



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, MEDIANTE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL BLOQUE ANTIGUO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ PERIODO 2020”

AUTORES:

Bonilla Bonilla Edwin Andrés.

Martínez Barrera Jairo Ricardo

TUTOR:

Ing. M. Sc. Pacheco Mena Carlos Francisco.

LATACUNGA - ECUADOR

2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Bonilla Bonilla Edwin Andres** y **Martínez Barrera Jairo Ricardo**, declaramos ser los autores del presente Proyecto de Investigación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, MEDIANTE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL BLOQUE ANTIGUO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ PERIODO 2020”**, siendo el Ing. M.Sc. Pacheco Mena Carlos Francisco, Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente Propuesta tecnológica, es de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, septiembre, 2020

.....
Bonilla Bonilla Edwin Andres

C.C.: 180442425-5

.....
Martínez Barrera Jairo Ricardo

C.C.: 180413961- 4



AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título

“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, MEDIANTE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL BLOQUE ANTIGUO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ PERIODO 2020”, de los señores **Bonilla Bonilla Edwin Andres** y **Martínez Barrera Jairo Ricardo**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de la Propuesta que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 5 de noviembre, 2020

.....
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 acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: **Bonilla Bonilla Edwin Andres** y **Martínez Barrera Jairo Ricardo**, con el Título de Proyecto de Titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, MEDIANTE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL BLOQUE ANTIGUO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ PERIODO 2020”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, septiembre, 2020

Para constancia firman:

.....
Lector 1 (presidente)

Ing. Marco Aníbal León Segovia. MSc.

C.C.:050230540-2

.....
Lector 2

Ing. Franklin Herman Vásquez Teneda. MSc.

C.I.: 180413961-4

.....
Lector 3

Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinuesa. MSc.

C.C.:180416535-3



AVAL DE ENTREGA DE MATERIALES

Latacunga, 25 de septiembre del 2020

Ing. Eduardo Hinojosa MSc.

Responsable de laboratorios en la Universidad Técnica de Cotopaxi

Presente. –

Quien suscribe, en calidad de Responsable de laboratorios en la Universidad Técnica de Cotopaxi, CERTIFICO que los postulantes **Bonilla Bonilla Edwin Andres con CC: 180442425-5** y **Martínez Barrera Jairo Ricardo con CC: 180413961-4**, estudiantes de décimo ciclo de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, entregaron los materiales necesarios para la implementación de la propuesta tecnológica titulada: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, MEDIANTE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL BLOQUE ANTIGUO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS LA MATRIZ PERIODO 2020”**. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Atentamente;

.....
Bonilla Bonilla Edwin Andres

C.I.: 180442425-5

.....
Martínez Barrera Jairo Ricardo

C.I.: 180413961- 4

.....
Ing. Eduardo Hinojosa MSc.

C.I.: 050236581-0





TABLA DE MATERIALES

Materiales	Unidades
Gabinete Beauccup Pesado 30x30x20	1
fusible cristal 20mm 0.5A	5
Borner fusible UT4-HESI PHOENIX contact	5
URTKIS Borne carril para componente	3
Contactador EBASEE 110v (1/4hp)	1
Breaker de riel ISH202L 2 polos 2AC2	1
Transformador de corriente nucleo P.200A DIXEN	3
Enchufe Cooper (polarizado 4867)	1
Cable sucre 2x16	6m
Cable sucre 3x14	2m
Cable sucre 4x16	4.5m
Prensa estropa Pcable G- 12Pg 135 1/2□	1
Riel Dim metalico perforada	0.5m
Cable flexible N#18 (Conexiones)	12m
Pulsador On Off	1
Luz piloto LED roja	1
Luz piloto LED verde	1
Canaleta Dexson ranurada gris	80 cm
Manguera espiral para cable	1.2m
Pulsador de emergencia	1
SENTRO PAC 3220	1
CD con las programaciones en Node Red y SIMATIC WinCC	1





AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Latacunga, septiembre del 2020

PhD. Secundino Marrero

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD

Facultad de Ciencia de Ingeniería y 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 Edwin Andres Bonilla Bonilla con C.C. 180442425-5 y Jairo Ricardo Martínez Barrera con C.C. 180413961-4, implementaron en las instalaciones de la institución el proyecto de propuesta tecnológica titulado: “DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, MEDIANTE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL BLOQUE ANTIGUO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS 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 en el área de electricidad, por cuanto se enfocaron en solucionar problemas inherentes al monitoreo de los parámetros eléctricos.

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

Es to en 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

Agradezco principalmente a DIOS, y al Divino Niño Jesús por guiarme en este largo camino de la vida universitaria, y permitirme culminar con mis estudios superiores.

A mis Padres, hermanos, familiares y amigos y por haberme brindado consejos y apoyo en los momentos difíciles, para no rendirme y poder culminar con la meta propuesta.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y permitirme estudiar la Carrera de Ingeniería Eléctrica, a los docentes que me impartieron clases, agradecerles por las enseñanzas brindadas en todos estos años que me servirán en la vida profesional,

EDWIN ANDRÉS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y mi madre, por darme la gracia y haberme ayudado durante estos años ya que el sacrificio fue muy grande, pero siempre me brindaron su bendición y 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

De igual forma a mi hermana Giovanna por ser ellos los motores, la misma 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,

JAIRO RICARDO

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mis Padres que día a día fueron mi apoyo fundamental en este largo proceso de formación, ya que de ellos aprendí a no rendirme y luchar por las cosas que quiero en la vida, además de valores que me servirán para crecer personal y profesionalmente.

A mi familia y amigos en general que en algún momento de mi formación académica me apoyaron brindándome un consejo para no rendirme y seguir adelante.

EDWIN ANDRÉS

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico principalmente a mi mami, hermana y mi sobrino 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.

JAIRO RICARDO

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE ENTREGA DE MATERIALES	v
TABLA DE MATERIALES	vi
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxiv
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
1. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
1.1. Título de la propuesta.....	2
1.2. Tipo de propuesta alcance	2
1.2.1. Tipo de Propuesta Tecnológica.....	2
1.3. Área del conocimiento	2
1.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	2
1.5. Objeto de estudio y campo de acción	2
1.5.1. Objeto de estudio	2
1.5.2. Campo de acción	3
1.6. Situación problemita y problema.....	3

1.6.1.	Situación problemática.....	3
1.6.2.	Árbol del problema.....	4
1.7.	Hipótesis.....	4
1.8.	Objetivos	5
1.8.1.	General.....	5
1.8.2.	Específicos	5
1.9.	Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	5
2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Antecedentes	6
2.2.	Fundamentación legal	8
2.2.1.	Normativa Ecuatoriana:	8
2.2.2.	Normas Internacionales:	8
2.3.	Términos elementales de las magnitudes eléctricas y unidades.....	8
2.4.	Sistema para el Diagnostico de consumo de energía.....	9
2.5.	Clasificación de Diagnóstico Energéticos.....	10
2.6.	Características del desarrollo del sistema de diagnóstico energético	12
3.7	Metodología para realizar un Diagnóstico Energético	14
3.7.1	Trabajos en campo.....	15
3.7.2	Trabajos en gabinete.....	15
3.8	Medición de parámetros eléctricos	15
3.8.1	Cargas eléctricas.....	16
3.8.2	Corriente Eléctrica.....	18
3.8.3	Densidad de corriente	18
3.9	Armónicos.....	19
3.10	Equipos utilizados para realizar mediciones eléctricas	19
3.10.1	Analizadores de perturbaciones.....	20
3.10.2	Datos específicos para cada analizador de calidad de red	23

Características de analizador de redes WM2-96.....	23
3.10.3 Características de SENTRON PAC3220.....	27
3.10.4 Montaje rápido en un espacio mínimo.....	28
3.10.5 Operación y configuración sencillas.....	28
3.10.6 Múltiples campos de aplicación	28
3.11 Eficiencia energética	29
3.12 Eficiencia energética en edificaciones	29
3.13 Protocolos para la gestión de la energía en la eficiencia energética	30
3.14 Lineamientos emitidos por la ARCONEL en la regulación N° 005/18 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”	31
3.15 Demanda eléctrica.....	32
3.15.1 Factor de demanda.....	34
3.15.2 Factor de carga	34
3.15.3 Demanda promedio.....	35
3.16 Protocolos de Comunicación	35
3.16.1 Protocolo OSI/ISO.....	36
3.16.2 Protocolo TCP/IP.....	37
3.16.3 Protocolo PRIME PRIME (Powerline Intelligent Metering Evolution)	38
3.16.4 Protocolo DLMS/COSEM DLMS/COSEM	38
3.16.5 Protocolo Modbus.....	39
3.16.6 Protocolo RS-485 o también conocido como EIA-485 (Electronics Industries Association)	40
3.16.7 Protocolo TCP-IP y terminales RJ45 y sus conexiones.....	41
3.17 Human Machine Interface (HMI)	45
3.17.1 Tipos de HMI	46
3.18 Pasarelas de datos.....	47
3.18.1 Pasarela de comunicación SIMATIC IOT2000	48

3.	Metodología	49
3.1.	Tipos de la investigación.....	49
3.1.1.	Bibliográfica.....	50
3.1.2.	De campo	50
4.2	Nivel de investigación.....	50
4.2.1	Experimental	50
4.2.2	Descriptiva	50
4.2.3	Explicativa.....	50
4.3	Métodos de la investigación.....	51
4.3.1	Método Científico.....	51
4.3.2.	Método Deductivo.....	51
4.4	Instrumentos de investigación.....	51
4.4.1	Fichas de Observación	51
4.5	Técnicas	57
4.5.1	Diseño del sistema de control para la adquisición de datos.....	57
4.	Análisis y discusión de resultados.....	68
5.1	Análisis del lugar de experimentación.....	68
5.1.1	Estudio de voltaje	68
5.1.2	Estudio de corriente	69
5.1.3	Estudio de potencia.....	70
5.1.4	Estudio de energía	70
5.2	Análisis de la simulación con referencia a las cargas de la UTC en el software etap-16.....	71
5.2.1	Estudio de voltaje	72
5.2.2	Estudio de la Corriente.....	74
5.2.3	Estudio de Potencia.....	75
5.2.4	Estudio de Energía.....	76

5.3	Análisis de los parámetros eléctricos reales.....	77
5.3.1	Estudio de voltaje	77
5.3.2.	Estudio de corriente	79
5.3.3	Estudio de potencia.....	81
5.3.4	Estudio de energía	82
5.4	Comparación de resultados	83
5.5	Propuesta técnica	85
6	Presupuesto y análisis de impactos.....	86
6.1	Presupuesto.....	86
6.2.	Cronograma	87
6.3	Análisis de impactos	88
6.3.1	Impacto práctico	88
6.3.2	Impacto social.....	88
6.3.3	Impacto Tecnológico	88
6.3.4	Impacto Ambiental	88
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
7.1	Conclusiones	88
7.2	Recomendaciones	90
8	Referencias	92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1:ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	4
FIGURA 2: FASES DE UN DIAGNOSTICO ENERGÉTICO.....	9
FIGURA 3: RUTA DE OPERACIONES-DECISIONES-GESTIÓN.	14
FIGURA 4: ANALIZADOR DE REDES WM2-96.....	23
FIGURA 5:ANALIZADOR DE REDES WM3-96.....	24
FIGURA 6:MEDIDOR DE ENERGÍA SIEMENS SENTRON PAC3220.	26
FIGURA 7:INTEGRACIÓN DE SENTRON PAC3200 EN SIMATIC PCS 7 / WINCC.....	27
FIGURA 8:CURVA DE DEMANDA.	33
FIGURA 9:MODELO PROTOCOLO OSI/ISO.....	37
FIGURA 10: MODELO PROTOCOLO DLSP/COSEM.....	39
FIGURA 11:MODELO PROTOCOLO MODBUS.	39
FIGURA 12: RELACIÓN RED MAESTRO-ESCLAVO.....	40
FIGURA 13:RELACIÓN RED MAESTRO-ESCLAVO.	42
FIGURA 14:CONECTOR RJ45.	45
FIGURA 15:POSICIÓN PINES EN CONECTOR RJ45.	45
FIGURA 16:PASARELA DE COMUNICACIÓN SIMATIC IOT2000.	49
FIGURA 17:DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DEL BLOQUE ANTIGUO.	59
FIGURA 18:DIAGRAMA UNIFILAR DE CARGAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 19:DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS AL TABLERO PRINCIPAL.....	62
FIGURA 20: TIPO DE CONEXIÓN 3P3W, SIN TRANSFORMADOR DE VOLTAJE, CON TRES TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.	63
FIGURA 21:CONEXIÓN RJ45.....	64
FIGURA 22:CONFIGURACIÓN DE MODBUS TCP.	65
FIGURA 23: HMI PARA LA VISUALIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	66
FIGURA 24:DIAGRAMA DE FLUJO.....	67
FIGURA 25: ESQUEMA DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	67
FIGURA 26:CURVA DE VOLTAJE SEMANAL.	68
FIGURA 27:CURVA DE CORRIENTE SEMANAL.....	69
FIGURA 28:CURVA DE POTENCIA SEMANAL.....	70
FIGURA 29: CURVA DE ENERGÍA SEMANAL.....	70
FIGURA 30: SIMULACIÓN BLOQUE ANTIGUO.....	71

FIGURA 31:VOLTAJE DE BARRAS.	72
FIGURA 32: DESBALANCE DE VOLTAJE.....	73
FIGURA 33: SIMULACIÓN DE CORRIENTE.....	74
FIGURA 34:POTENCIAS DEL SISTEMA.	75
FIGURA 35: POTENCIAS EN LOS SUBTABLEROS.	76
FIGURA 36:CONSUMO DE ENERGÍA.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 37:CURVA DE VOLTAJE SEMANAL.	77
FIGURA 38:DISTORSIÓN ARMÓNICA DE VOLTAJE.	78
FIGURA 39:DESBALANCE DE CORRIENTE.....	79
FIGURA 40:DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE.	80
FIGURA 41:POTENCIA SEMANAL.....	81
FIGURA 42:ACUMULACIÓN DE ENERGÍA SEMANAL.	82

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
TABLA 2: ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LOS OBJETIVOS.....	5
TABLA 3: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	52
TABLA 4: MATRIZ DE OBJETIVOS.....	52
TABLA 5: VARIABLES PARA EL SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS....	57
TABLA 6: LEVANTAMIENTO DE CARGAS DEL BLOQUE ANTIGUO UTC.....	58
TABLA 7: DIMENSIONES DEL TABLERO PRINCIPAL DEL BLOQUE ANTIGUO UTC.....	58
TABLA 8: ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL MÓDULO DE MONITOREO.	61
TABLA 9: DIMENSIONES DEL TABLERO PRINCIPAL DEL BLOQUE ANTIGUO UTC.....	63
TABLA 10: CARGAS A CONSIDERAR	71
TABLA 11: VOLTAJE EN LAS CARGAS	72
TABLA 12: ADQUISICIÓN DE CORRIENTES.	74
TABLA 13: POTENCIA EN LOS SUBTABLEROS.....	75
TABLA 14: CONSUMO DE ENERGÍA.	76
TABLA 15: PROMEDIO THDV.	78
TABLA 16: PROMEDIO THDI.	80
TABLA 17: VOLTAJES TRIFÁSICOS Y MONOFÁSICOS.	83
TABLA 18: CORRIENTES TRIFÁSICAS Y MONOFÁSICAS.	84
TABLA 19: POTENCIAS TRIFÁSICAS Y MONOFÁSICAS.	84
TABLA 20: ENERGÍA TRIFÁSICA Y MONOFÁSICA.....	85
TABLA 21: PRESUPUESTO.....	86

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “Desarrollo de un sistema para diagnóstico del consumo de energía, mediante los parámetros eléctricos en el bloque antiguo de la universidad técnica de Cotopaxi en el campus el matriz periodo 2020”

Autores: Bonilla Bonilla Edwin Andrés
Martínez Barrera Jairo Ricardo

RESUMEN

Con el propósito de minimizar el desconocimiento de los parámetros eléctricos en las instalaciones del bloque antiguo de la UTC. Se propuso el desarrollo de un Sistema de supervisión de parámetros eléctricos que estará implementada en el tablero de distribución principal del bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) con el propósito de adquirir datos históricos en el periodo 2020, para el diagnóstico de energía y la demanda máxima que existe. Se instaló un sistema de monitoreo y adquisición de datos mediante un medidor de energía y conexión a internet para visualizarlos en cualquier lugar por medio de una plataforma virtual y un HMI. Para el desarrollo del sistema de adquisición de datos, se empleó el enfoque cuantitativo, la investigación de campo y bibliográfica, método descriptivo, que a través de la técnica de la observación se determinó las variables necesarias para el diagnóstico de energía que presenta cada una de las fases del tablero de distribución principal. Para ello, se utilizó un medidor de energía para almacenar la información, además se monitoreó las diferentes variables a través de un HMI desarrollado en WinCC, finalmente se instaló el módulo a las salidas de cada una de las fases del tablero de distribución principal. En el módulo, se utilizó un gabinete beaucoup, en el cual se incorporó un medidor de energía SENTRON PAC 3220, encargado de la obtención de datos, debido a que en el bloque antiguo se presenta niveles de corrientes superior a los 5 amperios se utilizó un transformador de corriente con sus respectivas protecciones, también un IOT 2000 que sirve como pasarela de datos para su almacenamiento tanto de manera local, como remota. Se puede concluir una vez realizado el análisis de voltajes, corriente, potencia y energía basándose en la REGULACIÓN ARCONEL No 005/18, que los datos obtenidos en el lugar de experimentación del equipo, no se encuentran dentro de los valores permisibles, existiendo

grandes variaciones de voltaje. El 95% de los parámetros están fuera de los rangos establecidos, por otra parte, en el análisis de los datos reales de una red trifásica el 98% de las variaciones de voltaje y armónicos se encuentran dentro de lo establecido por la regulación.

Palabras Clave: Parámetros eléctricos, Diagnostico de energía eléctrica, Medidor de energía, Adquisición, SENTRON PAC 3220.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL

THEME: "Development of a system for the diagnosis of energy consumption, through electrical parameters in the old building at the Technical University of Cotopaxi in the main campus period 2020".

Authors: Bonilla Bonilla Edwin Andrés

Martínez Barrera Jairo Ricardo

ABSTRACT

With the purpose of minimizing the lack of knowledge of the electrical parameters in the facilities of the old building at the UTC. The development of a monitoring system of electrical parameters was proposed which will be implemented in the main distribution board of the old building at the Technical University of Cotopaxi (UTC) with the purpose of acquiring historical data in the period 2020, for the diagnosis of energy and the maximum demand that exists. A monitoring and data acquisition system was installed through an energy meter and internet connection to visualize the data at any location with the help of a virtual platform and an HMI. For the development of the data acquisition system, the quantitative approach, field and bibliographic research, descriptive method, were used. Through the observation technique, the necessary variables for the energy diagnosis presented by each of the phases of the main distribution board were determined. For this, an energy meter was used to store the information, and the different variables were monitored through an HMI developed in WinCC. Finally, the module was installed at the outputs of each of the phases of the main distribution board. A beaucoup cabinet was used in the module, in which a SENTRON PAC 3220 energy meter was incorporated, in charge of obtaining data. Since the old building has current levels higher than 5 amps, a current transformer with its respective protections was used, as well as an IOT 2000 that serves as a data gateway for storage both locally and remotely. It can be concluded once the analysis of voltages, current, power and energy has been carried out based on ARCONEL REGULATION No 005/18, that the data obtained at the equipment's experimental site are not within the permissible values, and that there are great variations in voltage. 95% of the parameters are outside the established ranges. On the other hand, in the analysis of the real data of a three-phase network, 98% of the voltage and harmonic variations are within the limits established by the regulation.

Keywords: Electrical parameters, Electrical energy diagnosis, Energy meter, Acquisition, SENTRON PAC 3220.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

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 la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: BONILLA BONILLA EDWIN ANDRES y MARTINEZ BARRERA JAIRO RICARDO**, cuyo título versa **“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA, MEDIANTE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL BLOQUE ANTIGUO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL CAMPUS 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 a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

M.Sc. Erika Cecilia Borja Salazar
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502161094



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por:

- Bonilla Bonilla Edwin Andrés.
- Martínez Barrera Jairo Ricardo.

Tema Aprobado:

“Desarrollo de un sistema para diagnóstico del consumo de energía, mediante los parámetros eléctricos en el bloque antiguo de la universidad técnica de Cotopaxi en el campus el matriz periodo 2020”

Carrera:

Ingeniería Eléctrica

Director del proyecto de titulación:

Ing. M. Sc. Pacheco Mena Carlos Francisco.

Equipo de trabajo:

- Bonilla Bonilla Edwin Andrés.
- Martínez Barrera Jairo Ricardo.
- Tutor: Ing. M. Sc. Pacheco Mena Carlos Francisco.

Lugar de ejecución:

- Universidad Técnica de Cotopaxi (Bloque antiguo).

Tiempo de duración del proyecto: Octubre-2019/Octubre-2020

Fecha de entrega: Octubre-2020

Línea de investigación:

- **Línea 5.** Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y proyección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- **Sub Línea 2.** Control y sistemas inteligentes.

Tipo de propuesta tecnológica: Propuesta tecnológica.

1. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

1.1. Título de la propuesta

“Desarrollo de un sistema para diagnóstico del consumo de energía, mediante los parámetros eléctricos en el bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus el matriz periodo 2020”

1.2. Tipo de propuesta alcance

1.2.1. Tipo de Propuesta Tecnológica

La propuesta tecnológica está enfocada en el desarrollo de un Sistema de supervisión de parámetros eléctricos que estará implementada en el tablero de distribución principal del bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) con el propósito de adquirir datos históricos, para el diagnóstico de energía y la demanda máxima que existe, siendo la UTC la principal beneficiaria, englobando un proyecto macro a futuro. Se incorpora un sistema de monitoreo y adquisición de datos mediante un software y conexión a internet.

1.3. Área del conocimiento

El área del conocimiento pertenece a “07. Ingeniería, Industria y Construcción”, sub área del conocimiento “071. Ingeniería y Profesiones Afines”, sub área específica del conocimiento “0713. Electricidad y energía”

1.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

Con el presente proyecto se plantea el desarrollo de un sistema para la adquisición de parámetros eléctricos que será incorporado en el tablero de distribución principal del bloque antiguo, con la ayuda de un HMI se visualizara y almacenara de manera local y remota dichos parámetros, con el fin diagnosticar la energía que presenta el bloque antiguo, para llevar acabo los objetivos planteados se pondrá en práctica los conocimiento adquiridos en el transcurso de la vida estudiantil, plasmándolos en la propuesta tecnológica, donde el principal beneficiario será la UTC.

1.5. Objeto de estudio y campo de acción

1.5.1. Objeto de estudio

Monitoreo del consumo de energía eléctrica en el tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC, en el campus el matriz periodo 2020.

1.5.2. Campo de acción

La implementación de un sistema de adquisición de datos, que permita obtener los parámetros eléctricos principales en tiempo real del consumo de energía eléctrica a través de un HMI.

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios directos	<ul style="list-style-type: none">• Universidad Técnica de Cotopaxi.• Investigadores del proyecto.
Beneficiarios indirectos	<ul style="list-style-type: none">• Empresas eléctricas, (públicas y privadas).• Estudiantes de Ingeniería Eléctrica

Fuente: Elaboración propia.

1.6. Situación problemática y problema

1.6.1. Situación problemática

El consumo de energía eléctrica depende de dos elementos fundamentales, el crecimiento económico y la eficiencia energética. Estos elementos llevan una relación directa en cuanto al consumo energético, mismo que puede estar aplicado en los diferentes sectores de la economía en general. Es por eso que, el ahorro energético se ve reflejado en función de las políticas internas de cada institución o empresa que tienda al consumo idóneo del recurso energético existente

En la UTC, específicamente en el bloque antiguo, consta de laboratorios informáticos, laboratorios experimentales, aulas educativas, oficinas administrativas e incluso espacios de recreación y descanso, poniendo de manifiesto de esta manera que los costos mensuales por consumo de energía eléctrica que se viene registrado, tienden a incrementarse cada año. Para lo cual no existe un monitoreo de los parámetros eléctricos, razón por la cual no se puede saber el momento de mayor consumo, para ello la importancia de diagnosticar la energía, dado que esta infraestructura ha estado en funcionamiento muchos años atrás y su demanda obviamente ha venido creciendo, motivo por el cual se desconoce el estado actual de las instalaciones, además es necesario conocer las cargas que demanden más consumo de energía, que a simple vista no se las puede identificar y que generan más gasto.

