformadores de potencia o transformadores de distribución, pudiendo estos clasificarse de acuerdo con el medio refrigerante y aislante empleado, en transformadores de tipo seco y transformadores sumergidos en aceite. Por otro lado, según el dispositivo de proyección estos pueden ser: transformadores completamente auto protegidos (CSP),

transformadores con protección de corriente (CP), transformadores de sobrevoltaje (SP), y transformadores convencionales [35].

En la actualidad el tipo de transformador más comúnmente usado es el tipo convencional, que tiene como medio aislante y refrigerante aceite mineral, puesto que, estos pueden ser ubicados al exterior o al interior [35].

3.2.13 Tipos de carga

Existen tipos de carga lineales y las cargas no lineales, las dos tipologías afectan la calidad de la energía eléctrica en las redes.

3.2.13.1 Cargas Lineales

Esto ocurre cuando en la carga posee elementos como resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos. Con estas características en el sistema se tiene un voltaje sinusoidal, una corriente también sinusoidal, y por lo general existe un desfase entre estos parámetros [36]. Como se ve en la figura 14, en los circuitos AC la corriente se incrementa proporcionalmente al incremento del voltaje y disminuye proporcionalmente a la disminución del voltaje, presentando armónicos en cargas lineales o no lineales [36].

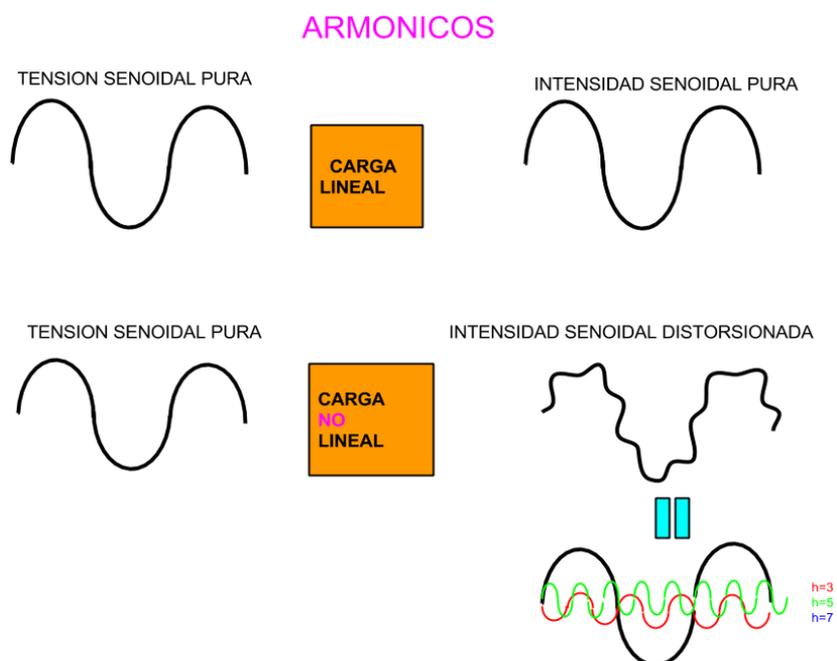


Figura 14: Ondas de voltaje y corriente de una carga lineal y no lineal
Fuente: Tensión e intensidad en cargas lineales y no lineales [36].

3.2.13.2 Cargas No Lineales

Las cargas no lineales demandan una corriente no senoidal, cuyo paso por la impedancia del sistema provoca una caída de voltaje no senoidal, lo cual se traduce en una distorsión de voltaje en terminales de la carga. Entre las cargas no lineales más comunes se tiene los convertidores estáticos, dispositivos magnéticos saturados y hornos de arco [37]. Una alta distorsión de corriente provoca calentamiento excesivo en conductores y transformadores, así como interferencia en equipos de comunicación mientras que la distorsión del voltaje provoca una operación incorrecta de equipos sensibles (computadoras, microcontroladores). Los efectos de las cargas no lineales en los sistemas eléctricos son:

- Distorsión de voltaje en el sistema eléctrico.
- Altos niveles de voltaje de neutro a tierra.
- Sobrecalentamientos en los transformadores y elevados campos electromagnéticos.
- Disminución en la capacidad de los equipos de distribución.
- Penalizaciones tarifarias debido al bajo factor de potencia [37].

3.2.14 Parámetros eléctricos

En el presente trabajo se evaluará el comportamiento de la corriente alterna eléctrica, la cual es aquella cuyo valor y sentido cambian en el tiempo de forma periódica [38]. Es el caso de la corriente usada industrialmente, al graficar la corriente alterna esta tiene la forma de una onda sinusoidal, a continuación, se mencionarán algunos conceptos eléctricos necesarios para el SME:

Tensión Eléctrica: Se define como la tendencia que tienen las cargas para compensarse mutuamente y se origina por la separación de estas, es proporcional al trabajo por unidad de carga necesaria para la separación y transporte de esta, ecuación 1. La unidad es el Voltio (V) [39].

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad \text{Ecuación (1). Tensión eléctrica}$$

Corriente Eléctrica: Se define a la intensidad de corriente eléctrica como la cantidad de carga que circula, por segundo, a través de una sección del conductor, ecuación 2. La unidad es el ampere o amperio (A) [39].

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{Ecuación (2). Corriente eléctrica}$$

Potencia Eléctrica: Es la capacidad que tiene la electricidad de producir un trabajo o de transformar la energía en un tiempo dado. La unidad es el Watt (W), ecuación 3. Los componentes resistivos traducirán esta energía en calor que se irradia hacia el exterior del circuito, para ser usado en el calentamiento de un proceso, por ejemplo, se le conoce como potencia activa o potencia útil. Los componentes inductivos usan la energía en crear campos magnéticos que reciben la misma y la devuelven al circuito, de manera que no se toma energía efectiva de la fuente. Este consumo se denomina potencia reactiva y su unidad es el Voltio Ampere Reactivo (VAR) y se le representa mediante la letra Q, la resultante de ambas potencias vendría a ser la potencia aparente S, se muestran las ecuaciones 4, 5 y 6. Para cargas pequeñas solo se considera el producto de $u \cdot i$ [40].

$$P = u \cdot i \quad \text{Ecuación (3). Potencia eléctrica}$$

$$S = U \cdot I \quad \text{Ecuación (4). Potencia aparente}$$

$$P = S \cdot \cos \phi = U \cdot I \cdot \cos \phi \quad \text{Ecuación (5). Potencia activa}$$

$$Q = S \cdot \sin \phi = U \cdot I \cdot \sin \phi \quad \text{Ecuación (6). Potencia reactiva}$$

Donde:

u, i, U, I = Valores instantáneos de tensión y corriente alterna.

ϕ = Ángulo de desfase entre la tensión y la corriente.

Energía Eléctrica: Es la forma más versátil de las energías manejadas por el hombre. Se define como el trabajo que puede realizar una potencia eléctrica dada en un tiempo dado. Se mide en Joule (J), ecuación 7; sin embargo, en el campo de la electricidad se suele utilizar el kilowatt hora (kW-h) [41].

$$Energía = \int_0^c p(t)dt \dots P \neq cte$$

Ecuación (7). Energía eléctrica

Angulo de fase: La diferencia en el tiempo que existe entre la onda de tensión y la onda de corriente es el ángulo de desfase. Este ángulo es una característica del tipo de componente conectado a un circuito eléctrico alimentado con corriente alterna. Si este ángulo es mayor a -90° son componentes inductivo-resistivos, si es igual a 0° es resistivo puro y si por el contrario es menor a 90° son capacitivo-resistivos, las ecuaciones 8 y 9 representan la forma de onda sinusoidal de la tensión y de la corriente respectivamente [42]

$$u = U_{max} * \sin(\omega t \pm \varphi_u)$$

Ecuación (8). Tensión alterna

$$i = I_{max} * \sin(\omega t \pm \varphi_i)$$

Ecuación (9). Corriente alterna

Donde:

u, i = Valores instantáneos de tensión y corriente.

U_{max}, I_{max} = Valores máximos de tensión y corriente.

ω = Frecuencia angular en radianes.

t = Tiempo en segundos.

φ_u, φ_i = Ángulo de desfase inicial de tensión y corriente.

Frecuencia: Es el número de ciclos por unidad de tiempo, se identifica con la letra “f” y la unidad usada en el sistema internacional es el ciclo por segundo, Hertz. En Ecuador, EE. UU. y México por ejemplo el sistema eléctrico interconectado trabaja a 60Hz. Este valor puede solo ser manejable alrededor del 1 % según norma [43].

Factor de potencia: Se define como la razón de la potencia activa a la potencia aparente como se aprecia en la ecuación 11, es recomendable de que este valor sea superior al 0.96, el factor de potencia es adimensional es decir no cuenta con unidades [44].

$$F. P. = \frac{P}{S} = U * I * \cos \phi$$

$U * I$

*Ecuación (10).
Factor
de
potencia*

Armónicos: La presencia de armónicos indica una onda de tensión o una intensidad distorsionada. La distorsión de la corriente o de la onda de tensión significa que la distribución de la energía eléctrica sufre perturbaciones y que la calidad de la alimentación no es óptima. Las corrientes de armónicos se producen por cargas no lineales (es decir, cargas que, al ser alimentadas por una tensión sinusoidal, dan como resultado una onda de intensidad deformada, no lineal) conectadas a la red de distribución. El flujo de intensidades armónicas produce tensiones de armónicos a través de las impedancias de la red de distribución y, por consiguiente, la distorsión de la tensión de alimentación [45].

La tasa de distorsión total armónica o THD es un indicador ampliamente usado en la definición del nivel de contenido armónico en señales sinusoidales y se expresa como porcentaje para tensiones y corrientes, ecuaciones 12 y 13 respectivamente, altos contenidos de armónicos generan un aumento de los costes de energía, envejecimiento prematuro de los equipos, sobrecalentamiento de los conductores, salto repentino de protecciones eléctricas y pérdidas de producción, se deben manejar valores de THD de tensión por debajo de 5% como normales y superior al 8% considerar como crítico, para valores de THD de corriente inferiores al 10% como normales y superiores al 50% como crítico, cabe resaltar que los rangos a supervisar de armónicos serían 3°, 5°, 7°, 11° y 13° ya que a medida que aumenta la frecuencia disminuye la amplitud del armónico, una optimización más completa tendría en cuenta los armónicos hasta el rango 25° [45].

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_h^{\infty} = 2I_h^2}}{I_1} \quad \text{Ecuación (11). THD de corriente}$$

$$THD_u = \frac{\sqrt{\sum_h^{\infty} = 2U_h^2}}{U_1} \quad \text{Ecuación (12). THD de tensión}$$

Al revisar los conceptos de los parámetros eléctricos más importantes, estos se consideran necesarios para el sistema de monitoreo eléctrico.

3.2.15 Perturbaciones en los sistemas eléctricos

Entre las principales perturbaciones de los sistemas eléctricos de potencia se encuentran

los transitorios, las variaciones de corta duración, las variaciones de larga duración, el

desequilibrio de tensión, la distorsión de la forma de onda y las fluctuaciones de tensión que se describen en este numeral [46].

3.2.15.1 Variaciones de larga duración

Engloban variaciones del valor eficaz de la tensión durante un tiempo superior a 1 minuto, por lo tanto, son consideradas como disturbios de régimen permanente.

Interrupción sostenida: Se considera una interrupción sostenida a la reducción de la tensión de alimentación al valor de cero por un tiempo superior a un minuto. Son de naturaleza permanente y requieren intervención manual para restablecimiento de la energía eléctrica del sistema [47].

Sobretensión: Las sobretensiones son caracterizadas por el aumento del valor eficaz de la tensión de 1,1 a 1,2 [p.u.] durante un tiempo superior a 1 minuto. Las sobretensiones pueden tener origen en la salida de grandes bloques de carga, entrada de bancos de capacitores y también al ajuste incorrecto de los taps de los transformadores [48].

3.2.15.2 Distorsión de la forma de onda

La distorsión de la forma de onda es un desvío, en régimen permanente, de la forma de onda de corriente o tensión en relación con la señal sinusoidal pura.

Armónicos: Se conoce como distorsión armónica a la deformación de la onda de su característica sinusoidal pura original. Un análisis matemático (Fourier) de ondas distorsionadas por cargas no lineales muestra que ellas están compuestas de la onda seno fundamental, además de una o más ondas con una frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental [45].

3.2.16 Estandarización y normas

En los últimos años se ha profundizado el problema con la calidad de la energía. Por este motivo Instituciones especializadas en el tema, como la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), IEC (Internacional Electrotechnical Commission), CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), NEMA (The National Electrical Manufacturers Association), CELEC E.P. (Corporación Eléctrica del Ecuador Empresa

Pública), etc. han desarrollado estándares de calidad de energía en los últimos años, perfeccionándolos con el transcurrir del tiempo.

Norma EN50160: Describe las características principales que debe tener la tensión suministrada por una red general de distribución en baja y media tensión en condiciones normales y en el punto de entrega al cliente [49]. Define las variaciones de la tensión suministrada, como también de variables de corriente, potencia, energía, frecuencia, factor de potencia. La tabla 4 muestra los límites según esta norma [49].

Tabla 4: Límites norma EN50160

PARAMETROS ELECTRICOS		NORMA EN50160	RESUTADO
Voltaje		$\pm 2\%$	123,22 – 118,38
Corriente		$\pm 2\%$	3,21 – 3,084
Potencia	Aparente	$\pm 2\%$	401,26 – 385,52
	Activa	$\pm 2\%$	341,05 – 327,67
	Reactiva	$\pm 2\%$	68,74 – 66,04
Frecuencia		$\pm 2\%$	60,005
Energía	Activa	$\pm 2\%$	36,01 – 34,60
	Aparente	$\pm 2\%$	1,60 – 1,54
	Reactiva	$\pm 2\%$	40,76 – 39,16
Factor de potencia		$\pm 2\%$	0,961 – 0,926
THD Voltaje		$\pm 2\%$	3,938 – 3,783
THD Corriente		$\pm 2\%$	63,24 – 60,76

Elaborado por: Moreta, D. & Venegas, E. (2020). **Fuente:** Límites norma EN50160 [47].

4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente proyecto se desarrolló una investigación de carácter descriptivo, la cual se llevó a cabo en CT de la Universidad Técnica de Cotopaxi donde se realizó la documentación necesaria. De acuerdo con la metodología, por tratarse de la práctica de estudio en el proceso de automatización de la evaluación de la calidad de energía eléctrica por medio de un SME, se ejecutó el respectivo análisis donde se encontraron las pertinentes deficiencias existentes en la cámara.

4.1. METODOLOGÍA DE LA BIBLIOGRAFÍA

Método inductivo. - El método inductivo será utilizado para determinar las falencias, inconsistencias y complementos que necesita la CT para el registro de información y

monitoreo dentro del proceso de evaluación de la calidad de la energía eléctrica; en el cual existe consumo de energía con escasas métricas o pérdidas de energía debido a la falta de información para una toma de decisiones.

Método deductivo. - El método deductivo permitirá la identificación de los procesos de registro y monitoreo de información con respecto a las métricas del estado actual de la red y su calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2 al no contar con un Sistema de monitoreo eléctrico, no se conocen variables como voltaje, corriente, frecuencia los cuales ayudaran en la toma de decisiones y a generar información necesaria para presentar reportes organizados y más argumentados de forma técnica en la calidad de la energía, deduciendo parámetros técnicos precisos que puedan manipular el volumen de datos fáciles de monitorear en el HMI del Sistema de monitoreo eléctrico en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.2. TÉCNICAS

Investigación Documental – Esta técnica se refiere a la recolección de la información necesaria para el desarrollo de la investigación, con la cual se analizó la tecnología para el Sistema de monitoreo eléctrico, así como del medidor eléctrico avanzado o analizador de redes Sentron Pac 3220, también el control de las entradas y salidas de la pasarela IOT 2000 del mismo fabricante Siemens, junto con el HMI; además permite sustentar teóricamente el trabajo investigativo garantizando la autenticidad del estudio.

Investigación Aplicada. -Esta técnica se refiere al uso de la información bibliográfica para generar conocimiento práctico, se utilizó para seleccionar los componentes óptimos y necesarios para el sistema de monitoreo eléctrico, teniendo como base la aplicación de la investigación documental.

Investigación de Campo. - Esta técnica ayuda a poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera, además permite el uso de herramientas informáticas para el diseño de diagramas, algoritmos y la configuración de los diferentes componentes utilizados en el sistema de monitoreo eléctrico.

Investigación Experimental. - Se utilizará la investigación experimental en el proceso de recolección de datos de la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la cual

esta direccionada a levantar información, sobre la técnica de monitoreo cuantitativo y de la evaluación de la calidad de la energía eléctrica, para determinar si la misma se encuentra dentro de la normativa utilizada y como afecta en los consumos de la institución,

4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

4.4.1. Caracterización del sistema de monitoreo eléctrico

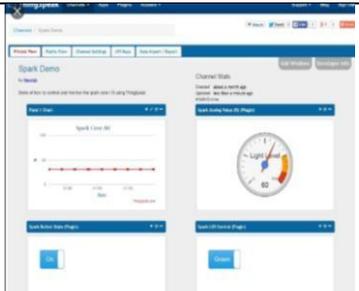
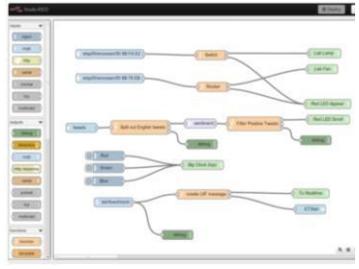
En este numeral se describen los elementos que se utilizaron en la propuesta tecnológica, los protocolos, las interfaces y elementos con una breve explicación de su uso en el SME, a través de la tabla 6 se detalla el contenido técnico de la propuesta tecnológica.

Tabla 5: Caracterización de componentes del SME

PARTE DE CONTROL			
Componente	Tipo	Descripción	Imagen
Sentron PAC	3220	Esta pantalla gráfica retroiluminada es un dispositivo de medición eléctrica que permite la lectura de los parámetros eléctricos en la CT, identificando las fases seleccionables L1, L2, L3.	
Simatic IOT	2000	Esta pasarela de redes industriales está diseñada para soluciones IT, permitió adquirir, procesar y transferir los datos directamente al entorno HMI	
PARTE ELÉCTRICA			
Transformador de corriente	200A	Es un componente eléctrico que facilita la medición de corriente para el SENTRON PAC 3220	

Riel DIN	Ranurado	Permite un funcionamiento como un cable de tierra general, tierra física; en el SME actúa como cable neutro	
Breakers	SH202L 2POLOS	Dispositivo de conmutación que en el SME puede activar automáticamente, así como manualmente el control y protección del SME	
Borne carril	URTK/S	El borde posee por ambos lados del punto de interrupción un conector hembra de pruebas, que facilita al SME la conexión transversal con bornes contiguos	
Fusible cristal	20mm 0,5A	Son fusibles de tubo de cristal que soportan una corriente de 0,5 A y un voltaje nominal de 250 V ayudan a proteger el circuito del SME	
Enchufe Cooper	Polarizado 4867	Tiene polos de latón sólido fijos al cuerpo de la clava ayuda en las conexiones de equipos del SME en la conexión eléctrica, es de bronce 15A 125V de 3 hilos con puesta a tierra	
Luz piloto	CAMSO	Esta luz piloto LED es compatible con orificios de 22 mm de diámetro con un voltaje de 220 VAC, intensidad menor de 20 mA, permite en el SME ver su encendido	

Pulsador de paro	Monoblock	Al pulsar el circuito se abre y deja de funcionar sirve como medida de seguridad en el SME en la parada de emergencia del mecanismo	
Selector	2 posiciones	El selector es un conmutador con dos o más posiciones estables, sirve en el SME para establecer la posición de trabajo y permanencia de accionamiento	
PARTE COMUNICACIÓN			
Swith	FL SFNB 5TX	Permite en el SME la comunicación en la red industrial trabaja con Ethernet en RJ45-par trenzado 10/100 Mbps, IP20 con una tensión de 24VDC, cumple la norma IEEE 802.3	
Cable Ethernet Cat 5E	Siemens 6xV1840-2AH10	Sirve en el SME para la comunicación de red, por su apantallamiento SF/UTP cumple las normas ISO/IEC 11801:2002/2008	
Conector MODBUS	IE FC RJ45	Es un conector macho de categoría LAN 5E de que se usa con extremos 568B de cables para trenzado para redes industriales, sirve en el SME para la comunicación entre equipos de campo	
PARTE PROGRAMACIÓN			

SME Escritorio	PC	Lenguaje de programación que permite el procesado de la información a través del diseño de un HMI para generación de reportes, interconexión con periféricos, impresión de resultado.	
Plataforma online	ThingSpeak	En el SME ayuda con sus canales (Channels), los datos que se recogen en campo se guardan en los canales, en sus campos para mostrar métricas y curvas	
WINCC	TIA PORTAL	En el SME permitirá la comunicación sencilla mediante drivers (código del protocolo de comunicación con un equipo inteligente) programa run time que activa sus modificaciones directamente	
Plataforma de escritorio	NODE-RED	El Node-Red es una herramienta de programación visual. En el SME sirve para comunicar el hardware con la red activando los servicios y protocolos de forma rápida y sencilla	

Elaborado por: Moreta, D. & Venegas, E. (2020). Fuente: SME UTC CT N.º 2

4.4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 1:

Investigar fundamentos teóricos y antecedentes, mediante revisión bibliográfica para conocer la situación actual de la CT N.º 2

a.- Reconocimiento de las instalaciones eléctricas de la CT N.º 2.

La tabla 7 muestra la situación actual de las métricas de los parámetros eléctricos de la evaluación de la calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2, las cuales fueron evaluadas en los meses de enero y febrero de forma manual y automática a través del sistema de monitoreo, por medio del Analizador Schneider PM5110 y verificadas con el Analizador FLUKE 1735. No existe un registro en tiempo real del SME operativo sobre el consumo y comportamiento de la calidad de energía eléctrica en la distribución de energía que alimenta la CT N.º 2, los datos recopilados de tensión, corriente y potencia eléctrica, así como el de frecuencia, no disponen de una automatización para la toma de decisiones.

Tabla 6: Matriz de medición de corriente, voltaje, potencia, frecuencia CT N.º 2

TENSIÓN ELÉCTRICA					
Parámetro de medición	Hora 1	Pico más bajo	Hora 2	Pico más alto	Promedio
L-N	10h30	118,47V	12h30	124,41V	121,44V
L1	16h00	218,47V	18h00	224,41V	221,44V
L2	16h15	218,41V	14h00	224,40V	221,40V
L3	10h30	218,05V	18h00	224,40V	221,22V
CORRIENTE ELÉCTRICA					
I1	21h45	0,012A	11h30	0,0143A	0,01315A
I2	09h00	0,012A	18h15	0,0143A	0,01315A
I3	15h00	0,012A	12h15	0,0143A	0,01315A
POTENCIA ELÉCTRICA					
P. Aparente	10h20	0,211Kva	12h44	0,215Kva	0,2130Kva
P. Reactiva	11h30	0,40kVar	12h44	0,41kVar	0,405kVar
P. Activa	12h15	0,54kW	12h44	0,55kW	0,545kW
FRECUENCIA					
F1	16h25	59,95	11h15	60,05	60,00

Fuente: Achote, G. & Pumashunta, C. (2020)

Los registros de medición de los parámetros eléctricos en la CT N.º 2 de la “Universidad Técnica de Cotopaxi”, están cuantificados de manera semiautomática, se toma la medida del pico más alto y el pico más bajo de la señal durante una hora determinada en el día para diferenciar en los diferentes valores de consumo de energía en la red eléctrica que suministra la CT N.º 2, principalmente en los laboratorios, de estos valores es claro apreciar en la tensión eléctrica que varía de 121V a 221V promedio durante las 10h30 a las 18h00, teniendo una diferencia de 100V de consumo durante este espacio de tiempo; la corriente eléctrica mantiene un valor promedio de 0,01315A durante las 09h00 a las 21h45; la potencia aparente mantiene un valor promedio de 0,2130Kva en la mañana, la potencia reactiva de 0,405kVar y la potencia activa de 0,545kW entre las 10h20 a las

12h44. La frecuencia dispone de un valor nominal de 60Hz durante el día, en horas de la tarde, cuando existe mayor demanda de energía existe una reducción de 0,05Hz.

b.- Consulta de información técnica sobre la propuesta tecnológica

Para el diseño del sistema de monitoreo para la evaluación de la calidad de energía en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es importante conocer las entradas, salidas y procesamiento que el sistema tiene que monitorear. A continuación, la figura 15 se ilustra el diagrama de monitoreo.

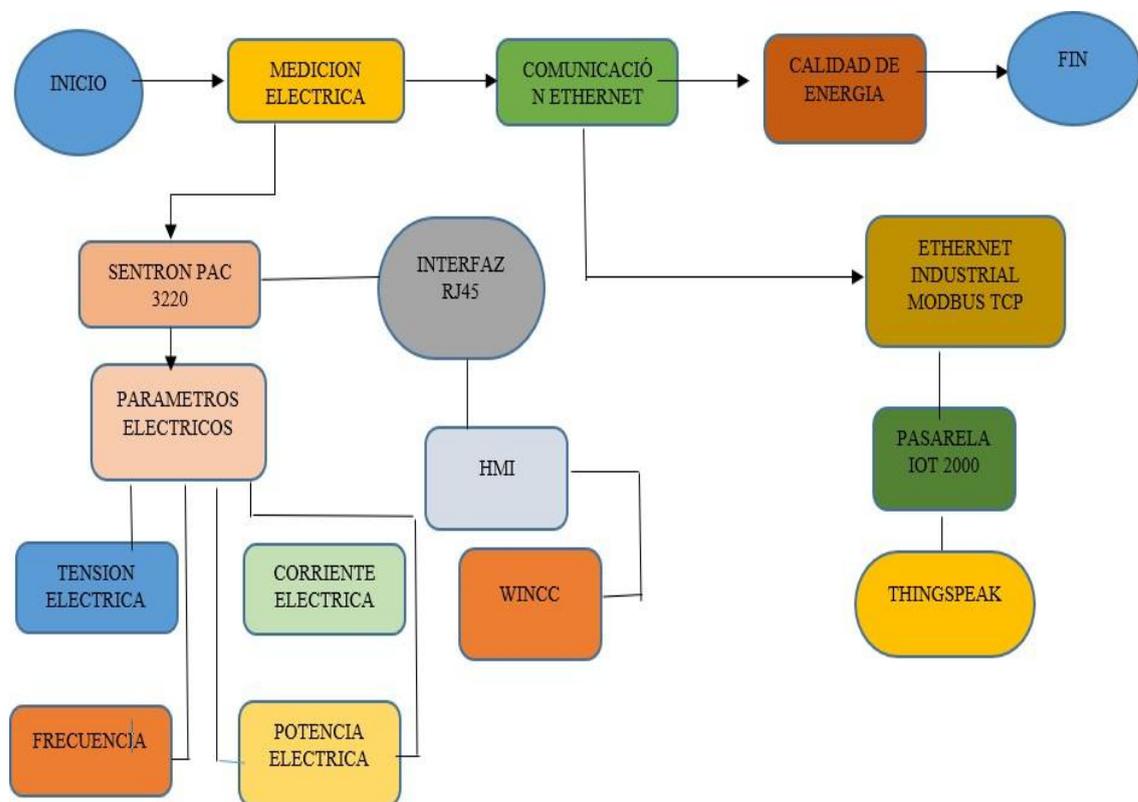


Figura 15: Diagrama del Sistema de Monitoreo Eléctrico
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

La imagen representa las variables que el sistema de control tiene que procesar, para el caso, el proceso inicia con la medición de los parámetros eléctricos por medio del Sentron Pac a través de una red Ethernet ModBus TCP, de esta conexión, por medio de una interfaz de comunicación RJ-45 se accede a un HMI desarrollada en WinCC para el procesamiento de los datos de medición de los parámetros eléctricos, y así poder observar las curvas de comportamiento de la red eléctrica en la CT N.º 2, la fecha, la hora y la respectiva traza de medición. El hardware del sistema eléctrico de monitoreo operativo

está montado sobre un gabinete metálico empotrado en la pared, cuya funcionalidad está señalizada por una luz piloto de 120V verde cuando el sistema está completamente operativo. La seguridad del gabinete eléctrico está enfocada en el uso de un breaker de 2A junto con fusibles de 0.5 A. La figura 16 muestra el SME operativo en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Es imperante bosquejar un diagrama de flujo sobre la estructura del sistema de monitoreo eléctrico. La figura 17 muestra el diagrama de flujo del sistema de monitoreo eléctrico para la CT N.º 2.

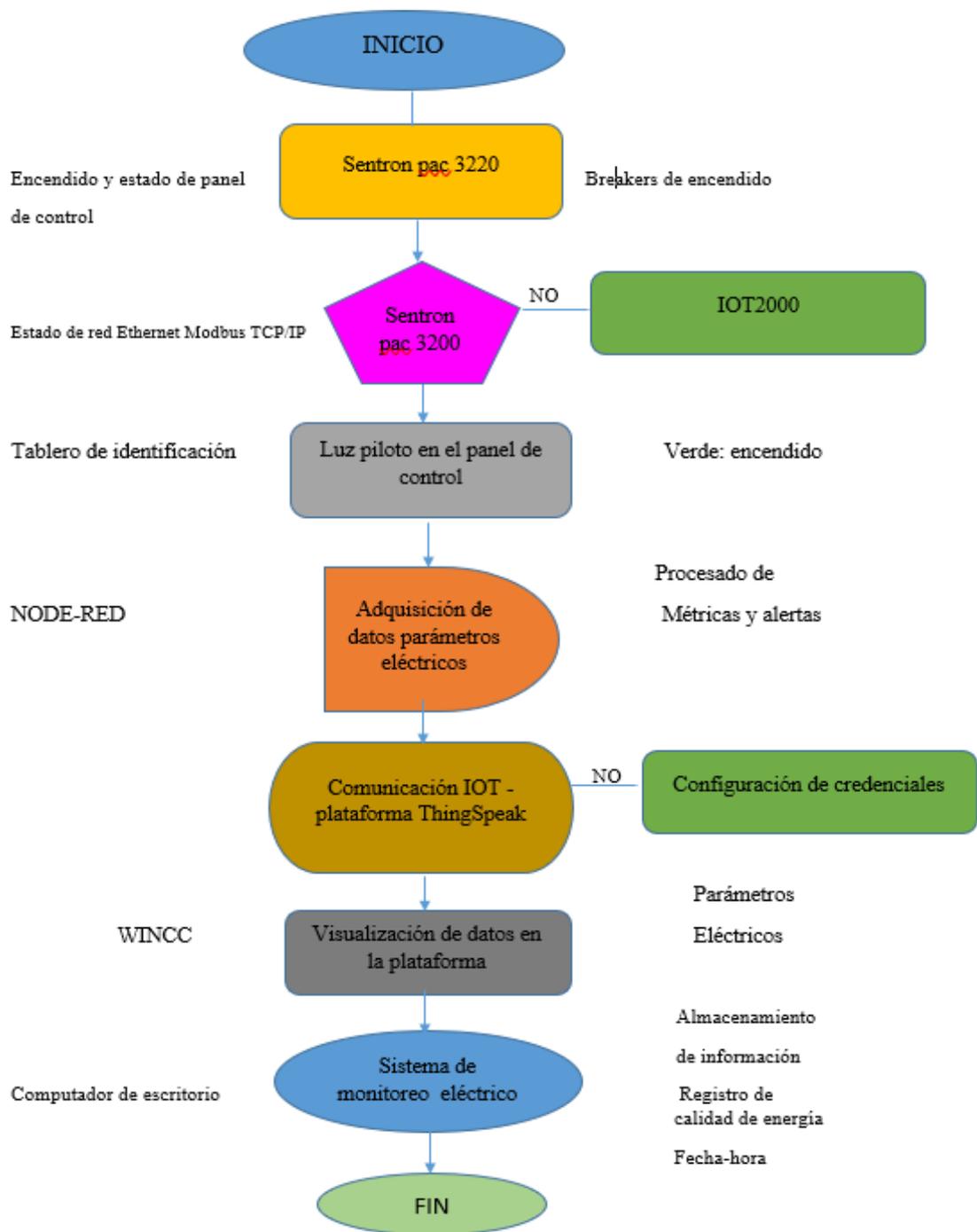


Figura 16: Diagrama de flujo de automatización del sistema de monitoreo eléctrico
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

El diagrama de flujo del sistema de control permite determinar los requisitos que el sistema debe tener en su funcionalidad para poder actuar en base a la evaluación de la calidad de energía eléctrica que suministra la CT N.º 2, para la toma de decisiones y la manipulación de la información con respecto a las perturbaciones del sistema eléctrico.