El presente proyecto, permite, poner en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la vida estudiantil y plasmarlos en la creación de una propuesta tecnológica, evaluando la calidad de energía en el bloque antiguo de la UTC. Se define la factibilidad de la presente propuesta tecnológica, en razón que se cuenta con los recursos, tanto materiales y

financieros para su consecución. Además, se dispone de la información necesaria para cubrir el sustento teórico y metodológico del sistema.

1.6.2. Árbol del problema

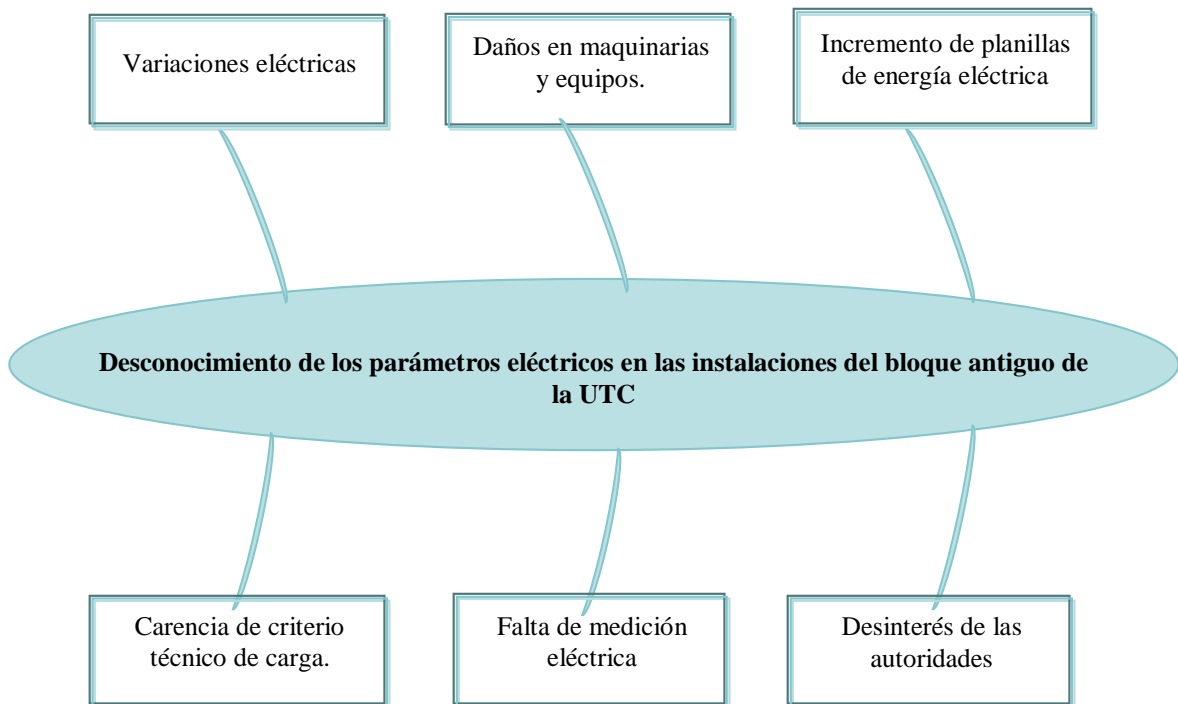


Figura 1: Árbol de problemas.

Fuente: Elaboración propia con información de campo.

La solución que se planteó ante el problema central, es un sistema de supervisión en el tablero de distribución principal que permita el monitoreo de datos eléctricos, ayudados por la tecnología y la implementación de equipos, permitiendo conocer los parámetros eléctricos en el consumo de energía eléctrica. Ante esto, se plantea el problema de la siguiente manera: *el desconocimiento de los parámetros eléctricos en las instalaciones del bloque antiguo de la UTC.*

1.7. Hipótesis

El sistema de diagnóstico de consumo de energía eléctrica, permitirá el monitoreo de los parámetros eléctricos, mediante un sistema de supervisión de datos en el tablero de distribución principal del bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus la Matriz periodo 2020.

1.8.Objetivos

1.8.1. General

Desarrollar un sistema de diagnóstico de consumo de energía, para el monitoreo de los parámetros eléctricos, mediante la implementación de un sistema de supervisión de datos en el tablero de distribución principal del bloque antiguo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el campus la Matriz, periodo 2020.

1.8.2. Específicos

- Indagar los fundamentos teóricos mediante fuentes bibliográficas, sobre los diferentes sistemas de monitoreo de datos, que permita determinar los parámetros del consumo eléctrico.
- Desarrollar el sistema de supervisión de datos eléctricos, mediante la utilización de un HMI que permita la visualización de cada una de las magnitudes.
- Establecer los índices de energía eléctrica, mediante la evaluación de cada uno de los parámetros eléctrico del tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC.

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

Tabla 2:Actividades relacionadas con los objetivos.

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
<ul style="list-style-type: none"> ● Indagar los fundamentos teóricos mediante fuentes bibliográficas, sobre los diferentes sistemas de monitoreo de datos, que permita determinar los parámetros del consumo eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Búsqueda y análisis de información bibliográfica de los sistemas de monitoreo, para la medición del consumo eléctrico en edificaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Fundamentación teórica y metodológica de la propuesta. 	<p>Técnica: Análisis documental de textos, artículos, tesis y normativas.</p> <p>Instrumento: Fuentes de almacenamiento de datos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollar el sistema de supervisión de datos eléctricos, mediante la utilización de un HMI que permita la visualización de cada una de las magnitudes. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Medición del consumo de energía eléctrica en el tablero principal del bloque antiguo mediante la implementación de un SENTRON PAC3220. ● Diseñar una base de datos con los parámetros eléctricos obtenidos del tablero de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> ● Base de datos con mediciones de carga del bloque antiguo. ● Programación de la interfaz para visualizar las magnitudes del consumo eléctrico. 	<p>Técnica: Aplicación práctica.</p> <p>Instrumento: Office, HMI y el simulador SENTRON PAC3220.</p>

	principal del bloque antiguo para su visualización en un HMI		
<ul style="list-style-type: none"> Establecer los índices de energía eléctrica, mediante la evaluación de cada uno de los parámetros eléctrico del tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC. 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los resultados obtenidos del consumo de energía eléctrica del tablero de distribución principal bloque antiguo, evaluando la calidad de energía. Verificación de los parámetros eléctricos obtenidos según la normativa nacional vigente. 	<ul style="list-style-type: none"> Resumen del consumo de energía eléctrica. Resultado de mediciones según la norma nacional vigente. 	<p>Técnica: Análisis de información obtenida del prototipo.</p> <p>Instrumento: Programa HMI, herramientas office.</p>

Fuente: Elaboración propia.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Tras una revisión de textos y trabajos de mayor relevancia relacionados con el tema propuesto, se pudo encontrar la siguiente información:

Proyecto de tesis con tema “Estudio Piloto del Consumo Energético de la Universidad San Francisco de Quito” expuesto por Cárdenas y Villacreses, 2016): 11 Esta investigación detalla que el consumo de energía eléctrica en la Universidad San Francisco de Quito es un rubro representativo que se ve reflejado en el costo de las planillas de luz eléctrica facturadas mensualmente, resultando de gran interés económico la reducción de dicho consumo, con el objetivo de analizar el consumo energético y desarrollar un plan piloto de ahorro energético para la universidad, determinando los equipos, áreas y ambientes de mayor consumo, para la implementación de soluciones para la reducción de energía eléctrica en el campus [1].

“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos en la cámara de transformación N.º 2 para evaluar los índices de consumo de energía eléctrica”. Realizado por Guido Achote Guanotasig y Cristian Pumashunta Guisha, en su propuesta tecnológica de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, concluye que: El sistema de adquisición de datos de la cámara de transformación N°02, se podrá en un futuro realizar estudios y proyectos de calidad de energía y las magnitudes eléctricas se las podrá visualizar en tiempo real, evidenciando además, que las caídas de voltaje, corriente,

potencias y frecuencias son en un porcentaje mínimo, las cuales no afectan a los equipos de los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi [2].

“Análisis del rendimiento energético de los transformadores de distribución y su incidencia en la capacidad máxima de carga permisible de la red eléctrica interna de la Universidad Tecnológica Indoamérica sede Quito”. Realizado por Morales Peláez Moisés Javier, en su trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, concluyó lo siguiente: Se determinó que los mayores porcentajes de consumo respecto del total, corresponden a dispositivos multimedia con 27,56 % y a luminarias en segundo con 25,17 %. Existe una diferencia mínima entre ambos, por lo que estos dispositivos se consideran como las principales fuentes de consumo a reducir. En cuanto a la maquinaria instalada en los laboratorios de Ingeniería Industrial, se concluyó que, más allá de las dificultades técnicas y económicas que implicaría su adquisición, sería viable reemplazar o aumentar el número de máquinas y equipos utilizados en esta área, debido a que la capacidad de los transformadores es suficiente para trabajar de forma eficiente con la implementación de esta nueva maquinaria [3].

“Modelo de Auditoría Energética en el Sector Industrial”. Realizado por Ernesto Budia Sánchez, en su proyecto de fin de carrera en la Universidad Carlos III de Madrid, en donde concluye: Existirá mejoras de ahorro y eficiencia energética, poniendo énfasis en varios ejemplos aplicativos en busca de reducción de costos. En caso de suministro energéticos, optimización de potencia contratada, mejoramiento de factores de carga. Mientras que, en el sistema productivo, creación de almacenes pulmón en equipos con elevado consumo, determinación de tiempos óptimos de parada, y otras mejoras aplicables al campo productivo industrial [4].

“Diseño para Centros de Transformación a funcionar en Edificios Residenciales” Realizado por Ricardo Antamba, en su proyecto de titulación de la Universidad de las Fuerzas Armadas, concluye lo siguiente: La demanda de energía eléctrica en el país, ha ido incrementándose constantemente durante las últimas décadas, ya sea por soluciones con dispositivos que facilitan las funciones diarias o nuevos elementos que permiten la conexión a diferentes medios de información como puede ser en computadoras, se destaca estos consumos ya que en el Ecuador, el sector residencial representa el sector con mayor gasto energético [5].

2.2. Fundamentación legal

Los métodos, procedimientos, mecanismos y especificaciones técnicas para la ejecución del presente trabajo investigativo, están sujetos por la normativa que a continuación se detalla:

2.2.1. Normativa Ecuatoriana:

- RTE INEN 2506 “Eficiencia Energética en Edificaciones”
- INEN 2111: Transformadores de distribución. Pruebas eléctricas. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2004).
- Decreto Ejecutivo 2393 “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Ambiente de Trabajo IESS”.

2.2.2. Normas Internacionales:

- Norma ISO 50001: sistemas de gestión energética, adoptada por el INEN en el año 2012.
- ISO 14001, ISO 9001 & ISO 18000, para la mejora continua en el empleo de la energía.
- Normas de acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad (NATSIM) (2012).
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) (2011).

2.3. Términos elementales de las magnitudes eléctricas y unidades

- El voltio es la diferencia de potencial entre dos puntos de un material por el que circula cuando la potencia disipada entre dos dichos puntos es de 1 vatio.
- El amperio es la corriente que circula por un conductor con una resistencia de un ohmio cuando entre sus extremos se aplica una diferencia de potencial de un vatio.
- El vatio es la potencia que en un segundo produce un julio de energía. El julio es el trabajo realizado cuando el punto de aplicación de una fuerza de 1 newton se desplaza un metro en la dirección de la fuerza.
- El ohmio es la resistencia eléctrica entre dos puntos de un conductor cuando al aplicar una diferencia de potencial de un voltio entre dichos puntos provoca una corriente de amperio.
- El faradio es la capacidad de un condensador, entre cuyas placas aparece una diferencia del potencial de un voltio cuando está cargado con un Columbio.
- El henrio es la inductancia de un circuito cerrado en el que se genera una fuerza electromotriz de un voltio cuando la corriente del circuito del circuito varia de forma uniforme a razón de un amperio por segundo.

- El culombio es la cantidad de electricidad transportada por una corriente de un amperio por segundo.

2.4. Sistema para el Diagnóstico de consumo de energía

¿Qué es un sistema de diagnóstico energético?

Es el que permite el estudio y análisis del uso de la energía en un edificio, proceso o sistema cuyo objetivo principal es la identificación de oportunidades de ahorro de energía en las instalaciones. Un diagnóstico energético se realiza en tres fases como muestra el esquema:



Figura 2: Fases de un diagnóstico energético.

Fuente: Diagnóstico energético para IES, (2014)

El alarmante incremento de los costes energéticos provoca más que nunca el desarrollo de herramientas que permitan analizar no solo cuanta energía se consume, sino cómo y cuándo conviene utilizarla para aminorar, además de los costes energéticos, la cantidad de energía consumida. [4]

La importancia de los sistemas para diagnosticar el consumo energético, radica en que los suministros energéticos suponen un elevado costo fijo para las empresas independientemente del sector al que pertenezcan. Esto implica una disminución evidente de la competitividad ya que los costes energéticos son frecuentemente inelásticos frente a la demanda, lo que agrava el problema en el actual contexto de crisis económica. [6]

Para que sirve

Ante esta situación y teniendo en cuenta que la mejora de la eficiencia energética y la reducción de costes es un objetivo prioritario, se desarrolla herramientas a partir de la cual las empresas tengan la capacidad de obtener en tiempo real la información necesaria para aplicar planes de mejora continua en sus sistemas productivos.

El sistema permite determinar la eficiencia energética de cada actividad, así como la imputación de costos energéticos, lo que posibilita asignar cada partida de gasto en la empresa y tomar decisiones conducentes a disminuir esos consumos.

Actualmente la medición y atribución de costos energéticos de una actividad se realiza, en el mejor de los casos, a través de una auditoría energética. Este proceso, aunque útil, se considera insuficiente para la realidad energética actual, ya que no analiza en tiempo real de forma continuada las necesidades para una actividad específica. [6]

Ventajas

Por este motivo permite generar bajo demanda, un diagnóstico energético detallado instantáneo que abarque el período de tiempo que sea necesario. De esta forma se puede, en tiempo real, reconocer, analizar y estudiar cualquier tipo de anomalía ocurrida en un proceso productivo, evaluar cualquier evento del proceso y optimizar los procedimientos con un lazo de realimentación continuo, porque “No puedes gestionar lo que no puedes medir”.

Objetivos

- Conocer las ventajas de aplicar un diagnóstico energético.
- Identificar la clasificación de los diagnósticos energéticos en función de sus alcances.
- Identificar las herramientas necesarias para la evaluación energética de los diferentes procesos y equipos utilizados de la industria.
- Conocer la metodología para realizar un diagnóstico energético.

2.5. Clasificación de Diagnóstico Energéticos

La clasificación que se asigna a un diagnóstico energético, está en función de la profundidad con que se estudia a una empresa; es decir, depende del volumen de trabajo, el enfoque, la

precisión buscada y el costo asignado. Reconocidos expertos los clasifican como de primer, segundo y tercer nivel.

- **El diagnóstico de nivel uno o básico**, se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial o instalación de que se trate, reconociendo y revisando el diseño original de los equipos consumidores de energía, para dar una idea de los potenciales de ahorro de energía que se pueden lograr por modificación en los hábitos de operación, corrección de desperdicios o por la incorporación de tecnologías eficientes. De este diagnóstico se pueden obtener buenas recomendaciones a nivel general. Por ejemplo, fugas de energía, mala operación de los equipos y/o instrumentos, equipos que pueden reemplazarse por otros más eficientes, como motores, compresores, aires acondicionados, luces, etc.

Pero los potenciales de ahorro de energía son meramente estimados y descansan en muchas suposiciones por lo que los ahorros pueden o no lograrse, ya que en este nivel no se realizan mediciones y apenas se obtiene un conocimiento muy somero de las instalaciones energéticas. Su principal ventaja es dar una idea general sobre si existe o no posibilidad de ahorro energético. Este nivel tiene un costo económico, que es el de menor costo respecto a los de niveles superiores.

- **El nivel dos o fundamental**, proporciona información sobre el consumo de energía tanto eléctrica como térmica por áreas funcionales o procesos específicos de operación, es decir se detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y en consecuencia de reducción de costos, como consecuencia de su realización se obtiene una cartera de proyectos de aplicación, logrando de esta forma dirigir el camino de las metas para ahorro energético.

Es el más útil para conocer los potenciales de ahorro de energía de una instalación. Estos se cualifican y se cuantifican. Se analiza entre el 75 y 80% de los consumidores energéticos, dando prioridad a los de potencia superior y mayor tiempo de utilización. En la aplicación del diagnóstico, a este nivel, será importante contar con los equipos e instrumentos necesarios para la evaluación de parámetros energéticos que conlleven a determinar los potenciales de ahorro de energía.

- **El nivel tres proporciona información precisa y comprensible**, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial o cualquier instalación a evaluar, así como las pérdidas de energía de cada uno de los equipos involucrados. Este

nivel está caracterizado por instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de ingeniería involucrada, se aclara que muchas de las acciones propuestas para lograr ahorro de energía son producto de reingeniería de los procesos.

Este tipo de diagnóstico es llamado como micro diagnóstico, ya que se profundiza en el proceso y equipos involucrados en este. Requiere la participación de especialistas particulares para definir aplicaciones complejas. Su costo es mucho mayor al de segundo nivel.

El nivel del diagnóstico energético no es estricto, en muchos casos se puede aplicar un estudio a una sola parte o etapa del proceso, debido a estos surgen niveles intermedios, es decir, aquellos que cubren ciertos objetivos y alcances para un área específica de proceso o instalación. Por ejemplo, surgen los niveles intermedios como 1.5, el cual cubre gran parte del nivel dos, pero enfocado a una parte del proceso, para lograr los balances de materia y energía de esta área, se debe proporcionar datos de los equipos que tengan una participación indirecta en el equipo en estudio o análisis.

2.6. Características del desarrollo del sistema de diagnóstico energético

Existen numerosos sistemas de medida energética diseñados para su uso con un propósito general. En este proyecto se obtiene como resultado final un analizador de energía con capacidad para emitir reportes específicamente diseñados para la optimización de consumos que tiene como principales características:

- Capacidad de registro energético que contemple parámetros de calidad de suministro energético según normas establecidas.
- Análisis e implementación del sistema de seguridad que debe aplicarse y cuáles han de ser los algoritmos de respuesta frente a fenómenos imprevistos como fallos de alimentación, errores en los equipos de medida o mediciones fuera de rango.
- Algoritmo predictivo de demanda para desconexión de cargas no prioritarias.
- Base de datos con estrategia interna de clasificación, selección y filtrado de datos para registrar la información necesaria y suficiente que permita la elaboración de las previsiones de demanda eléctrica para la compra de energía eléctrica en el mercado libre como consumidor directo.
- Capacidad bidireccional de la medida eléctrica y permitan la integración en Sistemas de Producción Distribuida (Smart Grids).
- Búsqueda constante de punto óptimo de funcionamiento de los equipos del proceso

productivo.

- Algoritmo interno que prepare paquetes de información energética clasificada y sus condiciones de contorno ligadas (horarios, lugares, procesos I) según los requisitos que demande la aplicación su utilización final.
- Formato de datos a utilizar que garantice la seguridad de la información incluyendo capacidades de auto-recuperación y emisión de diagnósticos.
- Capacidad de almacenamiento, actualización y clasificación de información enviada a través de la interfaz (dispositivos móviles y/o sistema S.I.G.) y posibilidad de integrar esta información con la registrada mediante el Sistema SCADA.
- Capacidad de automatizar de forma completa la emisión de los reportes de modo que se logre la obtención de los indicadores específicamente diseñados y requeridos por cada cliente.
- Capacidad de emisión de peticiones de datos que mediante un protocolo de órdenes adecuado solicite a la base de datos de configuración los datos necesarios para realizar el informe o para la muestra en el sistema de interfaz.
- Capacidad de muestra de información en sistemas.
- Con localización espacial y temporal y será capaz de mostrar en pantalla los parámetros energéticos requeridos facilitando el acceso a mediciones instantáneas, históricas, ratios específicos.
- Atribución real del coste energético a cada proceso obteniendo de forma detallada cuanto se gasta en cada proceso.
- Sistema de emisión de órdenes de compra de energía en el mercado eléctrico como consumidor directo.
- De esta forma se busca que la empresa, sea su propio gestor energético, consiguiendo explotar sus recursos de la forma más eficiente posible.

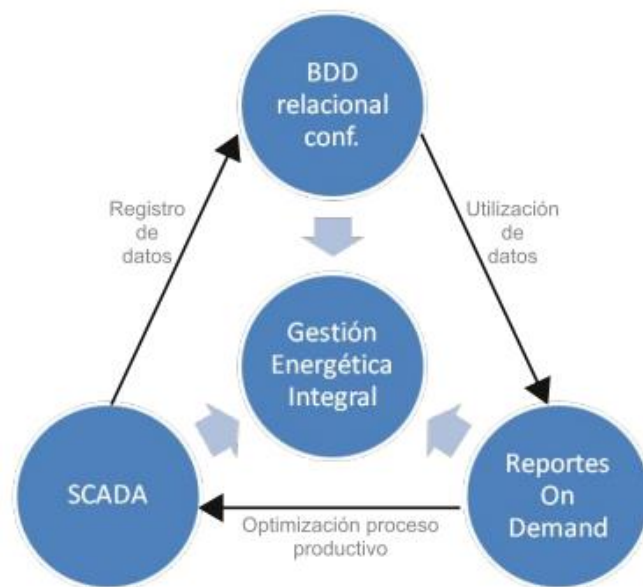


Figura 3: Ruta de operaciones-decisiones-gestión.

Fuente: Gerencia Energética S.L., (2016)

Este sistema permite incurrir en procesos de mejora continua que provoca una constante optimización de la utilización de los recursos energéticos, reduciendo los costes y aumentando así la competitividad global.

3.7 Metodología para realizar un Diagnóstico Energético

La metodología de un diagnóstico energético no es una receta definida, sin embargo, los puntos estratégicos para determinar los potenciales de ahorro de energía pueden ser los siguientes:

- Trabajos previos de gabinete.
- Recopilación de la información de la instalación.
- Evaluación del estado energético actual de la instalación.
- Determinación del potencial de ahorro de energía.
- Análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía.
- Evaluación económica.
- Selección de las medidas ahorradoras a implementar.
- Aplicación de acciones correctivas.

3.7.1 Trabajos en campo

El objetivo de los trabajos en campo es el de recabar toda la información necesaria para completar el diagnóstico energético. El trabajo consiste en recabar datos de placa de los equipos, así como datos de operación, mantenimiento e historial de consumo de energía por una parte y por la otra hacer mediciones de los parámetros eléctricos de operación. Los trabajos del diagnóstico energético se pueden agrupar en 2 pasos, de los cuales los dos primeros corresponden a los trabajos en campo:

Paso 1

Adquisición

- Recabar datos
- Parámetros Eléctricos

Paso 2

Historial de consumo de energía

- Tarifa contratada x Consumo,
- Demanda máxima y/o facturable
- Factor de carga
- Factor de potencia e
- Importe de la factura mensual de los últimos 12 meses. En caso de tarifa horaria, los consumos y demandas por horario de consumo.

3.7.2 Trabajos en gabinete

Los trabajos de gabinete consisten en el procesamiento y análisis de toda la información recabada en campo, para identificar las áreas de oportunidad de ahorro y evaluar las medidas de ahorro a implementar para el aprovechamiento de dichas áreas de oportunidad.