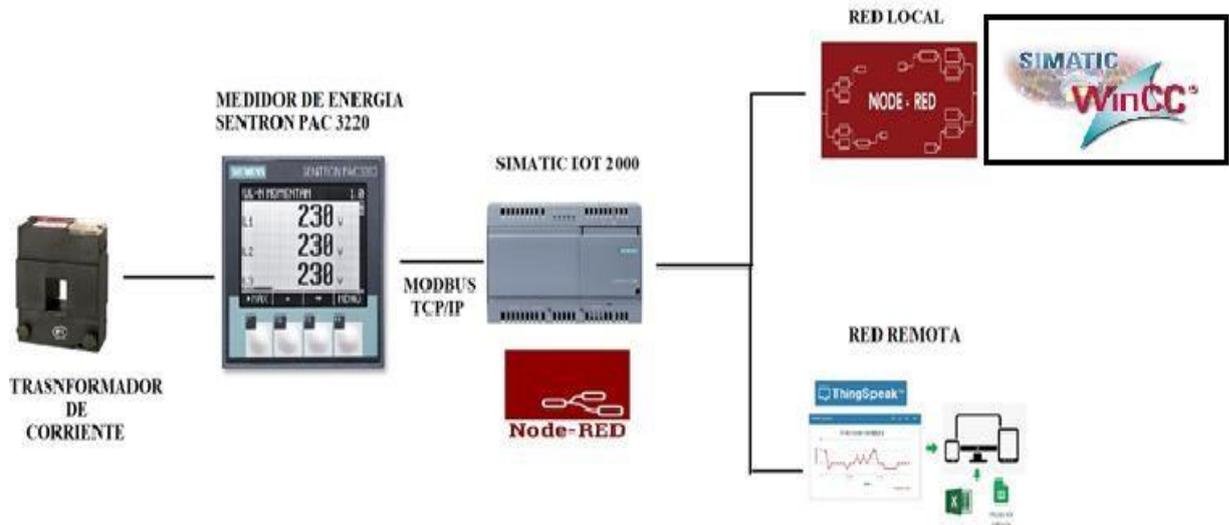


Figura 17: Esquema general del sistema de monitoreo eléctrico
Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

4.4.2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 2:

Seleccionar los componentes de software y hardware necesarios para la implementación del sistema de monitoreo eléctrico.

a.- Selección de la plataforma tecnológica para el monitoreo de la calidad de energía eléctrica.

Una vez determinadas las condiciones de la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi en cuanto a su monitoreo de la calidad de energía eléctrica; además reconocidas las entradas, salidas y etapas de procesamiento del sistema de monitoreo, es imperante determinar la tecnología para optimar mejores prestaciones del sistema con respecto al monitoreo de la red eléctrica, de esta forma se establece que la unidad de control del sistema será el equipo SIMATIC IOT 2000 por su proyección a las redes Smart Grids y estar orientado a las aplicaciones del internet de las cosas IoT, facilitando la interconexión de equipos en la capa física del modelo OSI, con equipos de la capa de aplicación de una forma directa y compatible orientada a la web. Es imperante seleccionar el hardware compatible con la funcionalidad del Simatic IoT 2000 para el trabajo del medidor de

energía Sentron Pac 3220, y que permitan cumplir con los requerimientos del sistema de monitoreo eléctrico, entre los principales componentes compatibles con este componente Open Hardware se encuentran los mostrados en la tabla 8. Es importante que los componentes de hardware sean compatibles a la plataforma Siemens para que tenga eficientes resultados, tanto en los algoritmos de programación como en la evaluación de la calidad de energía eléctrica en tiempo real.

Tabla 7: Hardware de procesamiento de información del SME

Componente	Tipo	Características	Imagen del hardware
HARDWARE DE ENTRADA DEL SISTEMA			
SENTRON PAC	3220	<p>Gran pantalla gráfica retroiluminada de cristal líquido para una lectura óptima incluso a grandes distancias.</p> <p>Parametrización y manejo a través de menús en pantalla en texto claro. Identificadores de fases seleccionables (L1, L2, L3 <=> a, b, c).</p>	
HARDWARE DE PROCESADO DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA			
IOT	2000	<p>Soporte Yocto Linux</p> <p>Diseño industrial compacto y montaje en rieles DIN</p> <p>Procesador Quark de Intel de alto rendimiento, que ahorra energía, y numerosas interfaces:</p> <p>Intel Quark x1020 (+Boot seguro), 1 GB de RAM, 2 puertos Ethernet, 2 puertos RS232/485, reloj de tiempo real respaldado por batería</p>	
HARDWARE DE SALIDA DEL SISTEMA			

<p>SME ESCRITORIO</p>	<p>PC</p>	<p>Computador de escritorio HMI robusto Generación de reportes Interconexión con periféricos Impresión de resultados Interfaz interactiva Múltiples plataformas Interfaz SIMATIC WinCC</p>	
---------------------------	-----------	--	---

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

b.- Esquematización del hardware y software necesario para el sistema de monitoreo eléctrico.

Los componentes compatibles con la plataforma Siemens mostrados en la tabla han sido seleccionados debido a su compatibilidad con el medidor de energía Sentron Pac 3220 y la pasarela IoT 2000, en este sentido la figura 19 muestra la arquitectura del sistema de monitoreo en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

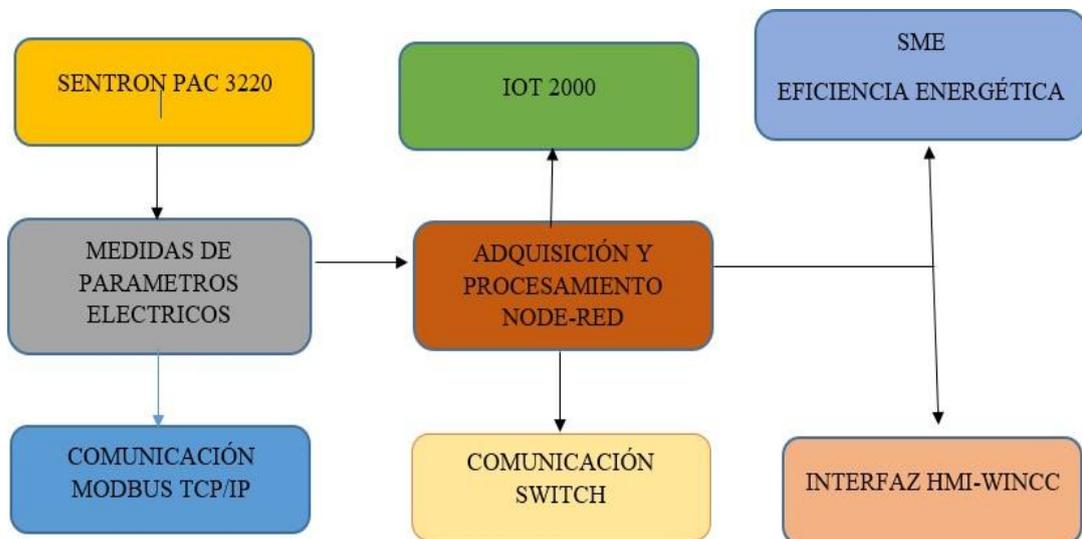


Figura 18: Diagrama de proceso del sistema de monitoreo eléctrico

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

4.4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 3:

Equipar el sistema de monitoreo eléctrico en base a las categorías de energía eléctrica, monitoreo de variables y visualización de resultados.

a.- Conexión de las protecciones, gabinete, Breakers, TC y líneas eléctricas para medición de la energía.

La topología de red seleccionada es la topología estrella, debido a que permite el trabajo de múltiples equipos comandados de un concentrador, para el caso el Switch; el mismo que es el encargado de direccionar la información hacia la IP del protocolo TCP/IP configurado en los equipos de procesamiento de la información, es decir el SIMATIC IOT 2000 y los equipos de campo, que en este caso es el medidor inteligente SENTRON PAC 3220. Otra ventaja de esta topología es que es modular, se pueden adicionar más medidores y más equipos a la red, tan solo configurando nuevas direcciones lógicas y conectando en base a la interfaz de comunicación, frecuentemente Modbus TCP/IP. Las respectivas conexiones de la parte eléctrica se pueden apreciar en el **Anexo C**, donde se muestran las conexiones realizadas en de la CT N.º 2 en la institución.

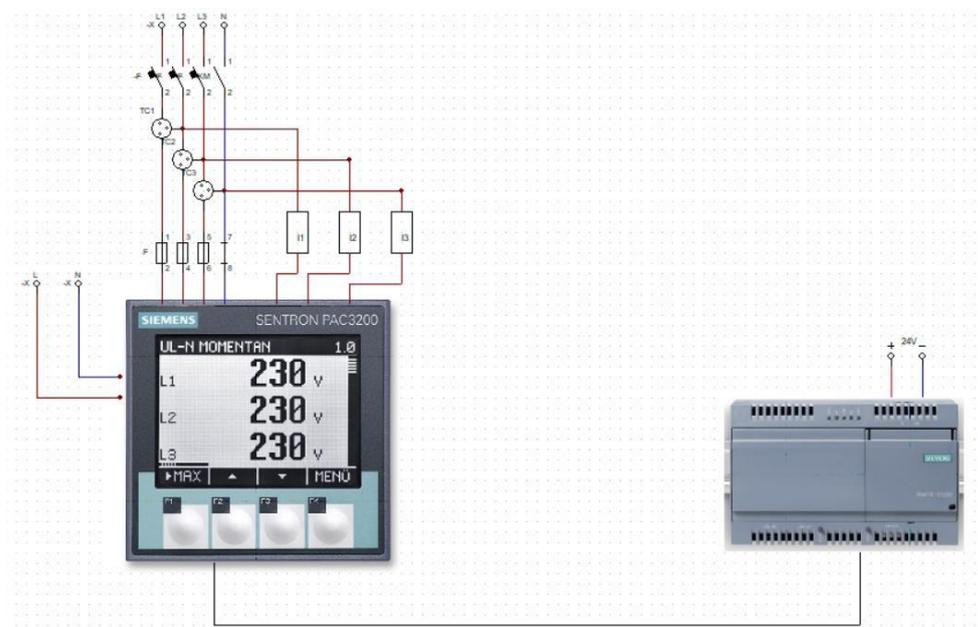


Figura19: Diagrama eléctrico del SME

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

b.- Conexión de la red con el SENTRON PAC 3220 para el monitoreo de la energía eléctrica.

De las borneras de entrada de corriente del medidor inteligente SENTRON PAC3220 se interconecta el transformador de corriente y se conectan las entradas de voltaje a las fases protegiéndolas con los fusibles a la red eléctrica como se aprecia en la figura 20 referirse Anexo D.

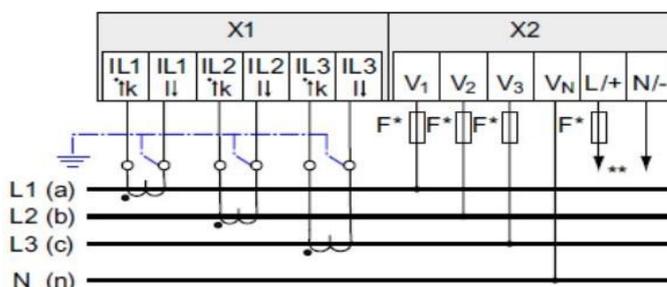


Figura 20: Conexión de SENTRON PAC 3220 y TC
Fuente: Manual SEA.SIEMENS

Después de la configuración del medidor inteligente SENTRON PAC 3220, se procedió a configurar el dispositivo SIMATIC IOT 2000 referirse anexo E.

c.- Diseño del HMI para visualización de resultados

Mediante el Programa WinCC se diseñó el HMI, en el cual se visualizarán las variables mencionadas, se puede apreciar en el anexo F el desarrollo de este.

4.4.3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL OBJETIVO 4:

Implementar el sistema de monitoreo eléctrico que permitan la evaluación de la calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2.

a.- Implementación del sistema de monitoreo eléctrico.

La implementación del SME se puede apreciar en el Anexo G, donde se muestran imágenes del trabajo de campo para implementar el sistema.

b.- Pruebas de medición de variables eléctricas en diferentes horarios

A continuación, se muestran los resultados de las respectivas mediciones de los parámetros eléctricos, con sus respectivas gráficas de análisis, en 7 días de medición referirse Anexo H.

c.- Análisis de resultados obtenidos.

En las siguientes figuras se analiza los datos obtenidos en los días de medición en variables como voltaje, corriente, potencia, frecuencia, energía, factor de potencia, THD voltaje y THD de corriente.

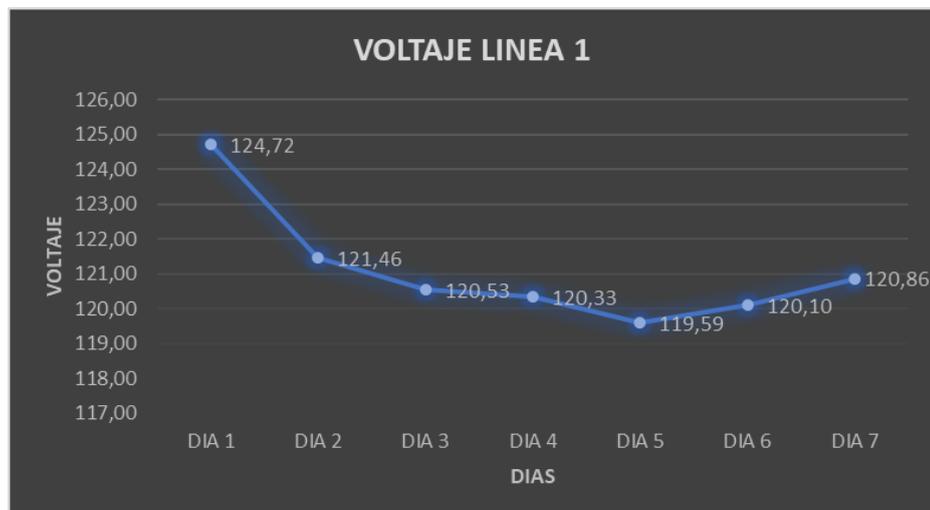


Figura 21: Grafica Voltaje línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 21 se puede evidenciar que el pico de voltaje más alto se produjo el día 23 de agosto del 2020 con un valor de 124,72 V y el pico más bajo de voltaje de es de 119,59 V, es evidente que existe fluctuaciones y caídas de voltaje. Se evalúa los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.



Figura 22: Grafica Corriente línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 22 se puede visualizar el pico más alto de corriente de 3,14 A producido el día 23 de agosto del 2020 mientras que el pico más bajo se registró el día 29 de agosto del 2020, se puede concluir que existen altibajos mínimos de corriente en la red. Se evalúa los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.



Figura 23: Grafica potencia aparente línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 23 se visualiza la potencia aparente se tiene como resultado de pico más alto el valor de 407,90 kVA el día 29 de agosto del 2020 y el pico más bajo es de 324,47 kVA el día 25 de agosto del 2020, es evidente la caída de potencia aparente, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.



Figura 24: Grafica potencia activa línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 24 se puede evidenciar que el pico más alto de potencia activa es de 346,94 kVAR, producido el 23 de agosto del 2020 y el pico más bajo es de 259,97 kVAR el día 25 de agosto del 2020, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.



Figura 25: Grafica potencia reactiva línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 25 se visualiza que el día 27 de agosto del 2020 se produjo el pico más alto con un valor de 72,45 kW y el pico más bajo de 15,65 se produjo el día 25 de agosto del 2020 son indiscutibles las caídas de potencia reactivas, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.

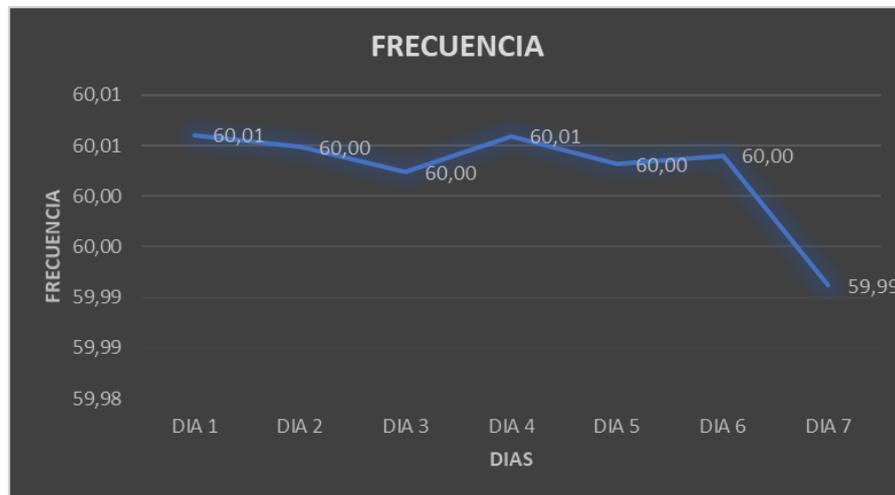


Figura 26: Grafica frecuencia línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 26 se aprecia la frecuencia de la red con el pico más alto de 60,01 Hz en los días 23 de agosto del 2020 y 26 de agosto del 2020, como pico más bajo se tiene el valor de 59,99 Hz, es evidente que la frecuencia se mantiene relativamente estable dentro de los 7 días de medición, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla numero 9.



Figura 27: Grafica energía activa línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 27 el pico más alto de energía activa es de 75,18 kVAR producida el día 29 de agosto del 2020 y como pico más alto se tiene el valor de 35,31 kVAR, es notable el aumento de energía en los días de medición, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.



Figura 28: Grafica energía aparente línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 28 el pico más alto es de 4,64 kVA producido el día 24 de agosto del 2020, y el pico más bajo de energía aparente es de 1,61 kVA el día 23 de agosto del 2020, se puede evidenciar que existieron dos picos de energía aparente durante la medición, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.

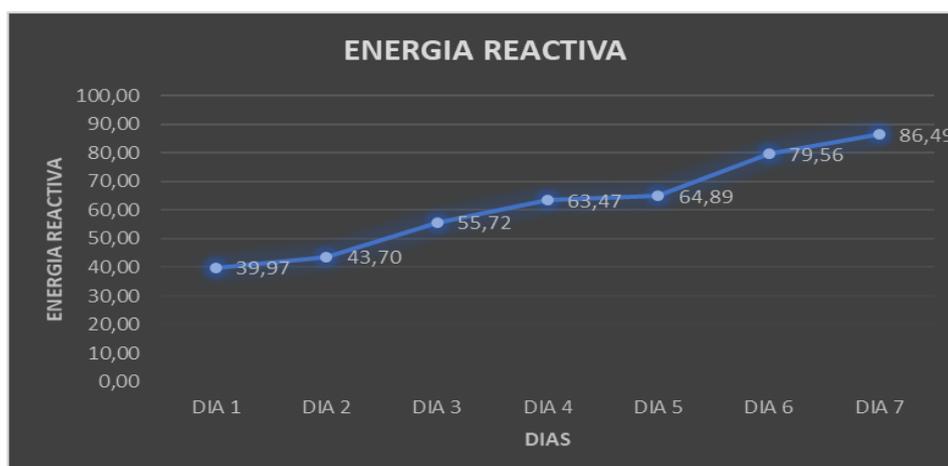


Figura 29: Grafica energía reactiva línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 29 correspondiente a energía reactiva el pico más alto es de 86,49 kW producida el día 29 de agosto del 2020 y como pico más bajo se obtuvo el valor de 39,97 kW el día 23 de agosto del 2020, se puede visualizar que la energía reactiva asciende al pasar los días, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.



Figura 30: Grafica factor de potencia línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 30 se visualiza el factor de potencia que tiene como pico más alto un valor de 0,82 producido el día 27 de agosto del 2020 y como pico más bajo se tiene el valor de 0,76 generado los días 24 de agosto del 2020 y 24 de agosto del 2020, es visible que el factor de potencia no cumple con los estándares necesarios, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.

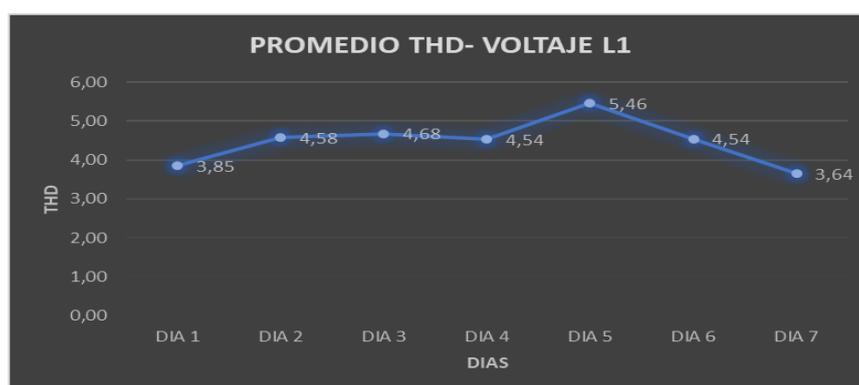


Figura 31: Grafica factor de potencia línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 31 se puede visualizar que el valor más alto de THD es de 5,46 % y se produjo el día 27 de agosto, evidenciando que supera a lo establecido en la normativa utilizada, el pico más bajo de THD es de 3,64% perteneciente al día 29 de agosto, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.

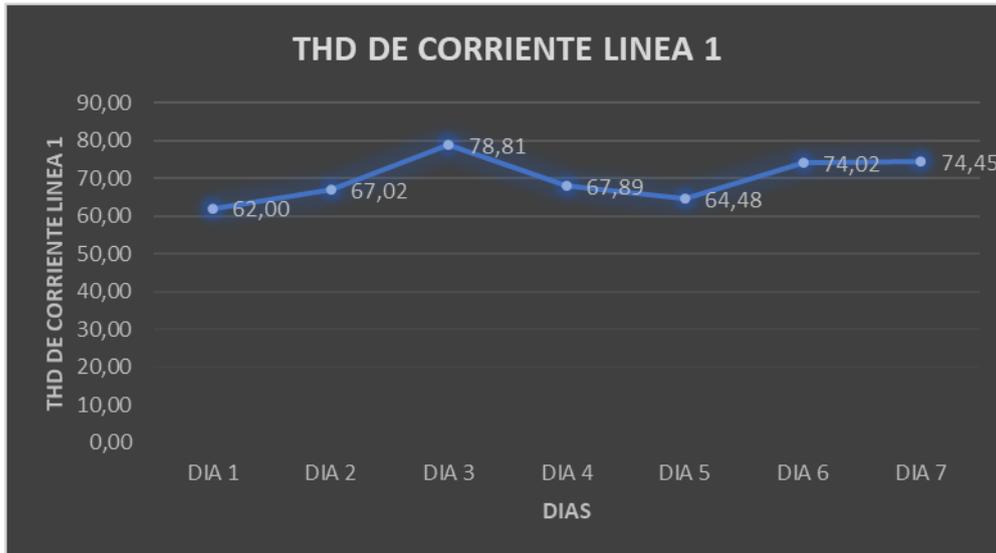


Figura 32: Grafica THD de corriente línea 1

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

En la figura 32 se puede observar que el pico de THD más alto se produjo el día 25 de agosto del 2020 con un valor de 78,81% y el valor más bajo se generó el día 23 de agosto del 2020 con 62,00% en la línea 1, se evidencia que los datos obtenidos no se encuentran dentro de la normativa aplicada, se evaluó los datos obtenidos según la norma utilizada en la tabla número 9.

La tabla 9 muestra los resultados de las mediciones de los parámetros eléctricos frente a los establecidos por la normativa.

Tabla 8: Resultados obtenidos

Parámetros eléctricos		Promedio	Norma EN50160	Resultado
Voltaje		124,805 V	± 2%	123,22 – 118,38
Corriente		3,02 A	± 2%	3,21 – 3,084
Potencia	Aparente	408,393 kVA	± 2%	401,26 – 385,52
	Activa	347,365 kVAR	± 2%	341,05 – 327,67
	Reactiva	79,394 kW	± 2%	68,74 – 66,04
Frecuencia		60,005 Hz	-	60,005
Energía	Activa	39,312 kVAR	± 2%	36,01 – 34,60
	Aparente	3,628 kVA	± 2%	1,60 – 1,54
	Reactiva	45,964 kW	± 2%	40,76 – 39,16
Factor de potencia		0,78	± 2%	0,961 – 0,926
THD Voltaje		4,618 V	± 2%	3,938 – 3,783
THD Corriente		65,005 A	± 2%	63,24 – 60,76
<p>Observaciones: El valor de la Norma EN50160 estima una variación del 2% más y menos; es decir, el rango de mediciones para establecer una calidad de la energía tiene que cubrir los rangos de los resultados en este sentido, se analiza que en la mayoría de las medidas tomadas desde el 23 de agosto de 2020 se establecen en ciertos períodos, sobre tensiones y problemas de potencia reactiva la cual tiene como consecuencia un factor de potencia deficiente fuera de los rangos establecidos causando una baja calidad de energía y un problema en cuanto a consumo eléctrico, ya que el tener estas pérdidas en el sistema ocasiona facturas eléctricas desmedidas.</p>				

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

c.- Análisis técnico económico del sistema de monitoreo eléctrico, el VAN, TIR, PRC

El análisis técnico económico del sistema de monitoreo eléctrico se lo puede apreciar en el numeral 6 de la propuesta tecnológica.

5. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

Este epígrafe de la propuesta tecnológica permite detallar la parte financiera y el impacto que tiene un sistema de monitoreo para evaluar la calidad de energía en la CT N.º 2.

5.1. PRESUPUESTO

Tabla 9: Presupuesto general

Rubros	Tipo de recurso		SUBTOTAL
	Efectivo	En especie	
Gastos directos materiales y suministros	331,21	-	331,21
Gastos directos compra y uso de equipos	866,60	-	866,60
Gastos indirectos – Imprevistos (10%)	119,78		119,78
TOTAL			1317,59

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

Tabla 10: Gastos directos materiales y suministros

Materiales	Justificación	Precio Unitario	SUBTOTAL
Breaker de riel ISH202L 2 polos 2AC2	SME CT N.º 2	13,27	13,27
URTKIS Borne carril para componente	Conexión	9,58	34,46
S84-RTK/S conector transversal/puente	Conexión	4,78	4,78
Borner fusible UT4-HESI PHOENIX contact	Conexión	6,98	31,41
Fusible cristal 20mm 0.5A	SME CT N.º 2	0,05	0,22

Gabinete Beaucup Pesado 30x30x20	Estructura	34,10	34,10
Transf. Corriente núcleo P.200A DIXEN	SME CT N.º 2	45,23	122,12
Enchufe Cooper (polarizado 4867)	Conexión	1,64	1,64
Cable sucre 3x14	Conexión	1,57	2,82
Prensa estropa Pcable G-12Pg 135 1/2"	Estructura	0,79	0,79
Riel Dim metálico perforada	Conexión	1,60	1,60
Cable flexible	Conexión	0,18	1,80
Terminal punteada Camsco #18	Conexión	1,57	1,50
Selector 2 posiciones Camsco	SME CT N.º 2	1,83	1,83
Luz piloto LED Camsco 22mmv	SME CT N.º 2	1,50	1,50
Canaleta Dexson ranurada gris	Conexión	5,49	5,49
Pulsador Camsco MONOBLOCK RO	SME CT N.º 2	1,88	1,88
VARIOS	-	-	70,00
TOTAL			331,21

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

Tabla 11: Gastos directos compra y uso de equipos

Equipo	Justificación	Tipo de recurso		SUBTOTAL
		En efectivo	En especie	
7KM 3220-OBA 01-IDAD Medidor PAC 3220	SME CT N.º 2	455,00	-	455,00
SIMATIC IoT 2040 2x10/100 Mbps Ethernet RJ45, 1X	SME CT N.º 2	411,60	-	411,60

TOTAL	866,60
--------------	---------------

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

5.1.1 Análisis Económico

El presupuesto general que es el coste de desarrollo del sistema de monitoreo eléctrico se procede a continuación; a estudiar económicamente la viabilidad del proyecto. En primer lugar, se destaca que el presupuesto para la primera unidad del sistema tiene un coste de **1317,59** dólares. Precio excesivo, debido a ser el primer prototipo, en el cual se ha invertido mucho tiempo para su estudio y desarrollo. Limitando el valor del equipo SIMATIC IOT 2000, debido a que si se instalara otro medidor SENTRON PAC 3220 ya no se necesitará la adquisición de este, ni de sus conectores quedando un precio de 906,75 dólares para las próximas versiones del sistema de monitoreo eléctrico.

En el análisis económico se realiza el cálculo de los siguientes factores: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y PRC (Periodo de Recuperación de Capital). Estos factores proporcionan la idea general de rentabilidad del sistema monitoreo eléctrico. El ingreso rentable se plantea con los siguientes valores en cada uno de los años establecidos en la tabla 13.

Tabla 12: Valores económicos anuales pretendidos

Año	Valor del prototipo	Margen comercial de operación (30%)	Total, ingresos (\$)
1	906,75	272,02	1.178,77
2	1.178,77	353,63	1.532,40
3	1.532,40	459,72	1.992,12
4	1.992,12	597,63	2.589,76
5	2.589,76	776,93	3.366,69

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

Valor Actual Neto (VAN): Este factor, es el encargado de determinar el valor de los flujos de costos e ingresos generados a través de la vida útil del sistema de monitoreo eléctrico. El VAN representa en valores actuales, el retorno líquido actualizado. Si el VAN es mayor que cero, el sistema de monitoreo eléctrico es conveniente; si el VAN es igual a cero, el sistema de monitoreo eléctrico resulta indiferente y si el VAN es menor a cero, el sistema de monitoreo eléctrico no es viable; para determinar este valor se utiliza la ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^T \left[\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right] - I_0$$

Donde:

1. FC = Factor de actualización.
2. i = Tasa de rentabilidad de la institución (11,15 %).
3. T = Periodo durante el cual se requiere capitalizar la inversión (5 años).
4. I_0 = Inversión inicial del sistema registrador de leche (906,75).

A continuación, se detalla en la tabla 14 el cálculo del VAN.

Tabla 13: Cálculo del VAN

Año	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Egre. IVA (\$)	Flujo Caja (\$)	Fac. Act. (0,1115)	Fondos
0	0	906,75	0	-906,75		-906,75
1	1.178,77	641,01	141,45	396,31	0,8997	356,56
2	1.532,40	833,32	138,89	560,19	0,8094	453,42
3	1.992,12	1.083,31	239,05	669,76	0,7282	487,72
4	2.589,76	1.408,31	310,77	870,68	0,6552	570,47
5	3.366,69	1.830,81	404,002	1.131,88	0,5895	667,24
$VAN = (356,56 + 453,42 + 487,72 + 570,47 + 667,24) - 906,75$						
$VAN = 1.628,66$						

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

Antecesor al análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR), se encuentra en función a la inflación proyectada del país, puesto que esta es una estimación de riesgo sobre el proyecto. La tabla 15 muestra esta tasa de actualización para proyectos.

Tabla 14: Tasa de actualización para proyectos

Clasificación de proyectos	Tasa de actualización	
Proyectos sociales sin fines de lucro	7 %	10 %
Proyectos bajo financiamiento estatal	12 %	14 %
Proyectos bajo financiamiento privado	11 %	13 %
Proyectos mixtos	13 %	15 %

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

El proyecto sistema de monitoreo eléctrico, se ubica entre un rango del 13 % y 15 %; límites que son de utilidad para obtener un VAN menor y un VAN mayor indispensables en el cálculo de la TIR.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Se puede interpretar a la TIR, como la más alta tasa de interés que se podría pagar por un préstamo que financiará la inversión, si el préstamo con los intereses acumulados a esta tasa dada se fuese abonando con los ingresos provenientes del proyecto, a medida que estos van siendo generados a través de toda la vida útil del proyecto. Si la TIR es mayor que el costo del capital debe aceptarse el proyecto. La siguiente ecuación, se utiliza para calcular la TIR:

$$TIR = Tasa Menor + [Difer.de tasas * \frac{VAN\ tasa\ menor}{VAN\ menor - VAN\ mayor}]$$

A continuación, se detalla en la tabla 24 el cálculo de la TIR.

Tabla 15: Cálculo de la TIR

Año	Flujo Neto	Actualización			
		Fac. Act. 13 %	VAN Menor	Fac. Act. 15 %	VAN Mayor
0	906,75				
1	356,56	0,8849	315,52	0,8696	310,06
2	453,42	0,7831	355,07	0,7561	342,83
3	487,72	0,6930	337,98	0,6575	320,68
4	570,47	0,6133	349,87	0,5717	326,14
5	667,24	0,5428	362,18	0,4972	331,75
TOTAL			1.720,62	TOTAL	1.631,46

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

$$TIR = 13 + [2 \times \frac{1.720,62}{1.720,62 - 1.631,46}]$$

$$TIR = 13 + 38,60$$

$$TIR = 51,60 \%$$

Periodo de Recuperación de Capital (PRC): Es el tiempo requerido para recuperar la inversión original, en una medida de la rapidez con que el proyecto reembolsará el capital inicial. El periodo de recuperación consiste en el número de años requeridos para recobrar

la inversión preliminar; en la tabla 25 se demuestra el tiempo requerido para que el

proyecto recupere la inversión inicial de capital. La versión prototipo del sistema de monitoreo eléctrico, si se la reflejará con valores de sistemas más robustos, no tiene un valor excesivo.

Tabla 16: Cálculo del PRC

Año	Flujo Caja	Fac. Act. (11,15 %)	Fondos	Acumulado
0	- 906,75			-906,75
1	396,31	0,8997	356,56	-550,19
2	560,19	0,8094	453,42	-96,77
3	669,76	0,7282	487,72	390,95
4	870,68	0,6552	570,47	961,42
5	1.131,88	0,5895	667,24	1.628,66

Fuente: Moreta, D. & Venegas, E. (2020)

Para el cálculo de la PRC, se utiliza la siguiente ecuación:

$$PRC = \text{Año que supera la invers.} + \frac{\text{Inversión} - \sum \text{primeros flujos}}{\text{Flujo neto del año que supera la invers.}}$$

$$PRC = 3 + \frac{906,75 - (487,72 + 453,42 + 356,56)}{487,72}$$

$$PRC = 3 + \frac{906,75 - (1.297,70)}{487,72}$$

$$PRC = 3 + (-0,8016)$$

$$PRC = 2,1984$$

Indica 2 años.

$$PRC = 2,1984 - 2 = 0,1984$$

$$PRC = 0,1984 * 12 = 2,3808$$

Indica 2 meses.

$$PRC = 2,3808 - 2 = 0,3808$$

$$PRC = 0,3808 * 30 = 11,42$$

Indica 11 días.

El retorno del capital invertido se lo tiene en 2 años, 2 meses y 11 días; finalmente de acuerdo con el análisis de factibilidad se pudo determinar la evaluación económica del

proyecto, el VAN es mayor que cero \$ 1.628,66; por ende, el proyecto es conveniente. La

TIR se encuentra en un 51,60% la cual es mayor que el costo del capital (11,15%) asegurando la viabilidad del sistema de monitoreo eléctrico.

5.1.5 SOLUCION PARCIAL

Basándose en los datos obtenidos y enfocándose en el factor de potencia, es notable que los datos muestran que la variable mencionada es inferior a lo requerido en la normativa utilizada, siendo este el causante de varios problemas como los mencionados a continuación:

- Aumento de caída de tensión
- Incremento del mantenimiento por deterioros
- Incremento del consumo en las facturas de servicios eléctricos.

Al tener un factor de potencia inferior a 0,92, y evidenciando que es el causante del alto consumo generado en la red la solución parcial que se propone es implementar un banco de condensadores, el cual tiene como objetivo disminuir la potencia reactiva y por consiguiente las pérdidas en el sistema obteniendo como resultado el aprovechamiento al máximo de la red y teniendo un correcto consumo de la instalación eléctrica que se evidenciara en el pago de facturas de servicios eléctricos.

5.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS

En este numeral de la propuesta tecnológica, se analiza el impacto que tiene un sistema de monitoreo para evaluar la calidad de energía en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

5.2.1 Impacto social

En este impacto del SME CT N.º 2 de la UTC prevé que incidirá a corto, mediano y largo plazo, un cambio de hábitos en los registros de la calidad de energía eléctrica, procurando aumentar los rendimientos y ahorro de la energía. Además, la implantación del sistema permitirá tener un registro automatizado y en tiempo real del comportamiento de la red eléctrica y la distribución de energía de baja tensión a los equipos electrónicos, eléctricos y electromecánicos que trabajan en las instalaciones de la institución, beneficiando el consumo de los estudiantes en los laboratorios, aulas y equipos personales. El proyecto a su vez permitirá generar una idea de microemprendimiento en el campo de la calidad de

energía y la automatización de procesos de medición en la distribución de energía eléctrica en donde se benefician estudiantes; todas estas premisas se aglutinan en favor de la ciencia y la tecnología para la sociedad.

5.2.2 Impacto económico

El SME CT N°2 de la UTC beneficiará económicamente a la institución debido a que se propicia el ahorro de energía y la calidad de energía, a través de un control y monitoreo constante y en tiempo real, para mitigar el riesgo de daño en equipos, así como el desperdicio de energía, lo que se traduce en ahorro de recursos y ahorro financiero. Un equipo que es alimentado con energía de calidad tendrá una extensa vida útil y evitará el gasto en mantenimiento correctivo, así como la contratación de personal contratista destinado a la reparación de equipos y de fiscalización de redes eléctricas.

5.2.3 Impacto técnico

A través de la implementación del SME CT N.º 2 de la UTC, se incentivará a mejorar la calidad de energía y la calidad de energía a partir de la toma de decisiones, mejorando el suministro energético y la estabilidad de la red eléctrica, así como el comportamiento de los transformadores para procurar su efectiva operatividad. La red eléctrica es muy importante que distribuya energía de calidad que pueda alimentar los equipos de forma correcta para contrarrestar los problemas energéticos y averías que se presenta en el rendimiento de la red eléctrica, reduciendo en parte el consumo innecesario de energía, con esto se puede mejorar el proceso monitoreo de la red eléctrica de forma local o remota con un sistema robusto de característica IoT, consolidando el uso de la tecnología para operar con eficiencia en la gestión energética.

5.2.4 Impacto ambiental

La implementación del SME CT N°2 en la UTC dejará un impacto de tipo ambiental favorable, puesto que la calidad de la energía y la calidad de energía ayuda al ahorro de esta y a poder controlar las emisiones contaminantes de gases de efecto invernadero que posiblemente se utilicen por fallas en la distribución de la energía. También, un correcto mantenimiento de la red y los equipos interconectados permite que no existan averías y daños en equipos electrónicos, evitando su desuso y reciclaje inapropiado. El control de

la calidad de la energía permite corregir errores de armónicos, de ruido electromagnético, de sobrecalentamiento; favorable a minimizar el efecto de la contaminación por radiación, desperdicio de energía o basura tecnológica.

5.2.5 Verificación de la hipótesis

La hipótesis planteada fue: La implementación del sistema de monitoreo para evaluar la calidad de energía en la CT N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, incide positivamente en las condiciones de cuantificación y metraje de la calidad de energía eléctrica que suministra a la red interconectada.

Con un SME eficaz se puede obtener medidas de la energía eléctrica en tiempo real, con adecuada precisión para la toma de decisiones, la información medida puede establecer el comportamiento de la red, para ejecutar actividades de mantenimiento y corregir errores de conexión, así como prevenir daño de equipos y averías por un suministro deficiente de energía desde la CT N.º2.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones son aplicables a la instalación eléctrica residencial donde se realizó el presente trabajo de titulación, debido a las condiciones actuales causadas por la Pandemia de Covid-19 (Coronavirus):

Mediante la investigación bibliográfica se obtuvo conocimientos referentes a la situación actual de la cámara de transformación N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi y se determinó cuáles son las variables que necesitan ser monitoreadas para conocer la calidad de energía actual de la red.

La selección de los componentes de software y hardware necesarios para la implementación del sistema de monitoreo eléctrico permitieron determinar que los equipos de mayores prestaciones son los SIMATIC IOT 2000 y el SENTRON PAC 3220 porque además de que presentan gran compatibilidad y portabilidad para las redes eléctricas, están orientadas al Internet de las cosas IoT, muy necesario en las redes

inteligentes, para mantener un control eléctrico 24/7 y a través de dispositivos inteligentes.

El diseño del sistema de monitoreo eléctrico en base a las categorías de energía eléctrica, monitoreo de variables y visualización de resultados permitió determinar que el monitorear la calidad de energía es muy necesario para reducir los gastos operativos de los equipos, sobre todo en una cámara de transformación que tiene suministrada la energía al consumo de equipos de cómputo, equipos eléctricos, y de uso común, mismos que al no contar con la correcta calidad de energía, pueden ser afectados tanto en su electrónica como en su vida útil.

La Implementación del sistema de monitoreo eléctrico para la evaluación de la calidad de energía en la cámara de transformación N.º 2 de la Universidad Técnica de Cotopaxi permitió comprobar el funcionamiento de la red eléctrica estableciendo que la energía en el horario de la mañana tiene un mayor consumo, y que los parámetros de la norma EN50160 no se cumplen, teniendo un factor de potencia bajo, siendo este el mayor inconveniente de la red.

El análisis de las variables sometidas a medición dio como resultado que el mayor problema de calidad de energía de la red monitoreada es el factor de potencia, el mismo no cumple con la resolución Nro. ARCONEL-074/17 la cual menciona que si este es inferior a 0.92 deberá cancelar la penalización por incumplirla.

La implementación del sistema de monitoreo eléctrico para la evaluación de la calidad de energía eléctrica en la CT N.º 2 es un proyecto innovador que implica el ahorro de recursos y la toma de decisiones en la institución, debido a que según las mediciones establecidas existen variaciones de voltaje pero sobre todo bajo factor de potencia, lo que implica la falta de mantenimiento de las instalaciones, por esta razón se debería proponer un levantamiento de información por medio de una auditoría energética.

6.2. RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones son aplicables a la instalación eléctrica residencial donde se realizó el presente trabajo de titulación, debido a las condiciones actuales causadas por la Pandemia de Covid-19 (Coronavirus):

Se recomienda tener un control del consumo efectuando lecturas periódicas en el tablero principal, preferiblemente al iniciar los ciclos de mayor demanda. Este control se puede realizar de manera diaria, semanal, mensual o anual, esta información se puede comparar con el nivel de consumo de energía de la universidad.

Se recomienda la instalación de un banco de capacitores con el propósito de compensar el flujo de potencia reactiva y de esta manera compensar el factor de potencia.

Se recomienda a la Universidad Técnica de Cotopaxi la compra de la licencia del Software WinCC, el cual se renueva fácilmente cada año, para de esta manera seguir visualizando las variables medidas.

7. REFERENCIAS

- [1] C. Benavides, «Gestión del movimiento y la calidad,» Diaz de Santos, 2003, p. 1.
- [2] A. DANNY, «SISTEMA DE MONITOREO A TRAVES DE PROTOCOLO MODBUS PARA LA EFICIENCIA ENERGETICA DE PLANTA,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3308/IEandida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [3] N. MOLINARI, «CURSO SOBRE CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC),» 2016. [En línea]. Available: http://www.edudevices.com.ar/download/articulos/PLC/CURSO_PLC_030.pdf.
- [4] J. C. VILLAJULCA, «INSTRUMENTOS DIGITALES DE CAMPO, MEDIOS Y MODOS DE TRANSMISION Y COMUNICACION,» 7 JUNIO 2010. [En línea]. Available: <https://instrumentacionycontrol.net/instrumentos-digiales-de-campo-medios-y-modos-de-transmision-y-comunicacion-parte-1/>.
- [5] P. T. J. Z. FAY TUNNER, «OSI PARA BIBLIOTECAS NORMAS Y SERVICIOS,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.anabad.org/wp-content/uploads/2012/02/osiparabibliotecas.pdf>.

- [6] J. CASTILLO, «MODELO OSI QUE ES Y PARA QUE SE UTILIZA,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf>.
- [7] M. PARADA, «¿QUE SON LAS CAPAS DEL MODELO OSI Y COMO FUNCIONAN?,» 13 ENERO 2020. [En línea]. Available: <https://www.ubuntizando.com/que-son-las-capas-del-modelo-osi-y-como-funcionan/>.
- [8] J. C. E. HERMANDEZ, «COMPARACION DE LOS MODELOS OSI Y TCP/IP,» 2017. [En línea]. Available: https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/huejutla/n10/sub_menu_b.html.
- [9] A. MARIN, «Control de PLCs Siemens S7-1200 mediante el mediante el protocolo MODBUS a traves del programa LABVIEW para realizacion de practicas de comunicación,» 2018. [En línea]. Available: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/6711/577960.pdf?sequence=1>.
- [10] E. A.G., «ANALISIS Y OPERACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA,» 2012. [En línea].
- [11] J. C. VILLAJULCA, «LAS REDES INDRUSTRIALES, PRINCIPALES TOPOLOGIAS,» 24 JUNIO 2010. [En línea]. Available: <https://instrumentacionycontrol.net/las-redes-industriales-principales-topologias/>.
- [12] L. FLORES, «REDES INDUSTRIALES,» 2017. [En línea]. Available: <http://elprofelugi.emiweb.es/medias/files/clase-1-2-ri.pdf>.
- [13] J. CANUL, «REDES DE COMPUTADORAS,» 2016. [En línea]. Available: http://www.tese.edu.mx/documentos2004/5278_GHBSEKD.pdf.
- [14] WORDPRESS, «NODE-RED INTRODUCCION A RASPBERRY PI Y NODE-RED PARA USO EN LA INDUSTRIA CONECTADA,» 2020. [En línea].
- [15] L. DUEGUEZ, «9 MAGNIFICAS PLATAFORMAS IOT PARA ARDUINO,» 2020. [En línea]. Available: <https://kolwidi.com/blogs/blog-kolwidi/9-plataformas-iot-para-arduino-y-proyectos-de-iot>.
- [16] B. 0. CATALOGO, «SIEMENS ALEMANIA,» [En línea].
- [17] A.-0. CATALOGO, «SIEMENS,» ALEMANIA .

- [18] D.-B.-0.-7. CATALOGO, «SIEMENS,» ALEMANIA .
- [19] H. SANTIBAÑEZ, «ESTUDIOS DE PROTOCOLOS EN REDES INDUSTRIALES,» 2017. [En línea]. Available: <https://59398/Downloads/35609015224881UTFSM.pdf>.
- [20] E. BEATRI, «CONFIGURACION DE CABLE UTP,» 2015. [En línea].
- [21] H. R. M. CAPCHA, «SUPERVISION Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE DISTRIBUCION MEDIANTE BUS DE CAMPO,» 2011. [En línea]. Available: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3617/Matos%20Capcha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [22] E. VEGA, «CODIFICACION DE CARACTERES,» 5 MARZO 2013. [En línea]. Available: <http://www.eugeniovega.es/asignaturas/digital/presenta/20130305lecture.pdf>.
- [23] A. R. OLAYA, «IMPLEMENTACION DE UNA RED MODBUS/TCP,» 23 AGOSTO 2004. [En línea]. Available: file:///Implementacion_de_una_red_MODBUSTCP.pdf.
- [24] C. A. ARMIJOS, «DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE UNA CAMARA DE TRANSFORMACION,» 2004. [En línea]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17996/1/Armijos%20Minga%20C%20Carlos%20Alberto.pdf>.
- [25] S. ELECTRIC, «CENTRO DE TRANSFORMACION MT/BT,» NOVIEMBRE 2000. [En línea]. Available: <http://umh2223.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/188/2013/02/04-II-Master-Cuaderno-Tecnico-PT-004-Centros-de-Transformacion-MT-BT.pdf>.
- [26] J. C. C. TEIJEIRO, «DISEÑO Y CALCULO DE CENTRO DE TRANSFORMACION EN PUNTA,» JUNIO 2013. [En línea]. Available: file:///CalvoTeijeiro_JuanCarlos_TFG_2013.pdf.
- [27] M. A. R. POZUETA, «AISLADORES Y CONDUCTORES UTILIZADOS EN LAS MAQUINAS ELECTRICAS,» 2015. [En línea]. Available: <https://personales.unican.es/rodrigma/pdfs/aislantes%20y%20conductores.pdf>.

- [28] L. C. BANCHI LASTRA, «ESTUDIOS DE SOLICITACIONES EN SECCIONADORES DE UNA ESTACION MIXTA AIRE-GIS ANTE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE BARRAS,» 21 MAYO 2015. [En línea]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/51479/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [29] A. M. GONZALEZ, «PROYECTO DE EJECUCION DE ACOMETIDA LINEA SUBTERRANEA 45KV, SUBESTACION TRANSFORMADORA 45/20KV,» [En línea]. Available: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6000/PFC_Alberto_Martinez_Gonzalez_Presentacion.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=Interruptor%3A%20Aparato%20dotado%20de%20poder,otra%20al%20cierre%20del%20circuito.. [Último acceso: 2020].
- [30] M. A. R. POZUETA, «TRANSFORMADORES,» 2012. [En línea]. Available: <https://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Trafos.pdf>.
- [31] E. R. GARCIA, «FUNDAMENTOS DE OPERACION, MANTENIMIENTO Y PRUEBAS DE EQUIPOS ELECTRICOS,» DICIEMBRE 1996. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/7698/1/1020118277.PDF>.
- [32] J. M. D. AZNAR, «APUNTES DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION,» [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75534/Apuntes%20de%20Instalaciones%20Electricas%20de%20BT.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 2020].
- [33] S. P. V. VERDEZOTO, «ESTUDIO DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LAS PROTECCIONES ELECTRICAS, PUESTA A TIERRA Y PARARAYOS PARA LOS SISTEMAS DE COMUNICACION,» 2010. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8582/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-242.pdf>.
- [34] S. I. T. CACERES, «ESTUDIOS DE PROTECCIONES EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION,» JUNIO 1988. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12004/1/T320.pdf>.

- [35] M. A. RODRIGUEZ, «MAQUINAS ELECTRICAS II,» 2018. [En línea]. Available: https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2806/course/section/2597/01_Transformadores.pdf.
- [36] D. L. RODRIGUEZ, «CALIDAD EN EL SERVICIO ELECTRICO,» 18 FEBRERO 2003. [En línea]. Available: http://eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso_calidad_de_servicio_electrico_tema1.pdf.
- [37] M. S. E. GONZALEZ, «LAS CARGAS NO LINEALES, SU REPERCUSION EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS,» JULIO 2006. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403211.pdf>.
- [38] D. G. MARCOS HOLGUIN, «ANALISIS DE CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA,» MARZO 2010. [En línea]. Available: <https://dSPACE.UPS.EDU.EC/bitstream/123456789/2110/13/UPS-GT000145.pdf>.
- [39] J. A. G. ALVAREZ, «QUE ES EL VOLTAJE, TENSION O DIFERENCIA DE POTENCIAL,» 2004. [En línea]. Available: http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_voltaje/ke_voltaje_1.htm.
- [40] M. M. GAUNA, «ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO,» DICIEMBRE 2019. [En línea]. Available: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/b_sahagun/2019/emmg-electricidad-2.pdf.
- [41] A. RELA, «ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002056.pdf>.
- [42] A. V. ABAD SOTOMAYOR, «EL ANGULO DE FASE DE LA IMPEDANCIA ELECTRICA ES UN PREDICTOR DE SUPERVIVENCIA,» 2011. [En línea]. Available: <http://scielo.isciii.es/pdf/nefrologia/v31n6/original1.pdf>.
- [43] R. G. F. BARRERO GONZALEZ, «EL CONTROL DE POTENCIA Y FRECUENCIA EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS,» 2015. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/82122685.pdf>.
- [44] M. RENZETTI, «NOTAS SOBRE ELECTRICIDAD,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.e29.com.mx/pdf/FactordePotencia.pdf>.

- [45] J. D. ARCILA, «ARMONICOS EN SISTEMAS ELECTRICOS,» [En línea]. Available:
http://ingenieros.es/files/proyectos/Armonicos_en_sistemas_electricos.pdf.
[Último acceso: 2020].
- [46] B. AGUIRRE, «ANALISIS DE PERTURBACIONES EN REDES ELECTRICAS, CAUSAS Y CONSECUENCIAS EN SISTEMAS DE CONTROL,» OCTUBRE 2019. [En línea]. Available:
<http://rumbostecnologicos.utnfrainvestigacionyposgrado.com/areas-tematicas/ingenieria-electrica/analisis-de-perturbaciones-en-redes-electricas-causas-y-consecuencias-en-sistemas-de-control-industrial/>.
- [47] J. J. M. FLOREZ, «INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA,» 4 MARZO 2003. [En línea]. Available:
http://eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso3_interrupciones.pdf.
- [48] E. ELECTRO, «SOBRETENSION TRANSITORIA,» [En línea]. Available:
http://www.etaelectro.com/files/technical_articles/29.pdf. [Último acceso: 2020].
- [49] I. USUNARIZ, «NORMATIVAS APLICABLES A LA CALIDAD ELECTRICA,» 1999. [En línea]. Available:
http://www.isotest.es/web/Soporte/fluke/notas_aplicacion/Normas_PQ.pdf.

ANEXOS

9. ANEXOS

Índice de anexos

ANEXO A: Glosario.....	75
ANEXO B Manual de Usuario	76
Anexo C: Planos conexión eléctrica	79
Anexo D: Configuración SENTRON PAC 3220	81
Anexo E: Configuración SIMATIC IOT 2000.....	87
Anexo F: Desarrollo del HMI.....	95
Anexo G: Registro Fotográfico.....	100
Anexo H: Medición de variables	101

ANEXO A: Glosario

CT:	Transformation Chamber - Cámara de Transformación
HMI:	Human Machine Interface - Interfaz Humano Máquina.
IOT:	Internet Of Things – Internet de las cosas
ISO:	International Organization for Standardization - Organización Internacional para la Estandarización
MiPYMES:	Micro, small and medium enterprises - Micro, pequeñas y medianas empresas.
RTU:	Supervision with a Remote Unit - Supervisión con una Unidad Remota
SCADA:	Supervisory Control And Data Acquisition - Supervisión, Control y Adquisición de Datos.
SME:	Electrical Monitoring System - Sistema de Monitoreo Eléctrico.
TCP-IP:	Transmission Control Protocol/Internet Protocol - Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet.
TDD:	Total Demand Distortion - Distorsión Demanda Total.
THD:	Total Harmonic Distortion - Distorsión Armónica Total.
UPS:	Uninterruptible Power Supply - Sistema de Alimentación ininterrumpida.
UTP:	Unshielded Twisted Pair - Cable de Par Trenzado
UTC:	Technical University of Cotopaxi - Universidad Técnica de Cotopaxi.

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

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

ANEXO B: MANUAL DE USUARIO

TÍTULO:

SISTEMA DE MONITOREO Y RECOPIACIÓN DE DATOS PARA EVALUAR
LA CALIDAD DE ENERGIA Y CONSUMOS EN LA CAMARA DE
TRANSFORMACION N°2 EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI,
CAMPUZ LA MATRIZ, PERIODO 2020

AUTORES:

Daniela Elizabeth Moreta Corella

Edgar Eduardo Venegas Paute



1.- Asegurarse que la luz piloto verdes este encendida, de no ser asi revisar la posiciones de los breakers.



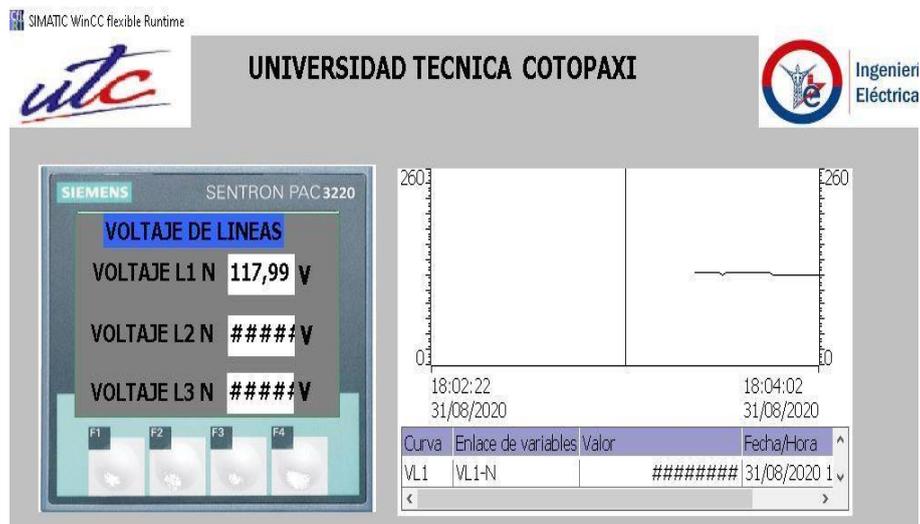
2.- Visualizar que el medidor de energia se encienda completamente



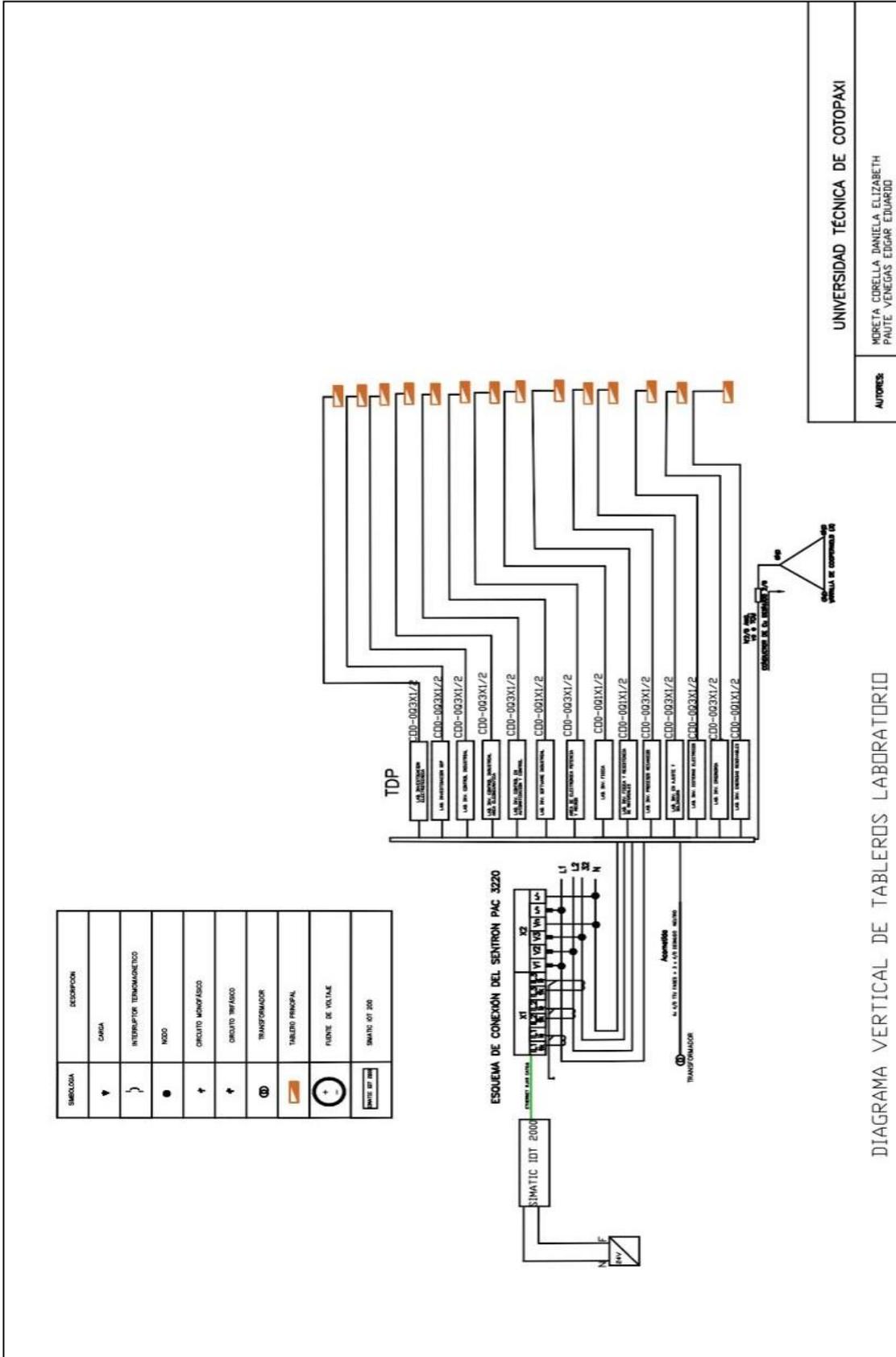
3.- Visualizar que SIMATIC IOT se encienda completamente



4.- Por último, se enciende la computadora para la visualización de variables.