3.8 Medición de parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos a medir como parte del diagnóstico eléctrico:

- Tensión entre fases
- Corriente por fase
- Factor de potencia por fase

- Potencia activa por fase. [8]

Los parámetros básicos que permiten cuantificar esta forma de energía son: la tensión o voltaje (que se mide en voltios, V), la corriente o intensidad eléctrica (que se mide en amperios, A), la potencia eléctrica (que se mide en vatios, W) y la energía eléctrica producida/consumida (que se mide en vatios-hora, Wh). A partir de estas unidades de medida básicas, se definen sus múltiplos, que son más utilizados en la práctica: kilovoltios (kV), kiloamperios (kA), kilovatios (kW), gigavatios (GW), gigavatios-hora (GWh), etc. [9]

Las mediciones eléctricas correspondientes a Voltajes (V), Corrientes (I), Potencia Real o Activa en KiloWatts (kW), así como la Potencia Aparente en KiloVolts-Amperes (kVA), se realizaron en el bloque antiguo de la UTC por medio de un equipo analizador que mide prácticamente todos los parámetros en los sistemas eléctricos.

Las mediciones se realizaron con una duración de una semana en el tablero de distribución principal con que cuentan el bloque, y es importante señalar las diferencias que existen entre las distintas áreas de la institución. Los parámetros que se midieron, o que se resaltaron a la hora de realizarlos, son los parámetros más comunes en las instalaciones eléctricas presentes en este tipo de dependencias.

3.8.1 Cargas eléctricas

Es un hecho conocido que frotando una barra de plástico con un paño y acercándola luego a pequeños pedazos de papel éstos son atraídos hacia la barra. Si se aproximan una barra de ebonita a otra de vidrio, se comprobará que no existe ningún efecto entre ellas (ni atracción ni repulsión). Si luego se las frota y se las acerca una contra otra se notarán los efectos de atracción. Se dice entonces que los cuerpos están electrizados y se puede concluir que la electrización se produjo por frotamiento. A este tipo de electricidad se la denomina estática.

Todos estamos familiarizados con los efectos de la electricidad estática incluso algunas personas son más susceptibles que otras a su influencia. Para explicar cómo se origina la electricidad estática, hemos de considerar que la materia está compuesta de átomos, y los átomos de partículas cargadas, de modo de que queda conformada por un núcleo compuesto por protones con carga positiva y de neutrones carentes de carga eléctrica, rodeado de una nube de electrones que tienen carga negativa.

Normalmente, la materia es neutra, tiene el mismo número de cargas positivas (protones) y negativas (electrones). En el caso de las barras algunos electrones abandonan en unos a ésta, por acción del frotamiento, y otra vez abandona el paño para pasar a la barra. El exceso de electrones da lugar a cargas negativas, y su falta a cargas positivas. Si un material tiende a capturar electrones cuando entra en contacto con otro material, se dice que dicho material es más negativo que el otro.

La serie “tribo – eléctrica” ordena los materiales en función de la capacidad de capturar electrones. Algunos materiales ordenados de más positivo a más negativo de la serie tribo eléctrica son: piel de conejo, vidrio, pelo humano, nylon, lana, seda, papel, algodón, madera, ámbar, polyester, poliuretano, vinilo (PVC), teflón. El vidrio frotado con seda provoca una separación de las cargas porque ambos materiales ocupan posiciones distintas en la serie tribo eléctrica, lo mismo se puede decir del ámbar y del vidrio. Cuando dos materiales no conductores entran en contacto uno de los materiales puede capturar electrones del otro material.

La cantidad de carga depende de la naturaleza de los materiales (de su separación en la serie tribo - eléctrica), y del área de la superficie que entra en contacto. De lo anterior se concluye que:

- La materia contiene dos tipos de cargas eléctricas denominadas positivas y negativas.
- Los objetos no cargados poseen cantidades iguales de cada tipo de carga.
- Cuando un cuerpo se frota la carga se transfiere de un cuerpo al otro, uno de los cuerpos adquiere un exceso de carga positiva y el otro, un exceso de carga negativa.
- En cualquier proceso que ocurra en un sistema aislado, la carga total o neta no cambia.
- Los objetos cargados con cargas del mismo signo, se repelen.
- Los objetos cargados con cargas de distinto signo, se atraen.

Los electrones son idénticos para todas las sustancias (los de cobre son iguales que los del vidrio o la madera), siendo estas, las partículas más importantes en los mecanismos de la conducción eléctrica, ya que disponen de carga y movilidad para desplazarse por las sustancias. La diferencia entre dos materiales vendrá dada, entre otras cosas, por la cantidad y movilidad de los electrones que la componen.

Para poder realizar cálculos en donde intervengan las cargas eléctricas es necesario cuantificar su magnitud. La unidad de carga eléctrica es el Coulomb [C] y es equivalente a la carga que suma $6,28 \times 10^{18}$ electrones (seis trillones doscientos ochenta mil billones).

3.8.2 Corriente Eléctrica

Cuando se aplica una diferencia de potencial o tensión (V) entre los extremos de un conductor de longitud (R), se establece un movimiento, ordenado de los electrones desde el polo (-) al (+) de la fuente de tensión constituyéndose así una Corriente Eléctrica (I).

En los albores de la electricidad se pensó que se movían las cargas (+) desde el polo (+) al (-) de la fuente, y este sentido, llamado técnico o convencional aún se conserva. Sin embargo, debe tenerse presente que el sentido real del movimiento de las cargas es de negativo a positivo. A los efectos de los cálculos es indistinto el sentido de circulación de las cargas eléctricas.

La intensidad de la corriente eléctrica se evalúa en base a la carga eléctrica que atraviesa la sección transversal del conductor, en la unidad de tiempo (equivalente al n° de electrones / seg que pasa por ella). Por ejemplo, si pasa 1 coulomb por segundo, la intensidad es de 1 Amper, o sea:

$$[V] = \frac{1[\text{coul}]}{[\text{seg}]}$$

Si la carga (q) que pasa en la unidad de tiempo es constante, o sea, si la carga q transferida en un tiempo (t) es proporcional a este, la intensidad de la corriente i equivale a:

$$i = \frac{q}{t} [A]$$

3.8.3 Densidad de corriente

Se define a la densidad de corriente a la relación entre la intensidad de corriente que atraviesa una superficie dividido el área de dicha superficie. O sea:

$$J = \frac{I}{A}$$

La unidad de J es A/m². Por ejemplo, sea calcular la densidad de corriente en un conductor de 2.5 mm² de sección que transporta una intensidad de corriente de 15 A. La densidad de corriente es de:

$$J = \frac{15}{2,5} = 6A/m2$$

3.9 Armónicos

El término “armónico” proviene de la acústica y se define como la frecuencia de vibración que es múltiplo de la frecuencia base de un sonido. En electricidad se define como la componente senoidal de una forma de onda periódica que tiene frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia base a la que trabaja el sistema. Idealmente, el suministro de energía eléctrica debería ser, en cualquier punto donde se haga una medición de una forma senoidal perfecta, por diferentes razones, la forma de onda que se mide en la mayoría de los casos, es una onda senoidal distorsionada.

A esta distorsión que se encuentra tanto en las mediciones de voltaje como de corriente, se la llama distorsión armónica. Los efectos producidos por las armónicas en los componentes de los sistemas eléctricos han sido analizados tanto para circuitos particulares como para toda una red interconectada, no obstante, en algunos casos es muy difícil cuantificarlos en forma específica puesto que dependen de muchos factores. A continuación, se presentará un compendio de los mismos, citando las referencias correspondientes:

- Efecto en cables y conductores
- Efecto en transformadores.
- Efecto en interruptores.
- Efecto en las barras de neutros.
- Efecto en los bancos de capacitadores.
- Efecto en los motores de inducción.

3.10 Equipos utilizados para realizar mediciones eléctricas

Para determinar la calidad, cantidad, el flujo y optimización de redes eléctricas, se utilizan los llamados Analizadores de Redes que son instrumentos capaces de analizar diferentes parámetros, es decir, especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión (Parámetros-S).

Los analizadores de redes son más frecuentemente usados en altas frecuencias, que operan entre los rangos de 9 kHz hasta 110 GHz. Actualmente existen Analizadores de redes multifuncionales de nueva generación que mejoran sustancialmente las prestaciones.

3.10.1 Analizadores de perturbaciones

Los Perturbógrafos (Analizadores de Perturbaciones) son instrumentos desarrollados específicamente para mediciones de energía, permiten medir una amplia variedad de perturbaciones en el sistema desde transitorios de tensión de muy corta duración hasta fluctuaciones o interrupciones de suministro, el cual puede configurar los registros de disturbios por un periodo de tiempo determinado.

La información generalmente se registra en papel, pero muchos dispositivos permiten también guardar los datos en memoria, de tal suerte que el software permite emitir un informe de lo sucedido en la línea del análisis de dichos eventos.

Analizadores de armónicas

Estos son analizadores más potentes ya que incluyen un módulo que permite calcular rápidamente las transformadas de Fourier para determinar el menor orden de armónicas. Es por ello que las mediciones de Armónicas requieren de instrumentos diseñados para el análisis espectral, los cuales requieren de:

- La capacidad necesaria para medir en forma simultánea la tensión, la corriente y el contenido de Armónicas o espectral.
- La capacidad para medir el ángulo de fase de cada componente Armónica individual, así mismo es requerida para el cálculo de potencia.
- La capacidad de sincronización y alta tasa de muestreo para la adecuada medición de componentes.
- La capacidad de detección, de acuerdo a la naturaleza estadística de los niveles de distorsión Armónica.

Instrumentos combinados (analizadores de redes)

En la actualidad los instrumentos utilizados en los estudios para conocer el estado de un sistema de red eléctrica combinan el muestreo de Armónicas y el monitoreo de las funciones de energía permitiendo el control de todas las fuentes de disturbios.

Debido a la tecnología se observa la salida en forma gráfica y los datos pueden ser monitoreados en forma remota mediante líneas telefónicas comunicadas a una base de datos centralizada con los cuales se realizará el análisis estadístico, en conclusión, los instrumentos

combinados permiten realizar un diagnóstico eficaz de las instalaciones permitiendo así las mediciones de:

- La distorsión armónica total o THD (Total Harmonic Distorsión)
- Nos indican el ángulo de fase de los diferentes armónicos.
- Factor de potencia por fases.
- Corriente por fase: I1, I2, I3 y calcula la corriente trifásica.
- Tensión entre fases: V1-2, V1-3, V2-3 y calcula la tensión trifásica.
- Factor de potencia trifásico
- Aportación de armónicas en corriente y tensión
- Potencia eléctrica activa total o trifásica (KW totales).
- Potencia eléctrica reactiva total o trifásica (KVAR).
- Potencia eléctrica aparente total o trifásica (KVA).

Estos instrumentos realizan una medición continua en tensión y en corriente ciclo a ciclo durante un periodo de tiempo determinado, lo que permite obtener la hora y fecha de los eventos, lo cual es requerido para aquellos problemas donde se demande el registro en tiempo de las posibles fallas.

Los analizadores de redes son una gran herramienta de medición para el análisis de la energía eléctrica, tal como en los siguientes puntos:

- Analizar cómo es usada la energía y el costo que esta presenta.
- Análisis de la demanda máxima.
- Análisis de la calidad de la energía.
- Análisis de armónicos.
- Problemas de distribución y equipos eléctricos.
- Índice de carga de transformadores.
- Análisis de motores eléctricos.

Para la localización de fallas, antes de que estos se vuelvan costosas. Los problemas de difícil localización la causa de transformador sobrecalentado, un conductor neutro sobrecargado, un tablero eléctrico vibrante. El analizador de redes es idóneo para análisis y la optimización del rendimiento de los sistemas de potencia.

Estructuralmente, las redes de energía eléctrica se componen de la generación (centrales), el transporte y los consumos. Para lograr el mejor aprovechamiento de estas, es necesario tener un control de sus principales parámetros, para lo cual se pueden utilizar voltímetros, amperímetros, vatímetros o multímetros que pueden combinar todos los anteriores en un solo equipo.

Para determinar la calidad, cantidad, el flujo y optimización de estas redes, se utilizan los llamados Analizadores de Redes que son instrumentos capaces de analizar las propiedades anteriormente mencionadas de las redes eléctricas, y especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas. Existen dos tipos principales de analizadores de redes:

- SNA (Scalar Network Analyzer). Analizador de redes escalar, mide propiedades de amplitud solamente.
- VNA (Vector Network Analyzer). Analizador de redes vectoriales, mide propiedades de amplitud y fase. [23]

Los analizadores de redes disponen de la más alta tecnología y pueden medir una gran variedad de parámetros eléctricos, con el principal objetivo de obtener el control y la gestión energética de una instalación, máquina, o industria, permitiendo optimizar al máximo sus costos. Existe una gran variedad de analizadores los cuales exportan o muestran los parámetros eléctricos de manera directa o indirectamente a través de pantallas y son capaces de transmitir a través de diferentes medios de comunicación, ya sea por cable o aire, todas sus magnitudes eléctricas medidas y/o calculadas. Algunos analizadores son expandibles o modulares, pudiendo dotarlos de funciones adicionales asociables a cualquier parámetro eléctrico medido o por calcular.

Los analizadores de potencia, marca Carlo Gavazzi (2002a) tienen la ventaja de ser módulos acoplables de poca complejidad en su instalación y mantenimiento, lo que les proporciona una máxima flexibilidad en cuanto a la posibilidad de añadir nuevas salidas cuando sean necesarias en la aplicación. Poseen una pantalla de gran tamaño para el fácil manejo de la información. Son medidores tanto para sistemas monofásicos como trifásicos.

Todos tienen la funcionalidad de adaptarles un puerto serie RS-232 más RTC (Red Telefónica Conmutada), más una memoria de datos (2 MB). Además, poseen salidas

analógicas, entradas digitales, salidas de pulso y alarma por puerto serie RS-485/422. Tienen una interfaz muy flexible para la comunicación con PLC, PC y RTU (Unidades Remotas de Control).

Pueden controlar todos los parámetros de una línea o carga eléctrica, los que pueden ser supervisados desde cualquier punto del sistema. Su extraordinario diseño y sus excepcionales prestaciones lo convierten en el instrumento ideal para aplicaciones de hasta 5000 A y 200 kV. [24]

3.10.2 Datos específicos para cada analizador de calidad de red

3.10.2.1 Analizador de redes WM2-96.

Según [24] es un analizador y medidor modular de energía basado en un microprocesador de 16 bits. El mismo se muestra en la figura 3.20.1



Figura 4: Analizador de redes WM2-96.

Fuente: [24]

Características de analizador de redes WM2-96.

Las características más importantes son:	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas TRMS (verdadero valor eficaz) • Conexión a CT transformador de intensidad (hasta 5000/5A) • Medidas de: kWh (total), KVArh (total), kWh (parcial), VARh(parcial), kW, KVAr, factor de potencia (cosφ), V (L-L) avg, V (L-N), A. • Salidas: de pulso de CC (pulso programable para kWh, KVArh).
La Comunicación serie:	RS-232 o RS-422/RS-485 (opcional) multiterminal bidireccional (variables estáticas y dinámicas). Conexiones: <ul style="list-style-type: none"> • 2 o 4 hilos, distancia máx. 1200 metros;

	<ul style="list-style-type: none"> • Terminación y/o polarización de línea mediante interruptores DIP. • Direcciones de la 1 a 255 programables desde el teclado.
Protocolo: MODBUS/JBUS	<ul style="list-style-type: none"> • Formato de datos: 1 bit de arranque, 8 bits de datos, sin paridad/paridad par, 1 bit de parada. • Velocidad en baudios: 1200, 2400, 4800 y 9600 baudios. • Aislamiento: mediante optoacopladores; 4000 Vrms entre salida y entrada de medida; 4000 Vrms entre salida y entrada de alimentación.

3.10.2.2. Analizador de redes WM3-96

Es un analizador de calidad de energía eléctrica basado en un microprocesador de 32 bit y consta de una pantalla gráfica (128 x 64 puntos).



Figura 5:Analizador de redes WM3-96.

De sus múltiples variables medidas se pueden obtener:

- Energía activa por hora (kWh), energía reactiva por hora (kVArh),
- Potencia media (kW avg.),
- Potencia activa (kW),
- Potencia reactiva (KVAr),
- Factor de potencia ($FP = \cos$),
- Frecuencia (Hz armónico fundamental) con detección de fuentes armónicas,
- Corrientes de líneas (A),
- Tensión entre fases (V),
- Tensión entre fases y neutro (V),
- Potencia activa por fases (kW)
- Entradas de intensidad y tensión con auto rango con lectura de 4 x 4 dígitos de variables instantáneas,

- Lectura de 4 x 9 dígitos de energías totales, lectura de 4 x 6 dígitos de energías parciales,
- Además de 48 medidores de energía independientes para usar como gestores de energía de uno, dos,
- Múltiples tiempos. La velocidad de muestreo es de 10 lecturas/seg.
- El grado de protección (panel frontal) IP65.
- Alimentación universal: de 18 a 60 VCA/CC y de 90 a 260 VCA/CC.
- También posee una función opcional de reloj de tiempo real con registro de datos de sucesos de alarma.
- Puede ser equipado con una interfaz serie RS-485 o RS-232.
- El protocolo de comunicación serie que usa es MODBUS-RTU,
- El mismo para ambas interfaces.
- Cuando se usa RS-485 es posible conectar hasta 255 instrumentos que utilicen este protocolo.
- Mientras que si se usa RS-232 solo es posible conectar un solo instrumento. [24]

3.10.2.3 Analizador de redes WM14-DIN

Es un analizador de potencia trifásica con teclado de programación incorporado. Especialmente recomendado para visualizar las principales variables eléctricas.

- Medidas de variables del sistema y de cada fase: W, Wdmd (demanda), VAR, VA, VAdmd (demanda), PF, V, A, An (neutro), Admd (demanda), Hz.
- Indicación de A máxima, Admd (demanda), Wdmd máx. (demanda máxima).
- Medidas de energía: kWh y kVARh Cuenta horas (5+2 dígitos).
- Valor TRMS de tensión/intensidad de ondas distorsionadas.
- Alimentación: 24V, 48V, 115V, 230V 50- 60Hz; 18 - 60VCC
- Caja para montaje en carril DIN
- Grado de protección (panel frontal): IP 40
- Dimensiones del panel frontal: 107,8x90 mm.
- Salida serie opcional RS422/485.
- Alarmas (sólo visuales): VLN, An (neutro).
- Clase 2 (energía activa). Clase 3 (energía reactiva).
- Precisión $\pm 0,5$ (intensidad/tensión).

- Analizador de potencia.
- Lectura de variables instantáneas: 3x3 dígitos.
- Lectura de energía: 8+1 dígitos.

3.10.2.4 Medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220

El medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220 es un instrumento que permite la visualización de los parámetros de red más relevantes. A parte de medir los valores de magnitudes eléctricas como tensiones y corrientes, permite también medir la potencia aparente, reactiva, efectiva y valores de energía. Adicionalmente tiene la facultad de medir y mostrar la distorsión de tensión en red (distorsión armónica total) (THD). El medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220 muestra los valores de medición a través de una gran pantalla de 96 x 96 mm, con una resolución de 128 x 96 píxeles.

Es un sistema de interfaz Ethernet integrada, con un módulo de ampliación opcional, protección frontal IP 65, medición y visualización de parámetros de red, contador de energía activa, reactiva y aparente.

El usuario puede realizar la configuración a través de cuatro teclas de función situadas en la parte frontal o por medio del software incluido en el envío. La interfaz Ethernet integrada con 10/100 Mbit/s hace a este medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220 adecuado para el uso en sistemas de gestión de energía. Los módulos de comunicación opcionales (RS485 o Profibus) permiten integrar al medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220 en sistemas de nivel superior.



Figura 6:Medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220.

Fuente: <https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pac3220.pdf>

El uso de estos canales de comunicación, además de intercambiar datos con el medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220, permiten también una configuración de la pantalla, así como el control y consulta de E / S (entradas/salidas) digitales, que se encuentran a bordo del medidor de energía Siemens SENTRON PAC3220. La supervisión de hasta 6 valores límites no supone ninguna dificultad para el medidor de energía SENTRON PAC3220. Gracias al tipo de protección frontal IP65 permite también el uso en condiciones ambientales húmedas y polvorrientas.

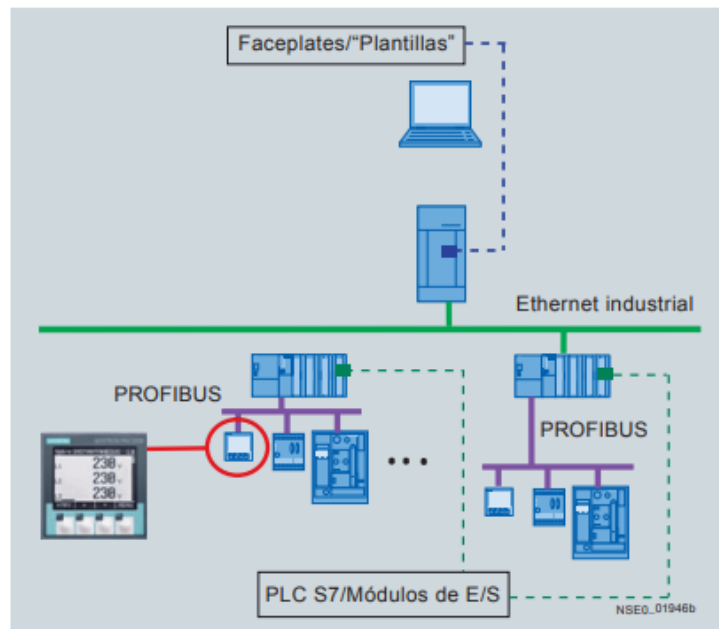


Figura 7: Integración de SENTRON PAC3200 en SIMATIC PCS 7 / WinCC.

Fuente: [13]

3.10.3 Características de SENTRON PAC3220

El multimetro provee continuamente la información del estado de su instalación, suministrando la medición de los valores máximos, mínimos y medios de magnitudes eléctricas tales como tensiones, intensidades de la(s) corriente(s), potencias, energía, frecuencia, factor de potencia, simetría y THD. (Third Harmonic Distortion / Distorsión de Tercera Armónica). Capta más de 50 magnitudes básicas, con 10 medidores de energía, ambos aparatos permiten captar todos los consumos.

La precisión de sus mediciones satisface incluso los elevados requerimientos fijados por las normas vigentes para los medidores de energía eléctrica y, por lo tanto, son apropiados para la contabilización de los costos internos.

3.10.4 Montaje rápido en un espacio mínimo

Su formato compacto sólo requiere un espacio mínimo:

- Formato para montaje en tableros: 96 x 96 mm., profundidad de montaje en el tablero 51 mm (73 mm con módulo de ampliación)
- Montaje sencillo que no requiere herramientas al utilizar fijaciones de encastre rápido. Además, se podrá aumentar el grado de protección por medio de una simple fijación por tornillos.

3.10.5 Operación y configuración sencillas

- Guía intuitiva por medio del menú con sólo 4 teclas de funciones.
- 9 idiomas disponibles para el texto del menú.
- La iluminación ajustable del display LCD, ofrece una legibilidad óptima.
- El software SENTRON powerconfig (de entrega gratuita) permite ahorrar tiempo en la configuración de varios multimedidores.

3.10.6 Múltiples campos de aplicación

- Conexión directa a redes industriales con tensiones de hasta 690 V, CAT III.
- Es posible realizar mediciones a través de transformadores de tensión.
- Conexión a transformadores de intensidad x/1 A ó x/5 A.
- Uso en instalaciones que requieran aprobaciones UL/CSA.
- Utilización en condiciones ambientales extremas: están protegidos contra polvo y chorros de agua (IP 65) por medio de una junta de goma incorporada.
- Desarrollados y probados de acuerdo con normas europeas e internacionales.

El SENTRON PAC3200 puede conectarse en redes monofásicas o polifásicas con y sin conductor neutro. Una particularidad importante es que permite medir en forma directa tensiones de fase de hasta 830 V. Por lo tanto, el instrumento SENTRON PAC3200 se puede utilizar sin problemas en redes de 690 V. Además, podrán realizarse mediciones por medio de transformadores de tensión requiriendo sólo el ajuste correspondiente a la relación de transformación. Las entradas para corrientes fueron diseñadas para mediciones con transformadores de intensidad de /1 A ó /5A.