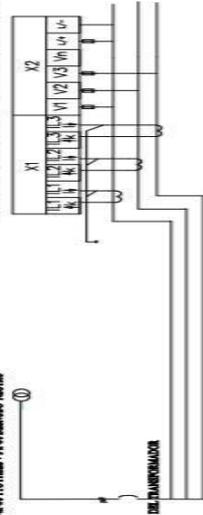


Anexo C: Planos conexión eléctrica

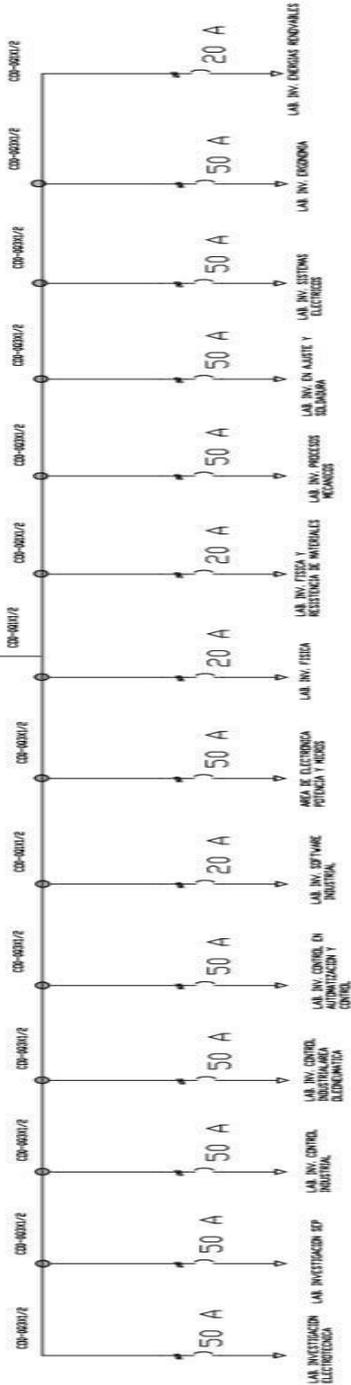


SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
▽	CARGA
}	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
0	NEO
+	CIRCUITO MODIFICADO
+	CIRCUITO TRAFICADO
⊕	TRANSFORMADOR
☑	TABLERO PRINCIPAL

ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL SENTRÓN PAC 3220

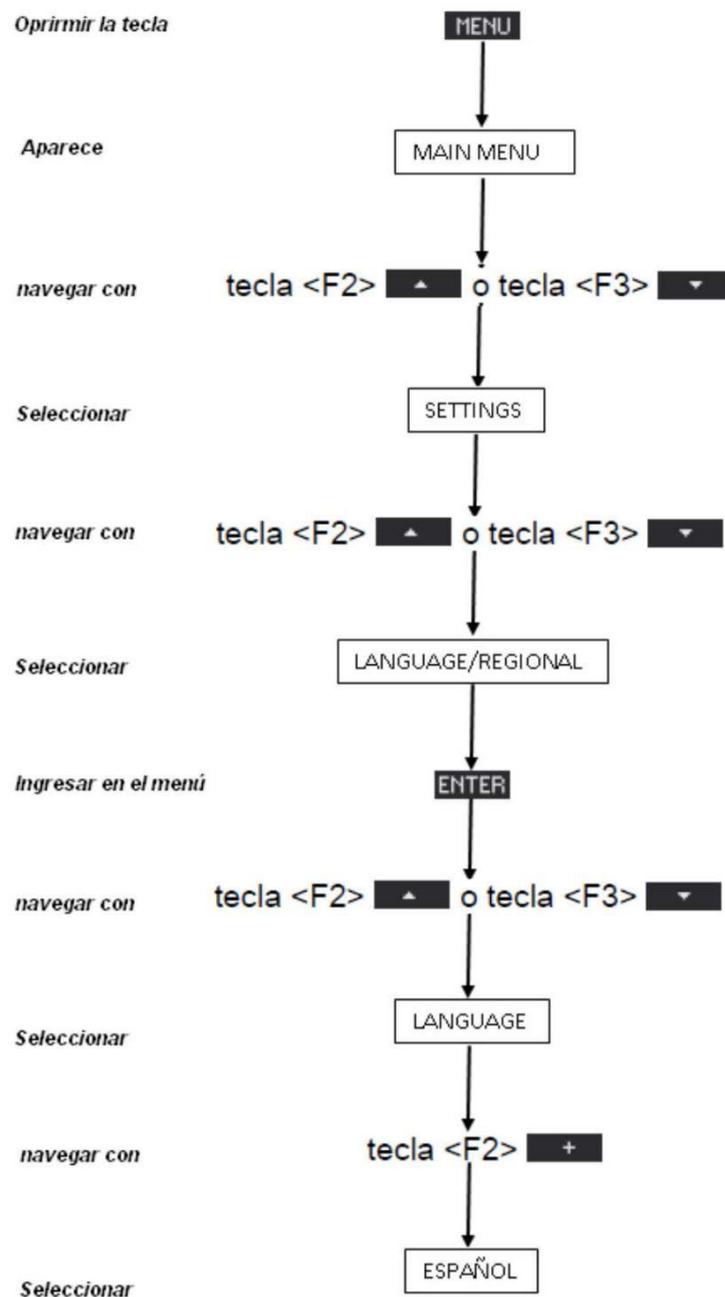


TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DE LA CÁMARA DE TRANSFORMADOR
PT



Anexo D: Configuración SENTRON PAC 3220

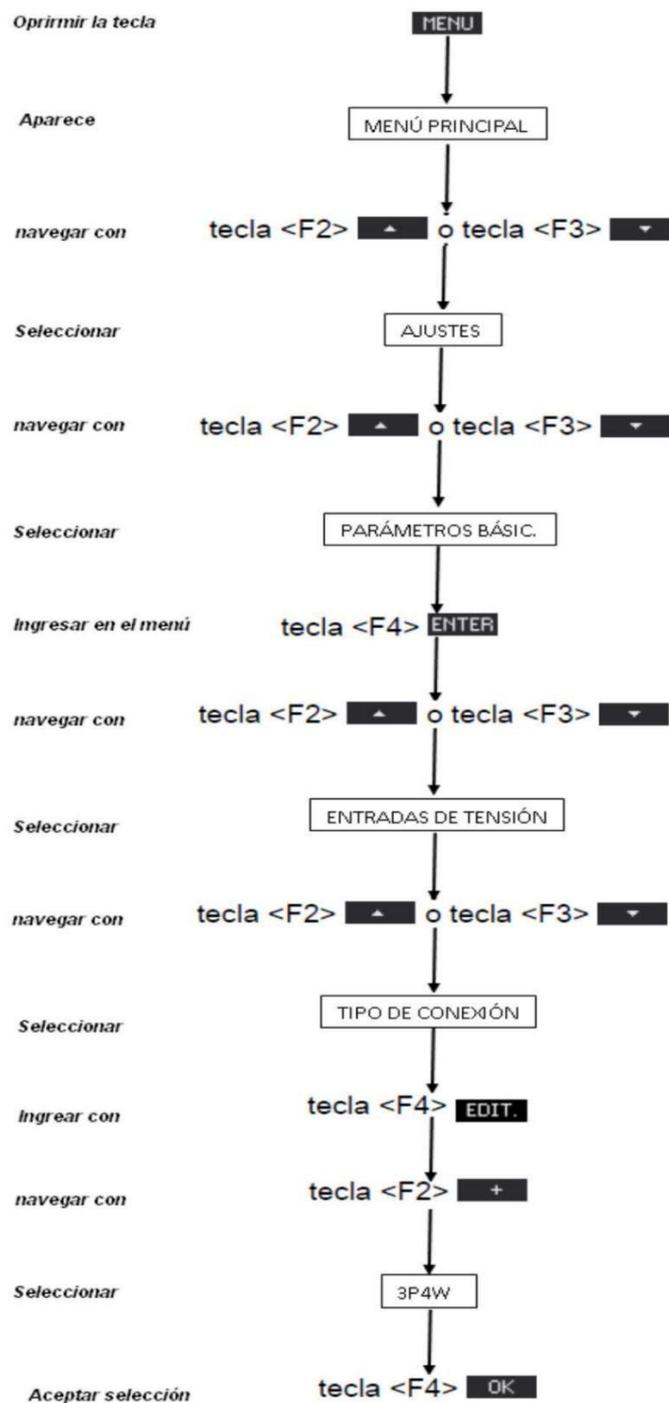
Una vez conectado el SENTRON PAC 3220, se procede a configurar el idioma, realizando las acciones que aparecen en la figura 21.



Posterior a la configuración del idioma se realiza la configuración del tipo de conexión de red eléctrica según lo muestra la figura 22, esta parte es importante porque deriva de los datos de las fases con que trabaja el circuito eléctrico, esta configuración permitirá



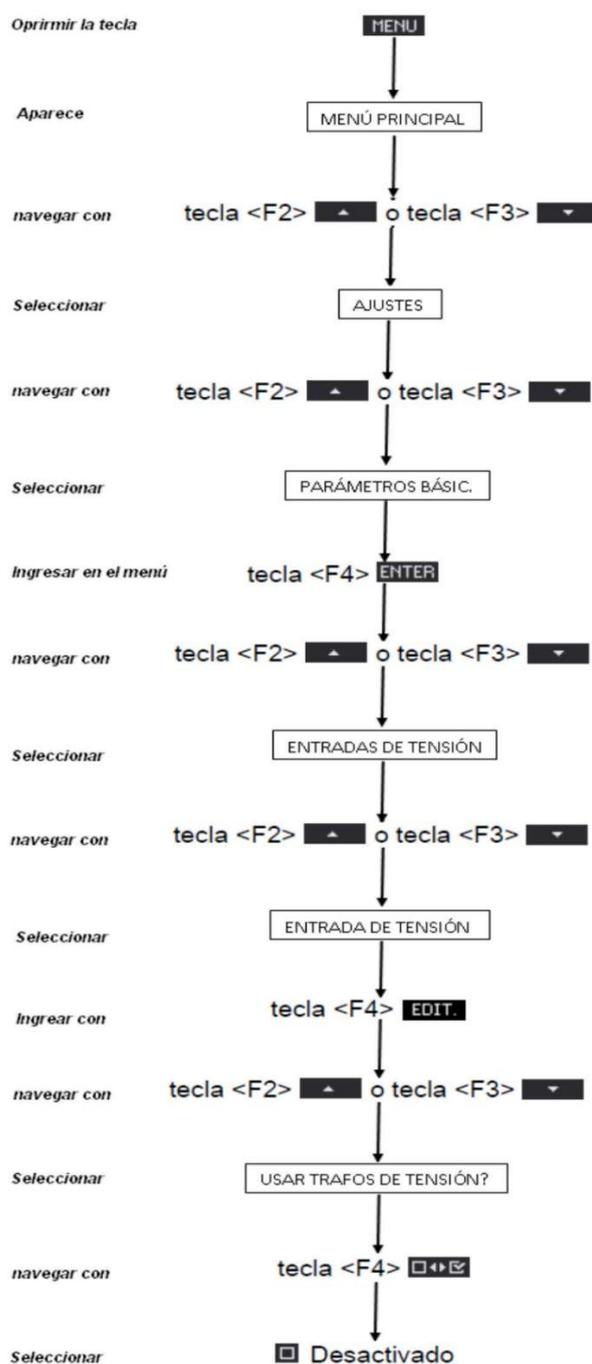
proceder a la configuración de las respectivas mediciones de voltaje, corriente, potencia, etc.



Puesto que las entradas de voltaje de SENTRON PAC 3220 admiten la tensión nominal de la red, es capaz de soportar excesivas repeticiones de picos de transitorios, de esta

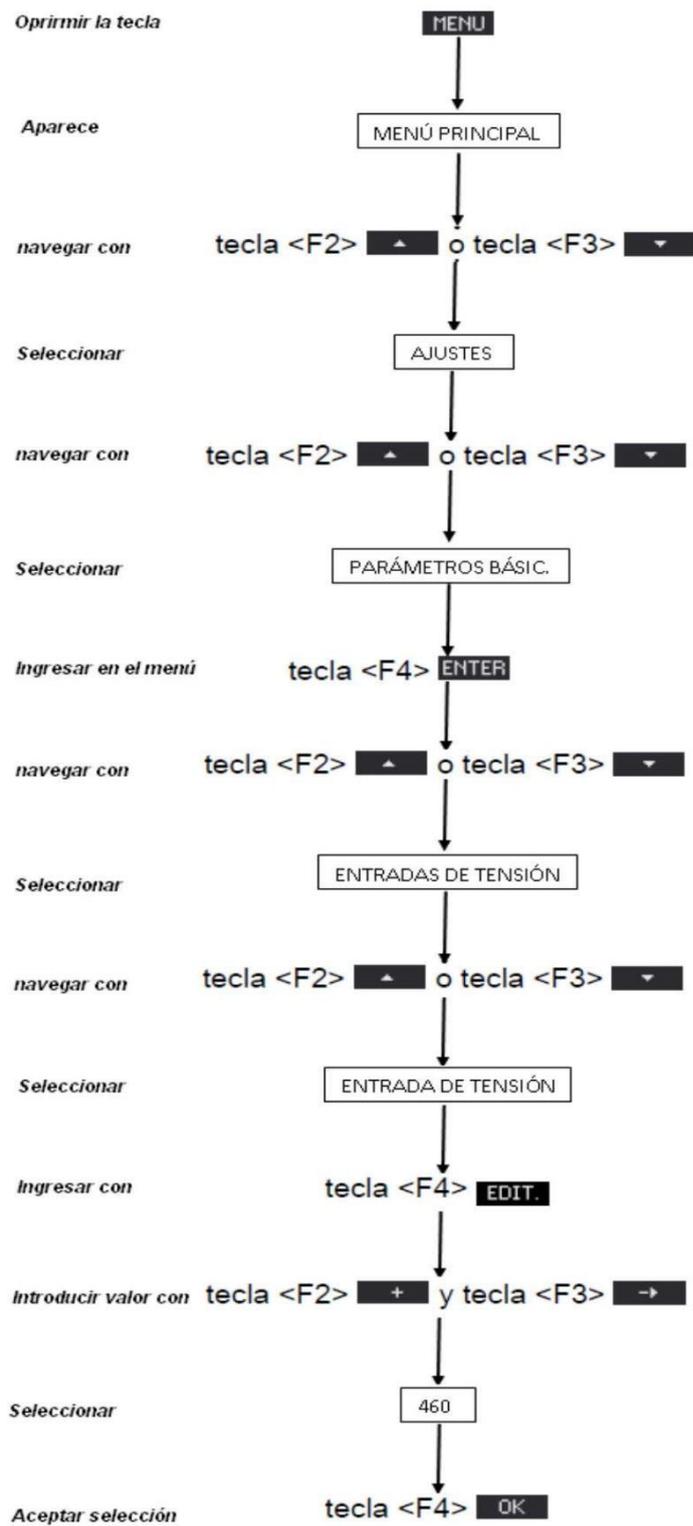


forma es necesario prescindir el uso de transformadores de voltaje, según la configuración de la figura 23.



Posterior a la desactivación de los transformadores de tensión para evitar transitorio, se configura la medición del voltaje, en base al procedimiento de la figura 24.





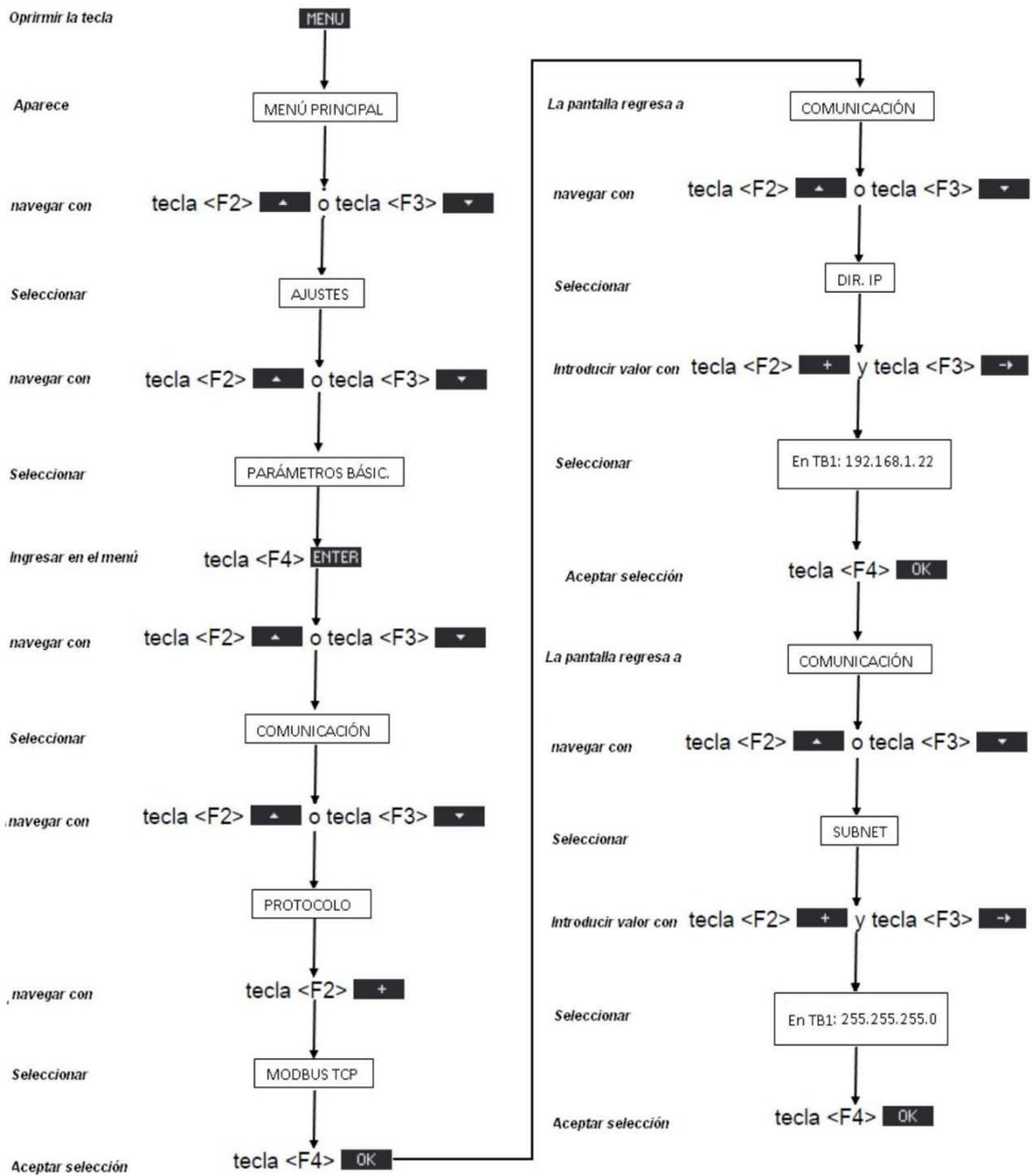
Ahora se procede a configurar la medición de corriente, procediendo a ingresar los valores de corriente de primaria y secundaria de los transformadores de corriente como se muestra en la figura 25.





Para que el medidor inteligente quede configurado en forma modular, y si se desean aumentar más medidores al sistema de monitoreo eléctrico es necesario establecer una configuración de comunicación lógica, con el procedimiento de la figura 26.



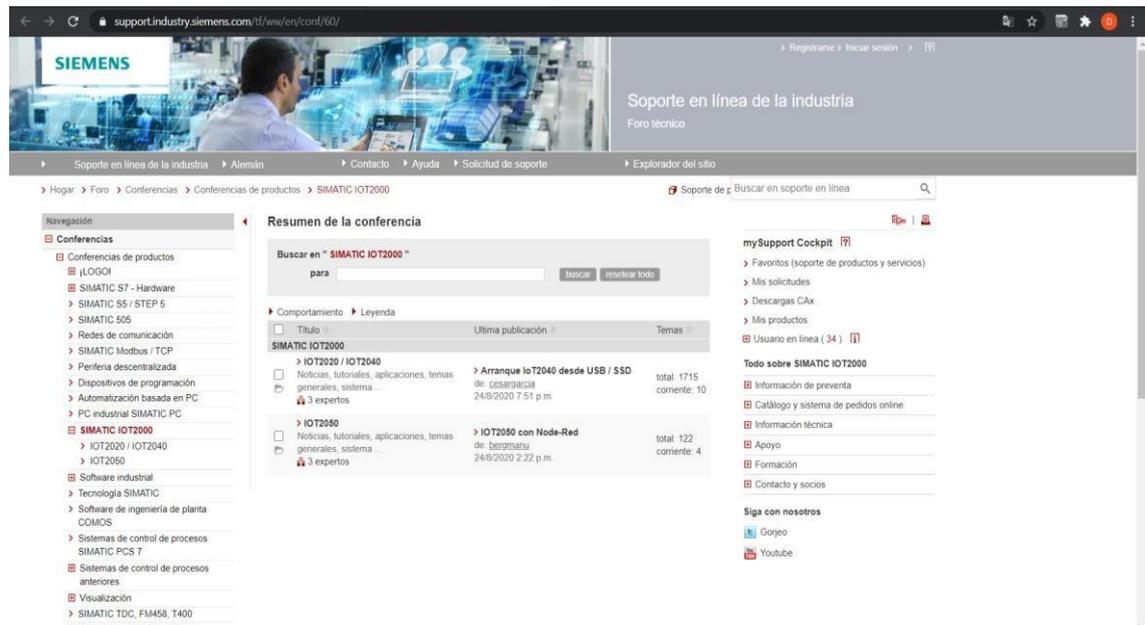


En la configuración de comunicación aparecen los ítems DIR.MAC y GATEWAY, el primero se refiere a la dirección MAC propia del dispositivo y la otra dirección lógica a la puerta de enlace.



Anexo E: Configuración SIMATIC IOT 2000

1.- Registro en Siemens y descarga de archivos necesarios, figura 27 muestra la interfaz.



2.- Inicio Simatic IOT2000

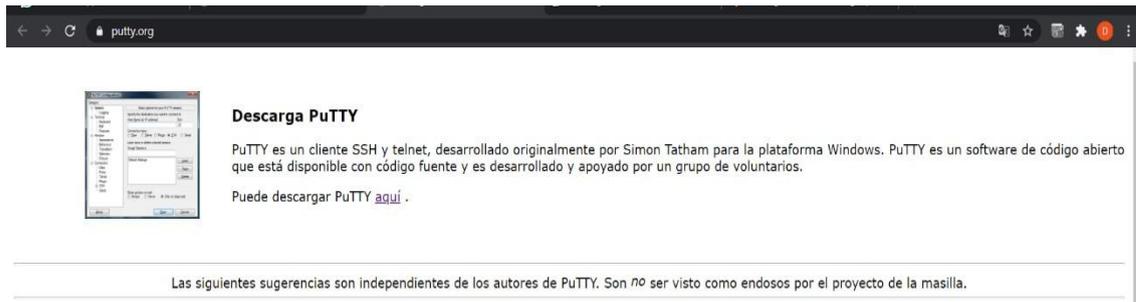
- Introducir tarjeta SD en el Simatic IOT200 en la ranura correspondiente y sujetarla correctamente, figura 28.



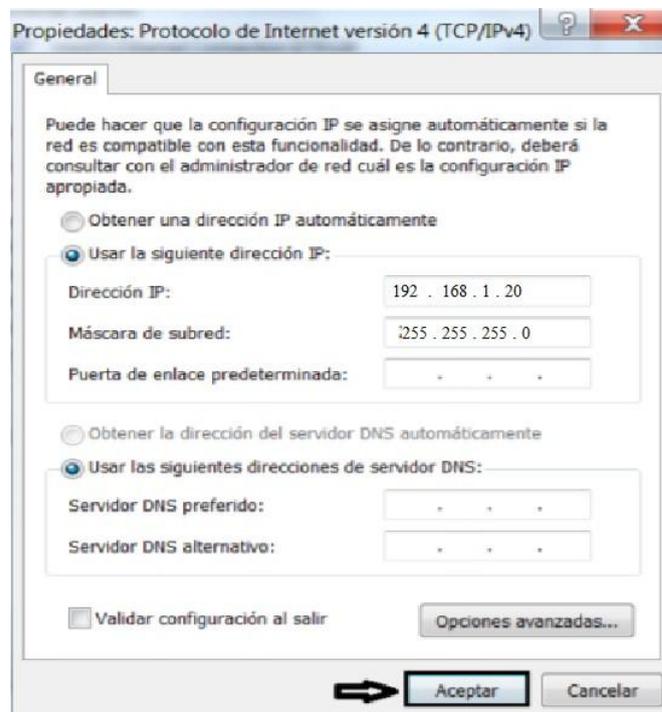
- Cuando la tarjeta se encuentre colocada correctamente, se alimenta el dispositivo, posteriormente se encenderá el led PWR dando a conocer que el dispositivo está alimentado, luego se encenderá el led USB que indica que el dispositivo ya arranca, y por último se encenderá el led de la tarjeta SD.



3.- Descarga de Putty y configuración del Simatic IOT2000, como se aprecia figura 29.

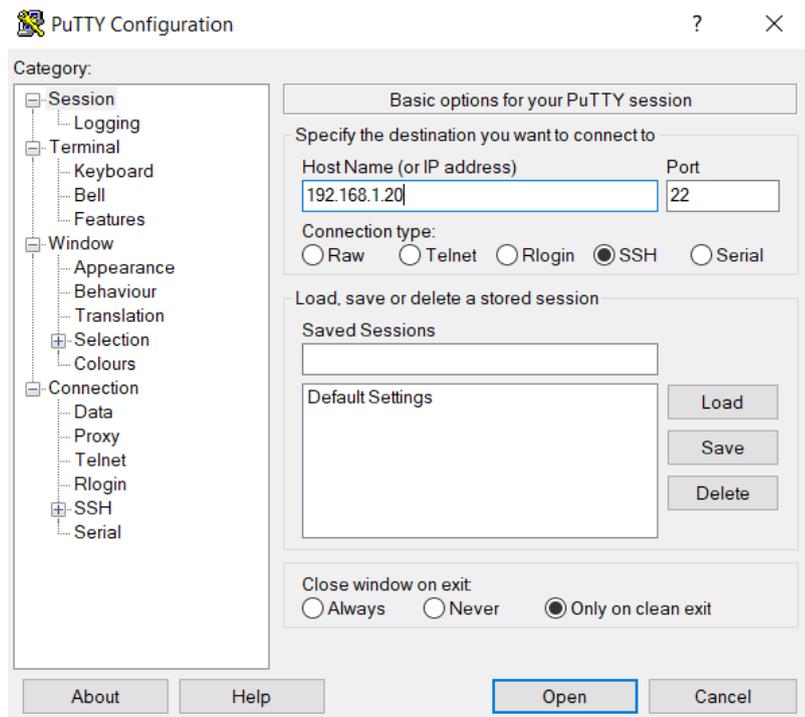


- Para acceder al dispositivo se conecta en cable Ethernet desde el puerto 1 del IOT 2000 a la PC, por fábrica el dispositivo tiene una IP 192.168.200.1, para poder conectarse el dispositivo debe estar en la misma red IP, como muestra la figura 30



- Se procede a abrir Putty y se configura una conexión SSH al dispositivo, para realizar esto el dispositivo debe estar conectado al cable Ethernet al PC, figura 31.





- Aparece una alerta de seguridad ya que es un dispositivo nuevo, según figura 32.



4.- Configuración de conexión Wifi en Simatic IOT2000

- Para configurar la conexión Wifi se debe definir la interfaz a utilizar, accedemos a Putty y modificamos el archivo como se muestra a continuación, figura 33.
 - Comando `cd /etc./network/` para acceder al directorio en el que se encuentra el archivo



- Comando nano interfaces para modificar el archivo.
- Al final del archivo añadimos: allow-hotplug wlan0 auto wlan0 iface wlan0 inet dhcp wpa-conf /etc/wpa_supplicant.conf
- Ctrl + X -> Y para guardar las modificaciones del archivo

```

192.168.1.20 - PuTTY
GNU nano 3.0 /etc/network/interfaces Modified
# /etc/network/interfaces -- configuration file for ifup(8), ifdown(8)

# The loopback interface
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.1.20
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.1.1

auto eth1
iface eth1 inet dhcp

Save modified buffer? (Answering "No" will DISCARD changes.)
Y Yes
N No      ^C Cancel

```

- El siguiente paso es indicar la conexión Wifi a utilizar a través del archivo wpa_supplicant.conf. Según la figura 34.
 - Comando cd /etc
 - Comando nano wpa_supplicant.conf para modificar el archivo
 - Modificamos el apartado network con los datos de nuestra conexión
 - key_mgmt=WPA-PSK
 - ssid=" nombre_de_la_conexión"
 - psk=" contraseña_de_la_conexión"
 - Ctrl + X -> Y para guardar las modificaciones del archivo



```
root@iot2000:~# /etc/init.d/networking restart
Running /etc/init.d/networking restart is deprecated because it may not enable
gain some interfaces
Reconfiguring network interfaces...
udhcpd (v1.24.1) started
Sending discover...
Sending discover...
Sending discover...
No lease, forking to background
Successfully initialized wpa_supplicant
udhcpd (v1.24.1) started
Sending discover...
Sending discover...
Sending select for 192.168.43.7...
Lease of 192.168.43.7 obtained, lease time 3600
/etc/udhcpd.d/50default: Adding DNS 192.168.43.1
done.
root@iot2000:~#
```

5.- Inicio de Node-red e instalación de paquetes, como ilustra la figura 35.

- Al programar aplicaciones en Simatic IOT 2000 la manera más fácil de realizarla es utilizando la herramienta de programación visual Node- red.

```
node-red
24 Aug 20:58:53 - [info]
Welcome to Node-RED
=====
24 Aug 20:58:53 - [info] Node-RED version: v1.1.3
24 Aug 20:58:53 - [info] Node.js version: v12.18.3
24 Aug 20:58:53 - [info] Windows_NT 10.0.19041 x64 LE
24 Aug 20:59:02 - [info] Loading palette nodes
24 Aug 20:59:27 - [info] Dashboard version 2.23.2 started at /ui
24 Aug 20:59:27 - [info] Settings file : \Users\59398\.node-red\settings.js
24 Aug 20:59:27 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
24 Aug 20:59:27 - [info] User directory : \Users\59398\.node-red
24 Aug 20:59:27 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
24 Aug 20:59:28 - [info] Flows file : \Users\59398\.node-red\flows_DESKTOP-DNH6RHU.json
24 Aug 20:59:28 - [warn]
-----
Your flow credentials file is encrypted using a system-generated key.

If the system-generated key is lost for any reason, your credentials
file will not be recoverable, you will have to delete it and re-enter
your credentials.

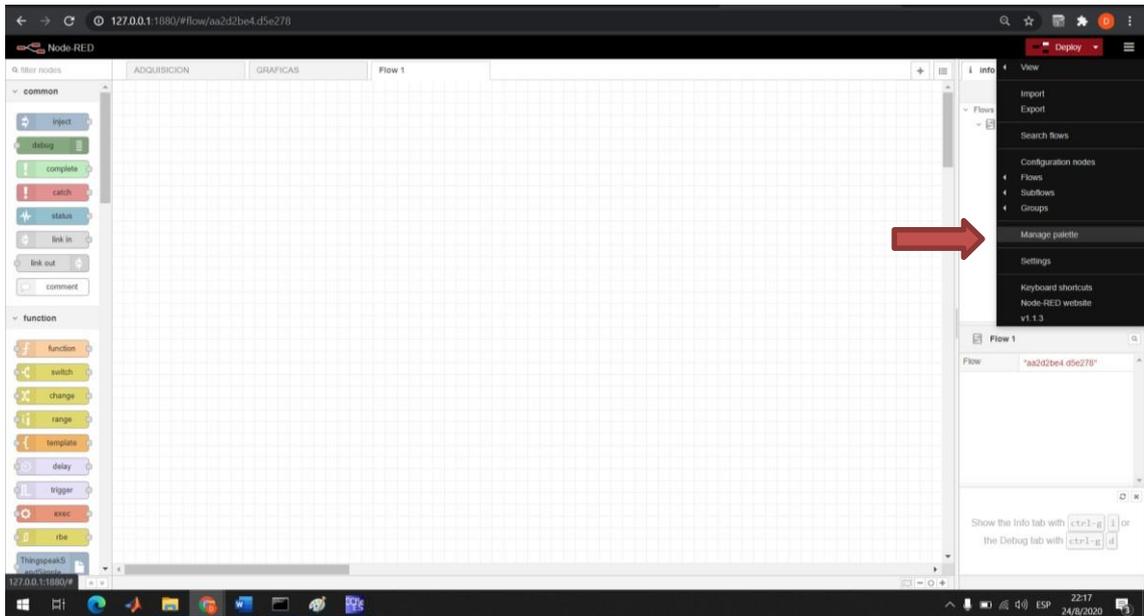
You should set your own key using the 'credentialSecret' option in
your settings file. Node-RED will then re-encrypt your credentials
file using your chosen key the next time you deploy a change.
-----
24 Aug 20:59:28 - [info] Starting flows
```

- Cuando se ha instalado el paquete, reiniciamos el dispositivo e iniciamos nuevamente Node-red con el comando
 - node /usr/lib/node_modules/node-red/red &.

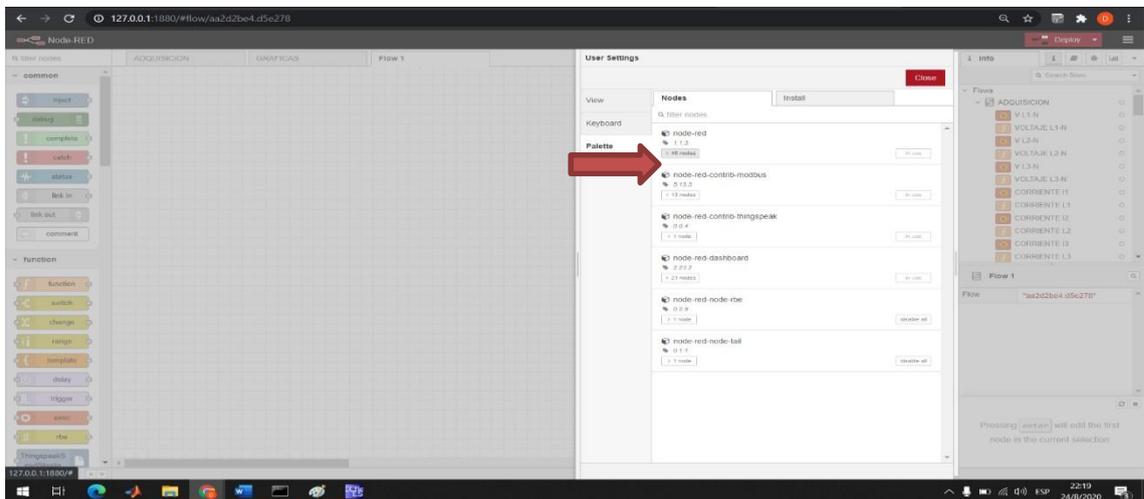
6.- Descargar librerías en Node- red, como se ilustra en la figura 36 y la figura 37.

- Para la instalación a través de la interfaz gráfica de Node-red se seguirían los siguientes pasos:
- Menú esquina superior derecha -> Manage palette





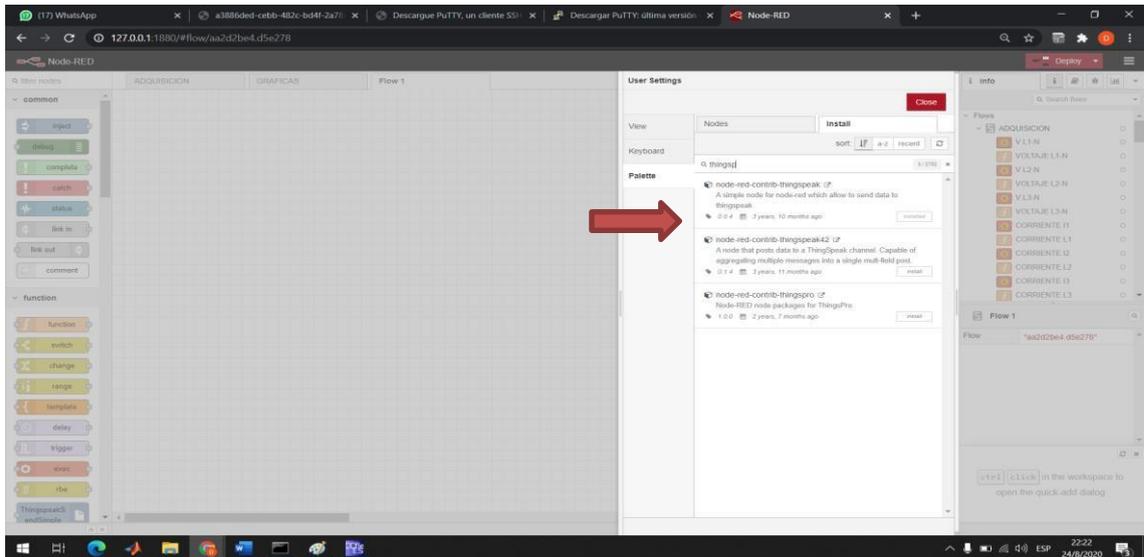
- Menú -> Pestaña Install -> Buscar “node-red-contrib-s7” -> Install



7.- Descargar ThingSpeak en Node red

Se procede a buscar ThingSpeak y se da clic en instalar, se ilustra en la figura 38.





8.- Mostrar resultados de curvas de los parámetros eléctricos.

ThingSpeak ofrece la posibilidad de mostrar en la nube los resultados al ir guardando diferentes tipos de datos, cada cual organizado en un canal distinto. Para crear este canal se tiene que llenar un formulario donde como máximo se puede registrar ocho campos de mediciones diferentes. Tal como se muestra en la figura 39.

Después de completar la configuración y guardados los cambios, se necesita apuntar los datos principales para el enlace entre el dispositivo IOT y el ThingSpeak, esta última plataforma genera estos códigos sen base a la configuración de los canales y proporciona estos keys para establecer la comunicación en la programación del dispositivo IOT, como lo muestra la figura 40.



Write API Key

Key

[Generate New Write API Key](#)

Read API Keys

Key

Note

[Save Note](#) [Delete API Key](#)

[Generate New Read API Key](#)

Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

API Keys Settings

- Write API Key: Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click Generate New Write API Key.
- Read API Keys: Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click Generate New Read API Key to generate an additional read key for the channel.
- Note: Use this field to enter information about channel read keys. For example, add notes to keep track of users with access to your channel.

API Requests

Update a Channel Feed

GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=GL7RTQDUEJPF0GT5

Get a Channel Feed

GET https://api.thingspeak.com/channels/479026/feeds.json?api_

Get a Channel Field

GET <https://api.thingspeak.com/channels/479026/fields/1.json?>

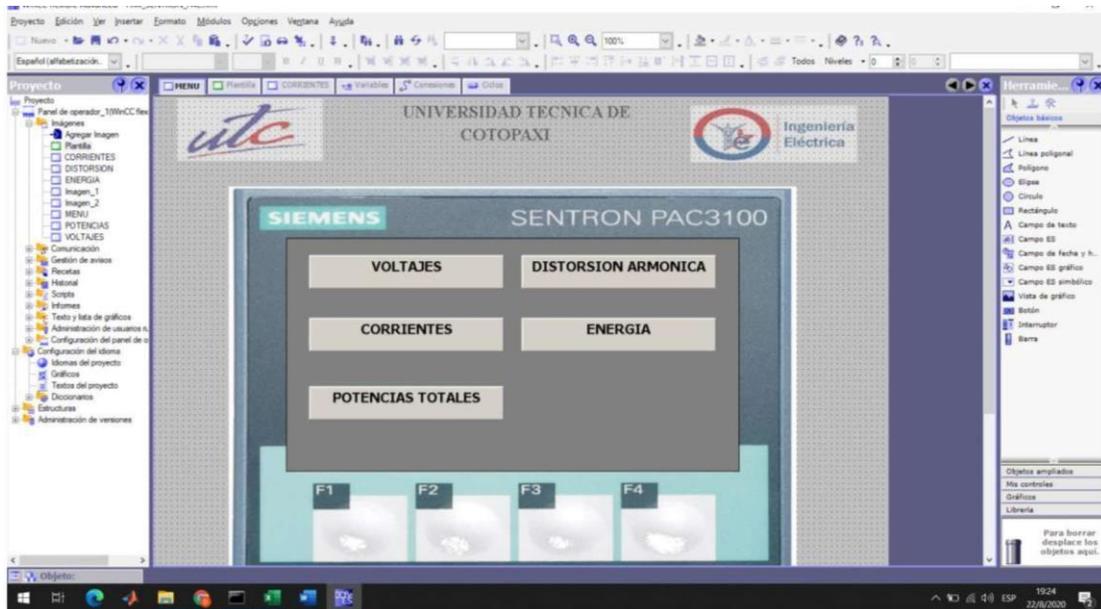
Get Channel Status Updates

GET <https://api.thingspeak.com/channels/479026/status.json?api>

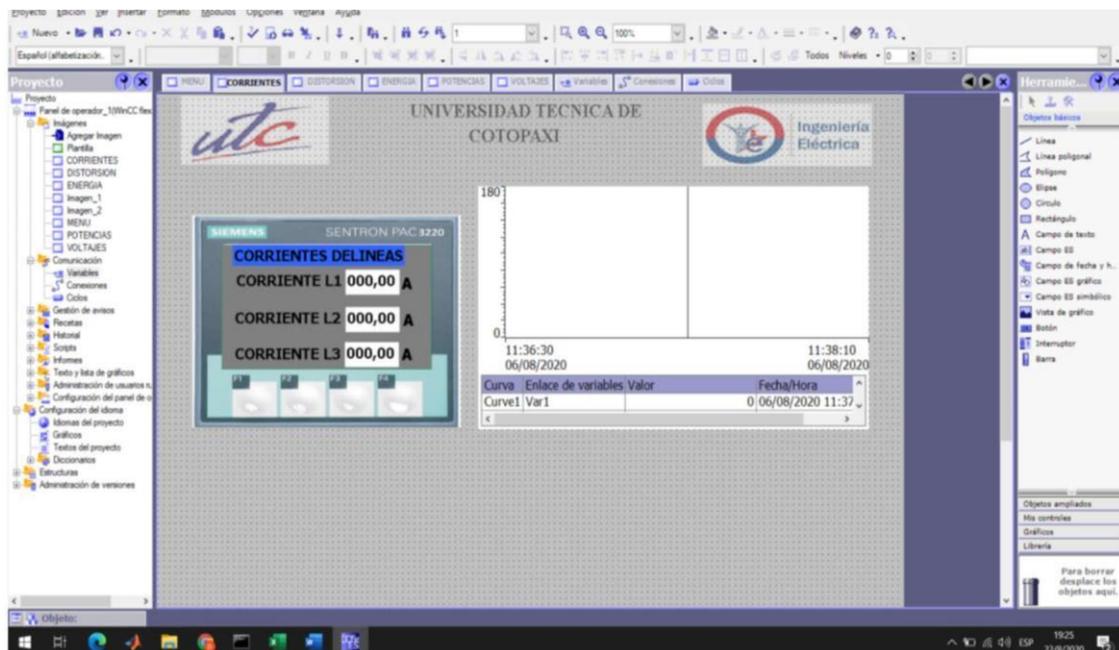


Anexo F: Desarrollo del HMI

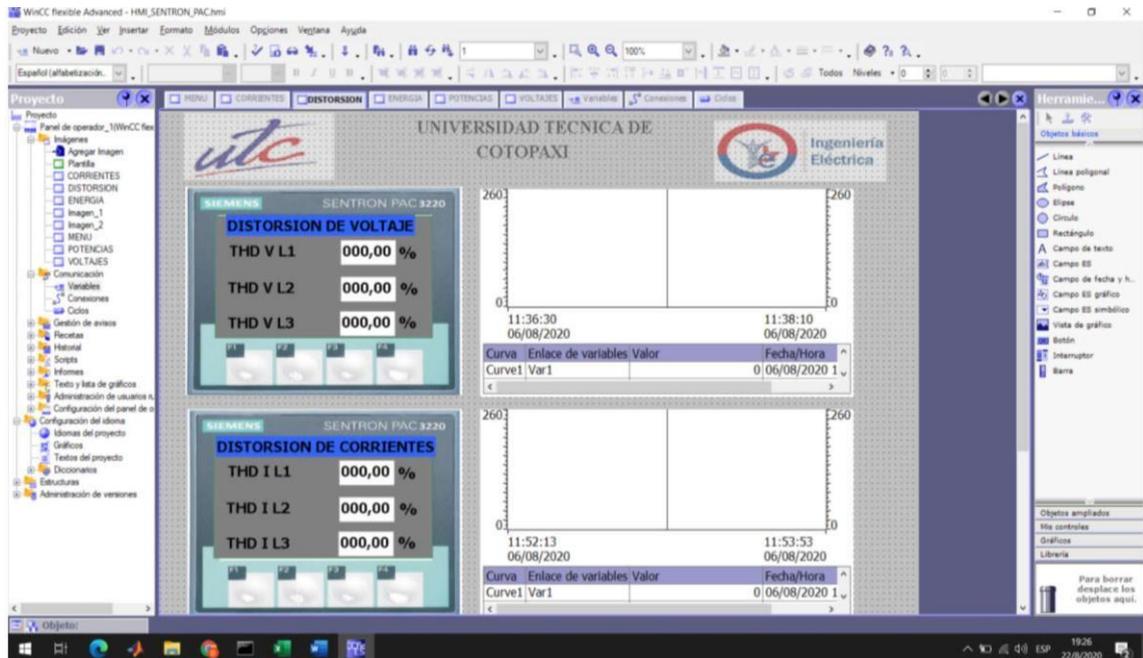
1.- Para configurar el SENTRON PAC 3220 la interfaz de usuario es amigable para los desarrolladores, al ser una aplicación orientada a objetos, solo se tiene que insertar los componentes de la barra de herramientas, entre ellos checkbox, paneles, textbox y picture box necesarios para crear la interfaz del HMI.



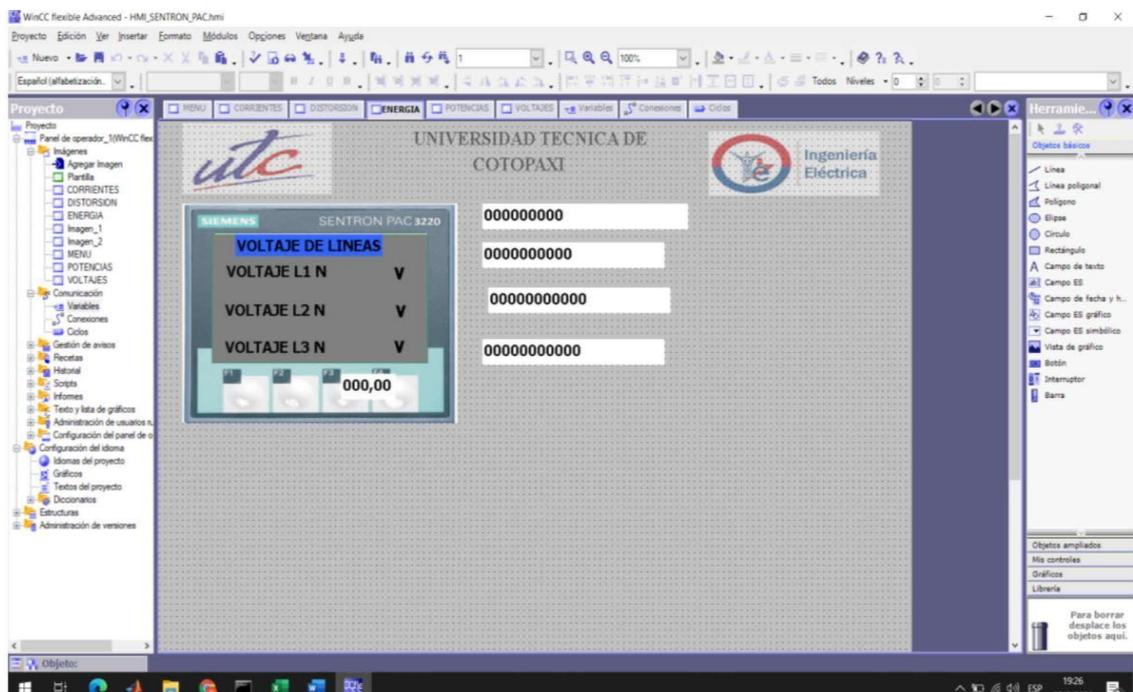
2.- Una vez creada la portada del HMI, se configura cada una de las interfaces, las mismas que están especificadas para todos los parámetros eléctricos



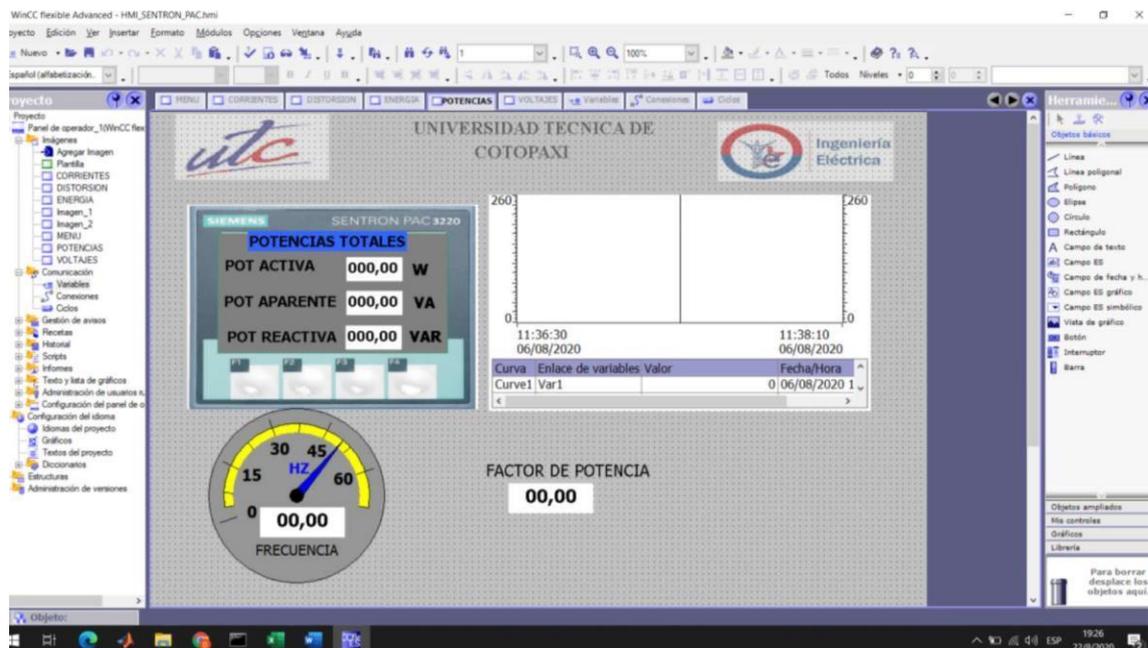
3.- Para poder establecer el formulario o interfaz de los parámetros electricos, se configura los labels junto con los textbox para recibir el vínculo con el dispositivo a capa física, es importante seccionar un gridpicture para poder visualizar la curva de cada parámetro.



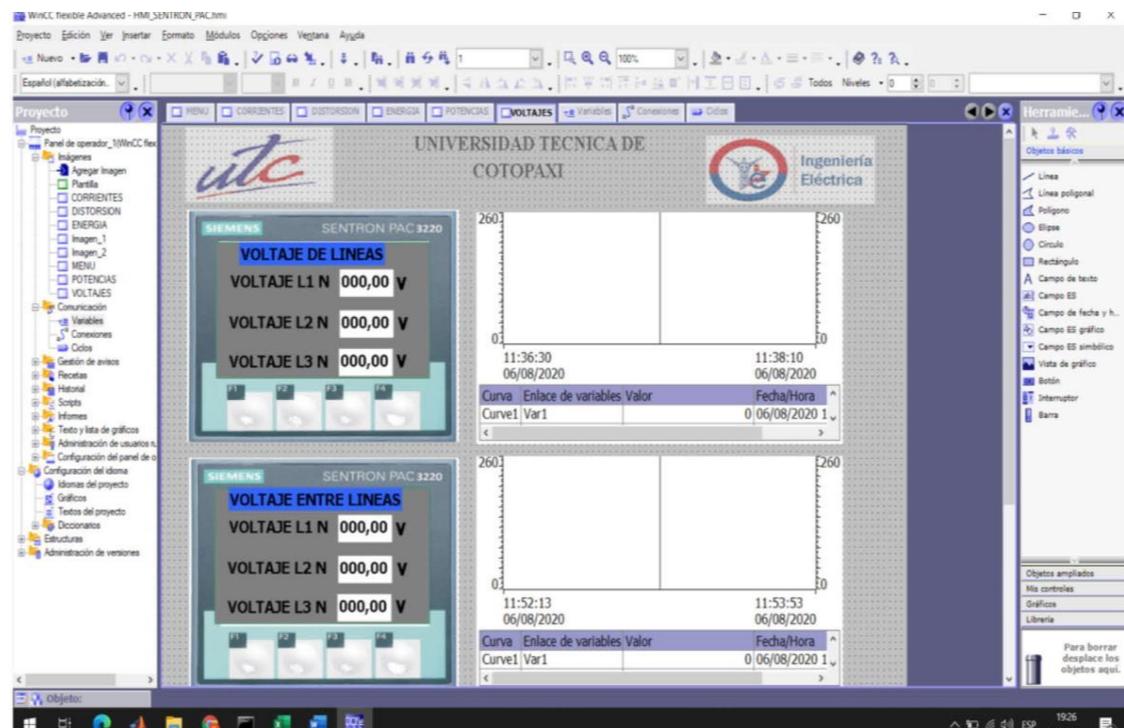
4.- Configurada el boceto de la interfaz se procede a configurar cada componente utilizado en el formulario, principalmente si el dato a trabajar es de tipo float o int.



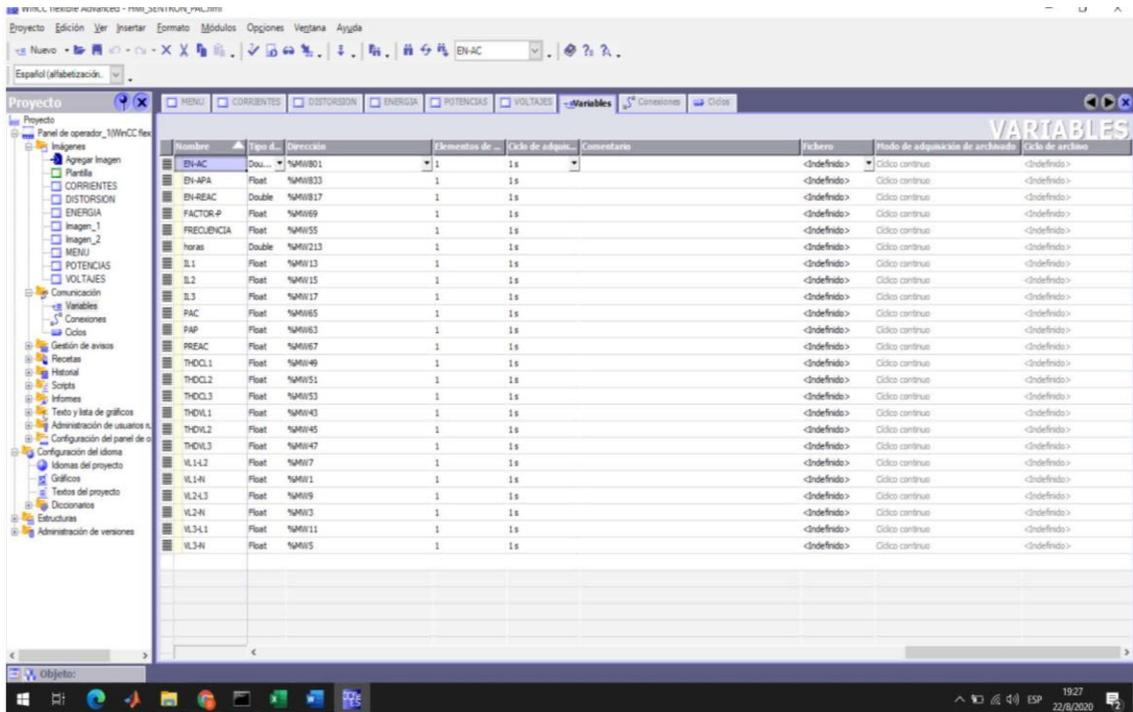
5.- Configuradas las propiedades de cada componente, junto con la fuente e imágenes de la interfaz se puede establecer componentes más detallados como un velocímetro para marcar valores y mejorar la presentación en pantalla.



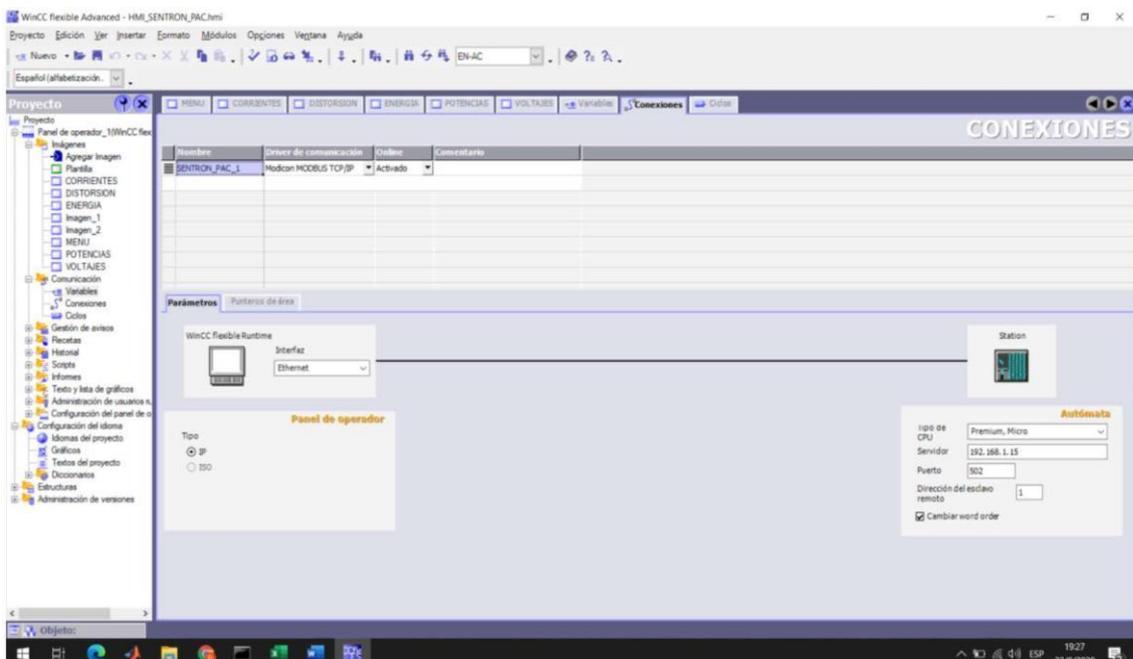
6.- El mismo procedimiento se hace para todos los parámetros eléctricos que mide el SENTRO PAC 3220.



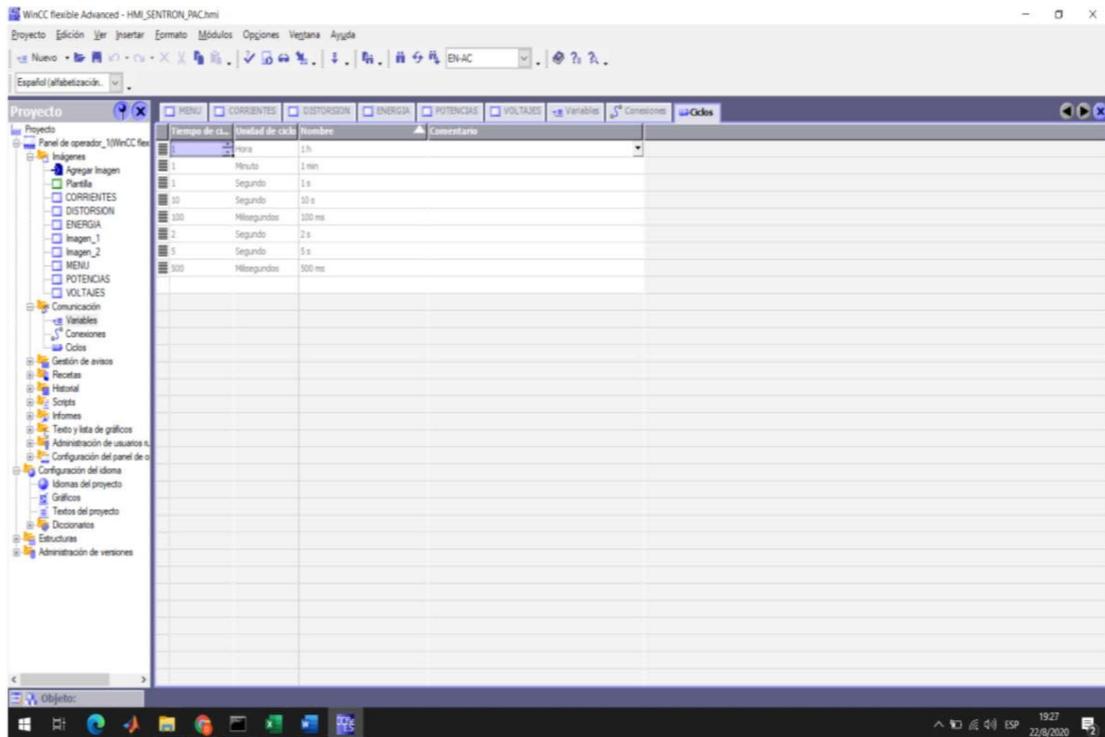
7.- Obtenidos los parámetros y configuración de todas las interfaces a intervenir en el HMI se procede a marcar privilegios para cada componente, organización y orden de depuración.



8.- Finalmente desarrollada el HMI, se procede a configurar la conexión de red con el equipo terminal



9.- Establecido la conexión de red, la configuración de interfaces y las propiedades de los componentes HMI, se puede comilar la aplicación para mantenerle a prueba y medir los valores directamente en la CT, así como en el HMI.



Anexo G: Registro Fotográfico

SISTEMA DE MONITOREO ELÉCTRICO CT N° 2 UTC



Fotografía E.1: Ensamble parte Eléctrica
Fuente: CT Universidad Técnica de Cotopaxi



Fotografía E.2: Ensamble parte de Control
Fuente: CT Universidad Técnica de Cotopaxi



Fotografía E.3: Programación y configuración
Fuente: CT Universidad Técnica de Cotopaxi



Fotografía E.4: Pruebas del prototipo
Fuente: CT Universidad Técnica de Cotopaxi



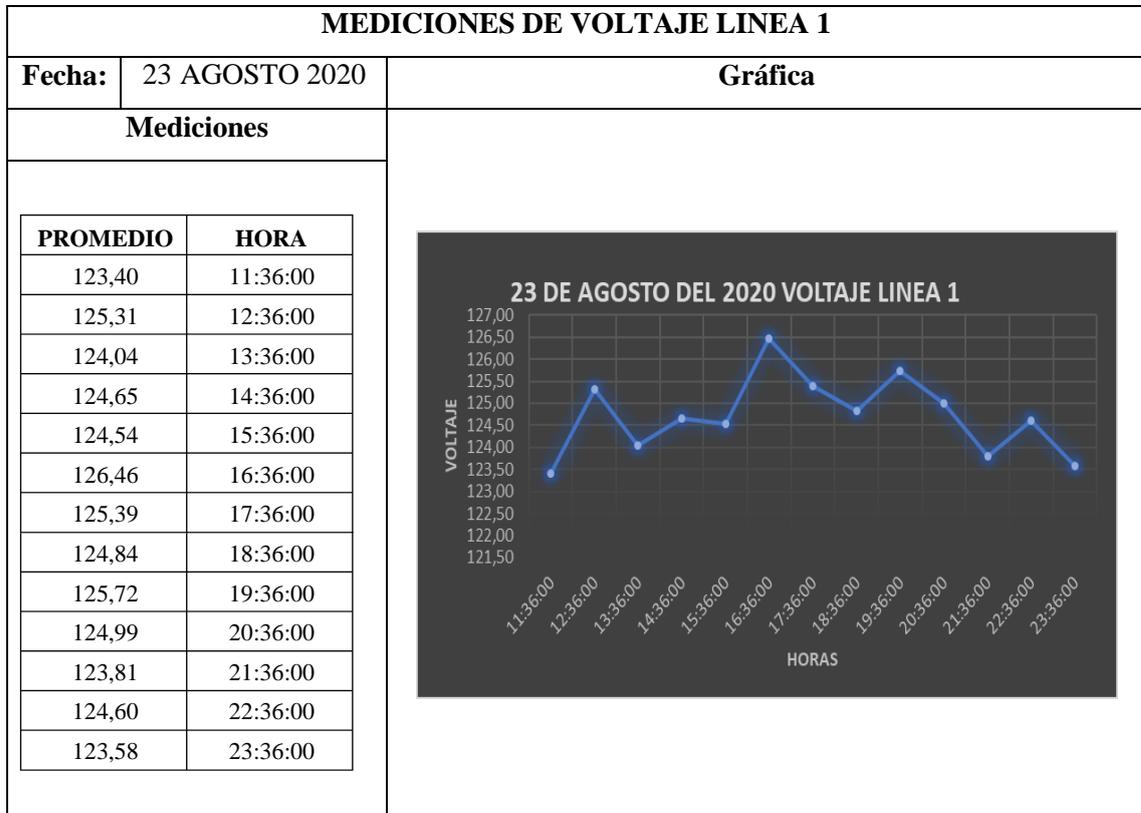
Fotografía E.5: Prueba de arranque
Fuente: CT Universidad Técnica de Cotopaxi



Fotografía E.6: Pruebas de resultados
Fuente: CT Universidad Técnica de Cotopaxi



Anexo H: Medición de variables



Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
125,23	0:01	
124,66	1:01	
124,92	2:01	
124,61	3:01	
123,74	4:01	
122,11	5:01	
123,32	6:01	
119,89	7:01	
120,23	8:01	
117,02	9:01	
119,10	10:01	
116,94	11:01	
118,69	12:01	
116,87	13:01	
118,52	14:01	
120,84	15:01	
120,84	16:01	
122,78	17:01	
123,31	18:01	
123,29	19:01	
123,14	20:01	
122,10	21:01	
121,70	22:01	
121,23	23:01	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
122,85	0:01	
122,50	1:01	
121,66	2:01	
121,29	3:01	
119,70	4:01	
121,60	5:01	
119,17	6:01	
119,53	7:01	
116,68	8:01	
116,95	9:01	
117,81	10:01	
118,25	11:01	
117,48	12:01	
116,44	13:01	
116,32	14:01	
119,21	15:01	
122,95	16:01	
122,03	17:01	
121,39	18:01	
123,77	19:01	
123,68	20:01	
123,99	21:01	
124,00	22:01	
123,47	23:01	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
123,38	0:01	
121,45	1:01	
120,46	2:01	
119,84	3:01	
118,65	4:01	
119,32	5:01	
121,06	6:01	
119,15	7:01	
116,33	8:01	
116,30	9:01	
116,47	10:01	
118,43	11:01	
121,22	12:01	
120,98	13:01	
119,22	14:01	
118,27	15:01	
119,94	16:01	
120,82	17:01	
121,69	18:01	
123,88	19:01	
123,32	20:01	
122,17	21:01	
122,13	22:01	
123,35	23:01	



Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
121,77	0:01	
121,63	1:01	
121,33	2:01	
120,74	3:01	
114,38	4:01	
114,18	5:01	
114,17	6:01	
115,00	7:01	
117,00	8:01	
120,15	9:01	
120,73	10:01	
120,73	11:01	
120,30	12:01	
119,90	13:01	
120,50	14:01	
120,33	15:01	
119,72	16:01	
118,67	17:01	
121,15	18:01	
121,75	19:01	
122,52	20:01	
121,35	21:01	
121,21	22:01	
120,87	23:01	