Permite medir energía activa, reactiva y aparente. Los valores de energía podrán determinarse tanto para la tarifa alta como para la baja, mide los valores de la potencia y energía

en los cuatro cuadrantes, es decir, capta por separado cuando el sistema consume energía de la red o cuando la regenera hacia ella.

Además, permite el registro de los valores medios de la potencia activa y reactiva en un período de medición. Estos valores se pueden evaluar por ejemplo en un sistema de gestión de la energía eléctrica para obtener la evolución de la(s) carga(s). Habitualmente los valores medios se miden en períodos de 15 minutos.

La exactitud de las mediciones no tiene precedentes en esta clase de instrumentos: para energía activa y potencia es del 0,5 %, para tensiones del 0,3 % y en el caso de las intensidades de la corriente del 0,2 %. El multimedidor puede supervisar un valor máximo o mínimo para un total de hasta seis magnitudes de medición.

La función lógica integrada permite vincular las seis magnitudes de medición supervisadas, está equipado con una entrada y una salida multifuncionales. La salida puede utilizarse como de impulsos, salida de conmutación o señalización de valor límite. La entrada, por ejemplo, se podrá usar para conmutar entre registro en tarifa alta o baja o para contar impulsos de medidores de energía con interfaz S0.

3.11 Eficiencia energética

La eficiencia energética no es más que el aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles, teniendo como objetivo principal reducir los consumos de energía y por ende disminuir los costos económicos, maximizando su beneficio. La implementación de conceptos sobre eficiencia energética se puede realizar durante la fase de planificación, ejecución y uso de las edificaciones; lo que permite mejorar la interacción entre el ser humano y el medio ambiente, estos pueden ser: factor de forma, características climáticas del sitio, materiales utilizados en la envolvente (contornos que envuelven a la estructura o geometría de un edificio) y características de los equipos e instalaciones. [14]

3.12 Eficiencia energética en edificaciones

Un edificio energéticamente eficiente es aquel que utiliza al mínimo las energías convencionales mediante el uso racional de las instalaciones o con la incorporación de energías alternativas con el fin de ahorrar. Además, la eficiencia energética se refleja en la medida que el consumo energético es menor en función del servicio prestado o unidad producida. En edificaciones, la eficiencia energética se maneja mediante dos aspectos que se encuentran diferenciados de la siguiente manera:

- **Eficiencia activa.** - Consiste en la mejora de las instalaciones del edificio con el uso de las diferentes energías alternativas o combinadas con las energías tradicionales y también con sistemas de nueva generación que mejoran el rendimiento y minimizan el consumo.
- **Eficiencia pasiva.** - Se refiere a las condiciones y características arquitectónicas del edificio en el cual se introducen las energías para obtener el grado de confort, misma que está garantizada con el uso del CTE (Código Técnico de la Edificación). [15]

3.13 Protocolos para la gestión de la energía en la eficiencia energética

Es muy importante determinar los principales puntos para el análisis en la eficiencia de la gestión de la energía eléctrica, ya que de la misma dependerá el aumento de la productividad y competitividad de las grandes y medianas empresas, en este apartado se abarcará puntos específicos que son reconocidos en los temas siguientes:

- **Descripción física del lugar a realizar el análisis de eficiencia energética.** -Consiste en ubicar geográficamente la posición del campus o edificación de la empresa o industria, comprendiéndose en ella altitud, clima, temperatura, etc., además identificar los servicios y las principales características que están prestando dicha empresa o industria.
- **Recolección de datos, planos y documentación referente a la energía eléctrica consumida en el lugar.** - Recolectar toda la información de la estructura eléctrica adjuntándose a ello documentación de planos, planillas, diagramas eléctricos, también levantar información sobre consumo eléctrico, detalles de elementos eléctricos, maquinaria eléctrica instalada con su funcionamiento y operación.
- **Descripción del estado de la estructura eléctrica existente.** - Conocer la disponibilidad y de la calidad de energía en el lugar, elementos o dispositivos de bajo consumo, diagnosticar el uso y consumo de la energía eléctrica, realización de monitoreo y análisis de la energía con elementos medidores de red, análisis del flujo eléctrico en la red y factor de potencia.
- **Identificación y evaluación de maquinarias y elementos eléctricos conectados**
Observar y evaluar el estado físico real de todos los elementos eléctricos comprendiéndose en ello a las máquinas, bombas, luminarias, motores, conductores,

puntos de carga, caja de breakers, infraestructura eléctrica, etc. Permitiendo tener un conocimiento del estado del sistema eléctrico.

- **Descripción de la situación energética.** - Conocer el funcionamiento y operación de los sistemas de control, instalaciones eléctricas, mantenimiento eléctrico, sistemas de iluminación, automatización programada y circuitería en general que operan en tiempo real.
- **Identificación de factores importantes que aportan al consumo energético.** - Analizar los principales elementos consumidores de energía eléctrica en horas picos y en horas no relevantes.
- **Recopilación de información de futuras ampliaciones o implementaciones en el lugar.** - Recopilar toda la información posible, sobre futuras ampliaciones en el área eléctrica con el objetivo de adjuntar a la información ya obtenida con el fin de elaborar cronogramas de trabajo, repotenciación en el área de baja o media tensión para robustecer el sistema eléctrico, para a futuro no tener que enfrentar colapsos eléctricos.
- **Análisis y evaluación de las mejores oportunidades en donde se pueda lograr el ahorro de la energía durante su operación.** - En este análisis se abarca todas las posibles soluciones para establecer un uso eficiente de la energía implementado nuevas tecnologías innovadoras que faciliten la operación de la maquinaria pero que a la misma vez tenga un óptimo rendimiento.
- **Informe de observaciones y recomendaciones.** - Es la elaboración de un informe general detallado del estado actual eléctrico de la estructura eléctrica del lugar y las soluciones y recomendaciones posibles para garantizar la confiabilidad y brindar una competitividad exclusiva con un ahorro de la energía eléctrica.

3.14 Lineamientos emitidos por la ARCONEL en la regulación N° 005/18 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”

La regulación No. ARCONEL 005/18 aprobada el 28 de diciembre de 2018 tiene como objetivo establecer los indicadores, índices y límites de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica; y, definir los procedimientos de medición, registro y evaluación a ser cumplidos por las empresas eléctricas de distribución y consumidores, según corresponda [31].

El sistema de distribución comprende las líneas de subtransmisión, las subestaciones de distribución, los alimentadores primarios, los transformadores de distribución, las redes secundarias, las acometidas, el equipamiento de compensación, protección, maniobra, medición, control y comunicaciones, utilizados para la prestación del servicio de distribución de energía eléctrica. Esta regulación abarca diferentes contenidos entre los más relevantes para la presente sección podemos mencionar los atributos de calidad de la distribuidora la cuál evalúa la calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica considerando los siguientes aspectos:

- Calidad del producto: Atributo de la calidad del servicio relacionado con la forma en la que las señales de voltaje son entregadas por la empresa eléctrica distribuidora.
- Calidad del servicio técnico: Atributo de la calidad del servicio relacionado con la continuidad con la que se prestará el servicio de energía eléctrica, y que se caracteriza por la frecuencia y la duración de las interrupciones de suministro
- Calidad del servicio comercial: Atributo de la calidad del servicio relacionado con la atención al consumidor final prestado por la empresa eléctrica distribuidora, detallando además los tiempos de atención a nuevos suministros, resolución de reclamos, la reposición del suministro y la adecuada facturación.

De los aspectos mencionados anteriormente, la calidad del servicio técnico será motivo de análisis ya que considera diferentes indicadores para poder evaluar la calidad de la energía eléctrica.

Para el cálculo de los índices e indicadores de calidad del servicio técnico, se considerarán todas las interrupciones con duración mayor a tres minutos, incluyendo todas las interrupciones internas y externas, programadas y no programadas

Estos índices deben ser calculados para los alimentadores de medio voltaje, así como para la red total de cada distribuidora. Los índices mencionados anteriormente además nos permiten identificar y evaluar los niveles de calidad de energía eléctrica que las empresas distribuidoras suministran a sus clientes.

3.15 Demanda eléctrica

La carga de un sistema de distribución de energía eléctrica es la parte terminal del sistema que convierte la energía eléctrica a otra forma de energía. Por ejemplo, un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Más aún, este concepto incluye a todos los artefactos que requieren de energía eléctrica para funcionar o realizar un trabajo. La suma de las

intensidades o potencias de placa de todos los artefactos de consumo dependientes del sistema de distribución de energía eléctrica, o de una parte de él, constituyen su carga conectada (CC) y representa la máxima demanda posible de una instalación.

La demanda eléctrica de un sistema es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar. Ese lapso se denomina intervalo de demanda, y su indicación es obligatoria a efecto de interpretar un determinado valor de demanda. [16]

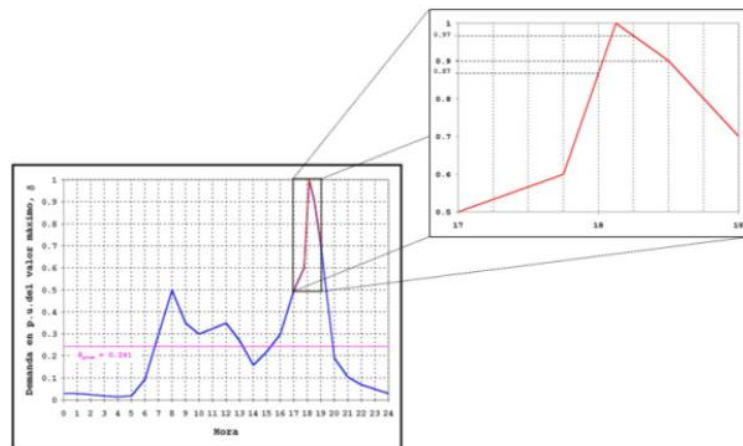


Figura 1. Representación gráfica de una "Curva de Demanda Diaria" hipotética, con acercamiento al entorno del valor de demanda máxima. Aquí $\delta_{\text{prom}} = \frac{1}{24} \int_0^{24} \delta(t) dt = 0.241$.

Figura 8: Curva de demanda.

Fuente: Tomado de: [10]

Ahora bien, la demanda es una cantidad cuya medida depende del caso de estudio: amperios para la selección o reemplazo de conductores, fusibles, o de interruptores, ajuste de protecciones y balanceo de carga; kilovatios para la planificación del sistema, estudios de energía consumida, energía no vendida, y energía pérdida; kilovoltamperios para la selección de la capacidad de transformadores y alivio de carga. Para estudios de compensación reactiva puede convenir el registro de la demanda en kilovares.

La sucesión de valores de demanda como función del tiempo se denomina Curva de Carga, y su representación gráfica, Perfil de Carga; cuando tal sucesión corresponde a un día entero se tendrán, respectivamente, una Curva de Carga Diaria (CCD) y un Perfil de Carga Diario (PCD) como el de la figura 3.15.1. Por supuesto, el "perfil" o forma de la curva de carga dependerá del procedimiento de medición.

3.15.1 Factor de demanda

El factor de demanda en un intervalo de tiempo, es la razón entre la demanda máxima y la carga total instalada. El factor de demanda indica el grado al cual la carga instalada funciona simultáneamente. El factor de demanda por lo general es menor que 1, siendo 1 sólo cuando en el intervalo considerado, todos los aparatos conectados al sistema estén absorbiendo sus potencias nominales, lo cual es muy improbable. Matemáticamente, este concepto se puede expresar como:

$$F_D = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{D_M}{C_I} \leq 1$$

3.15.2 Factor de carga

Se define como la razón entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la demanda máxima observada en el mismo intervalo de tiempo. Se expresa como:

$$F_C = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} = \frac{D_p}{D_M} \quad 0 < F_C \leq 1$$

Se considera, para el valor de demanda máxima, el valor instantáneo. El “F_C” indica el grado al cual el pico de la carga es sostenido durante el periodo. Esto quiere decir que, si el factor de carga es 1, la demanda máxima se mantiene constante, si el factor de carga es alto la curva de carga tiene muy pocas variaciones; en cambio si el factor de carga es bajo la curva de carga sufre muchas variaciones con picos y valles pronunciados.

Factor de coincidencia: Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales que conforman el grupo, ambos tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo.

$$F_{\text{coin}} = \frac{\text{Demanda máxima coincidente}}{\text{Sums de demandas máximas individuales}}$$

La aplicación correcta del factor de coincidencia constituye un elemento muy importante en la planeación del sistema, ya que será la demanda máxima corregida por este factor la que se deberá aplicar para seleccionar el equipo (transformadores o cables) de la red, haciendo más real y económico el diseño.

3.15.3 Demanda promedio

Se define como la relación entre el consumo de energía del usuario durante un intervalo dado y el intervalo mismo. Se calcula mediante:

$$D_p = \frac{\text{Energía consumida en el tiempo en KWh}}{\text{Tiempo en horas}}$$

Es una demanda constante sobre el período de tiempo especificado y que establece el mismo consumo de energía que la requerida por la curva de carga real sobre el mismo período de tiempo especificado.

3.16 Protocolos de Comunicación

Un protocolo es una descripción formal de un conjunto de reglas y convenciones que rigen un aspecto particular de cómo los dispositivos de una red se comunican entre sí. Los protocolos determinan el formato, la sincronización, la secuenciación y el control de errores en la comunicación de datos. Sin protocolos, los equipos a comunicarse no pueden armar o reconstruir el formato original del flujo de bits entrantes desde otro equipo [5].

También podemos definirlo, como el conjunto de normas que permiten la comunicación entre ordenadores, estableciendo la forma de identificación entre estos en la red, la forma de transmisión de los datos y la forma en que la información debe procesarse. Debemos agregar que los protocolos pueden estar implementados mediante hardware, software o una combinación de ambos [14].

Los protocolos de comunicación, por lo general tienen que estar acordados por las partes involucradas. Para llegar a dicho acuerdo, un protocolo puede ser desarrollado dentro de un estándar técnico [14].

Para nuestro caso, el fabricante de medidores debe considerar que para que su marca sea rentable y competitivo dentro del mercado, este debe fabricar sus equipos con un protocolo abierto, que pueda ser manejado de acuerdo a los estándares actuales. Los protocolos de comunicación controlan todos los aspectos de la comunicación de datos, que incluye lo siguiente:

- Detección de la conexión física subyacente (con cable o inalámbrica), o la existencia de otro punto final o nodo.
- Negociación de varias características de la conexión.

- Cómo iniciar y finalizar un mensaje.
- Procedimientos en el formateo de un mensaje.
- Qué hacer con mensajes corruptos o formateados incorrectamente (corrección de errores).
- Cómo detectar una pérdida inesperada de la conexión, y qué hacer entonces.
- Terminación de la sesión y/o conexión.
- Estrategias para mejorar la seguridad (autenticación, cifrado).
- Cómo se construye una red física.

Los protocolos gestionan dos niveles de comunicación distintos. Las reglas de alto nivel definen la manera en que se comunican las aplicaciones, mientras que las de bajo nivel definen como se transmiten las señales [15].

El protocolo de bajo nivel es básicamente la forma en que las señales se transmiten, transportando tanto datos como información y los procedimientos de control de uso del medio por los diferentes nodos. Los protocolos de bajo nivel más utilizados son: Ethernet, Token ring, Token bus, FDDI, CDDI, HDLC, Frame Relay y ATM. El protocolo de red determina el modo y la organización de la información (tanto los datos como los controles) para su transmisión por el medio físico con el protocolo de bajo nivel [15].

3.16.1 Protocolo OSI/ISO

El término Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, de Open System Interconnection) es el nombre de un conjunto de normas para comunicaciones entre “Computadoras”. El objetivo principal de las normas OSI es contar con un lineamiento estructural para intercambiar información entre computadoras, terminales y redes.

El modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) lanzado en 1984 fue el modelo de red descriptivo creado por ISO (Organización Internacional de Normalización), el cual proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red producidos por las empresas a nivel mundial [15].

Este modelo con arquitectura de comunicaciones de siete capas, se ha convertido en el modelo principal para las comunicaciones por red. Aunque existen otros modelos, la mayoría de los fabricantes de redes relacionan sus productos con el modelo de referencia de OSI, debido a que estos buscan enseñar a los usuarios a utilizar sus productos [15].

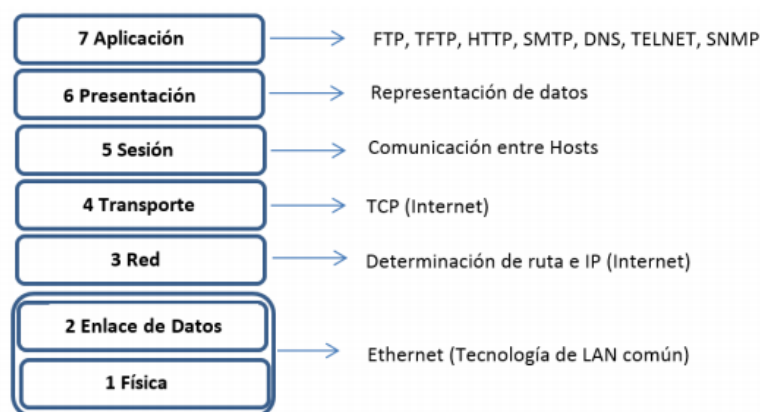


Figura 9:Modelo protocolo OSI/ISO.

Fuente: [12]

3.16.2 Protocolo TCP/IP

La Arpanet fue una red de investigación patrocinada por el DoD (Departamento de Defensa de Estados Unidos), la cual dio origen al modelo TCP/IP (Transmission Control Protocolo/Internet Protocolo). A medida que la red fue creciendo, se fueron añadiendo a ella diferentes tipos de medios de comunicación, tales como alambres de cobre, microondas, fibras ópticas y enlaces de satélites y radio; es aquí que los protocolos existentes tuvieron problemas para interactuar con este tipo de redes, de modo que se necesitó una arquitectura de referencia nueva.

La nueva arquitectura, capaz de conectar entre sí a múltiples redes fue uno de los principales objetivos en su diseño, esta arquitectura se popularizó después como el modelo de referencia TCP/IP [15]. A diferencia de las tecnologías de networking propietarias, el TCP/IP se desarrolló como un estándar abierto, lo que significaba que cualquier persona podía usarla [5]. El modelo TCP/IP tiene las siguientes cuatro capas:

- Capa de acceso a la red
- Capa de Internet
- Capa de transporte
- Capa de aplicación
- Capa de Acceso a la Red También se conoce como la capa de host a red [16].

Esta capa guarda relación con todos los componentes, tanto físicos como lógicos, necesarios para lograr un enlace físico. Incluye los detalles de tecnología de networking, y todos los detalles de las capas físicas y de enlace de datos del modelo OSI [5].

3.16.3 Protocolo PRIME PRIME (PoweRline Intelligent Metering Evolution)

Es un protocolo de nueva generación regido por la PRIME Alliance, que implementa los dos primeros niveles del modelo OSI, la capa física y la capa de enlace [17]. La PRIME Alliance se centra en el desarrollo de una nueva solución de telecomunicaciones abierta, pública y no propietaria capaz de soportar no sólo las funcionalidades de Medida Inteligente (Smart Metering), sino también el progreso hacia un nuevo concepto integral de red eléctrica inteligente [18].

A nivel físico, PRIME utiliza la tecnología PLC (Power Line Communications), originalmente en la banda CENELEC-A (3-95 KHz), pero esta se extiende a los 500 KHz en la última versión del estándar (PRIME Versión 1.4), siempre utilizando una modulación OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) [17], la cual consiste en la multiplexación de un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información.

Estas ondas portadoras de distintas frecuencias son generadas por la división de una onda portadora central con ancho de banda B en pequeñas portadoras B1, B2, B3...Bn con menor ancho de banda para que estas tengan una mejor respuesta en frecuencia (mayor ganancia y desvanecimiento plano) [19]

3.16.4 Protocolo DLMS/COSEM DLMS/COSEM

Es un protocolo de nivel de aplicación que aplica desde la capa 4 hasta la capa 7 del modelo OSI. El significado de las siglas que dan nombre al protocolo es el siguiente: o DLMS: “Device Language Message Specification”, un concepto generalizado para un modelo abstracto de entidades de comunicación. 42 o COSEM: “Companion Specification for Energía Metering”, fija las reglas, basadas en estándares, para el intercambio de información con los contadores de energía [17].

El protocolo de aplicación DLMS/COSEM especifica el procedimiento de la transferencia de información para los procesos de asociación, de aplicación e intercambio de mensajes entre los servidores y clientes COSEM. Se implementó teniendo en cuenta las indicaciones dadas en la norma IEC 62056-53 para la capa de aplicación, e IEC 62056- 47 para la sub-capa de transporte COSEM para redes IPv4 [20].

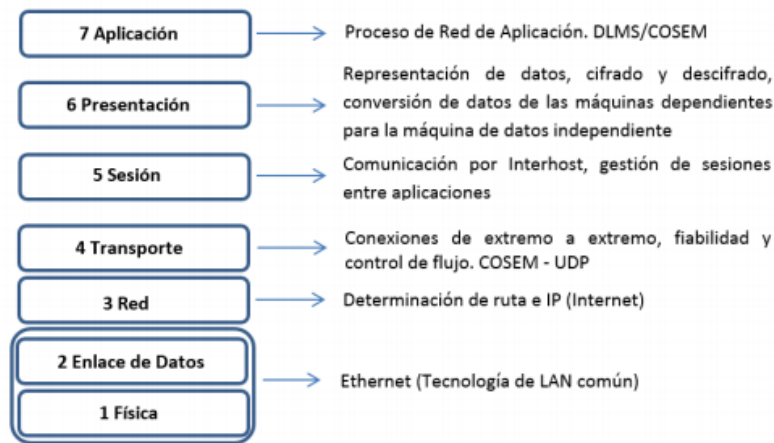


Figura 10: Modelo protocolo DLMS/COSEM.

Fuente: [16]

3.16.5 Protocolo Modbus.

Es un protocolo industrial que fue desarrollado en 1979 para hacer posible la comunicación entre dispositivos de automatización [21]. El protocolo Modbus fue implementado usando una arquitectura maestra/esclavo, donde la comunicación siempre se produce en pares; por tanto, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta.

El dispositivo de inicio (maestro) es responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC). El contenido de estas solicitudes y respuestas, y las capas de la red a través de las cuales se envían estos mensajes, son definidos por las diferentes capas del protocolo [21].

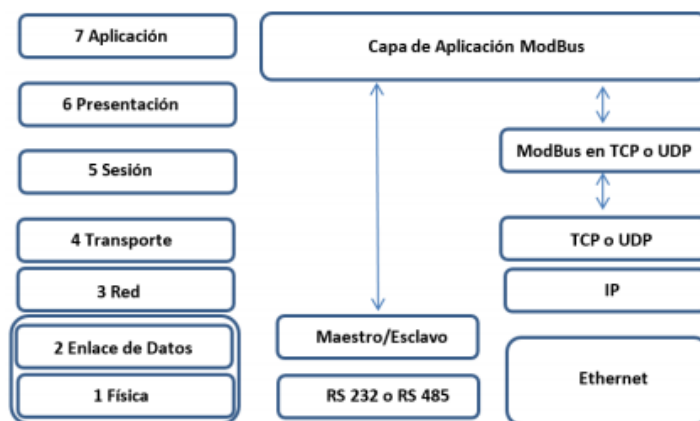


Figura 11: Modelo protocolo MODBUS.

Fuente: [17]

En la implementación inicial, ModBus fue implementado como un protocolo a nivel de Aplicación construido con la finalidad de transferir datos por una capa serial RS 232 o RS 485, por lo que no podía ser dividida en múltiples capas. Con el tiempo, diferentes unidades de datos de aplicación fueron introducidas ya sea para cambiar el formato del paquete utilizado a través de serial o para permitir el uso de redes TCP/IP y UDP (User Datagram Protocol) [21].