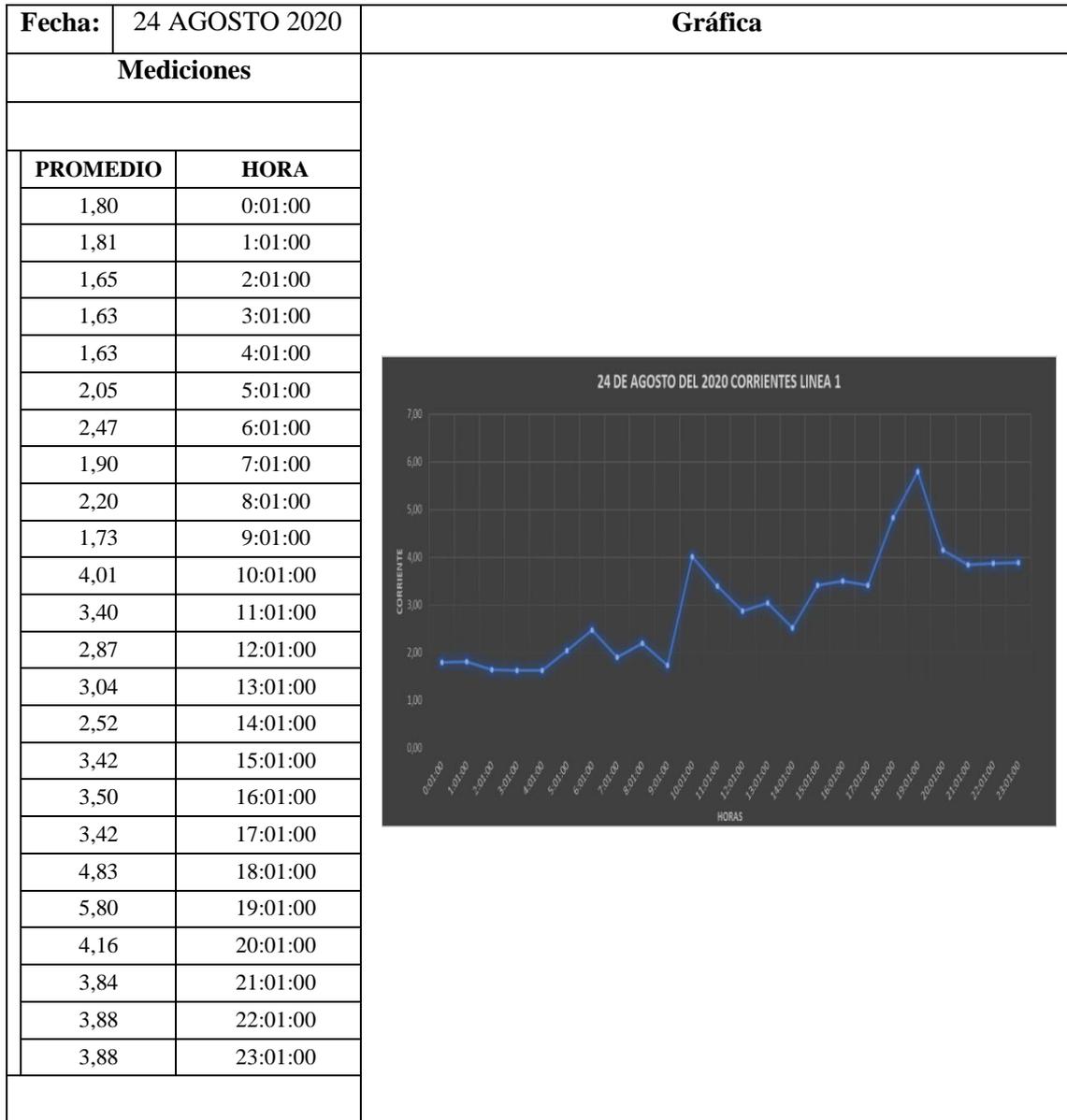
Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
121,22	0:01	
120,83	1:01	
120,29	2:01	
120,27	3:01	
118,04	4:01	
118,58	5:01	
118,08	6:01	
116,28	7:01	
118,08	8:01	
117,72	9:01	
118,56	10:01	
117,76	11:01	
118,08	12:01	
117,51	13:01	
119,08	14:01	
119,63	15:01	
120,63	16:01	
121,11	17:01	
121,84	18:01	
122,45	19:01	
123,36	20:01	
124,35	21:01	
124,10	22:01	
124,50	23:01	



Fecha:	29 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
124,72	0:01	
123,73	1:01	
124,38	2:01	
122,48	3:01	
120,70	4:01	
121,36	5:01	
121,73	6:01	
119,88	7:01	
118,38	8:01	
117,80	9:01	
117,88	10:01	
118,38	11:01	
119,77	12:01	

MEDICIONES DE CORRIENTE LINEA 1		
Fecha:	23 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
3,56	11:36:00	
3,92	12:36:00	
3,69	13:36:00	
3,01	14:36:00	
2,14	15:36:00	
2,39	16:36:00	
2,63	17:36:00	
4,18	18:36:00	
3,91	19:36:00	
2,96	20:36:00	
3,79	21:36:00	
2,53	22:36:00	
2,15	23:36:00	





Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
3,74	0:01:00	
2,35	1:01:00	
2,20	2:01:00	
2,30	3:01:00	
2,05	4:01:00	
2,16	5:01:00	
1,83	6:01:00	
1,88	7:01:00	
2,11	8:01:00	
2,27	9:01:00	
2,33	10:01:00	
3,02	11:01:00	
6,68	12:01:00	
2,43	13:01:00	
2,94	14:01:00	
2,43	15:01:00	
2,26	16:01:00	
,23	17:01:00	
3,68	18:01:00	
4,79	19:01:00	
2,88	20:01:00	
2,67	21:01:00	
2,96	22:01:00	
2,34	23:01:00	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
3,80	0:01:00	
3,20	1:01:00	
1,96	2:01:00	
2,43	3:01:00	
2,06	4:01:00	
1,92	5:01:00	
1,93	6:01:00	
2,03	7:01:00	
1,97	8:01:00	
2,01	9:01:00	
2,18	10:01:00	
2,16	11:01:00	
2,57	12:01:00	
2,06	13:01:00	
4,94	14:01:00	
2,01	15:01:00	
2,73	16:01:00	
3,32	17:01:00	
3,96	18:01:00	
6,25	19:01:00	
5,21	20:01:00	
3,95	21:01:00	
3,12	22:01:00	
2,01	23:01:00	



Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
1,96	0:01:00	
1,81	1:01:00	
1,93	2:01:00	
1,93	3:01:00	
2,06	4:01:00	
2,16	5:01:00	
1,83	6:01:00	
1,88	7:01:00	
2,11	8:01:00	
2,27	9:01:00	
2,73	10:01:00	
3,33	11:01:00	
4,15	12:01:00	
2,06	13:01:00	
5,19	14:01:00	
2,08	15:01:00	
2,73	16:01:00	
2,68	17:01:00	
4,78	18:01:00	
6,08	19:01:00	
6,10	20:01:00	
3,88	21:01:00	
2,58	22:01:00	
2,14	23:01:00	



Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
3,75	0:01:00	
1,86	1:01:00	
2,17	2:01:00	
2,04	3:01:00	
1,94	4:01:00	
2,06	5:01:00	
2,08	6:01:00	
2,42	7:01:00	
2,77	8:01:00	
2,08	9:01:00	
2,98	10:01:00	
3,11	11:01:00	
2,90	12:01:00	
3,32	13:01:00	
3,20	14:01:00	
2,70	15:01:00	
2,11	16:01:00	
2,53	17:01:00	
2,88	18:01:00	
4,37	19:01:00	
3,30	20:01:00	
2,95	21:01:00	
2,76	22:01:00	
2,78	23:01:00	



Fecha:	29 AGOSTO 2020	Gráfica	
Mediciones		<p style="text-align: center;">29 DE AGOSTO DEL 2020 CORRIENTES LINEA 1</p>	
PROMEDIO	HORA		
1,48	0:01:00		
1,45	1:01:00		
2,43	2:01:00		
1,48	3:01:00		
1,93	4:01:00		
1,45	5:01:00		
2,28	6:01:00		
2,30	7:01:00		
1,80	8:01:00		
2,20	9:01:00		
2,43	10:01:00		
8,38	11:01:00		
2,63	12:01:00		



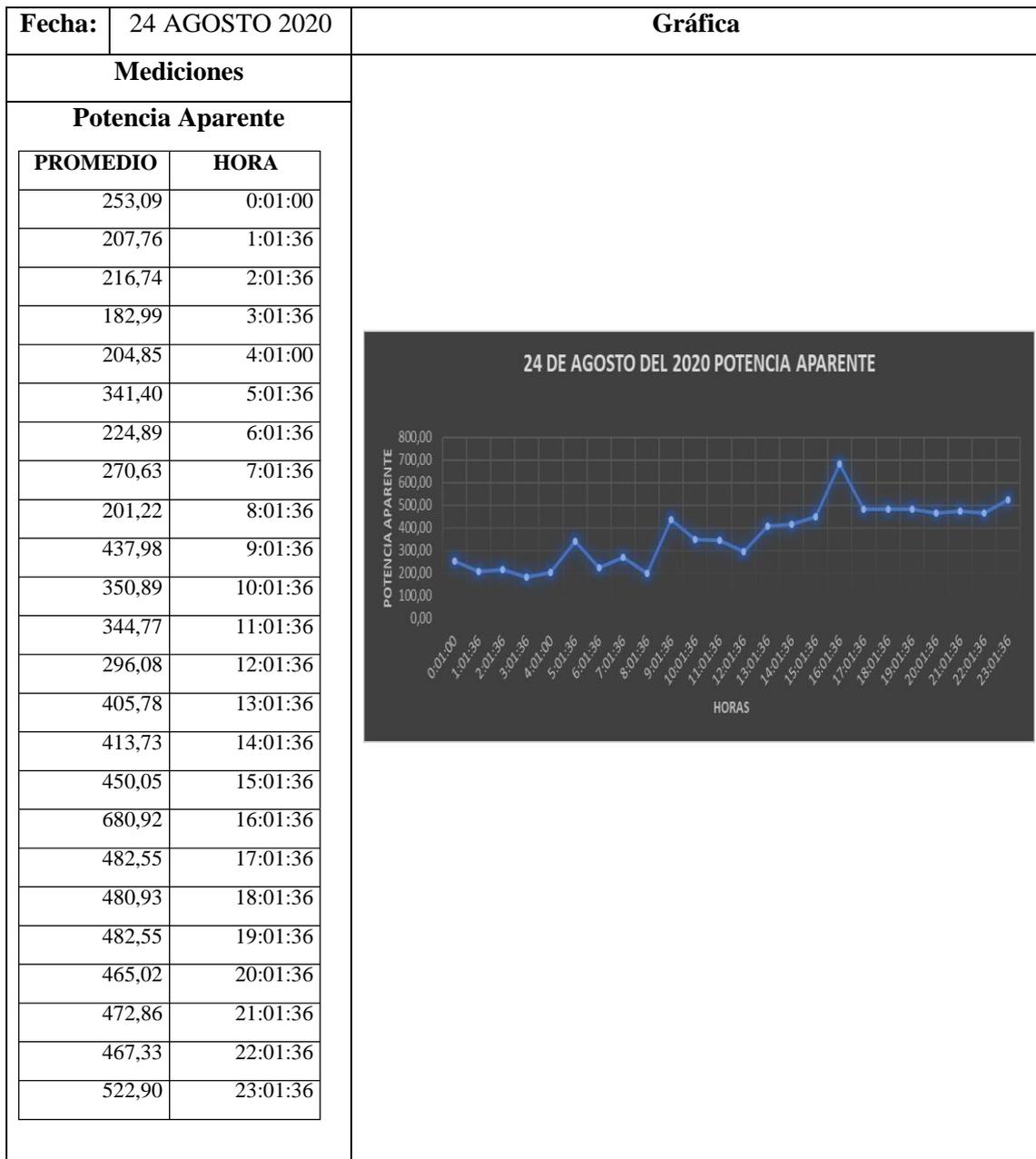
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Marzo 2020 - Agosto 2020



MEDICIONES DE POTENCIA

Fecha:	23 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Aparente		
PROMEDIO	HORA	
425,88	11:36:09	
560,16	12:36:09	
509,21	13:36:09	
342,90	14:36:09	
272,55	15:36:09	
312,13	16:36:09	
389,25	17:36:09	
506,43	18:36:09	
429,75	19:36:09	
428,68	20:36:09	
356,61	21:36:09	
314,44	22:36:09	
266,13	23:36:09	
Potencia Activa		
PROMEDIO	HORA	
392,47	11:36:09	
418,12	12:36:09	
475,93	13:36:09	
276,68	14:36:09	
199,43	15:36:09	
215,96	16:36:09	
357,60	17:36:09	
472,15	18:36:09	
351,04	19:36:09	
398,17	20:36:09	
311,73	21:36:09	
269,97	22:36:09	
194,40	23:36:09	
Potencia Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
62,37	11:36:09	
107,18	12:36:09	
112,26	13:36:09	
59,91	14:36:09	
42,39	15:36:09	
69,15	16:36:09	
78,72	17:36:09	
88,32	18:36:09	
57,14	19:36:09	
59,12	20:36:09	
48,95	21:36:09	
46,40	22:36:09	
44,08	23:36:09	





Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Activa		
PROMEDIO	HORA	
191,59	0:01:00	
157,21	1:01:36	
153,41	2:01:36	
154,24	3:01:36	
136,12	4:01:00	
305,31	5:01:36	
172,58	6:01:36	
204,04	7:01:36	
138,75	8:01:36	
412,04	9:01:36	
294,32	10:01:36	
309,76	11:01:36	
313,85	12:01:36	
332,16	13:01:36	
357,70	14:01:36	
370,23	15:01:36	
639,72	16:01:36	
546,40	17:01:36	
396,38	18:01:36	
449,88	19:01:36	
396,38	20:01:36	
449,88	21:01:36	
409,99	22:01:36	
481,50	23:01:36	



Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
51,35	0:01:00	
25,58	1:01:36	
26,44	2:01:36	
35,35	3:01:36	
37,55	4:01:00	
67,86	5:01:36	
45,00	6:01:36	
32,73	7:01:36	
18,18	8:01:36	
73,72	9:01:36	
59,17	10:01:36	
120,17	11:01:36	
202,53	12:01:36	
64,04	13:01:36	
120,93	14:01:36	
72,48	15:01:36	
112,29	16:01:36	
95,23	17:01:36	
63,22	18:01:36	
63,09	19:01:36	
68,43	20:01:36	
68,68	21:01:36	
71,00	22:01:36	
97,30	23:01:36	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		<div style="text-align: center;"> <p>25 DE AGOSTO DEL 2020 POTENCIA APARENTE</p> </div>
Potencia Aparente		
PROMEDIO	HORA	
395,78	0:01:00	
271,93	1:01:36	
270,99	2:01:36	
252,49	3:01:36	
260,62	4:01:00	
243,07	5:01:36	
230,18	6:01:36	
229,89	7:01:36	
281,38	8:01:36	
247,14	9:01:36	
353,22	10:01:36	
330,57	11:01:36	
295,57	12:01:36	
330,57	13:01:36	
310,60	14:01:36	
362,09	15:01:36	
310,60	16:01:36	
362,09	17:01:36	
377,78	18:01:36	
403,71	19:01:36	
430,24	20:01:36	
434,98	21:01:36	
488,79	22:01:36	
313,10	23:01:36	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Activa		
PROMEDIO	HORA	
368,90	0:01:00	
204,32	1:01:36	
212,15	2:01:36	
205,61	3:01:36	
197,66	4:01:00	
164,34	5:01:36	
166,72	6:01:36	
170,68	7:01:36	
216,94	8:01:36	
188,14	9:01:36	
310,55	10:01:36	
764,35	11:01:36	
227,43	12:01:36	
260,44	13:01:36	
227,43	14:01:36	
223,32	15:01:36	
220,10	16:01:36	
236,54	17:01:36	
241,68	18:01:36	
425,80	19:01:36	
314,16	20:01:36	
273,04	21:01:36	
188,60	22:01:36	
230,40	23:01:36	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
64,92	0:01:00	
42,29	1:01:36	
40,72	2:01:36	
39,07	3:01:36	
33,82	4:01:00	
38,43	5:01:36	
39,90	6:01:36	
37,54	7:01:36	
45,58	8:01:36	
39,67	9:01:36	
59,51	10:01:36	
133,93	11:01:36	
53,78	12:01:36	
48,07	13:01:36	
42,03	14:01:36	
41,46	15:01:36	
64,26	16:01:36	
72,00	17:01:36	
102,46	18:01:36	
20,84	19:01:36	
34,18	20:01:36	
42,19	21:01:36	
42,19	22:01:36	
43,88	23:01:36	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Aparente		
PROMEDIO	HORA	
282,85	0:01:00	
285,51	1:01:36	
265,18	2:01:36	
252,19	3:01:36	
232,28	4:01:00	
233,45	5:01:36	
215,89	6:01:36	
241,48	7:01:36	
234,23	8:01:36	
255,03	9:01:36	
257,61	10:01:36	
248,65	11:01:36	
293,85	12:01:36	
578,96	13:01:36	
505,61	14:01:36	
320,07	15:01:36	
398,77	16:01:36	
530,03	17:01:36	
889,55	18:01:36	
506,46	19:01:36	
404,14	20:01:36	
310,71	21:01:36	
194,90	22:01:36	
256,95	23:01:36	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Activa		
PROMEDIO	HORA	
225,65	0:01:00	
226,43	1:01:36	
216,15	2:01:36	
228,97	3:01:36	
161,42	4:01:00	
161,67	5:01:36	
159,26	6:01:36	
199,90	7:01:36	
158,56	8:01:36	
198,95	9:01:36	
191,48	10:01:36	
185,72	11:01:36	
229,15	12:01:36	
493,96	13:01:36	
190,02	14:01:36	
289,20	15:01:36	
340,99	16:01:36	
477,89	17:01:36	
866,62	18:01:36	
502,73	19:01:36	
370,77	20:01:36	
246,40	21:01:36	
235,63	22:01:36	
207,35	23:01:36	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
37,38	0:01:00	
41,17	1:01:36	
37,56	2:01:36	
47,02	3:01:36	
43,15	4:01:00	
38,94	5:01:36	
25,53	6:01:36	
46,33	7:01:36	
36,26	8:01:36	
36,22	9:01:36	
43,95	10:01:36	
46,75	11:01:36	
40,66	12:01:36	
85,30	13:01:36	
68,11	14:01:36	
65,20	15:01:36	
71,86	16:01:36	
84,10	17:01:36	
128,09	18:01:36	
69,48	19:01:36	
50,85	20:01:36	
30,83	21:01:36	
29,97	22:01:36	
48,20	23:01:36	



Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Aparente		
PROMEDIO	HORA	
233,56	0:01:00	
237,10	1:01:36	
236,50	2:01:36	
211,03	3:01:36	
213,11	4:01:00	
215,05	5:01:36	
217,86	6:01:36	
221,00	7:01:36	
225,87	8:01:36	
230,60	9:01:36	
405,07	10:01:36	
391,65	11:01:36	
612,13	12:01:36	
370,20	13:01:36	
278,60	14:01:36	
342,45	15:01:36	
585,89	16:01:36	
794,36	17:01:36	
729,74	18:01:36	
411,38	19:01:36	
291,00	20:01:36	
284,62	21:01:36	
284,88	22:01:36	
239,68	23:01:36	

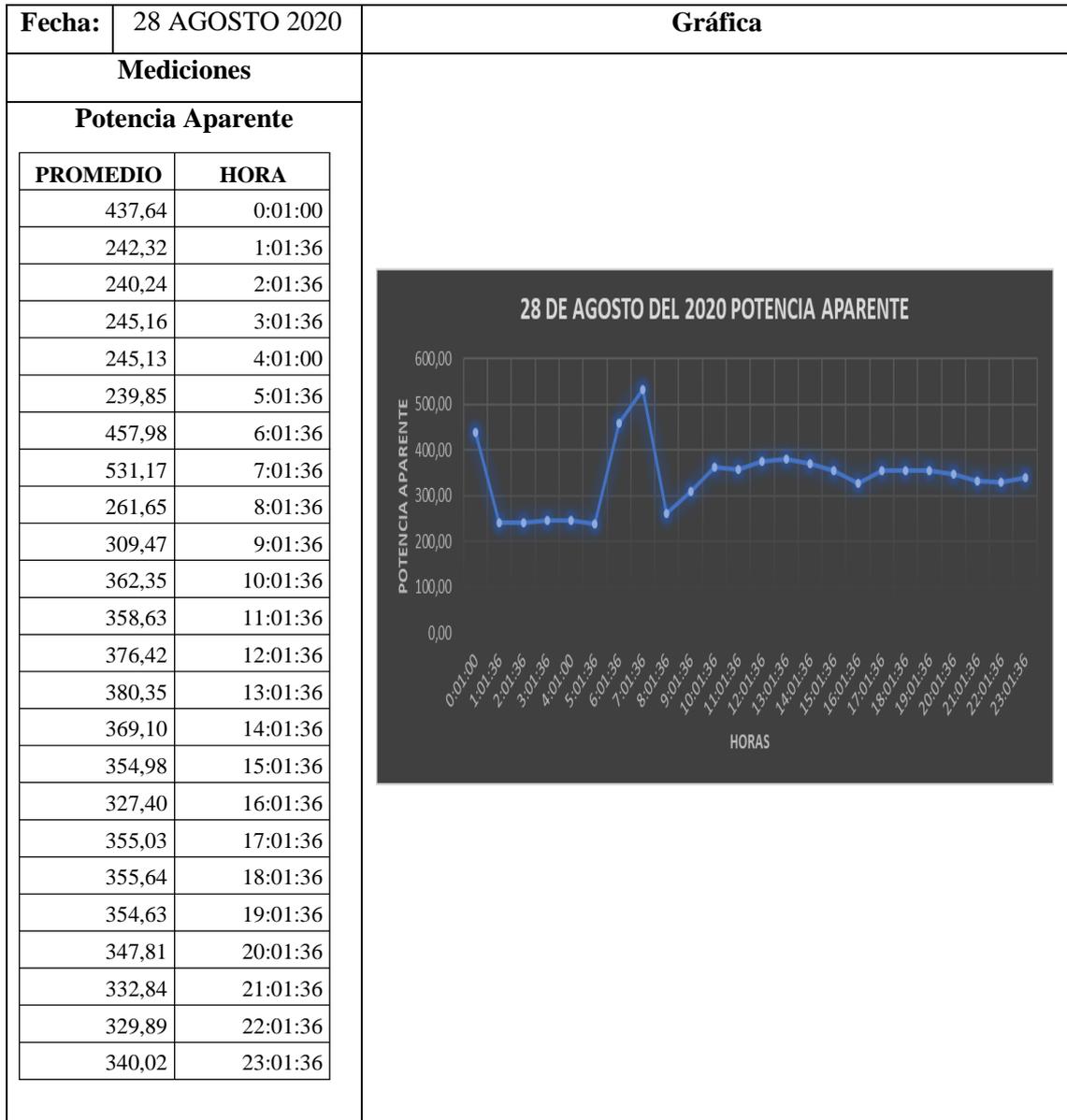


Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Activa		
PROMEDIO	HORA	
191,17	0:01:00	
168,66	1:01:36	
179,11	2:01:36	
176,19	3:01:36	
206,03	4:01:00	
227,83	5:01:36	
260,07	6:01:36	
274,78	7:01:36	
287,44	8:01:36	
289,11	9:01:36	
347,15	10:01:36	
329,10	11:01:36	
499,03	12:01:36	
324,60	13:01:36	
228,53	14:01:36	
262,03	15:01:36	
300,05	16:01:36	
544,34	17:01:36	
767,78	18:01:36	
645,70	19:01:36	
398,70	20:01:36	
250,02	21:01:36	
157,70	22:01:36	
189,74	23:01:36	



Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
33,69	0:01:00	
33,82	1:01:36	
32,15	2:01:36	
32,99	3:01:36	
66,40	4:01:00	
92,60	5:01:36	
128,68	6:01:36	
146,41	7:01:36	
156,65	8:01:36	
174,42	9:01:36	
59,82	10:01:36	
44,36	11:01:36	
28,43	12:01:36	
39,13	13:01:36	
63,53	14:01:36	
59,33	15:01:36	
38,94	16:01:36	
60,38	17:01:36	
52,58	18:01:36	
54,57	19:01:36	
40,68	20:01:36	
49,22	21:01:36	
51,09	22:01:36	
63,70	23:01:36	



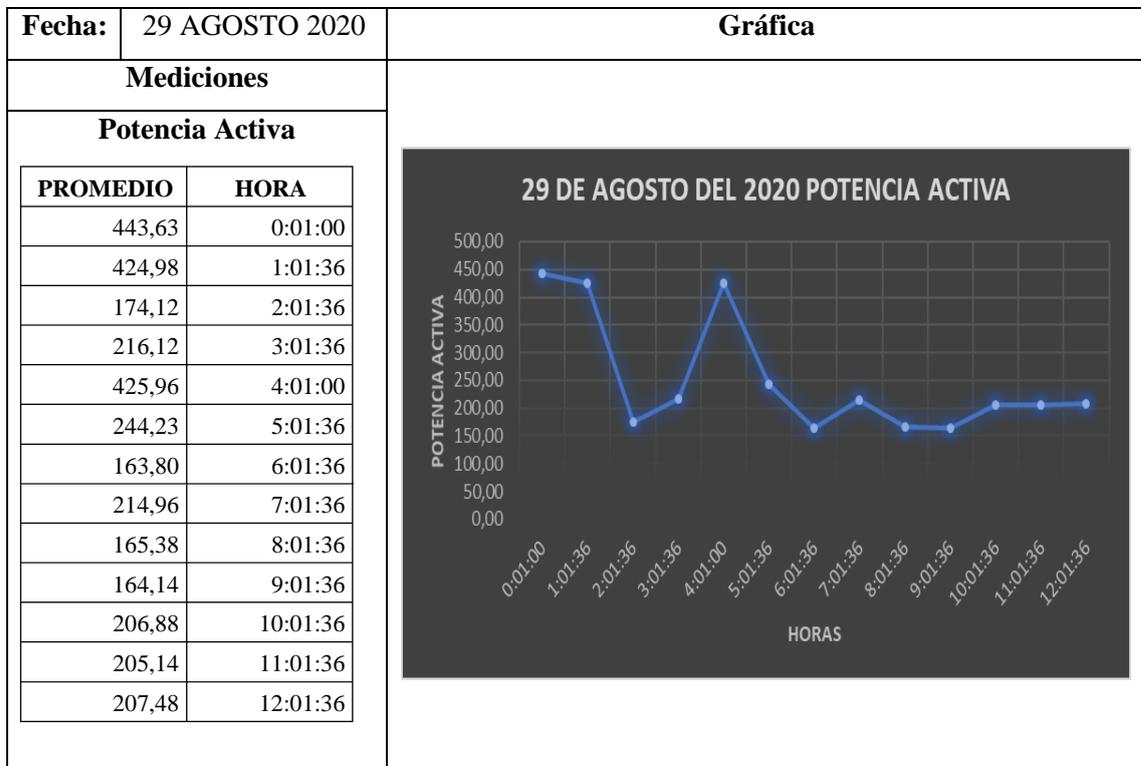


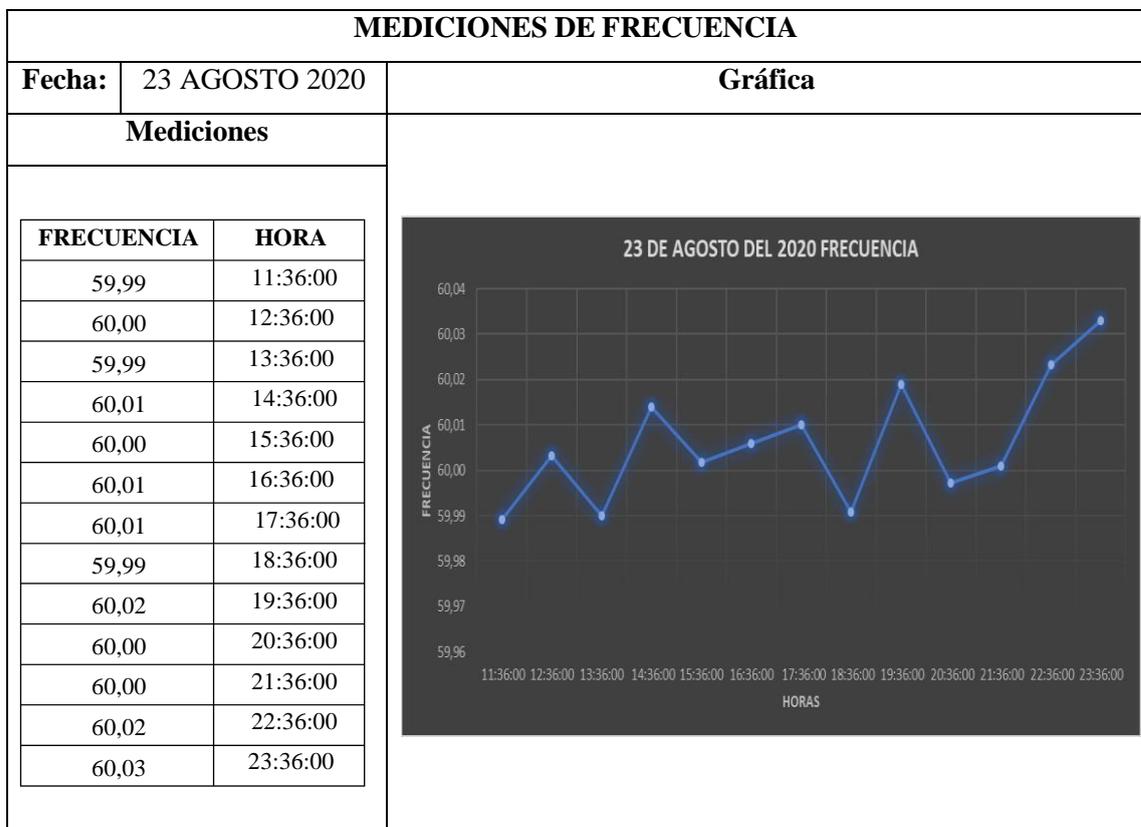
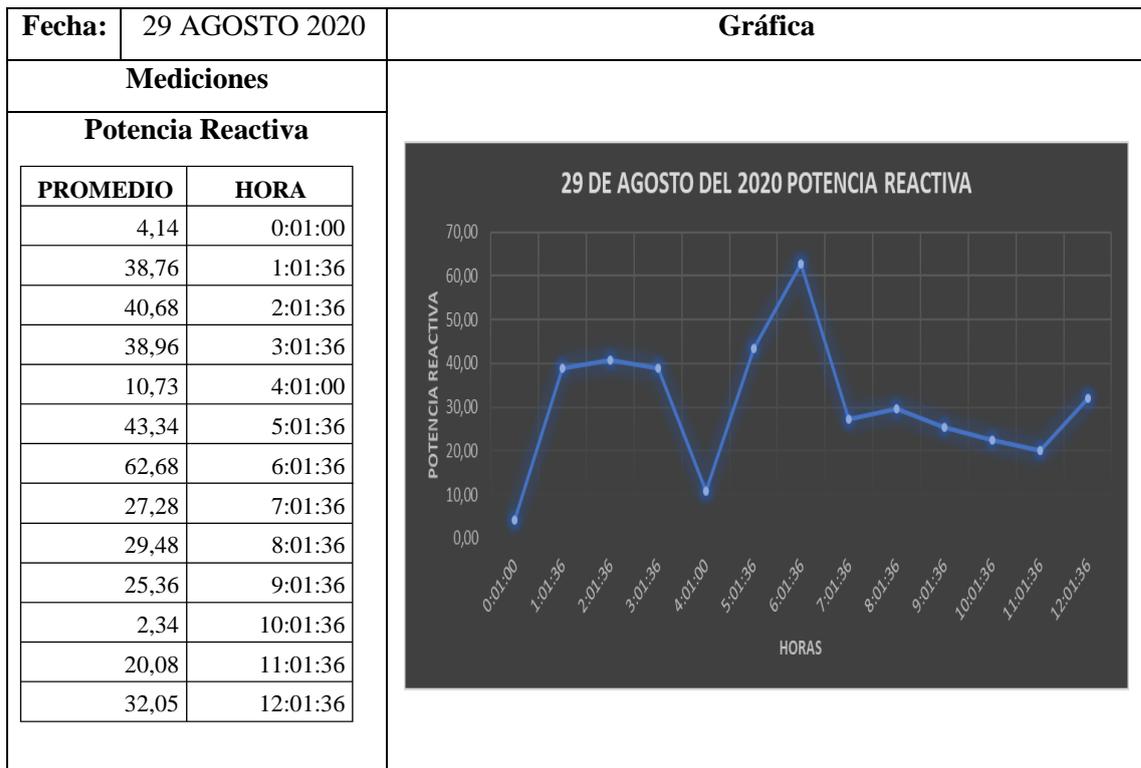
Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Activa		
PROMEDIO	HORA	
421,04	0:01:00	
201,39	1:01:36	
191,13	2:01:36	
197,84	3:01:36	
193,80	4:01:00	
184,36	5:01:36	
444,55	6:01:36	
267,28	7:01:36	
200,58	8:01:36	
241,26	9:01:36	
279,16	10:01:36	
295,98	11:01:36	
295,12	12:01:36	
319,97	13:01:36	
309,83	14:01:36	
296,80	15:01:36	
268,30	16:01:36	
310,68	17:01:36	
317,42	18:01:36	
311,20	19:01:36	
310,89	20:01:36	
269,86	21:01:36	
234,70	22:01:36	
293,53	23:01:36	



Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
64,92	0:01:00	
42,29	1:01:36	
40,72	2:01:36	
39,07	3:01:36	
33,82	4:01:00	
38,43	5:01:36	
39,90	6:01:36	
37,54	7:01:36	
43,23	8:01:36	
46,65	9:01:36	
57,39	10:01:36	
132,85	11:01:36	
44,66	12:01:36	
41,30	13:01:36	
40,23	14:01:36	
47,38	15:01:36	
47,74	16:01:36	
47,85	17:01:36	
39,43	18:01:36	
38,65	19:01:36	
49,19	20:01:36	
44,66	21:01:36	
44,76	22:01:36	
83,00	23:01:36	







Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FRECUENCIA	HORA	
59,98	0:01	
60,02	1:01	
60,02	2:01	
60,00	3:01	
60,00	4:01	
60,00	5:01	
60,02	6:01	
60,00	7:01	
60,01	8:01	
59,98	9:01	
60,00	10:01	
60,00	11:01	
60,00	12:01	
60,02	13:01	
60,01	14:01	
60,00	15:01	
59,99	16:01	
60,01	17:01	
60,03	18:01	
60,00	19:01	
60,00	20:01	
60,00	21:01	
60,02	22:01	
60,01	23:01	

24 DE AGOSTO DEL 2020 FRECUENCIA

HORA	FRECUENCIA
0:01	59,98
1:01	60,015
2:01	60,015
3:01	60,005
4:01	59,995
5:01	60,005
6:01	60,025
7:01	59,995
8:01	60,01
9:01	59,98
10:01	60,00
11:01	60,00
12:01	60,00
13:01	60,02
14:01	60,01
15:01	60,00
16:01	59,99
17:01	60,01
18:01	60,025
19:01	59,995
20:01	60,005
21:01	59,995
22:01	60,02
23:01	60,015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Marzo 2020 - Agosto 2020



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FRECUENCIA	HORA	
60,01	0:01	
60,00	1:01	
60,00	2:01	
60,00	3:01	
60,01	4:01	
59,98	5:01	
60,02	6:01	
60,00	7:01	
60,01	8:01	
60,00	9:01	
59,99	10:01	
60,03	11:01	
59,99	12:01	
60,00	13:01	
60,00	14:01	
60,00	15:01	
60,01	16:01	
59,98	17:01	
60,01	18:01	
60,00	19:01	
60,01	20:01	
60,00	21:01	
60,02	22:01	
60,00	23:01	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Marzo 2020 - Agosto 2020



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FRECUENCIA	HORA	
60,01	0:01	
60,01	1:01	
60,01	2:01	
60,00	3:01	
60,01	4:01	
60,01	5:01	
60,00	6:01	
60,01	7:01	
60,02	8:01	
60,00	9:01	
60,02	10:01	
60,00	11:01	
60,02	12:01	
60,01	13:01	
60,00	14:01	
60,00	15:01	
60,02	16:01	
60,01	17:01	
60,00	18:01	
60,01	19:01	
60,01	20:01	
59,99	21:01	
60,01	22:01	
59,99	23:01	

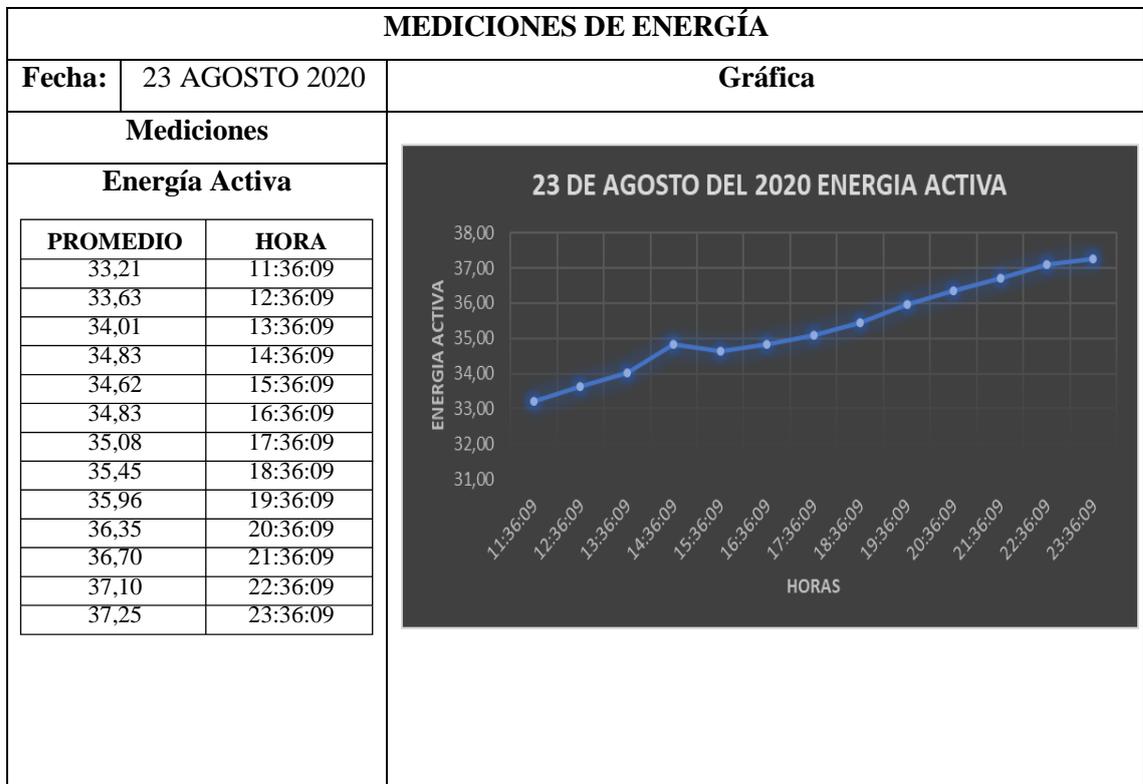
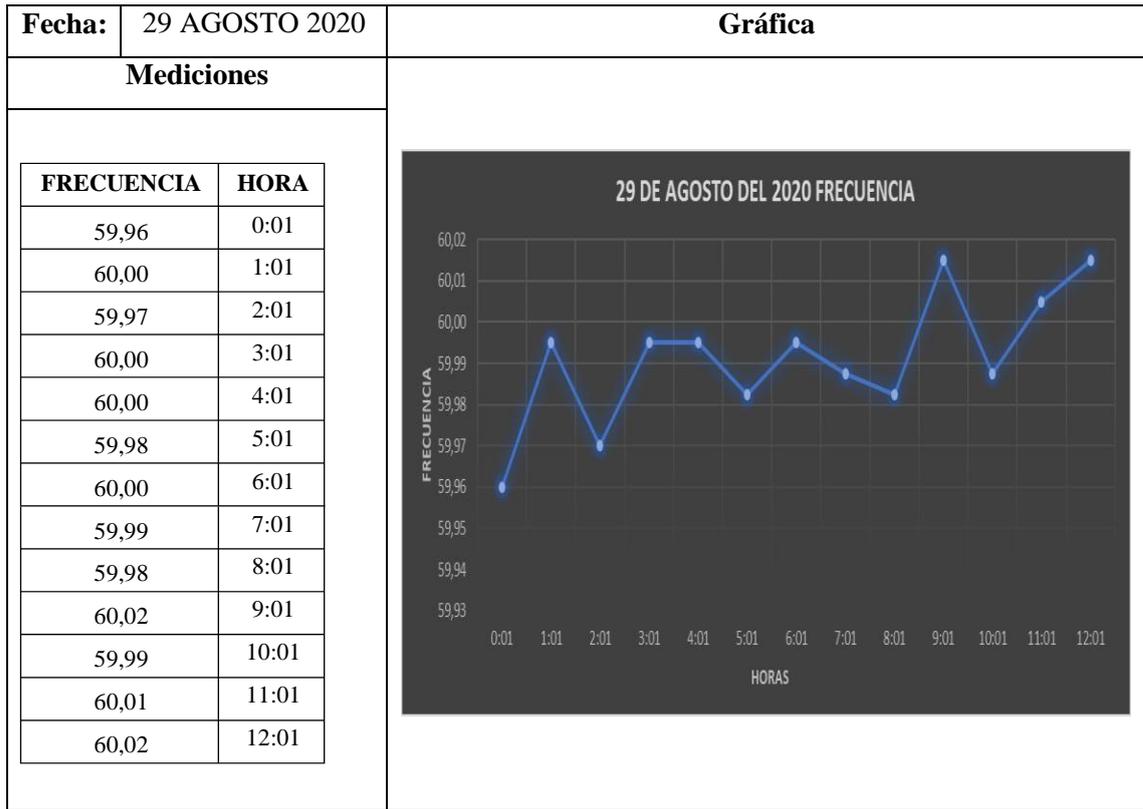


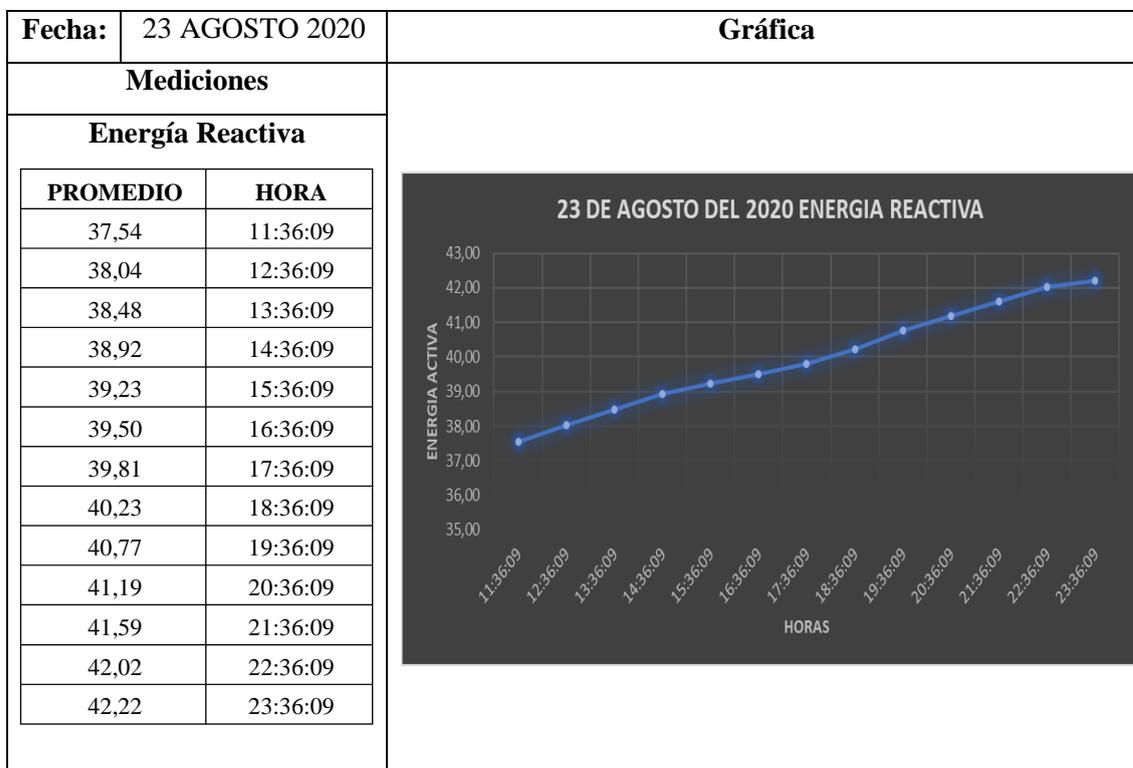
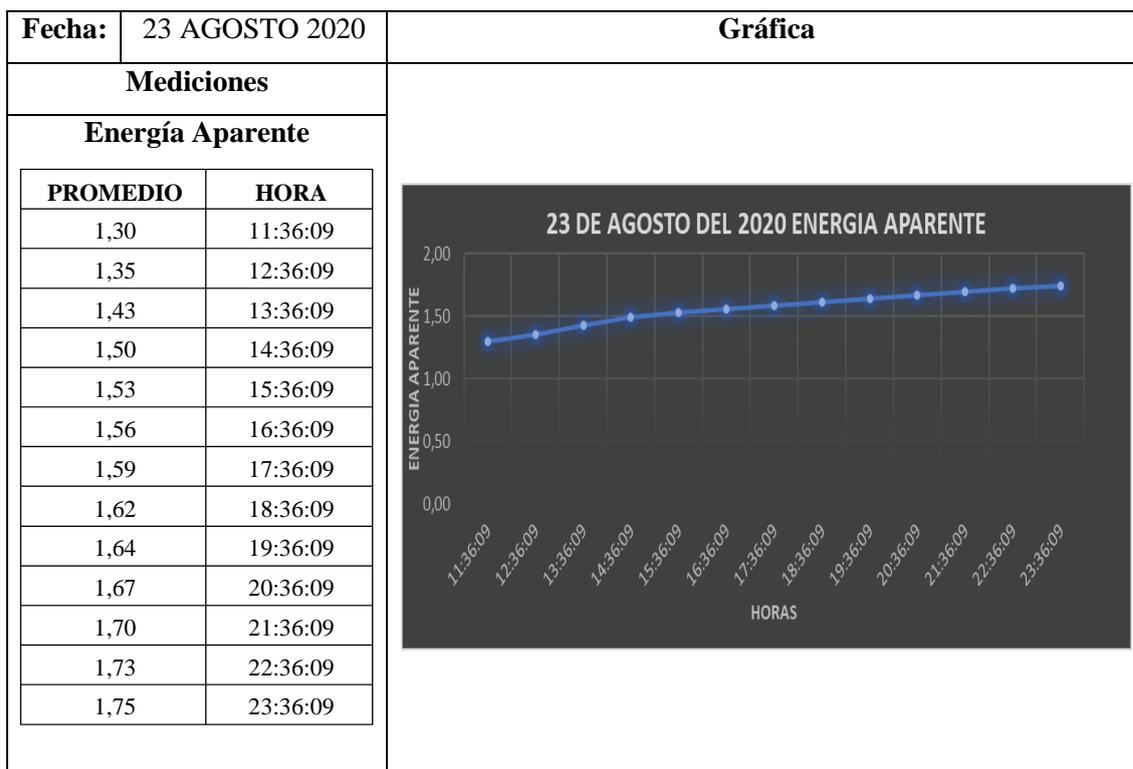
Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FRECUENCIA	HORA	
60,01	0:01	
59,99	1:01	
59,99	2:01	
60,00	3:01	
60,00	4:01	
59,99	5:01	
60,01	6:01	
60,02	7:01	
59,99	8:01	
60,00	9:01	
59,99	10:01	
60,01	11:01	
60,02	12:01	
59,99	13:01	
60,01	14:01	
60,00	15:01	
60,01	16:01	
59,99	17:01	
60,01	18:01	
60,01	19:01	
59,99	20:01	
60,01	21:01	
60,00	22:01	
60,01	23:01	



Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FRECUENCIA	HORA	
60,01	0:01	
60,01	1:01	
60,01	2:01	
59,99	3:01	
60,00	4:01	
60,01	5:01	
60,00	6:01	
60,00	7:01	
60,01	8:01	
60,01	9:01	
60,01	10:01	
60,01	11:01	
59,99	12:01	
60,01	13:01	
59,99	14:01	
60,00	15:01	
60,00	16:01	
60,01	17:01	
60,00	18:01	
59,99	19:01	
60,01	20:01	
60,01	21:01	
60,01	22:01	
60,00	23:01	







Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Activa		
PROMEDIO	HORA	
37,38	0:01:36	
37,56	1:01:36	
37,72	2:01:36	
37,89	3:01:36	
38,06	4:01:36	
38,33	5:01:36	
38,59	6:01:36	
38,77	7:01:36	
38,92	8:01:36	
39,71	9:01:36	
40,19	10:01:36	
40,44	11:01:36	
40,91	12:01:36	
41,28	13:01:36	
41,70	14:01:36	
42,10	15:01:36	
42,70	16:01:36	
43,37	17:01:36	
43,83	18:01:36	
44,24	19:01:36	
43,83	20:01:36	
44,24	21:01:36	
44,66	22:01:36	
44,93	23:01:36	



Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Aparente		
PROMEDIO	HORA	
1,77	0:01:36	
1,80	1:01:36	
1,83	2:01:36	
1,86	3:01:36	
1,89	4:01:36	
1,92	5:01:36	
1,94	6:01:36	
1,96	7:01:36	
1,98	8:01:36	
2,01	9:01:36	
2,03	10:01:36	
16,89	11:01:36	
26,72	12:01:36	
2,12	13:01:36	
13,44	14:01:36	
13,44	15:01:36	
2,17	16:01:36	
2,18	17:01:36	
2,21	18:01:36	
2,23	19:01:36	
2,21	20:01:36	
2,23	21:01:36	
2,25	22:01:36	
2,27	23:01:36	



Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
42,39	0:01:36	
42,62	1:01:36	
43,06	2:01:36	
43,06	3:01:36	
43,28	4:01:36	
43,59	5:01:36	
43,90	6:01:36	
44,14	7:01:36	
44,34	8:01:36	
45,22	9:01:36	
44,34	10:01:36	
45,22	11:01:36	
45,78	12:01:36	
29,16	13:01:36	
18,29	14:01:36	
47,12	15:01:36	
34,63	16:01:36	
48,08	17:01:36	
48,73	18:01:36	
49,43	19:01:36	
49,95	20:01:36	
50,42	21:01:36	
50,89	22:01:36	
51,21	23:01:36	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Activa		
PROMEDIO	HORA	
45,25	0:01:36	
45,57	1:01:36	
45,81	2:01:36	
46,04	3:01:36	
46,27	4:01:36	
46,48	5:01:36	
46,67	6:01:36	
46,89	7:01:36	
47,27	8:01:36	
47,57	9:01:36	
48,01	10:01:36	
48,64	11:01:36	
48,93	12:01:36	
49,21	13:01:36	
49,46	14:01:36	
49,75	15:01:36	
50,20	16:01:36	
50,80	17:01:36	
51,13	18:01:36	
51,48	19:01:36	
50,57	20:01:36	
50,95	21:01:36	
51,23	22:01:36	
51,42	23:01:36	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Aparente		
PROMEDIO	HORA	
2,28	0:01:36	
2,31	1:01:36	
2,33	2:01:36	
2,36	3:01:36	
2,39	4:01:36	
2,41	5:01:36	
2,44	6:01:36	
2,46	7:01:36	
2,49	8:01:36	
2,52	9:01:36	
2,54	10:01:36	
2,57	11:01:36	
2,60	12:01:36	
2,63	13:01:36	
2,66	14:01:36	
2,68	15:01:36	
2,70	16:01:36	
2,72	17:01:36	
2,75	18:01:36	
2,78	19:01:36	
2,80	20:01:36	
2,71	21:01:36	
2,73	22:01:36	
2,75	23:01:36	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
51,56	0:01:36	
51,94	1:01:36	
52,26	2:01:36	
52,57	3:01:36	
52,87	4:01:36	
53,16	5:01:36	
54,16	6:01:36	
53,70	7:01:36	
54,16	8:01:36	
54,52	9:01:36	
55,01	10:01:36	
55,69	11:01:36	
56,05	12:01:36	
56,42	13:01:36	
56,74	14:01:36	
57,08	15:01:36	
58,58	16:01:36	
58,20	17:01:36	
58,58	18:01:36	
58,99	19:01:36	
59,28	20:01:36	
58,30	21:01:36	
58,61	22:01:36	
58,86	23:01:36	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Potencia Activa		
PROMEDIO	HORA	
51,90	0:01:00	
52,13	1:01:36	
52,36	2:01:36	
52,63	3:01:36	
52,83	4:01:36	
53,03	5:01:36	
53,22	6:01:36	
53,42	7:01:36	
53,60	8:01:36	
53,80	9:01:36	
54,01	10:01:36	
54,23	11:01:36	
54,45	12:01:36	
54,82	13:01:36	
55,39	14:01:36	
55,66	15:01:36	
56,03	16:01:36	
57,99	17:01:36	
58,44	18:01:36	
57,99	19:01:36	
58,44	20:01:36	
58,91	21:01:36	
58,36	22:01:36	
58,60	23:01:36	

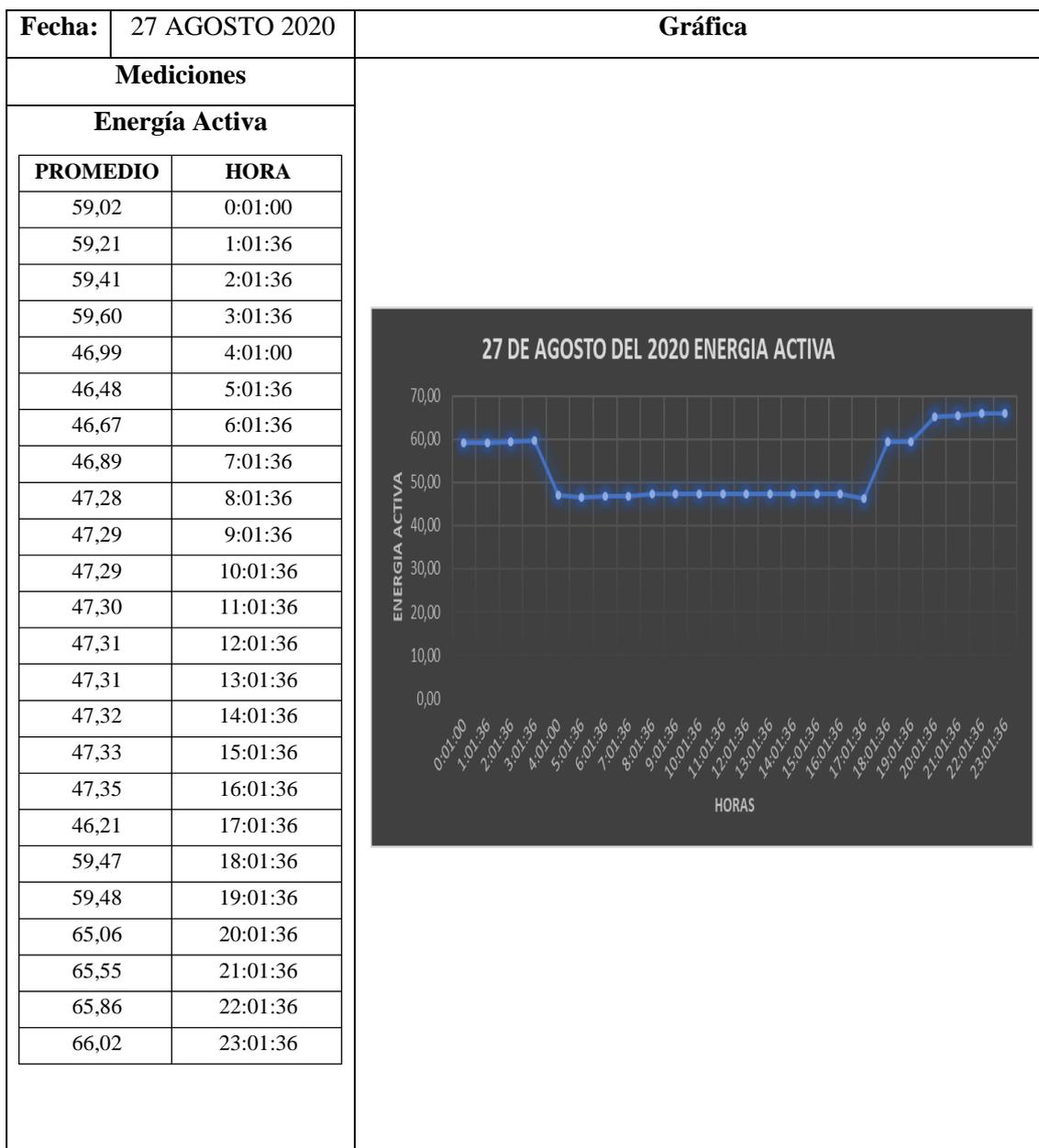


Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Aparente		
PROMEDIO	HORA	
2,82	0:01:00	
2,85	1:01:36	
2,88	2:01:36	
2,90	3:01:36	
2,92	4:01:36	
2,94	5:01:36	
2,97	6:01:36	
2,99	7:01:36	
3,01	8:01:36	
3,04	9:01:36	
3,06	10:01:36	
3,09	11:01:36	
3,13	12:01:36	
3,15	13:01:36	
3,18	14:01:36	
3,20	15:01:36	
3,22	16:01:36	
3,24	17:01:36	
3,25	18:01:36	
3,31	19:01:36	
3,33	20:01:36	
3,25	21:01:36	
3,26	22:01:36	
3,28	23:01:36	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
59,53	0:01:00	
59,84	1:01:36	
60,14	2:01:36	
60,45	3:01:36	
60,71	4:01:36	
60,96	5:01:36	
61,21	6:01:36	
61,47	7:01:36	
61,72	8:01:36	
61,97	9:01:36	
62,24	10:01:36	
63,22	11:01:36	
62,80	12:01:36	
63,22	13:01:36	
63,85	14:01:36	
65,11	15:01:36	
64,59	16:01:36	
66,69	17:01:36	
67,19	18:01:36	
67,58	19:01:36	
67,74	20:01:36	
66,58	21:01:36	
67,07	22:01:36	
67,33	23:01:36	





Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Aparente		
PROMEDIO	HORA	
3,34	0:01:00	
3,37	1:01:36	
3,40	2:01:36	
3,42	3:01:36	
2,44	4:01:00	
2,41	5:01:36	
2,44	6:01:36	
2,46	7:01:36	
2,47	8:01:36	
2,47	9:01:36	
2,47	10:01:36	
2,47	11:01:36	
2,47	12:01:36	
2,47	13:01:36	
2,48	14:01:36	
2,48	15:01:36	
2,48	16:01:36	
2,48	17:01:36	
2,48	18:01:36	
2,49	19:01:36	
3,72	20:01:36	
3,74	21:01:36	
3,76	22:01:36	
3,78	23:01:36	



Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
67,88	0:01:00	
68,13	1:01:36	
68,37	2:01:36	
68,62	3:01:36	
53,72	4:01:00	
53,16	5:01:36	
53,42	6:01:36	
53,70	7:01:36	
54,12	8:01:36	
65,94	9:01:36	
66,28	10:01:36	
66,60	11:01:36	
66,81	12:01:36	
67,01	13:01:36	
67,22	14:01:36	
67,42	15:01:36	
67,63	16:01:36	
68,23	17:01:36	
69,22	18:01:36	
69,41	19:01:36	
68,20	20:01:36	
68,64	21:01:36	
68,85	22:01:36	
68,87	23:01:36	



Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Activa		
PROMEDIO	HORA	
66,31	0:01:00	
66,62	1:01:36	
66,82	2:01:36	
67,03	3:01:36	
67,24	4:01:00	
67,44	5:01:36	
67,66	6:01:36	
68,29	7:01:36	
68,69	8:01:36	
68,92	9:01:36	
69,25	10:01:36	
69,57	11:01:36	
69,90	12:01:36	
70,18	13:01:36	
69,64	14:01:36	
73,71	15:01:36	
74,18	16:01:36	
74,75	17:01:36	
69,74	18:01:36	
69,77	19:01:36	
69,79	20:01:36	
69,82	21:01:36	
67,60	22:01:36	
73,67	23:01:36	

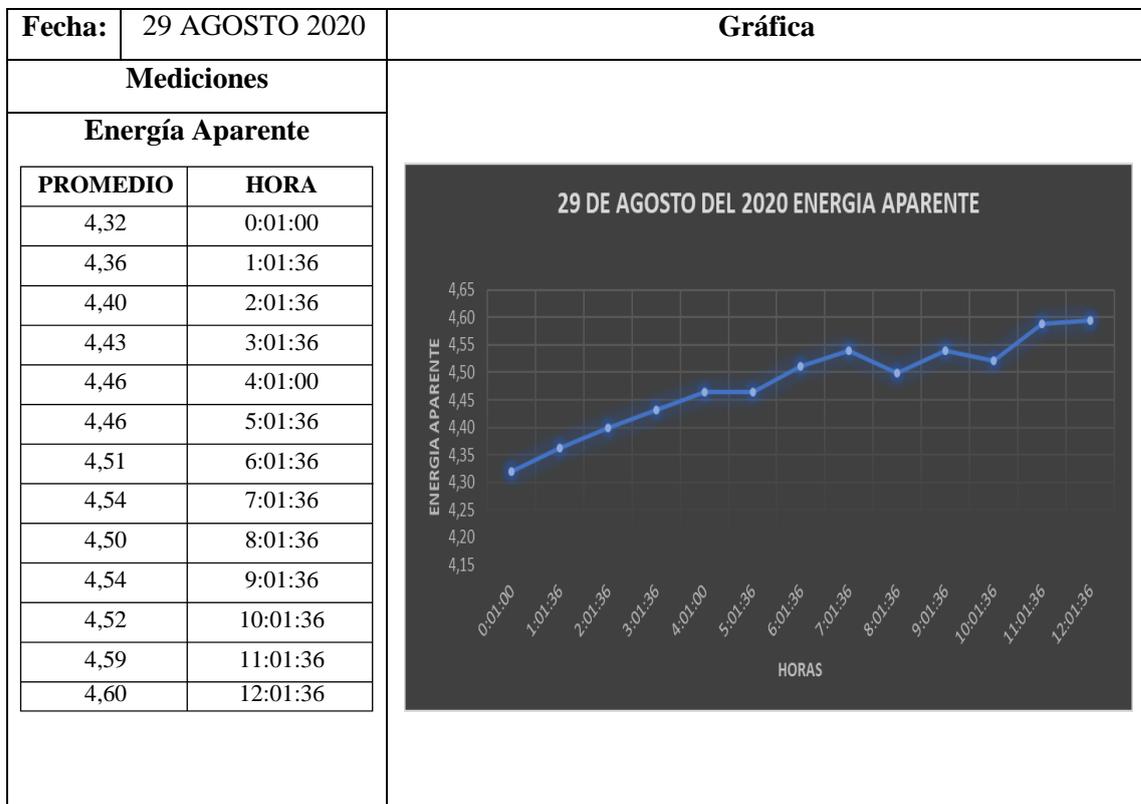
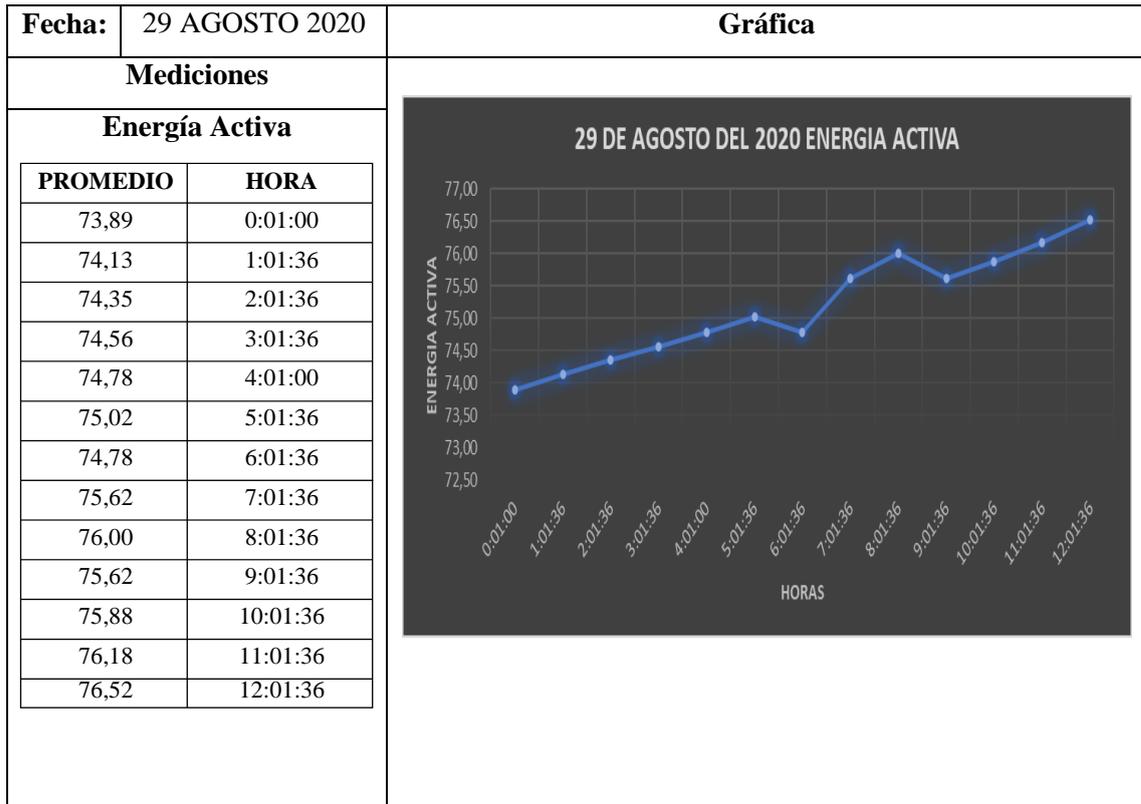