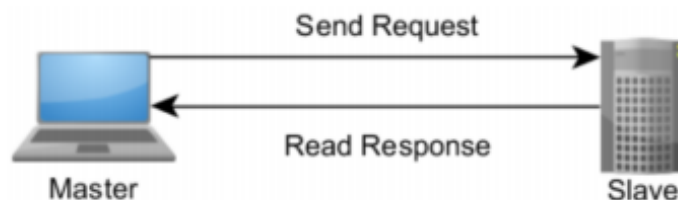


Figura 12: Relación red maestro-esclavo.

Fuente: <https://www.ni.com/es-cr/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html>

3.16.6 Protocolo RS-485 o también conocido como EIA-485 (Electronics Industries Association)

Es un protocolo de comunicaciones en bus que solo aplica sobre la capa física del Modelo OSI. Está definido como un sistema de interfaz diferencial con conexión multipunto, y es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (10 Mbit/s hasta 12 metros y 100 kbit/s hasta 1200 metros) y a través de canales ruidosos [24]. El medio físico de transmisión es un par trenzado el cual reduce los ruidos que se inducen en la línea de transmisión.

La transmisión diferencial permite alcanzar mayor distancia con una notable inmunidad al ruido, siempre que el bus de comunicación conserve las características de bus balanceado dando la posibilidad de una configuración multipunto [24]. Entre sus aplicaciones más importantes tenemos:

- RS-485 se utiliza en sistemas grandes de iluminación, como los conciertos de música y las producciones de teatro, se usa software especial para controlar remotamente el equipo de iluminación y los diferentes aparatos conectados al bus.
- RS-485 también se utiliza en la automatización de los edificios pues el cableado simple del bus y la longitud de cable es largo por lo que son ideales para ensamblar los dispositivos que se encuentran alejados.

- RS-485 Tiene la mayor parte de su aplicación en las plantas industriales de producción automatizadas para el manejo de información digital y analógica entre los distintos equipos de la planta [24].

3.16.7 Protocolo TCP-IP y terminales RJ45 y sus conexiones

3.16.7.1 Protocolo IP

El protocolo IP es parte de la capa de internet del conjunto de protocolos TCP/IP. Es uno de los protocolos de Internet más importantes ya que permite el desarrollo y transporte de datagramas de IP (paquetes de datos), aunque sin garantizar su "entrega". En realidad, el protocolo IP procesa datagramas de IP de manera independiente al definir su representación, ruta y envío, su sobrenombre se puede llamarle HOST.

El protocolo IP determina el destinatario del mensaje mediante 3 campos:

- el campo de dirección IP: Dirección del equipo;
- el campo de máscara de subred: una máscara de subred le permite al protocolo IP establecer la parte de la dirección IP que se relaciona con la red;
- el campo de pasarela predeterminada: le permite al protocolo de Internet saber a qué equipo enviar un datagrama, si el equipo de destino no se encuentra en la red de área local.

3.16.7.2 Diagramas de IP

Los datos circulan en Internet en forma de datagramas (también conocidos como paquetes). Los datagramas son datos encapsulados, es decir, datos a los que se les agrega un encabezado que contiene información sobre su transporte (como la dirección IP de destino). Los routers analizan (y eventualmente modifican) los datos contenidos en un datagrama para que puedan transitar.

3.16.7.3 Protocolo TCP

TCP (que significa Protocolo de Control de Transmisión) es uno de los principales protocolos de la capa de transporte del modelo TCP/IP. En el nivel de aplicación, posibilita la administración de datos que vienen del nivel más bajo del modelo, o van hacia él, (es decir, el protocolo IP). Cuando se proporcionan los datos al protocolo IP, los agrupa en datagramas IP, fijando el campo del protocolo en 6 (para que sepa con anticipación que el protocolo es TCP). TCP es un protocolo orientado a la conexión, es decir, que permite que dos máquinas que están

comunicadas controlen el estado de la transmisión. Las principales características del protocolo TCP son las siguientes:

- TCP permite colocar los datagramas nuevamente en orden cuando vienen del protocolo IP.
- TCP permite que el monitoreo del flujo de los datos y así evitar la saturación de la red.
- TCP permite que los datos se formen en segmentos de longitud variada para "entregarlos" al protocolo IP.
- TCP permite multiplexar los datos, es decir, que la información que viene de diferentes fuentes (por ejemplo, aplicaciones) en la misma línea pueda circular simultáneamente.
- Por último, TCP permite comenzar y finalizar la comunicación amablemente.
- Objetivo de TCP

Con el uso del protocolo TCP, las aplicaciones pueden comunicarse en forma segura (gracias al sistema de acuse de recibo del protocolo TCP) independientemente de las capas inferiores. Esto significa que los routers (que funcionan en la capa de Internet) sólo tienen que enviar los datos en forma de datagramas, sin preocuparse con el monitoreo de datos porque esta función la cumple la capa de transporte (o más específicamente el protocolo TCP).

Durante una comunicación usando el protocolo TCP, las dos máquinas deben establecer una conexión. La máquina emisora (la que solicita la conexión) se llama cliente, y la máquina receptora se llama servidor. Por eso es que decimos que estamos en un entorno cliente-servidor. Las máquinas de dicho entorno se comunican en modo en línea, es decir, que la comunicación se realiza en ambas direcciones.

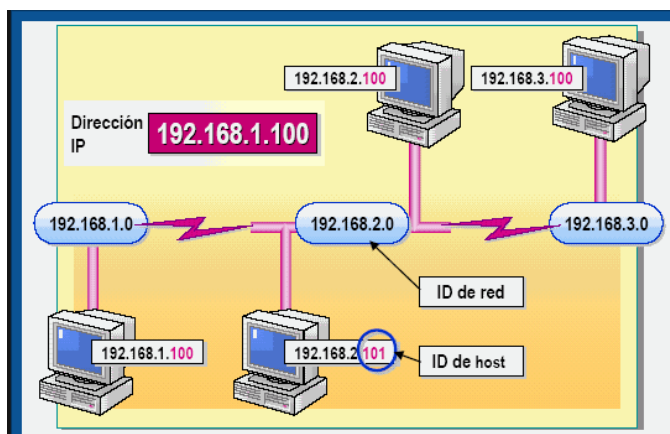


Figura 13: Relación red maestro-esclavo.

Fuente: <https://www.ni.com/es-cr/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html>

Una dirección IP fija es una dirección IP asignada por el usuario de manera manual (Que en algunos casos el ISP o servidor de la red no lo permite), o por el servidor de la red (ISP en el caso de internet, router o switch en caso de LAN) con base en la Dirección MAC del cliente. Mucha gente confunde IP fija con IP Pública e IP Dinámica con IP Privada. Una IP puede ser Privada ya sea dinámica o fija como puede ser IP Pública Dinámica o Fija. Una IP pública se utiliza generalmente para montar servidores en internet y necesariamente se desea que la IP no cambie por eso siempre la IP Pública se la configura de manera Fija y no Dinámica, aunque si se podría.

3.16.7.4 Red Lan

Una red de área local, o LAN (por sus siglas en inglés), es un grupo de computadoras en red que están bastante cerca en proximidad, como en un hogar o en una pequeña oficina. Las pequeñas redes se configuran como redes de área local para compartir el mismo módem, enrutador y conexión a Internet. Una LAN puede también acomodar una impresora de red capaz y otros dispositivos inalámbricos que todos los equipos de la red pueden utilizar. Estas redes más a menudo utilizan un ancho de banda único.

3.16.7.5 Red WAN

Una red de área amplia, o WAN (por sus siglas en inglés), es un grupo de redes de área local que se extienden por lo general sobre un área geográfica grande, utilizando una conexión de alta velocidad y tecnología costosa. Las universidades, ciudades e incluso países utilizan redes WAN. Las redes en estas áreas grandes están típicamente conectadas a través de líneas telefónicas de alta velocidad de fibra óptica, platos de microondas y enlaces incluso vía satélite. Las WAN utilizan a menudo múltiples conexiones con anchos de banda variables. Internet es un acceso público WAN.

Similitudes:

Las redes LAN y WAN son similares porque te permiten compartir datos, comunicarte y trabajar en conjunto con otros usuarios. Puedes compartir archivos y documentos, hardware y, con el software adecuado, permitir a los grupos de usuarios ver los archivos de otros usuarios, horarios, reuniones a organizar y colaborar en línea en tiempo real. Las redes LAN y WAN se basan en la tecnología de la comunicación para el transporte de señales de un dispositivo a otro.

Diferencias:

Las redes LAN cubren una distancia geográfica relativamente pequeña y tienen altas velocidades de transmisión. Las WAN cubren grandes distancias geográficas, e ilimitadas en algún momento, y operan a velocidades de transmisión más bajas. Las LAN requieren un único proveedor de servicios Internet, o ISP (por sus siglas en inglés), como tu compañía telefónica o de cable, para proporcionar el punto de acceso o conexión. Las WAN por otra parte se basan en las infraestructuras de comunicación múltiples para llevar las señales a grandes distancias, a menudo saltando de una infraestructura a otra. }

3.16.7.6 Conectores RJ45.

La RJ-45 es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e y 6). RJ es un acrónimo inglés de Registered Jack que a su vez es parte del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos. Posee ocho "pines" o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado. Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines o wiring pinout.

Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse 8 pines (4 pares). Otras aplicaciones incluyen terminaciones de teléfonos (4 pines o 2 pares) por ejemplo en Francia y Alemania, otros servicios de red como RDSI y T1 e incluso RS-232.

Conexión:

En el mercado existen cables de red de varias medidas ya hechos, pero en ocasiones necesitamos hacerlo nosotros, bien porque no haya la medida que necesitamos o bien porque necesitemos pasarlo a través de paredes y tubos. Para que todos los cables funcionen en cualquier red, se sigue un estándar a la hora de hacer las conexiones. Los dos extremos del cable llevan un conector RJ45. En un conector macho el pin 8 corresponde al situado más a la derecha.

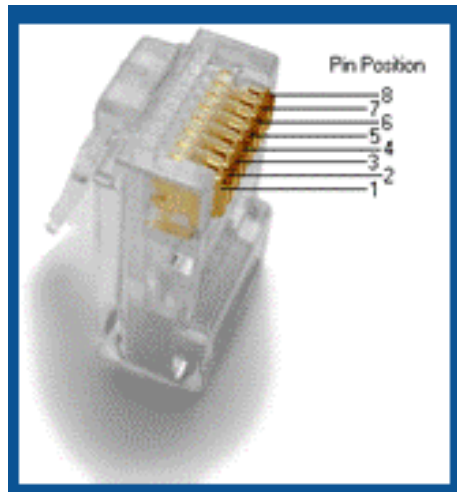


Figura 14: Conector RJ45.

Fuente: <http://gerverperez.blogspot.com/2014/06/protocolo-tcp-ip-y-terminales-rj45-y.html>

Pin	Función	568A	568B	Posición de los pines	Gigabit Ethernet (variante A)	Gigabit Ethernet (variante B)
1	TX+ Transceive data +	Blanco - Verde	Blanco - Naranja		Blanco - Naranja	Blanco - Verde
2	TX- Transceive data -	Verde	Naranja		Naranja	Verde
3	RX+ Receive data +	Blanco - Naranja	Blanco - Verde		Blanco - Verde	Blanco - Naranja
4	BDD+ Bi-directional data +	Azul	Azul		Azul	Blanco - Marrón
5	BDD- Bi-directional data -	Blanco - Azul	Blanco - Azul		Blanco - Azul	Marrón
6	RX- Receive data -	Naranja	Verde		Verde	Naranja
7	BDD+ Bi-directional data +	Blanco - Marrón	Blanco - Marrón		Blanco - Marrón	Azul
8	BDD- Bi-directional data -	Marrón	Marrón		Marrón	Blanco - Azul

Figura 15: Posición pines en conector RJ45.

Fuente: <http://gerverperez.blogspot.com/2014/06/protocolo-tcp-ip-y-terminales-rj45-y.html>

3.17 Human Machine Interface (HMI)

Es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de

HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como mostraremos a continuación.

3.17.1 Tipos de HMI

Descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMIs:

- **Terminal de Operador.** - Consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen)
- **PC + Software.** - Esto constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos), los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general veremos muchas formas de hacer un PC, pasando por el tradicional PC de escritorio. Respecto a los softwares a instalar en el PC de modo de cumplir la función de HMI hablamos a continuación.
- **Software HMI.** - Estos softwares permiten entre otras cosas las siguientes funciones: Interface gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas. Al igual que en los terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en el PC un software de ejecución (Run Time). Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación, cual es la tendencia actual.
- **Comunicación.** - La comunicación con los dispositivos de las máquinas o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PCs. Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación (HMI u otros) los cuales son sus clientes. La técnica estandarizada en estos momentos para esto se llama OPC (Ole

for Process Control), por lo que contamos entonces con Servidores y Clientes OPC, sin embargo, aún quedan algunas instalaciones donde se usaba DDE para este propósito, como también muchos softwares de aplicación sólo son clientes DDE por lo que lo usual es que los servidores sean OPC y DDE. [32]

Básicamente hay dos tipos de HMI, los desarrollados a medida en entornos de programación gráfica, como visual basic, VC++, Visual Basic, Delphi, etc. Y por otra parte los paquetes embebidos HMI, que consisten en paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándar de los sistemas SCADA, Ejemplos de este tipo de paquetes son el Wonderware y el WinCC.

Las funciones principales de un software HMI son las siguientes:

- **Monitoreo:** Es la capacidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, estos pueden ser números, texto o gráficos que permitan una mejor interpretación.
- **Supervisión:** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el computador o panel.
- **Alarmas:** es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlos, basándose en límites de control preestablecidos.
- **Control:** es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y mantenerlos dentro de ciertos límites.
- **Históricos:** es la capacidad de muestrear a una determinada frecuencia datos del proceso y almacenarlos en archivos, dicho almacenamiento es una poderosa herramienta para la optimización de procesos.

En cuanto a estándares y directrices se deben tener en cuenta normas las normas IEEE 830 y IEEE 12.33. Las cuales ayudan a la hora de establecer especificaciones y requerimientos para sistemas HMI. A partir de esto se debe tener en cuenta 3 puntos relevantes a la hora de especificar sistemas HMI. [32]

3.18 Pasarelas de datos

La pasarela (en inglés gateway) o puerta de enlace es el dispositivo que actúa de interfaz de conexión entre aparatos o dispositivos, y también posibilita compartir recursos entre dos o más ordenadores. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red inicial, al protocolo usado en la red de destino.

La pasarela es normalmente un equipo informático configurado para dotar a las máquinas de una red de área local (Local Area Network, LAN) conectadas a él de un acceso hacia una red exterior, generalmente realizando para ello operaciones de traducción de direcciones de red (Network Address Translation, NAT). Esta capacidad de traducción de direcciones permite aplicar una técnica llamada enmascaramiento de IP , usada muy a menudo para dar acceso a Internet a los equipos de una LAN compartiendo una única conexión a Internet, y por tanto, una única dirección IP externa.

La dirección IP de una pasarela a menudo se parece a 192.168.1.1 o 192.168.0.1 y utiliza algunos rangos predefinidos, 127.x.x.x, 10.x.x.x, 172.x.x.x, 192.x.x.x. Puedes averiguar la puerta de enlace de tu router ejecutando el comando ipconfig desde el cmd de Windows, o ejecutando la orden ip route desde la terminal macOS o GNU/Linux.

Un equipo que haga de puerta de enlace en una red debe tener necesariamente dos tarjetas de red (Network Interface Card, NIC). La puerta de enlace predeterminada (default gateway) es la ruta predeterminada o ruta por defecto que se le asigna a un equipo y tiene como función enviar cualquier paquete del que no conozca por cuál interfaz enviarlo y no esté definido en las rutas del equipo, enviando el paquete por la ruta predeterminada.

En entornos domésticos, se usan los routers ADSL como puertas de enlace para conectar la red local doméstica con Internet; aunque esta puerta de enlace no conecta dos redes con protocolos diferentes, sí que hace posible conectar dos redes independientes haciendo uso de NAT.

3.18.1 Pasarela de comunicación SIMATIC IOT2000

Una pasarela inteligente que armoniza la comunicación entre las distintas fuentes de datos, la analiza y remite a los destinatarios correspondientes, es una solución que se puede implementar fácilmente en estos escenarios. Puede ser utilizado para implementar conceptos de producción incluso para plantas existentes que están preparadas para enfrentar el futuro.

La interfaz inteligente para la Internet industrial de los objetos Con SIMATIC IOT2000, puede conectar fácilmente sus máquinas e instalaciones a TI o a la nube y, de este modo, adaptar su producción a Industrie 4.0 para conseguir procesos más eficientes, transparentes y ágiles. Campos de aplicación Más transparencia en su producción Como interfaz inteligente para su máquina o instalación, SIMATIC IOT2000 recopila, analiza y transfiere datos a TI o a la nube. Existen numerosas aplicaciones de ejemplo para empezar a trabajar con soluciones de IO.

Recopilación y compresión de datos de producción relevantes SIMATIC IOT2000 extrae datos de diversos componentes y dispositivos de automatización, como controladores, sensores y dispositivos USB. El sistema soporta numerosos protocolos, tales como el Protocolo S7, OPC UA, Modbus TCP, TCP/IP; UDP, MQTTT Subscriber o Modbus RTU a través de varias interfaces, incluyendo RS232/422/485, interfaz Serial USB, Ethernet o WiFi a través de mPCIe.

Conecta fácilmente sensores analógicos y digitales Las pantallas de E/S SIMATIC IOT2000 están especialmente diseñadas para conectar directamente datos de sensores que no son críticos para el tiempo a SIMATIC IOT2000. Esto le permite conectar fácilmente sus sensores a la pasarela SIMATIC IOT2000, con la ayuda de aplicaciones de ejemplo.

- SIMATIC IOT2000 IO shield 5x DI, 2x DO, 2x AI: Escudo ARDUINO con GPIO (libre de I2C y SPI)
- Entradas digitales: 5 x DI (24V)
- Salidas digitales: 2 x DO
- Entradas analógicas: 2 x AI (0 a 10 V o 0 a 20 mA seleccionables)
- SIMATIC IOT2000 Módulo de entrada fregadero/fuente 10 x DI Escudo ARDUINO con GPIO (libre de I2C y SPI) Entradas digitales: 10x DI fregadero/fuente (seleccionable)



Figura 16: Pasarela de comunicación SIMATIC IOT2000.

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/siemens-pc-based-industrial-automation/product-30335-2154013.html>

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipos de la investigación

Se utilizó los siguientes tipos de investigación:

3.1.1. Bibliográfica

A través del análisis de fuentes bibliográficas, se sustenta teóricamente el proyecto, por medio de información de fuentes secundarias como textos, artículos, tesis, catálogos y normas establecidas para el diagnóstico del consumo de energía eléctrica. Además de los prototipos existentes en la actualidad que permitió su medición valiéndose de los parámetros eléctricos como son el voltaje, la corriente, la potencia, frecuencia, distorsión armónica y energía.

3.1.2. De campo

La presente investigación tiene su desarrollo fundamental, en razón que la medición del consumo de energía eléctrica se lo realizó en lugar de los hechos, específicamente en el tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC en cada una de sus fases, para medir las diferentes cargas en diferentes horarios. Esto por medio de un módulo que facilitó este propósito (medidor de energía SENTRON PAC3220, a través de una pasarela de datos IOT 2000 para su visualización en HMI programado en WinCC), determinando los parámetros de voltaje, la corriente, la potencia, frecuencia, distorsión armónica y energía.

4.2 Nivel de investigación

4.2.1 Experimental

Se hizo referencia, que la investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada (Diagnostico del consumo de energía eléctrica), en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Mediante este procedimiento se detalló cada uno de los equipos y materiales a utilizar, instrumentos de medición y sus características, así se estimó cada una de las magnitudes evaluadas.

4.2.2 Descriptiva

Permitió describir las variables de forma separada, es decir el diagnóstico del consumo de energía eléctrica con sus definiciones, características, normativas y los parámetros eléctricos de igual forma, sin necesidad de establecer la incidencia o relación en los resultados de la medición de la energía.

4.2.3 Explicativa

Este nivel de investigación, va más allá de la descripción de conceptos y características establecidas de las variables; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o

sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar las condiciones del voltaje, la corriente, la potencia, la frecuencia y la energía a causa de la medición de la energía eléctrica, es decir causa y efecto de las variables.

4.3 Métodos de la investigación

4.3.1 Método Científico

Es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, en relación al enfoque cuantitativo, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos y llegar a demostrarlos con rigor racional y con ello comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación. En el desarrollo de la propuesta, se aplicó el método científico mediante un conjunto de pasos ordenados que se emplean en la obtención de un nuevo conocimiento y así se determinó los parámetros de la medición de la energía eléctrica.

4.3.2. Método Deductivo

El método deductivo va de un razonamiento general a uno particular, del principio a la consecuencia; infiere una conclusión a partir de una premisa de un principio o de una ley, que se refiere a los parámetros establecidos de medición. La propuesta tecnológica plantea que, en el tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC, no existen equipos para la medición del consumo de energía, es por ello que se optó por la implementación de un sistema de medición o diagnóstico de la energía eléctrica consumida, obteniendo datos e índices de las variables a medir, permitiendo la conclusión de los mismos y si se encuentran bajo parámetros aceptables.

4.4 Instrumentos de investigación

4.4.1 Fichas de Observación

Este instrumento permitió el registro de información primaria indispensable, directamente del objeto de estudio, se relaciona con la investigación de campo, donde se registró en fichas de trabajo por medio de la observación, misma que se realizó en las diferentes mediciones y considerando los diferentes parámetros eléctricos expuestos a evaluación.

Tabla 3: Operacionalización de variables.

Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
<p>Variable Independiente: Diagnostico del consumo de energía eléctrica.</p>	<p>La trazabilidad a la potencia eléctrica instantánea medida en conjunto con las horas de operación del proceso productivo, permitiendo así cuantificar el consumo de energía (kW/h) por unidad procesada de cada uno de los módulos de producción estudiados. Un método a seguir es analizar los parámetros característicos de las perturbaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Variaciones de frecuencia. • Huecos de voltaje. • Cortes de voltaje. • Desviación de voltaje. • Desequilibrios. • Ruido de alta frecuencia. • Sobrevoltajes transitorios. • Fluctuaciones de voltaje. • Armónicos de voltaje • Armónicos de corriente 	<p>Mediciones de los parámetros eléctricos.</p>	<p>Técnica: Análisis practico.</p> <p>Instrumento: HMI y medidor de energía SENTRON PAC3220.</p>
<p>Variable Dependiente: Parámetros eléctricos</p>	<p>El análisis de la carga instalada se basa en la evaluación del monitoreo de las variables eléctricas, a fin de determinar si el sistema de distribución eléctrico de una instalación puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico y del cableado, chequear la distribución correcta de la carga entre las fases, adecuar la instalación para la corrección del factor de potencia, controlar el consumo de energía, estudiar la calidad del suministro entregado a las instalaciones que usan esta. Estos parámetros son las características de la corriente eléctrica que permiten cuantificar esta forma de energía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia (W) • Voltaje (V) • Intensidad de corriente (A) • Energía (KW/h) • Resistencia (Ω) • Hertz (Hz) 	<p>Magnitudes de medición de la potencia, frecuencia, voltaje, intensidad, energía y armónicos.</p>	<p>Técnica: Aplicación práctico.</p> <p>Instrumento: HMI, y medidor de energía SENTRON PAC3220.</p>

Fuente: Elaboración propia con información tomada del Bloque Antiguo de la UTC.

Tabla 4:Matriz de objetivos.

Objetivos específicos	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Con qué? (técnicas e instrumentos)	¿Cómo? (métodos)
Indagar los fundamentos teóricos mediante fuentes bibliográficas, sobre los diferentes sistemas de monitoreo de datos, que permita determinar los parámetros del consumo eléctrico.	Mayo y Junio 2020	<ul style="list-style-type: none"> Bibliotecas virtuales Universidad Técnica Cotopaxi. 	<p>Técnica: Análisis documental de textos, artículos, tesis y normativas.</p> <p>Instrumento: Fuentes de almacenamiento de datos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Búsqueda y análisis de información bibliográfica de los sistemas de monitoreo, para la medición del consumo eléctrico en edificaciones. (Descriptivo)
Desarrollar el sistema de supervisión de datos eléctricos, mediante la utilización de un HMI que permita la visualización de cada una de las magnitudes.	Junio y Julio 2020	<ul style="list-style-type: none"> Universidad Técnica Cotopaxi. 	<p>Técnica: Aplicación práctica y la observación directa</p> <p>Instrumento: Programa HMI, herramientas office.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar una base de datos con las cargas del bloque antiguo, para la programación de la interfaz que permita obtener los parámetros eléctricos. Diagnóstico del consumo de energía eléctrica en el tablero principal del bloque antiguo mediante el medidor de energía SENTRON PAC3220, transformador de corriente, pasarela de datos IOT 2040, HMI en WinCC. (Exploratorio).
Establecer los índices de energía eléctrica, mediante la evaluación de cada uno de los parámetros eléctrico del tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC.	Agosto 2020	<ul style="list-style-type: none"> Universidad Técnica Cotopaxi. 	<p>Técnica: Análisis de información obtenida en el prototipo y la observación directa.</p> <p>Instrumento: Office, HMI y medidor de energía SENTRON PAC3220.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de los resultados obtenidos del consumo de energía eléctrica en cada una de las fases del tablero de distribución principal del bloque antiguo, constatando la calidad de energía, mediante la visualización y almacenamiento del HMI y el SENTRON PAC3220. (Explicativo)

4.5 Técnicas

4.5.1 Diseño del sistema de control para la adquisición de datos

4.5.1.1 Procedimiento para el diseño

Para el desarrollo del sistema de adquisición de datos, se empleó la técnica de la observación tipo experimental, la cual determinó las variables necesarias para el diagnóstico de energía que presenta cada una de las fases del tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC, para ello se utilizó un medidor de energía, un TC para posteriormente almacenar datos de manera local como remota, además se monitoreó las diferentes variables a través de un HMI desarrollado en WinCC, finalmente se instaló el módulo en el bloque antiguo de la UTC a las salidas de cada una de las fases del tablero de distribución principal.

Tabla 5: Variables para el sistema de monitoreo y adquisición de datos.

Variables	Dimensión	Instrumento
Voltaje	Voltaje (V)	SETRON PAC3220 Sistema y HMI
Intensidad	Amperios (A)	SETRON PAC3220 Sistema y HMI
Potencia	Vatios (W)	SETRON PAC3220 Sistema y HMI
Frecuencia	Hertz (Hz)	SETRON PAC3220 Sistema y HMI
Energía	Kilovatios (kW/h)	SETRON PAC3220 Sistema y HMI

Fuente: Elaboración propia.

4.5.1.2 Requerimientos generales

- **Construcción del módulo para el diagnóstico del consumo de energía**

Para la construcción del módulo se utilizó un gabinete beaucoup 30x30x20, en el cual se incorporó un medidor de energía SETRON PAC 3220, encargado de la obtención de datos en tiempo real, debido a que en el bloque antiguo se presenta niveles de corrientes superior a los 5 amperios se utilizó un transformador de corriente con sus respectivas protecciones, además de un IOT 2000 que sirve como pasarela de datos para su almacenamiento tanto de manera local, como remota.

- **Levantamiento de cargas del tablero principal del bloque antiguo.**

Al realizar el levantamiento de cargas existentes en el Bloque antiguo de la UTC para determinar la potencia con la que cuenta cada una de las fases del tablero de distribución principal, con el propósito de establecer el transformador de corriente (TC) necesario para la toma de datos.

Tabla 6: Levantamiento de cargas del bloque antiguo UTC.

LEVANTAMIENTO DE CARGAS TOTALES			
SUBTABLEROS	CARGA (KVA)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
RADIO	3	220	7.87
DATA CENTER	5	220	13.12
IMPRESA	5	220	13.12
USO GENERAL	5	220	13.12
PROYECTADO 1	5	220	13.12
PROYECTADO 2	5	220	13.12
POTENCIA TOTAL	28	220	73.48

Fuente: Elaboración propia.

- **Dimensionamiento de protecciones para el tablero principal del bloque antiguo de la UTC**

Tabla 7: Dimensiones del tablero principal del bloque antiguo UTC.

CALCULO DE PROTECCIONES PARA EL TABLERO PRINCIPAL					
SUB TABLEROS	CARGA (KW)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	PROTECCIÓN	CONDUCTOR
RADIO	3	220	7.872958216	20	12
DATA CENTER	5	220	13.12159703	20	12
IMPRESA	5	220	13.12159703	20	12
USO GENERAL	5	220	13.12159703	20	12
PROYECTADO 1	5	220	13.12159703	20	12
PROYECTADO 2	5	220	13.12159703	20	12

Fuente: Elaboración propia.

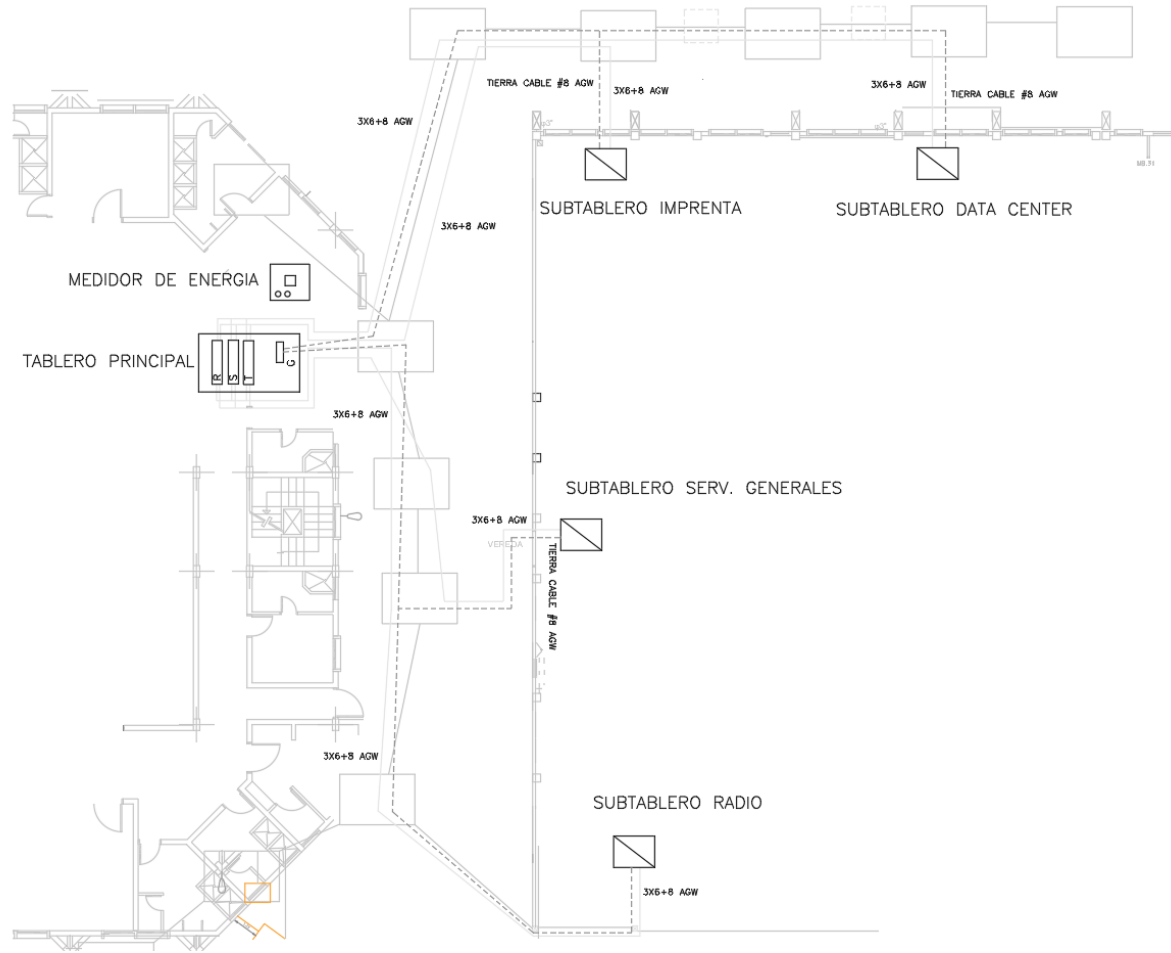


Figura 17:Diagrama Unifilar General del Bloque Antiguo.

Fuente: Elaboración propia.

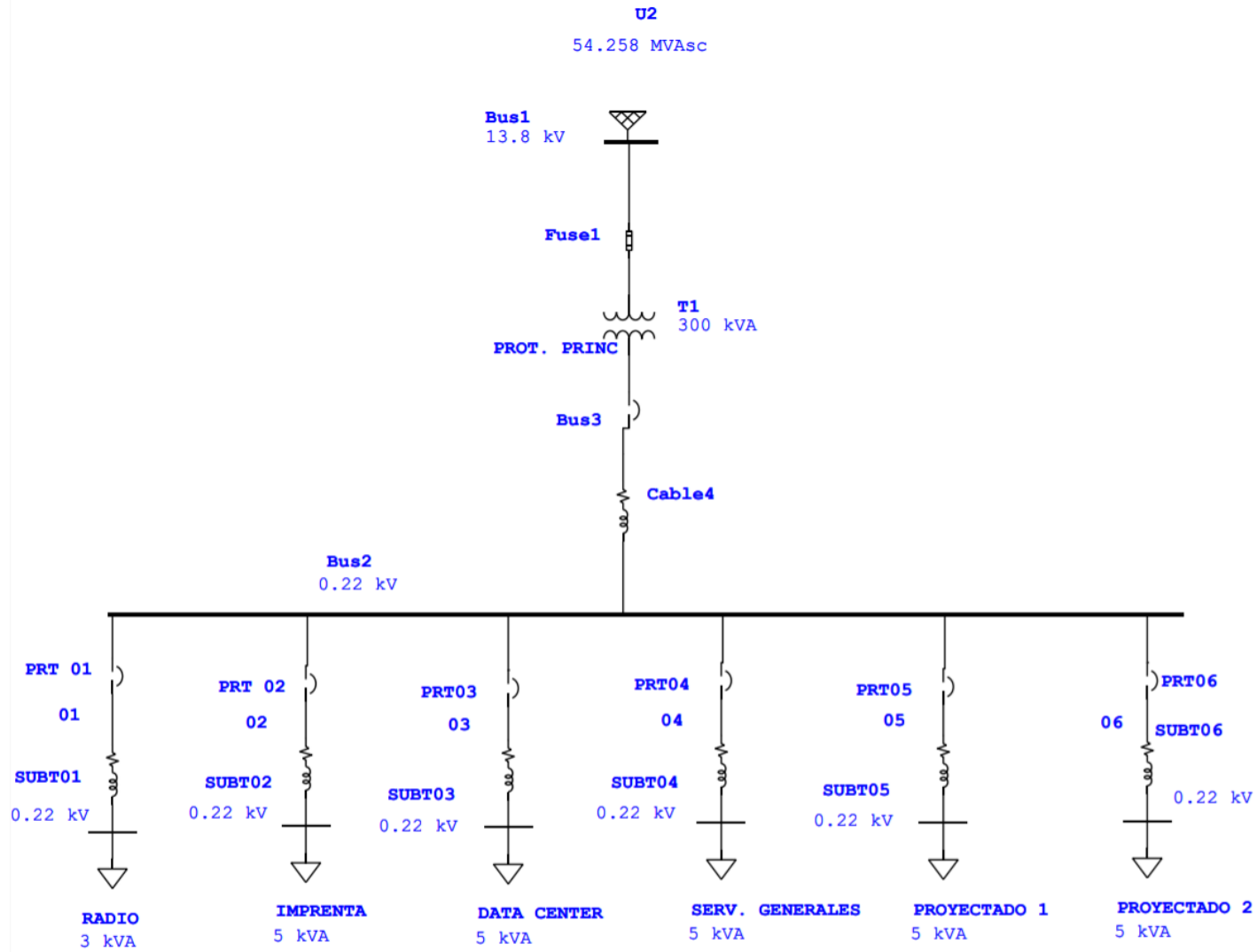


Figura 18: Diagrama Unifilar de cargas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Determinación del TC.**

Para poder determinar la capacidad del transformador de corriente se basó en la potencia total del tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC (Ver tabla 4.6.1.2), obteniendo una intensidad de corriente de 73.48A, considerando que puede existir un aumento de cargas en un futuro, para que el sistema de diagnóstico de energía no presente fallas posteriores se implementa un TC de 200/5A por fase basado en el catálogo de CLAS INGENIERÍA ELÉCTRICA DIXSEN (Anexo I).

Tabla 8: Elementos que conforman el módulo de monitoreo.

Descripción	Cantidad
Contactador de ¼ HP	1
Medidor pac3220	1
Breaker de riel 2polos 2a c2	1
Borne carril para componente	4
Conector transversal/puente	1
Bornera fusible ut 4-hesi phoenix contact	5
Fusible cristal 20mm 0,5a	5
Transformador de corriente núcleo p. 200/5A dixen	3
Gabinete beaucoup pesado 30x30x20	1
Enchufe "cooper" polarizado 4867	1
Cable sucre 3x14	2
prensa estopa p/cable 6-12 pg13.5 1/2"	1
Luces piloto	2
Paro general	1
Interruptor ON/OFF	1

Fuente: Elaboración propia.

- **Implementación del modulo**

El módulo se implementó a salida de cada una de las fases del tablero de distribución principal del bloque antiguo de la UTC, este punto se eligió debido a que ahí se conecta cada uno de los subtableros, motivo por el cual se facilitó la obtención de datos, además que el SENTRON PAC 3220 solo cuenta con tres entradas de medida de corriente y de voltaje (IL1, IL2, IL3, V1, V2, V,3).

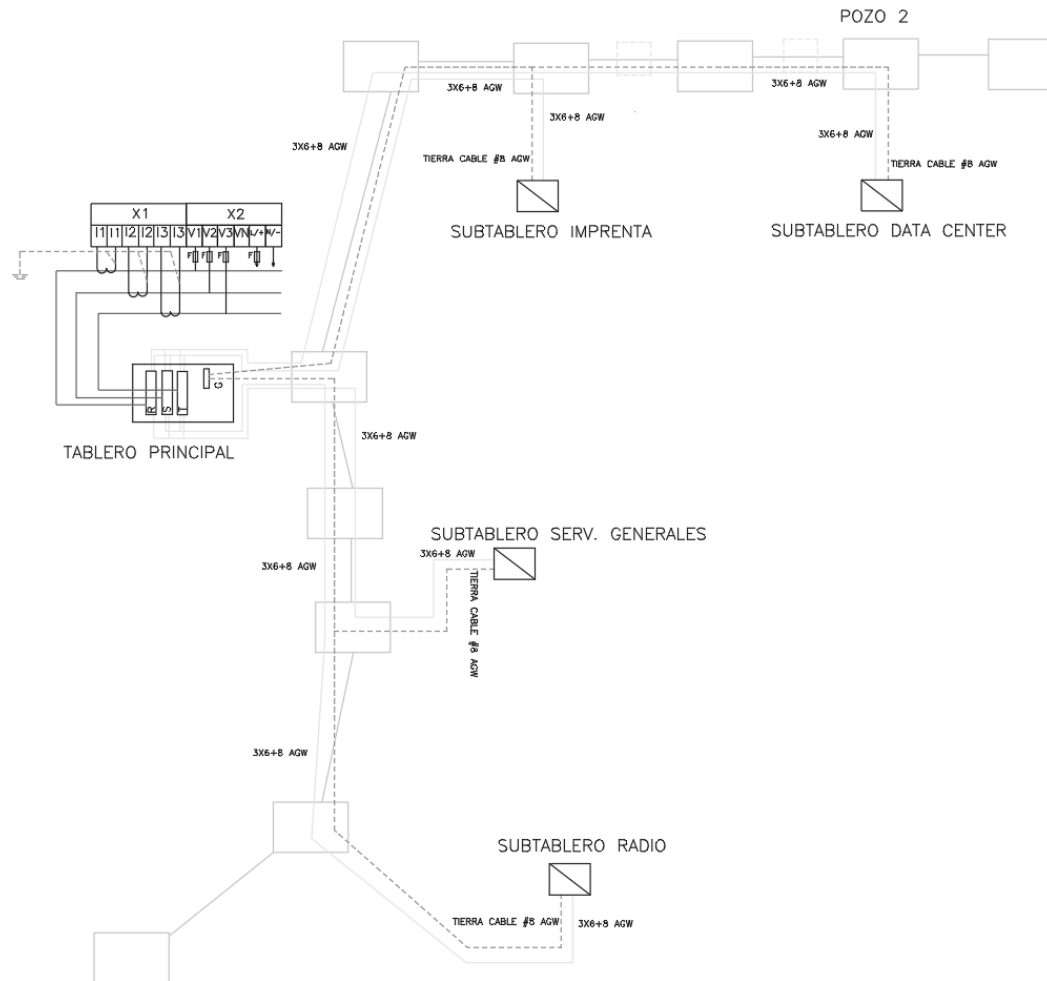


Figura 19: Diagrama de Conexión del Sistema de adquisición de datos al tablero principal.

Fuente: Elaboración propia.

- **Configuración del medidor de energía SENTRON PAC 3220**

Tipos de conexión

Existen 5 tipos de conexiones previstas para la conexión a redes de dos, tres o cuatro conductores con carga balanceada (simétrica) o desbalanceada (asimétrica).

Tabla 9: Dimensiones del tablero principal del bloque antiguo UTC.

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

Fuente: Elaboración propia

- **Circuito de potencia del sistema de adquisición de datos**

En este caso al contar con tres fases se realizó la conexión tipo 3P3W, medición trifásica, tres conductores, carga desbalanceada, sin transformador de voltaje, con tres transformadores de corriente, cada una de las fases están conectadas a la salida del tablero principal del bloque antiguo. (ANEXO III)

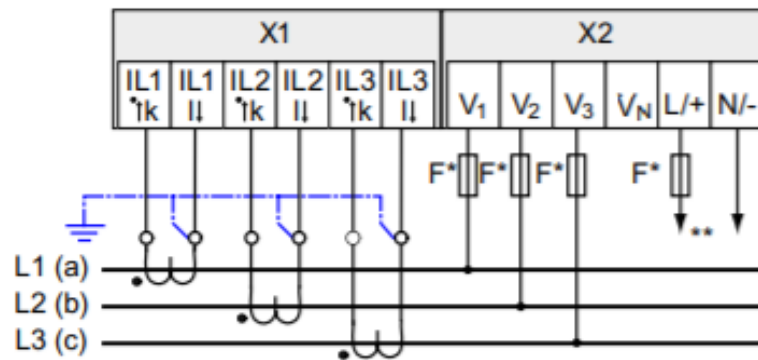


Figura 20: Tipo de conexión 3P3W, sin transformador de voltaje, con tres transformadores de corriente.

Fuente: [26]

- **Protocolo de comunicación del sistema de adquisición de datos**

Interfaz Ethernet

Para la comunicación a la red local se utilizó una conexión mediante un conector RJ45 del tipo T-568B, el mismo que llega a la entrada del router siendo el que permitió enlazarnos de manera directa con el equipo.



Figura 21: Conexión RJ45.

Fuente: [26]

- **Configuración Modbus TCP/IP a través de la interfaz Ethernet**

Para conseguir un intercambio fiable de datos entre los equipos, se deben llevar a cabo muchos procedimientos separados para esto se utilizó el protocolo Modbus TCP/IP, donde el TCP / IP es la base del Internet que sirve para enlazar componentes que utilizan diferentes sistemas operativos y ayudó a la creación del HMI, medio por el cual se visualizan los datos en tiempo real. Antes de transmitir datos útiles a través de Modbus TCP, se estableció primero una conexión TCP/IP entre equipo y servidor, el número de puerto asignado para Modbus TCP es 502 (**ANEXO III**). Antes

de cambiar a Modbus TCP se establece los parámetros de red para la dirección IP, máscara SUBNET y GATEWAY.

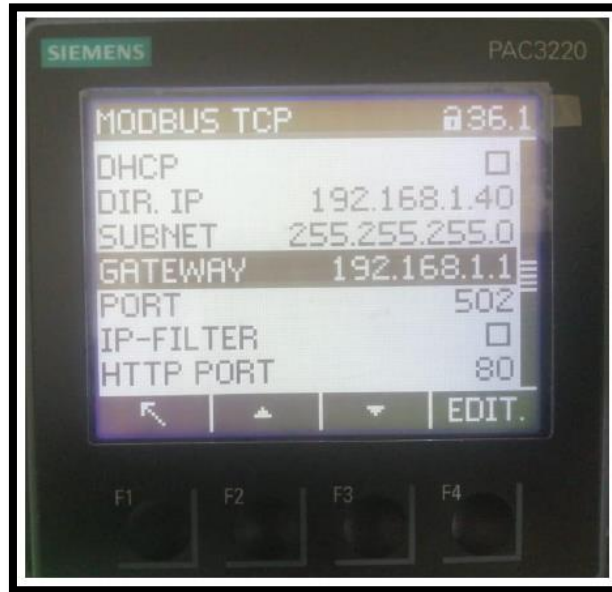


Figura 22: Configuración de Modbus TCP.

Fuente: [26]

- **Almacenamiento de datos en plataforma local y remota**

Para almacenar los datos que permitan el diagnóstico de la energía tanto de manera local y remota, se implementó una pasarela de datos IOT2000 que es una plataforma confiable abierta para el almacenamiento, procesamiento y transferencia de datos en los entornos industriales.

Constituye la pasarela idónea entre la Nube, los sistemas IT y de producción, el beneficio es un hardware abierto y expandible, además esta pasarela puede instalarse posteriormente en el sistema SCADA que se instaló en la UTC, con el fin de armoniza la comunicación entre las diferentes fuentes de datos y pasarlos para su evaluación en la nube.

- **Programación del IOT2000**

Para la conexión de la pasarela, se utilizó el protocolo de comunicación RJ45 que inicia desde el puerto wedserver del SENTRON PAC 3220 hacia el wedserver del IOT2000, además se utilizó el protocolo Modbus TCP/IP para la comunicación con la plataforma local NODE-RED. (Anexo IV, VII Y VIII).