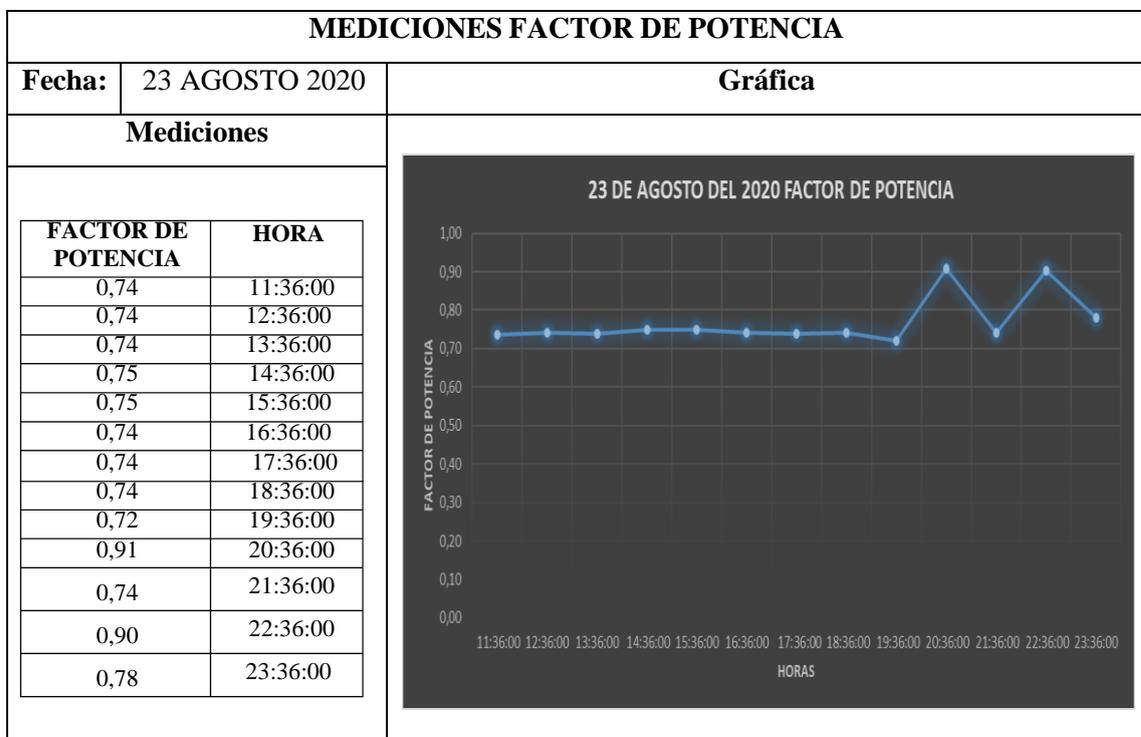
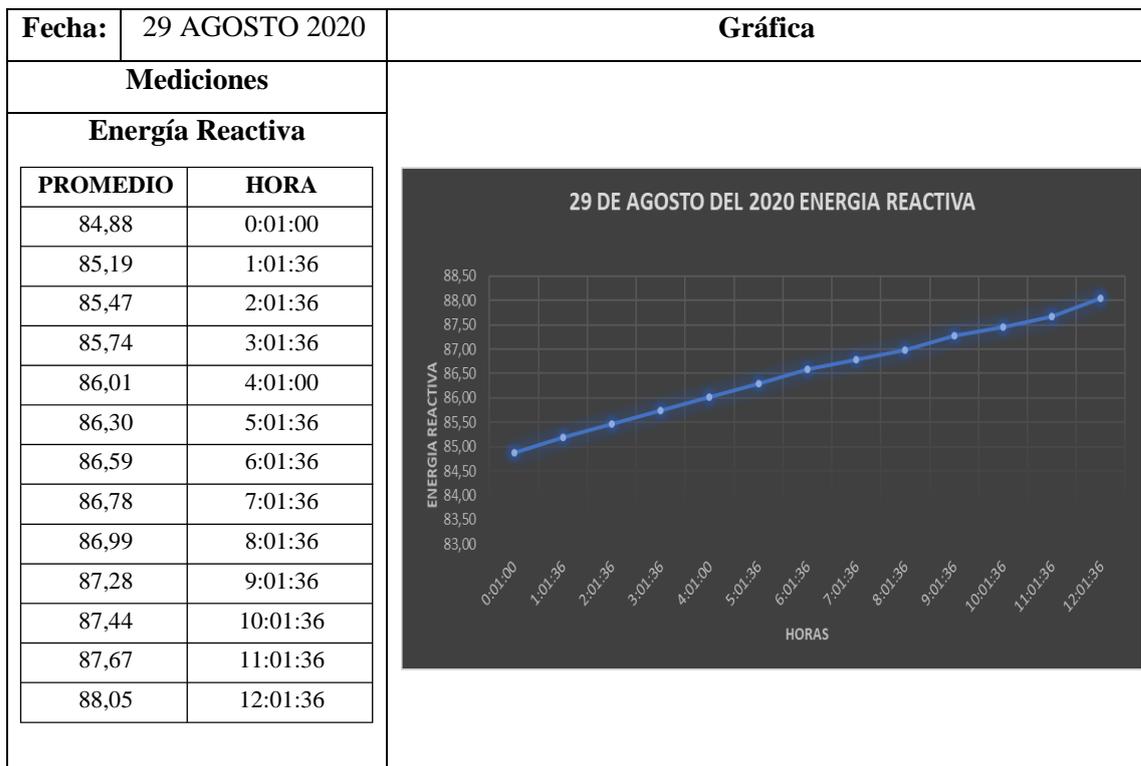
Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Aparente		
PROMEDIO	HORA	
3,80	0:01:00	
3,82	1:01:36	
3,85	2:01:36	
3,87	3:01:36	
3,89	4:01:00	
3,91	5:01:36	
3,93	6:01:36	
3,95	7:01:36	
3,97	8:01:36	
3,99	9:01:36	
4,02	10:01:36	
4,04	11:01:36	
4,06	12:01:36	
4,08	13:01:36	
10,93	14:01:36	
3,87	15:01:36	
3,99	16:01:36	
3,97	17:01:36	
3,99	18:01:36	
4,02	19:01:36	
4,06	20:01:36	
4,08	21:01:36	
10,93	22:01:36	
4,28	23:01:36	



Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
Energía Reactiva		
PROMEDIO	HORA	
76,05	0:01:00	
76,41	1:01:36	
76,67	2:01:36	
76,94	3:01:36	
77,20	4:01:00	
77,46	5:01:36	
77,74	6:01:36	
78,44	7:01:36	
78,91	8:01:36	
79,21	9:01:36	
79,60	10:01:36	
80,00	11:01:36	
80,40	12:01:36	
80,43	13:01:36	
80,46	14:01:36	
81,52	15:01:36	
81,90	16:01:36	
82,29	17:01:36	
82,67	18:01:36	
83,06	19:01:36	
83,44	20:01:36	
80,74	21:01:36	
84,24	22:01:36	
73,67	23:01:36	







Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FACTOR DE POTENCIA	HORA	
0,75	0:01	
0,74	1:01	
0,74	2:01	
0,74	3:01	
0,74	4:01	
0,74	5:01	
0,74	6:01	
0,76	7:01	
0,67	8:01	
0,81	9:01	
0,74	10:01	
0,81	11:01	
0,80	12:01	
0,74	13:01	
0,74	14:01	
0,74	15:01	
0,76	16:01	
0,75	17:01	
0,74	18:01	
0,74	19:01	
0,71	20:01	
0,80	21:01	
0,82	22:01	
0,88	23:01	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FACTOR DE POTENCIA	HORA	
0,86	0:01	
0,74	1:01	
0,74	2:01	
0,74	3:01	
0,72	4:01	
0,74	5:01	
0,74	6:01	
0,72	7:01	
0,73	8:01	
0,77	9:01	
0,74	10:01	
0,77	11:01	
0,85	12:01	
0,74	13:01	
0,74	14:01	
0,73	15:01	
0,75	16:01	
0,74	17:01	
0,74	18:01	
0,73	19:01	
0,72	20:01	
0,83	21:01	
0,73	22:01	
0,80	23:01	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FACTOR DE POTENCIA	HORA	
0,74	0:01	
0,75	1:01	
0,77	2:01	
0,82	3:01	
0,77	4:01	
0,74	5:01	
0,83	6:01	
0,72	7:01	
0,74	8:01	
0,72	9:01	
0,83	10:01	
0,76	11:01	
0,75	12:01	
0,75	13:01	
0,79	14:01	
0,80	15:01	
0,73	16:01	
0,75	17:01	
0,82	18:01	
0,76	19:01	
0,74	20:01	
0,75	21:01	
0,75	22:01	
0,93	23:01	

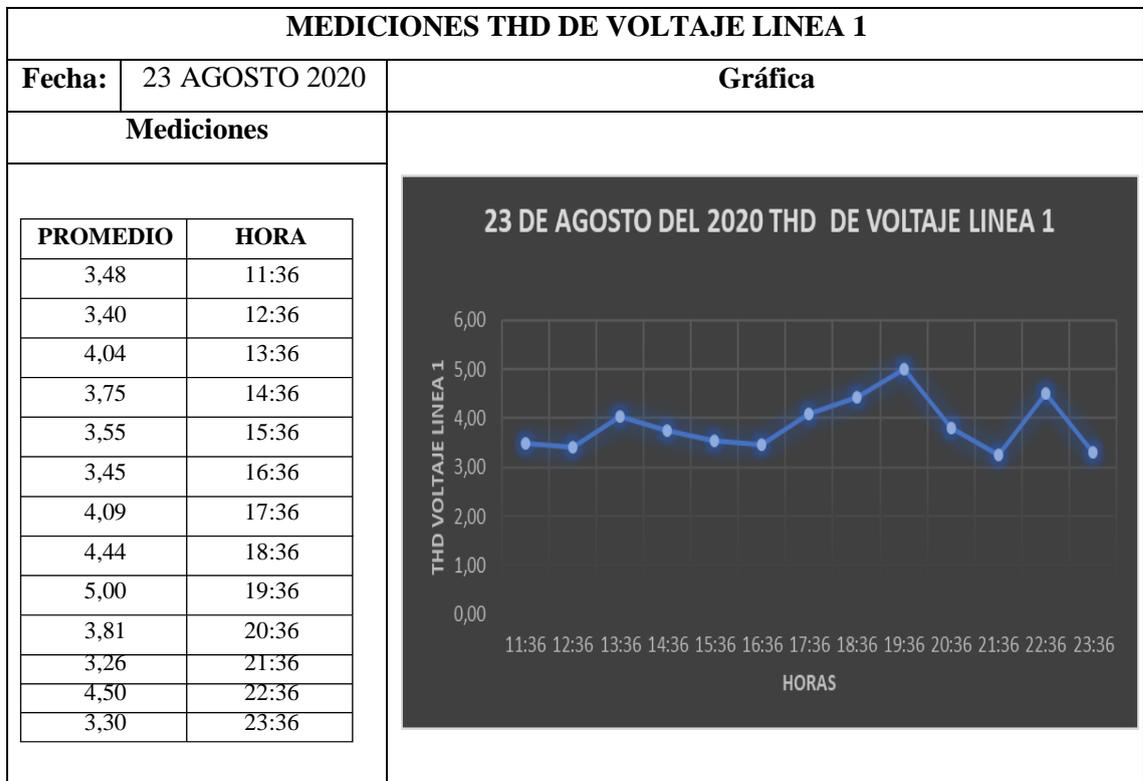
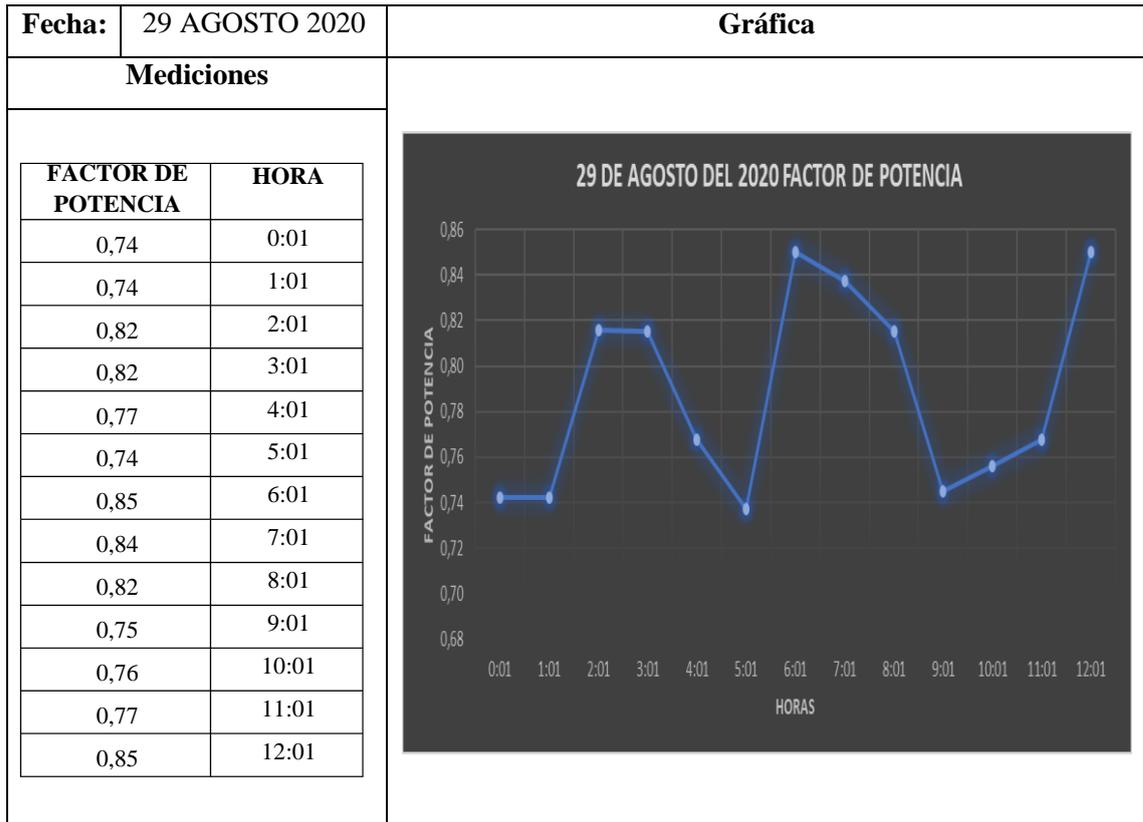


Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FACTOR DE POTENCIA	HORA	
0,77	0:01	
0,77	1:01	
0,75	2:01	
0,76	3:01	
0,81	4:01	
0,77	5:01	
0,76	6:01	
0,87	7:01	
0,89	8:01	
0,97	9:01	
0,75	10:01	
0,96	11:01	
0,92	12:01	
0,77	13:01	
0,75	14:01	
0,76	15:01	
0,78	16:01	
0,76	17:01	
0,76	18:01	
0,76	19:01	
0,88	20:01	
0,96	21:01	
0,97	22:01	
0,74	23:01	



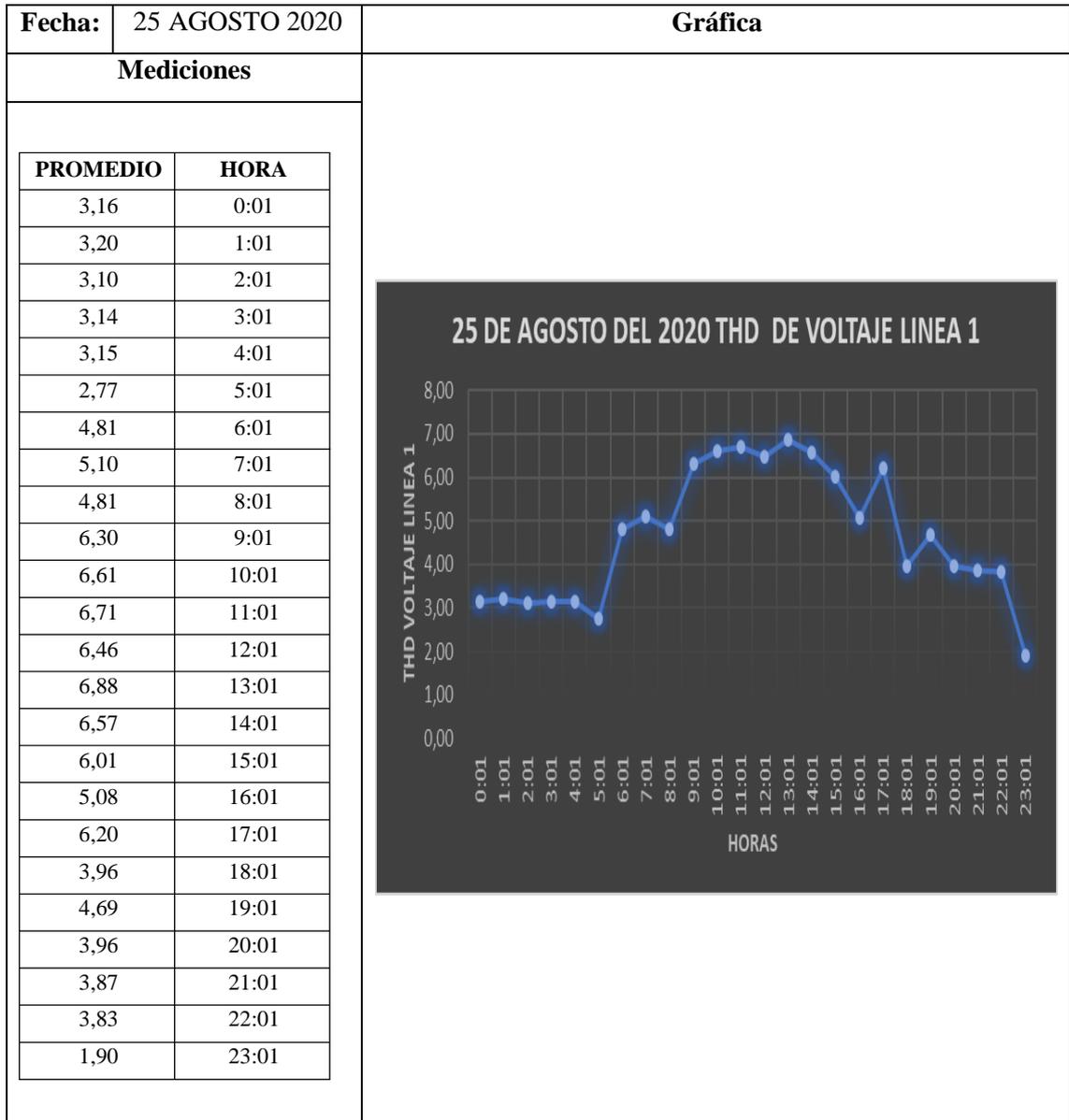
Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
FACTOR DE POTENCIA	HORA	
0,91	0:01	
0,75	1:01	
0,78	2:01	
0,77	3:01	
0,75	4:01	
0,76	5:01	
0,78	6:01	
0,75	7:01	
0,77	8:01	
0,74	9:01	
0,76	10:01	
0,81	11:01	
0,79	12:01	
0,76	13:01	
0,77	14:01	
0,77	15:01	
0,78	16:01	
0,76	17:01	
0,78	18:01	
0,77	19:01	
0,81	20:01	
0,77	21:01	
0,79	22:01	
0,84	23:01	





Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
2,80	0:01	
2,32	1:01	
2,43	2:01	
2,38	3:01	
2,49	4:01	
2,60	5:01	
3,15	6:01	
5,59	7:01	
6,50	8:01	
6,00	9:01	
5,99	10:01	
5,77	11:01	
5,90	12:01	
6,30	13:01	
6,21	14:01	
6,60	15:01	
6,56	16:01	
5,71	17:01	
5,92	18:01	
5,13	19:01	
4,00	20:01	
3,25	21:01	
3,22	22:01	
3,11	23:01	





Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
2,93	0:01	
2,53	1:01	
2,61	2:01	
2,82	3:01	
2,57	4:01	
2,40	5:01	
3,60	6:01	
5,35	7:01	
5,68	8:01	
5,45	9:01	
5,66	10:01	
6,42	11:01	
6,22	12:01	
5,36	13:01	
5,78	14:01	
6,15	15:01	
6,31	16:01	
7,04	17:01	
5,74	18:01	
5,07	19:01	
3,86	20:01	
2,84	21:01	
2,85	22:01	
3,70	23:01	



Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
2,95	0:01	
3,02	1:01	
2,74	2:01	
3,16	3:01	
6,70	4:01	
6,93	5:01	
6,98	6:01	
6,96	7:01	
6,88	8:01	
6,73	9:01	
6,68	10:01	
6,60	11:01	
6,73	12:01	
6,51	13:01	
6,39	14:01	
6,38	15:01	
6,43	16:01	
6,26	17:01	
6,05	18:01	
5,27	19:01	
4,16	20:01	
3,68	21:01	
3,68	22:01	
3,20	23:01	

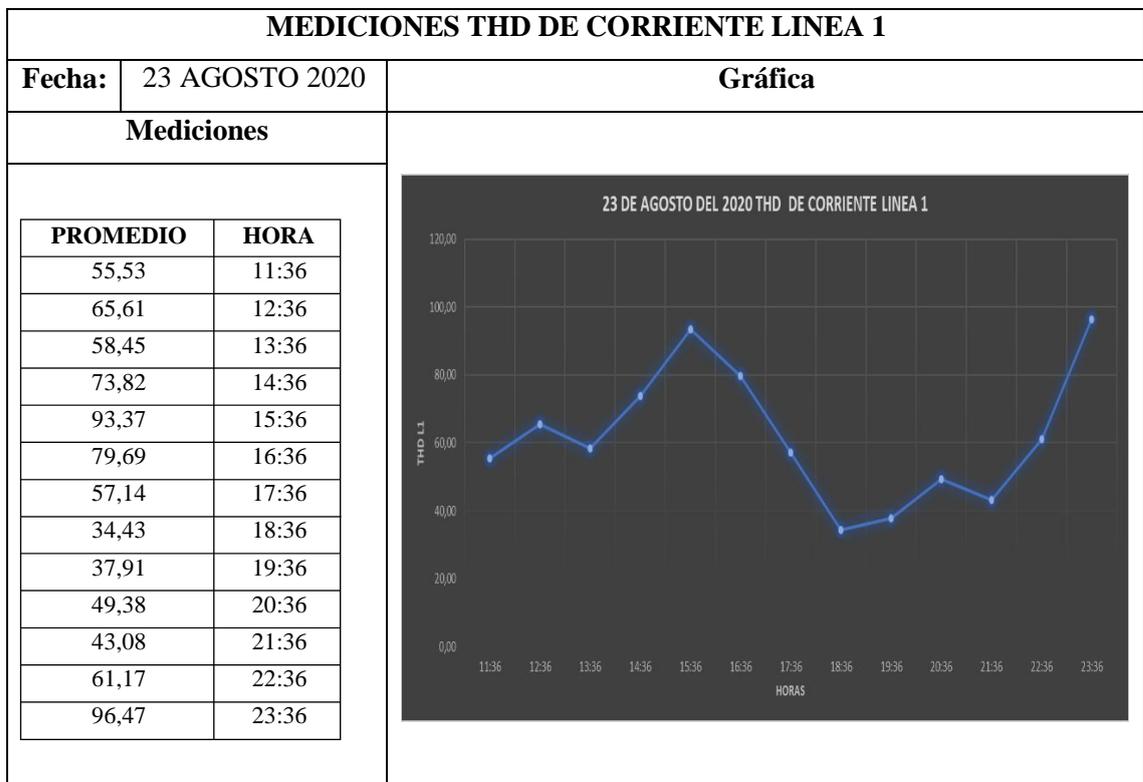
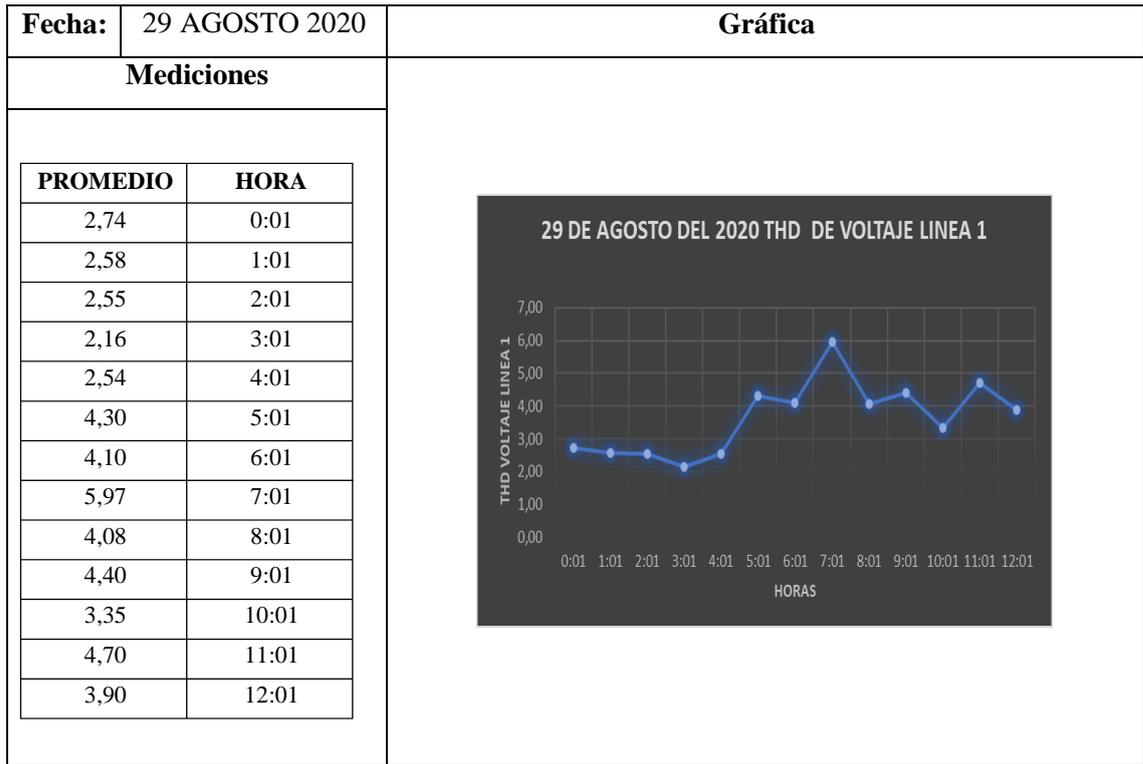


Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
3,04	0:01	
2,63	1:01	
2,92	2:01	
2,68	3:01	
2,66	4:01	
3,04	5:01	
3,60	6:01	
6,08	7:01	
4,82	8:01	
5,85	9:01	
6,62	10:01	
5,44	11:01	
6,35	12:01	
5,96	13:01	
5,76	14:01	
5,53	15:01	
5,45	16:01	
5,15	17:01	
5,00	18:01	
4,76	19:01	
4,40	20:01	
4,16	21:01	
4,09	22:01	
2,95	23:01	

28 DE AGOSTO DEL 2020 THD DE VOLTAJE LINEA 1

HORA	THD VOLTAJE LINEA 1
0:01	3,04
1:01	2,63
2:01	2,92
3:01	2,68
4:01	2,66
5:01	3,04
6:01	3,60
7:01	6,08
8:01	4,82
9:01	5,85
10:01	6,62
11:01	5,44
12:01	6,35
13:01	5,96
14:01	5,76
15:01	5,53
16:01	5,45
17:01	5,15
18:01	5,00
19:01	4,76
20:01	4,40
21:01	4,16
22:01	4,09
23:01	2,95





Fecha:	24 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
89,85	00:01	
81,97	01:01	
83,75	02:01	
88,59	03:01	
83,03	04:01	
82,04	05:01	
53,40	06:01	
88,56	07:01	
95,23	08:01	
99,50	09:01	
47,99	10:01	
66,20	11:01	
65,61	12:01	
56,29	13:01	
77,08	14:01	
70,03	15:01	
64,36	16:01	
52,71	17:01	
33,76	18:01	
24,38	19:01	
47,70	20:01	
52,69	21:01	
54,13	22:01	
49,73	23:01	



Fecha:	25 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORAS	
39,38	00:01	
88,30	01:01	
88,17	02:01	
84,81	03:01	
91,84	04:01	
81,17	05:01	
88,56	06:01	
92,16	07:01	
86,11	08:01	
62,60	09:01	
76,11	10:01	
77,14	11:01	
55,19	12:01	
54,10	13:01	
43,38	14:01	
44,62	15:01	
76,66	16:01	
82,16	17:01	
81,26	18:01	
83,39	19:01	
53,59	20:01	
37,89	21:01	
25,15	22:01	
69,41	23:01	



Fecha:	26 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
84,01	00:01	
82,07	01:01	
84,75	02:01	
66,15	03:01	
79,52	04:01	
79,35	05:01	
84,96	06:01	
84,44	07:01	
84,22	08:01	
83,76	09:01	
80,17	10:01	
79,51	11:01	
63,73	12:01	
72,12	13:01	
68,05	14:01	
81,11	15:01	
55,49	16:01	
43,49	17:01	
48,08	18:01	
27,89	19:01	
32,79	20:01	
39,19	21:01	
51,13	22:01	
73,42	23:01	

26 DE AGOSTO DEL 2020 THD DE CORRIENTE LINEA 1

HORA	THD LI
00:01	84,01
01:01	82,07
02:01	84,75
03:01	66,15
04:01	79,52
05:01	79,35
06:01	84,96
07:01	84,44
08:01	84,22
09:01	83,76
10:01	80,17
11:01	79,51
12:01	63,73
13:01	72,12
14:01	68,05
15:01	81,11
16:01	55,49
17:01	43,49
18:01	48,08
19:01	27,89
20:01	32,79
21:01	39,19
22:01	51,13
23:01	73,42



Fecha:	27 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
78,92	00:01	
82,12	01:01	
78,59	02:01	
78,18	03:01	
91,43	04:01	
88,40	05:01	
98,70	06:01	
81,04	07:01	
93,40	08:01	
62,21	09:01	
57,73	10:01	
61,58	11:01	
52,79	12:01	
91,10	13:01	
48,94	14:01	
44,91	15:01	
62,55	16:01	
45,34	17:01	
44,14	18:01	
18,01	19:01	
22,47	20:01	
35,75	21:01	
52,56	22:01	
76,78	23:01	



Fecha:	28 AGOSTO 2020	Gráfica
Mediciones		
PROMEDIO	HORA	
35,52	00:01	
82,83	01:01	
70,03	02:01	
74,60	03:01	
85,70	04:01	
78,72	05:01	
86,80	06:01	
86,90	07:01	
89,40	08:01	
87,80	09:01	
81,30	10:01	
78,08	11:01	
90,23	12:01	
98,50	13:01	
66,39	14:01	
95,20	15:01	
67,14	16:01	
65,94	17:01	
65,68	18:01	
74,81	19:01	
68,72	20:01	
51,37	21:01	
46,45	22:01	
48,38	23:01	