- **Desarrollo del HMI**

La implementación de un HMI muestra la información en tiempo real, proporciona gráficos visuales y digeribles de los parámetros eléctricos, esto ayuda al monitoreo constante para poder diagnosticar la energía eléctrica (ANEXO X)

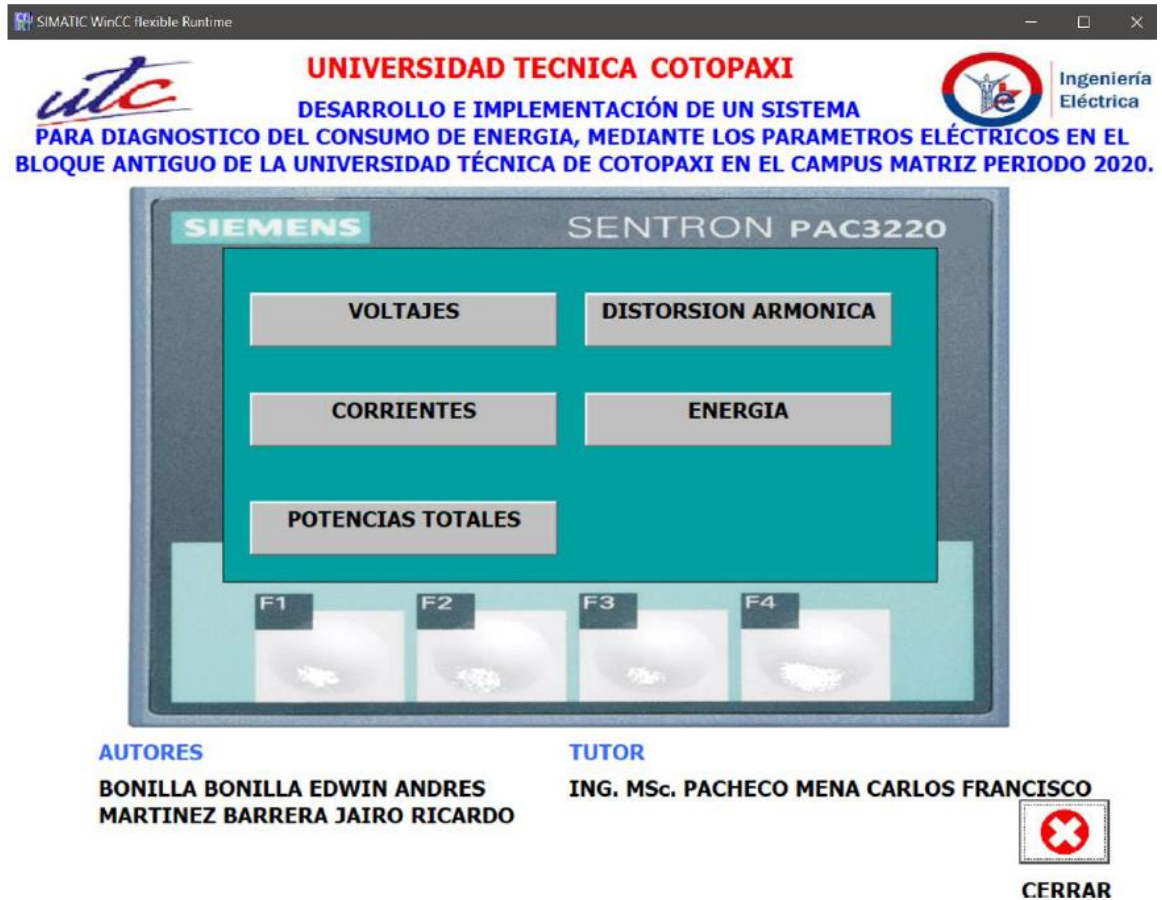


Figura 23: HMI para la visualización de los parámetros eléctricos.

Fuente: Elaboración propia.

- **Diagrama de flujo**

A continuación, en la figura 24 se muestra el diagrama de flujo del sistema de adquisición de datos:

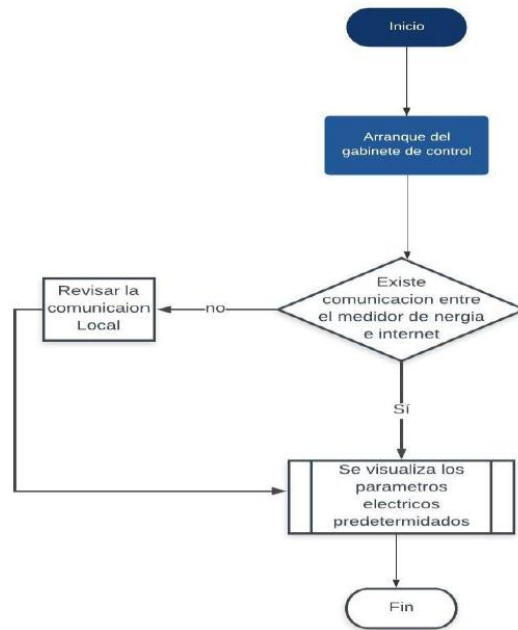


Figura 24: Diagrama de flujo.

Fuente: Elaboración propia.

- Esquema general para el desarrollo del sistema de monitoreo

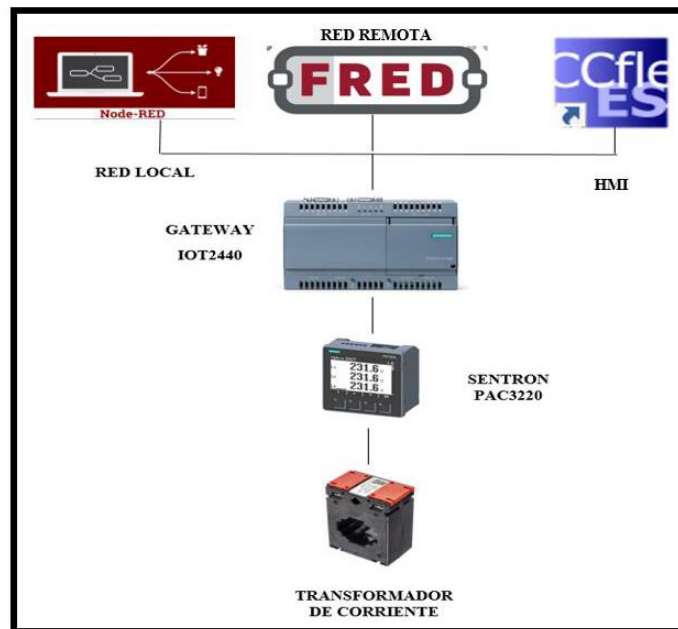


Figura 25: Esquema del sistema de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se especifica el informe los parámetros recopilados de una semana (23/08/2020-30/08/2020), para la comprobación del funcionamiento del sistema de adquisición de datos, por motivo de no poder ingresar a la UTC para su implementación, se realizó una simulación del comportamiento de cargas para conocer sus parámetros eléctricos, en el software ETAP-16 basándose en el levantamiento de cargas (ver tabla 6), además se analiza una base de datos de parámetros eléctricos reales, para observar cómo varían, de acuerdo al tipo de conexión.

Para este análisis se basó en la regulación No. Arconel 005/18, donde manifiesta que se debe evaluar por 7 días en periodos de 10 minutos, para establecer si se encuentra dentro de los rangos admisibles, también se basó en la normativa IEEE 1159-2009, donde se considera que los límites de desbalance de corriente y voltaje.

5.1 Análisis del lugar de experimentación

5.1.1 Estudio de voltaje

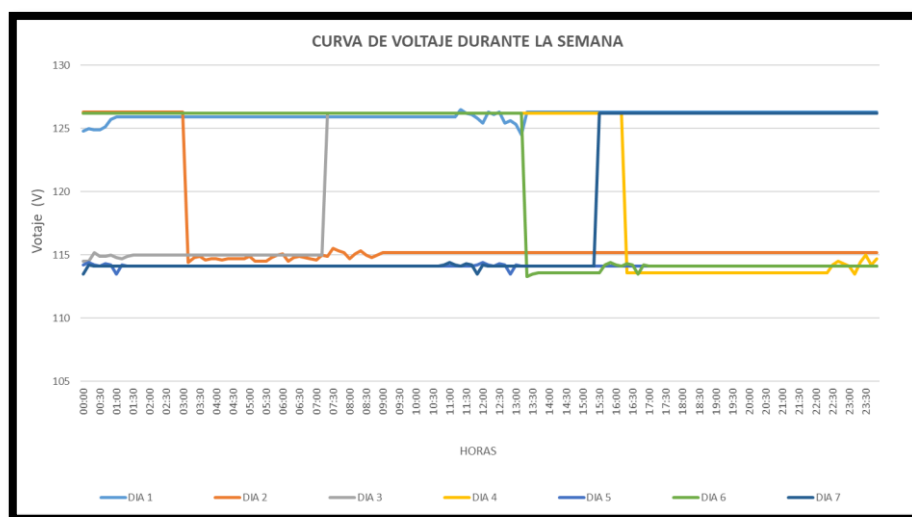


Figura 26: Curva de voltaje semanal.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la figura 5.1.1, se puede observar los valores de voltaje que se recopiló durante 7 días (23/08/2020-30/08/2020) conforme la REGULACIÓN No. ARCONEL 005/18, se evidencia que el porcentaje del día Lunes es de 2,01%, Martes 11,01%, Miércoles 10,92%, Jueves

11,80%, Viernes 11,89%, Sábado 11,80%, Domingo 11,89%, obteniendo que solo el día Lunes el voltaje está dentro de los parámetros admisibles establecidos por la regulación, los demás días tiene más del 8%, por este motivo se concluye que el voltaje en el domicilio es menor del 95% de los valores de voltaje obtenidos están fuera del rango permisible de $\pm 8\%$ que nos permite la regulación. La tabla de los datos diarios y curvas de voltaje se encuentra en los (ANEXOS XIV-XV).

5.1.2 Estudio de corriente

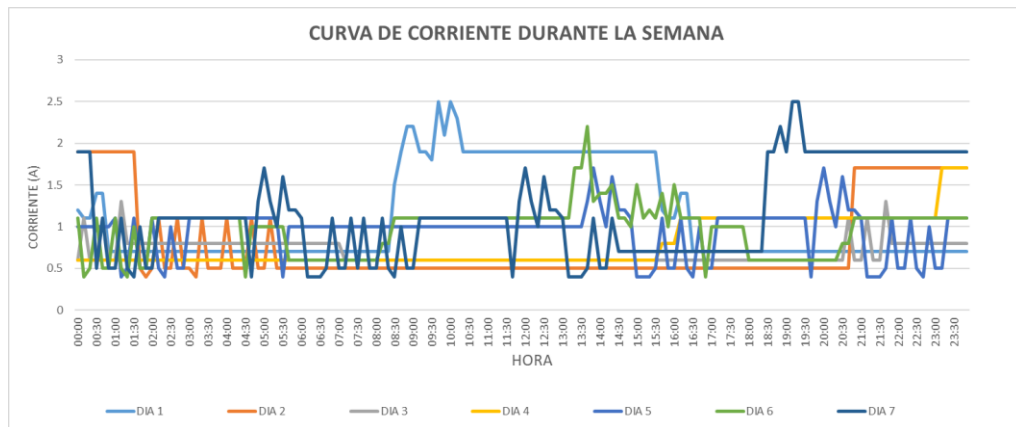


Figura 27: Curva de corriente semanal.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar en la figura 5.1.2.1, que los valores de corriente pico consumida durante la semana de análisis se presenta el día sábado con 1.20A, dado que este día existe más consumo de cargas, por otra parte su pico mínimo es el día martes de 0.756A, por motivo a que los habitantes se encuentran en sus jornadas laborales, obteniendo un promedio de corriente en la vivienda de 0,9525A que es normal en una vivienda, es decir no presenta fallas en sus instalaciones, La tabla de los datos y curvas diarias de corriente se encuentran en los (ANEXOS XVI-XVII.)

5.1.3 Estudio de potencia

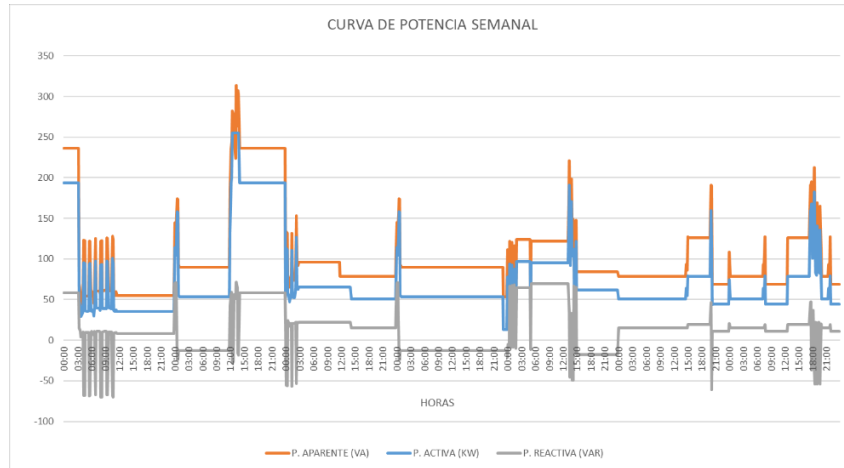


Figura 28: Curva de potencia semanal.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la presente imagen 5.1.3, se relaciona a la potencia activa, aparente y reactiva que consume el domicilio donde se realizó la experimentación, para el análisis como referencia se basa en la potencia reactiva, como se observa tiende a ser negativa en cierto rango de tiempo, esto es debido a que se encuentra aportando reactivos al sistema, en conclusión, esos rangos de tiempo se encuentran en funcionamiento equipos en el domicilio. Los datos y curvas diarias de potencia se encuentran detalladas en los (ANEXOS XVIII-XXIX)

5.1.4 Estudio de energía

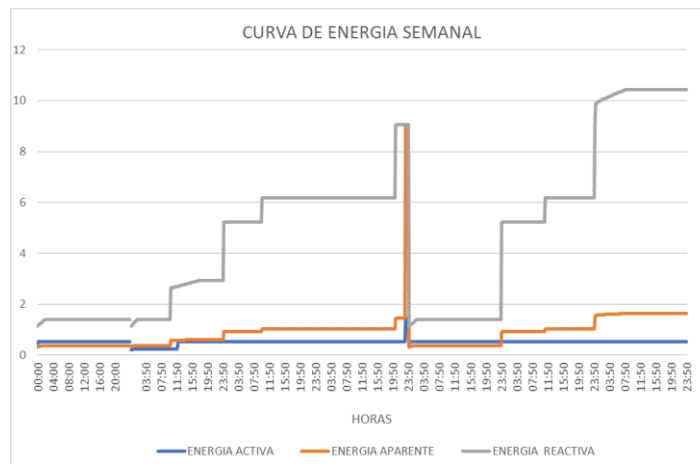


Figura 29: Curva de energía semanal.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar en la figura 5.1.4, que los valores de energía más altos de la semana se son el día jueves con un valor de 0,52 KW/h, ya que ese día se utilizó gran mayoría de la carga domiciliaria, y el consumo mínimo de energía se registró el día lunes 0,303 KW/h ya que el domicilio paso desocupado por motivo a que los habitantes se encuentran en sus jornadas laborales. La tabla de los datos y graficas diarias de energía se encuentran en los (ANEXOS XX-XXI)

5.2 Análisis de la simulación con referencia a las cargas de la UTC en el software etap-16

Tabla 10: Cargas a considerar

CARGAS A CONSIDERAR		
SUBTABLEROS	CARGA (KW)	VOLTAJE (V)
RADIO	3	220
DATA CENTER	5	220
IMPRESA	5	220
USO GENERAL	5	220
PROYECTADO 1	5	220
PROYECTADO 2	5	220
POTENCIA TOTAL kW	28	220

Fuente: Elaboración propia

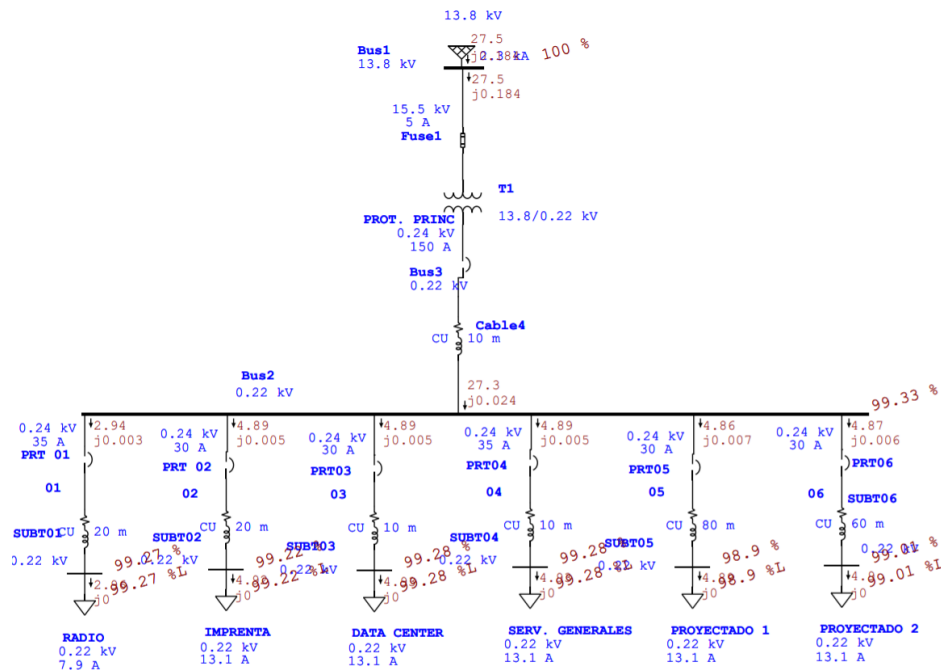


Figura 30: Simulación bloque antiguo.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5.2 se muestra el flujo cargas basado en un esquema unifilar antiguo, para poder obtener los parámetros eléctricos, y así determinar el comportamiento de cada uno de ellos, para posterior su comparación con los datos recabados.

5.2.1 Estudio de voltaje

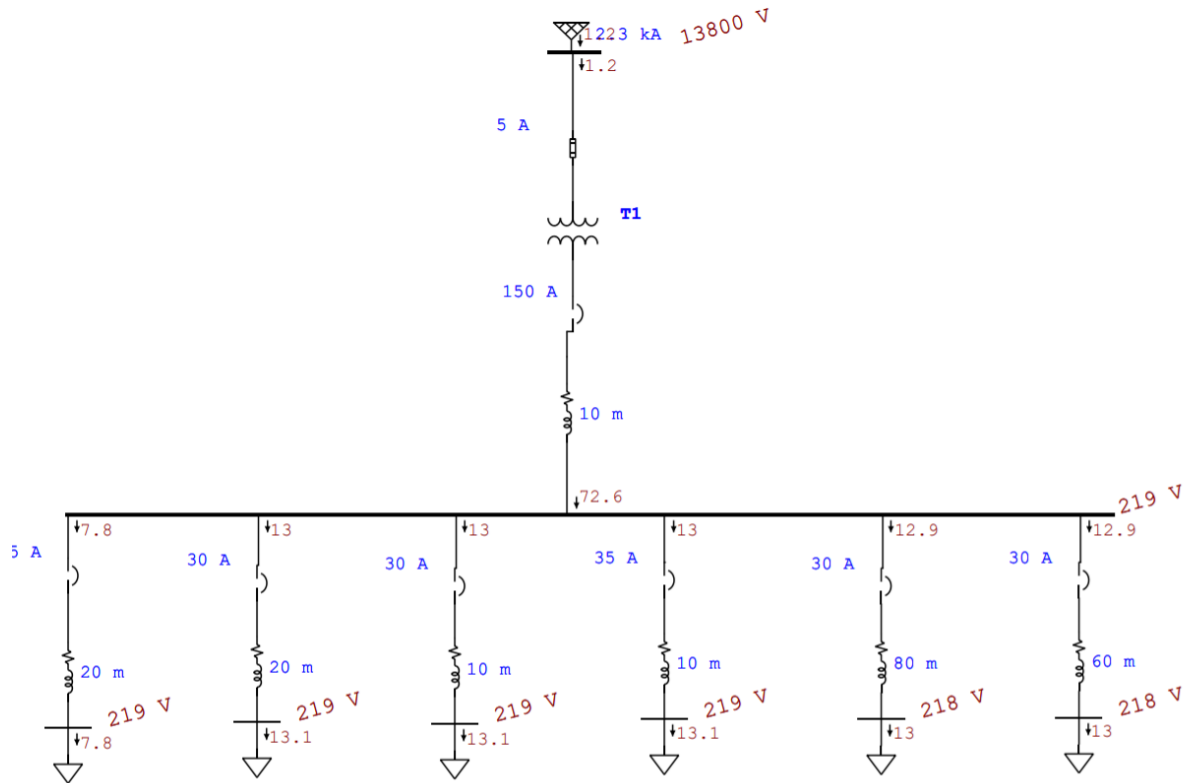


Figura 31: Voltaje de barras.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Voltaje en las cargas

Subtablero	Vk	Voltaje (kV)	Variación Vk (%)
SUBT01	220	0.219	0.46 %
SUBT02	220	0.219	0.46 %
SUBT03	220	0.219	0.46 %
SUBT04	220	0.219	0.46 %
SUBT05	220	0.218	0.92 %
SUBT06	220	0.218	0.92 %

Fuente: Elaboración propia

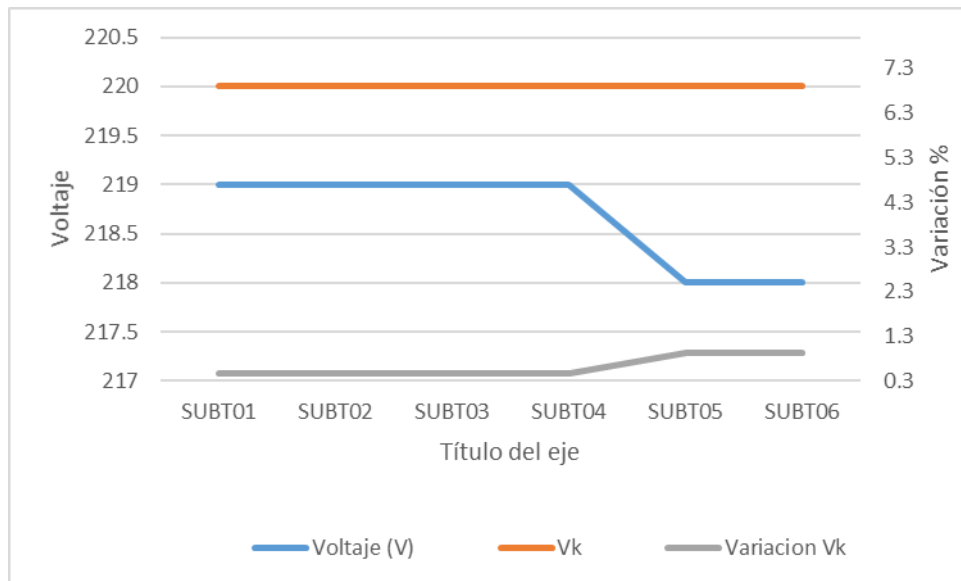


Figura 32: Desbalance de voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia en la figura 5.2.1.2, el nivel de voltaje que registraría nuestro sistema si estuviese conectado al tablero distribución principal del bloque antiguo de la UTC, dando como resultado 219V para las fases de la Radio, Imprenta, Data Center y servicios generales, se puede apreciar una pequeña variación a los subtableros proyectados a 218V, según la regulación Arconel No 005/18 manifiesta que las variaciones de bajo voltaje admitidas son de $\pm 8\%$, por lo cual se encuentra dentro de los rangos admisibles, se puede apreciar la adquisición de datos en el (ANEXO XIII)

5.2.2 Estudio de la Corriente

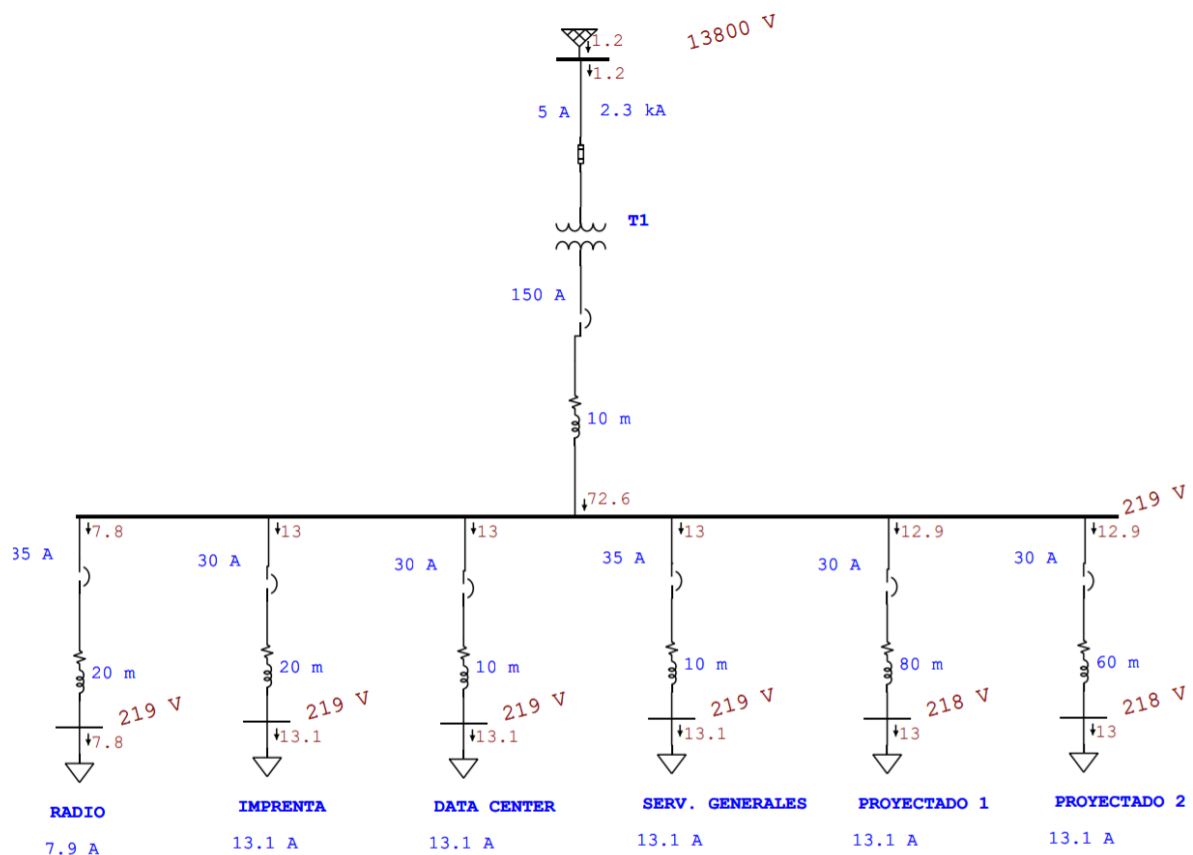


Figura 33: Simulación de corriente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Adquisición de Corrientes.

SUBTABLEROS	CORRIENTE (A)
DATA CENTER	13.1
IMPRENTA	13.1
RADIO	7.8
SERV. GENERALES	13.1
PROYECTADO 1	13
PROYECTADO 2	13

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta en la figura 5.7.2, el índice de corriente arrojado por el sistema de simulación, determinando que el menor índice de corriente existe es en la radio de la UTC debido a que su carga es de 3kVA, razón por la cual se evidencia un valor de 7.8 A. en comparación a los

otros subtableros que su carga es de 5kVA, considerando que para esta simulación se optó por utilizar cargas equilibradas.

5.2.3 Estudio de Potencia.

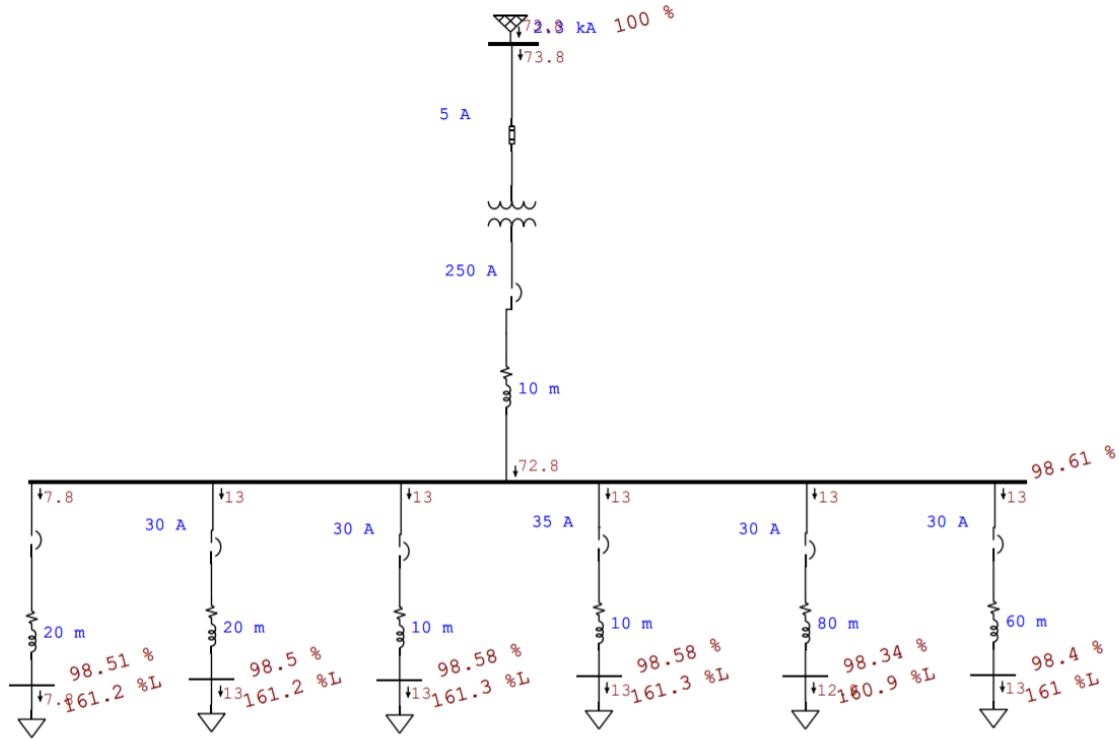


Figura 34: Potencias del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Potencia en los subtableros.

POTENCIA EN LOS SUBTABLEROS			
TABLEROS	P. APARENTE (KVA)	P. ACTIVA (KW)	P. REACTIVA (Kvar)
RADIO	3	2,97	0,42
IMPRESA	5	4,95	0,70
DATA CENTER	5	4,96	0,63
SERV. GENERALES	5	4,96	0,63
PROYECTADO 1	5	4,92	0,89
PROYECTADO 2	5	4,93	0,83

Fuente: Elaboración propia

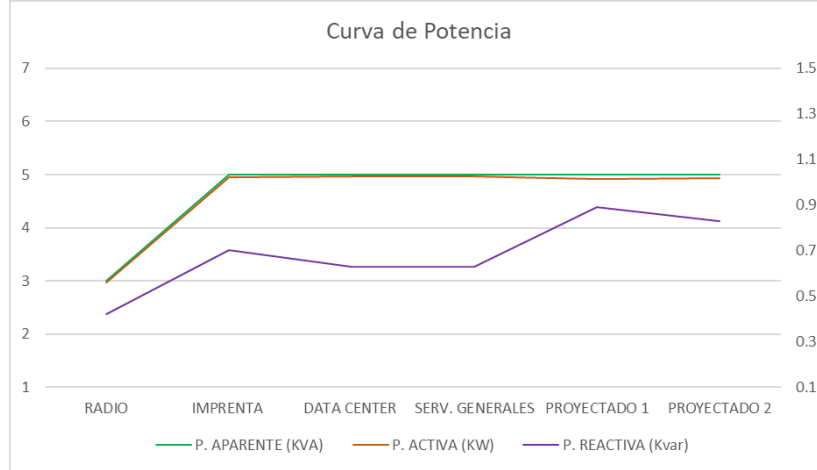


Figura 35: Potencias en los subtableros.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura 5.2.3.2, se puede evidenciar que la menor potencia se presenta en el círculo azul que corresponde al subtablero de la Radio, ya que este tiene una carga menor razón por la cual su consumo es bajo, por ello sus potencias son inferiores a comparación de los otros subtableros, donde se visualiza con el círculo rojo que los otros subtableros tienen mayor carga instalada.

5.2.4 Estudio de Energía.

Tabla 14: Consumo de energía.

SUBTABLEROS	CONSUMO kW/h
DATA CENTER	4.96
IMPRESA	4.95
RADIO	2.97
SERV. GENERALES	4.96
PROYECTADO 1	4.92
PROYECTADO 2	4.93

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura 36, se observa que los subtableros que más consumen energía en el bloque antiguo de la UTC, son el Data Center y servicios generales con 4.96kW, esto se debe a que sus cargas deben estar todo el tiempo en funcionamiento ya que son de vital importancia para el edificio. Y el menor consumo se registra en el tablero de la radio con un consumo de 2.97KWh/mes, debido a que la radio solo se utiliza para transmitir en ciertos horarios. Para una mejor apreciación de los datos en el (ANEXO XIII)

5.3 Análisis de los parámetros eléctricos reales

5.3.1 Estudio de voltaje

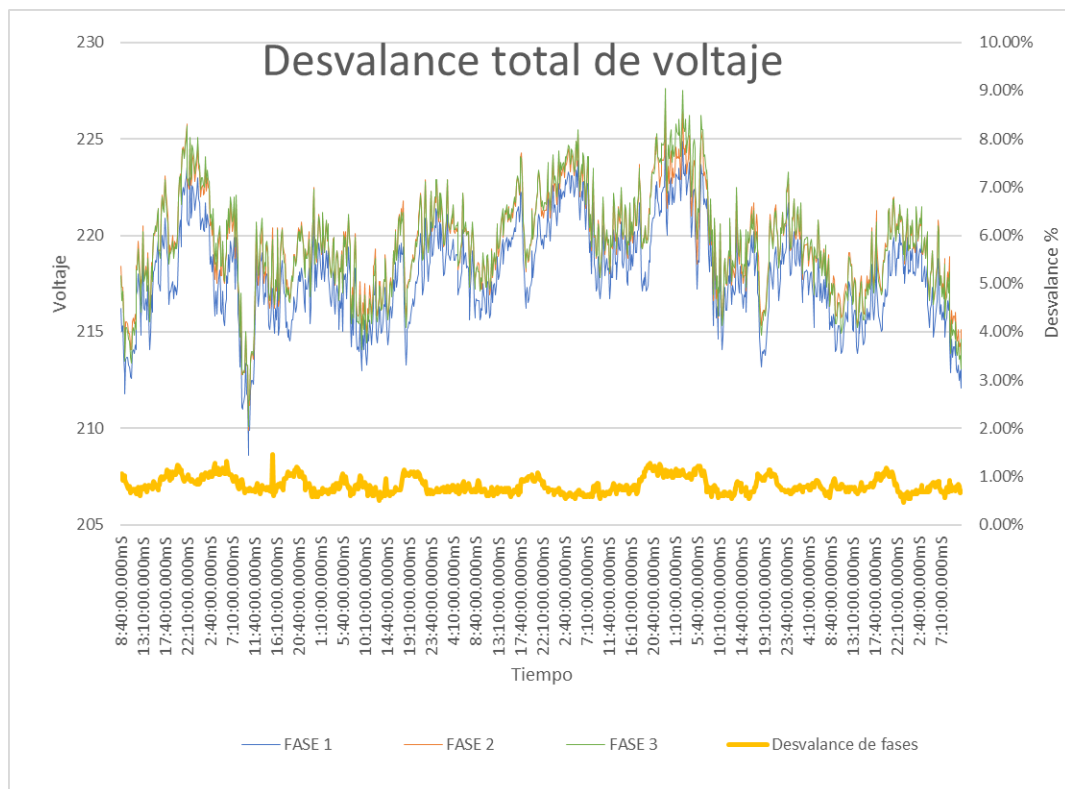


Figura 36: Curva de voltaje semanal.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5.3.1.1, se puede observar la curva de voltaje de la semana, en la cual contiene el desbalance entre fases, donde la fase 2 y la fase 3 no presentan un desbalance considerable, pero en la fase 1 se puede observar que cambia considerablemente, según la regulación Arconel No 005/18 manifiesta que las variaciones de bajo voltaje admitidas son de $\pm 8\%$, por lo cual se

encuentra dentro de los rangos admisibles, se puede apreciar de mejor manera la variación y datos y graficas individuales de las fases en los anexos (ANEXOS XXII-XXIII)

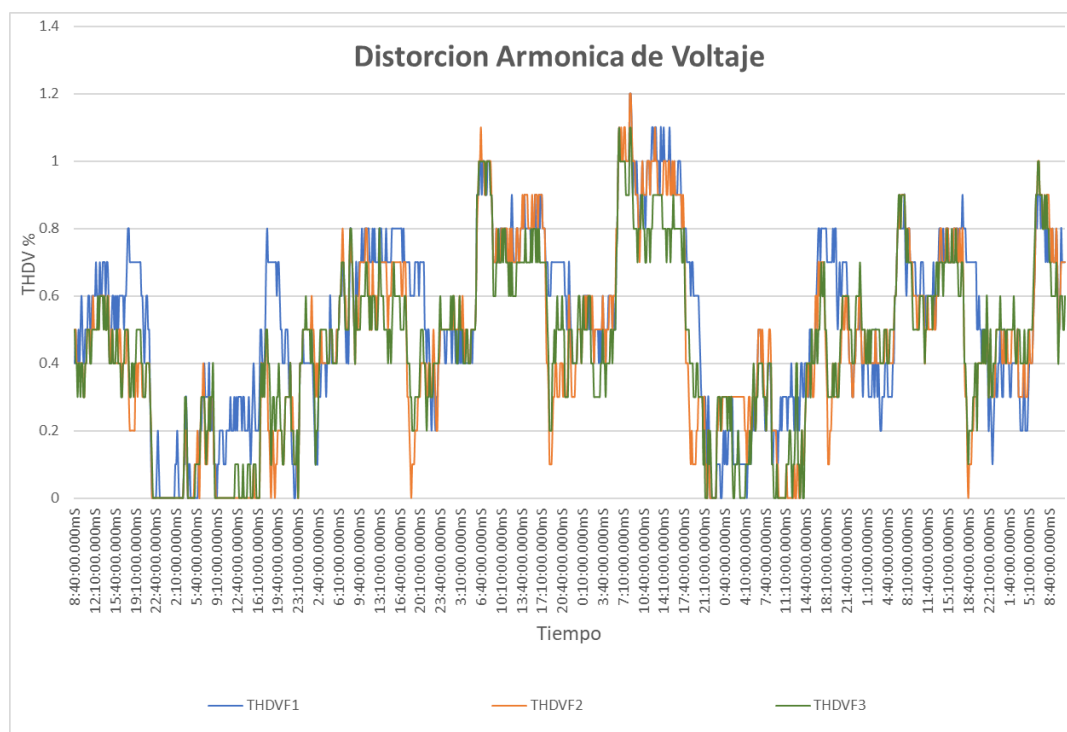


Figura 37: Distorsión Armónica de Voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Promedio THDV.

PROMEDIO SEMANAL THDV		
FASE 1	FASE 2	FASE 3
0.52195122	0.45356098	0.44526829

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta en la tabla un promedio semanal por fase de la distorsión armónica de voltaje en la cual se aprecia el índice de distorsión más alto es en la fase 1 con 0.52% en comparación a la fase 1 con 0.45% y fase 2 con 0.44%, según LA REGULACIÓN ARCONEL No 005/18, en la cual manifiesta que los límites establecidos para bajo voltaje del THDV es del 8% se

en concluye que el sistema se encuentra dentro de los parámetros de calidad establecidos. Los datos de distorsión de voltaje diarios, se puede apreciar de mejor manera en el (ANEXO XXII)

5.3.2. Estudio de corriente

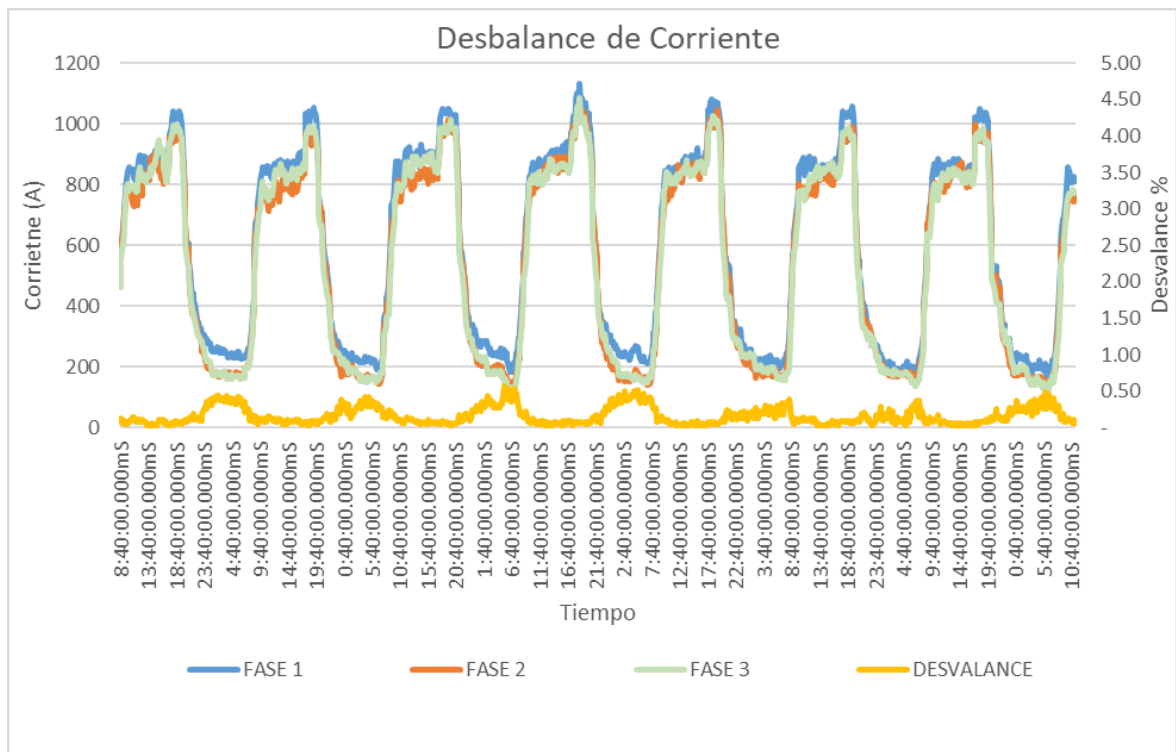


Figura 38:Desbalance de corriente.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la figura 5.8.2, se puede observar que el flujo de corriente entre las fases 2 y 3 es similar, debido a que sus cargas son equipotenciales, por otra parte, la fase 1 presenta una pequeña diferencia, esto se debe a que contiene una carga de mayor consumo, se concluye que desde las 8:40am hasta las 18:00pm el sistema está trabajando a un 100% por tal motivo su desbalance es mínimo, a diferencia del resto de las horas.

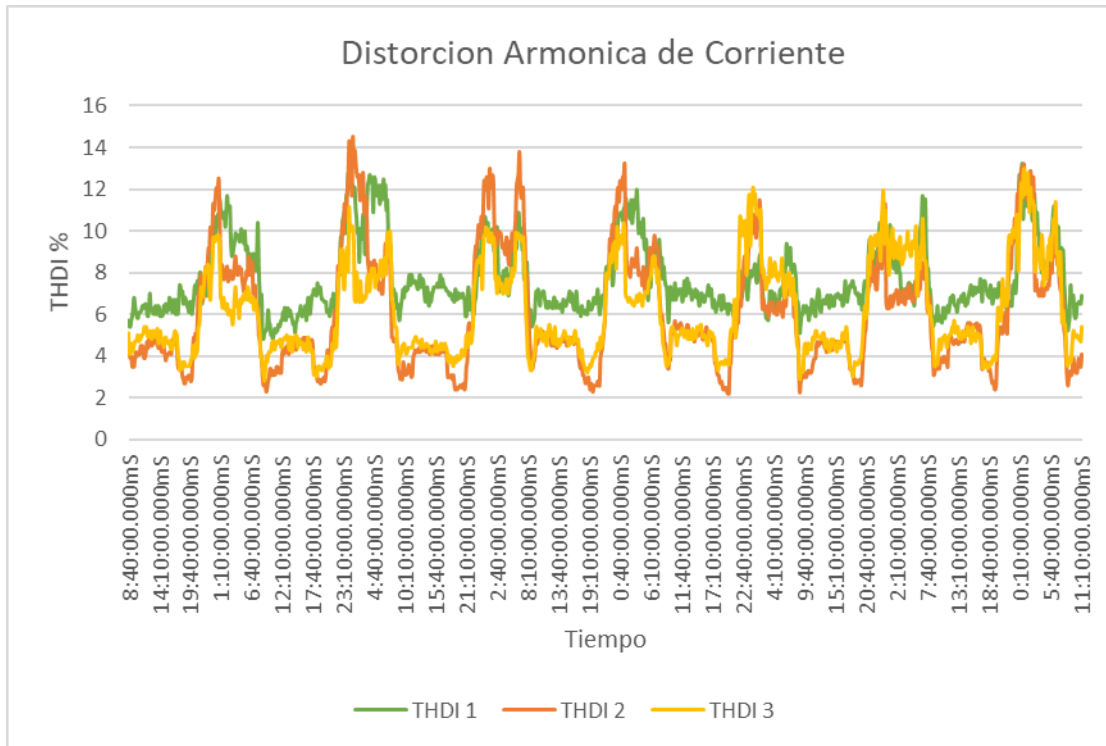


Figura 39: Distorsión Armónica de Corriente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Promedio THDI.

PROMEDIO SEMANAL THDI		
FASE 1	FASE 2	FASE 3
7.693	6.123	6.179

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 5.8.3 el mayor índice de distorsión de voltaje se da en la fase 1 con el 7.69%, donde la fase 2 y 3 se evidencia que son las de menor consumo, se concluye que la fase uno tiene incorporada la mayor carga de la empresa, para una mayor visualización de los datos y graficas diarias ver el (ANEXO XXIV-XXVI)

5.3.3 Estudio de potencia

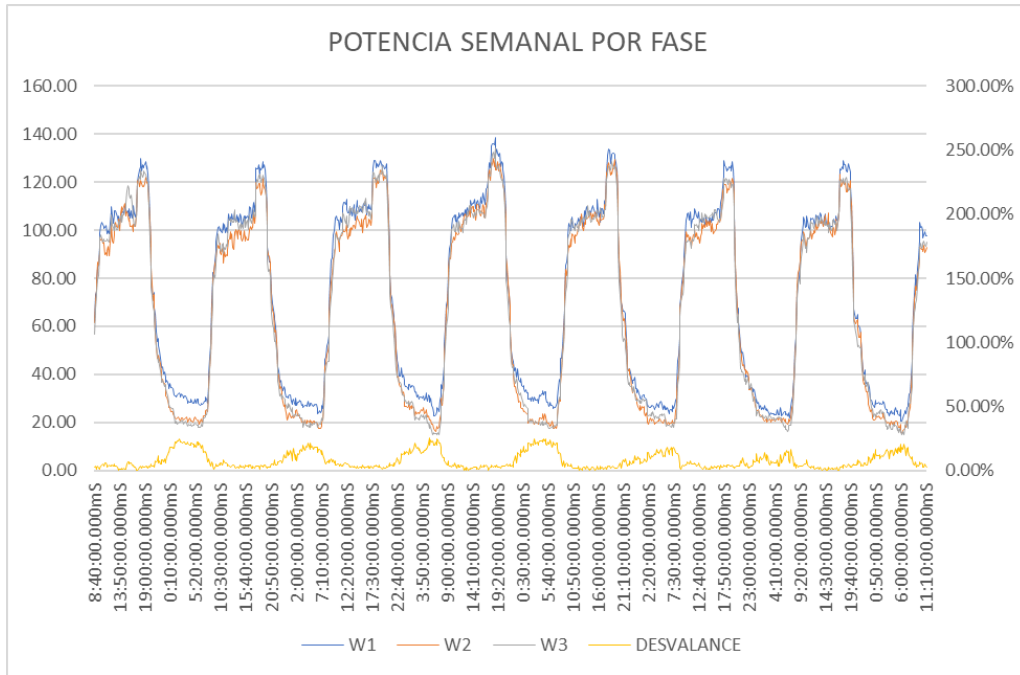


Figura 40: Potencia Semanal.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5.3.3.1 se observa el consumo de Potencia por cada una de las fases, como resultado en la Fase 1 73,70 KW, Fase 2 68,36 KW y la Fase 3 68,49 KW, se concluye que el consumo total de potencia 210,54 KW, debido a que son datos de una empresa de gran magnitud, registrándose una Potencia máxima de 138,57 W y una mínima de 20,70 W, Fase 2 de Potencia máxima de 129,87W y un mínimo de 15,51W y la Fase 3 con un máximo de potencia 134,08 KW y un mínimo de 14,68W. El desbalance máximo que se presentó en el sistema es de 25,50 % el día 20-6-2015 y el desbalance mínimo es de 0,09 % 23-6-2015

Los datos y curvas diarias se pueden apreciar en el (ANEXO XXVI-XXVII)

5.3.4 Estudio de energía

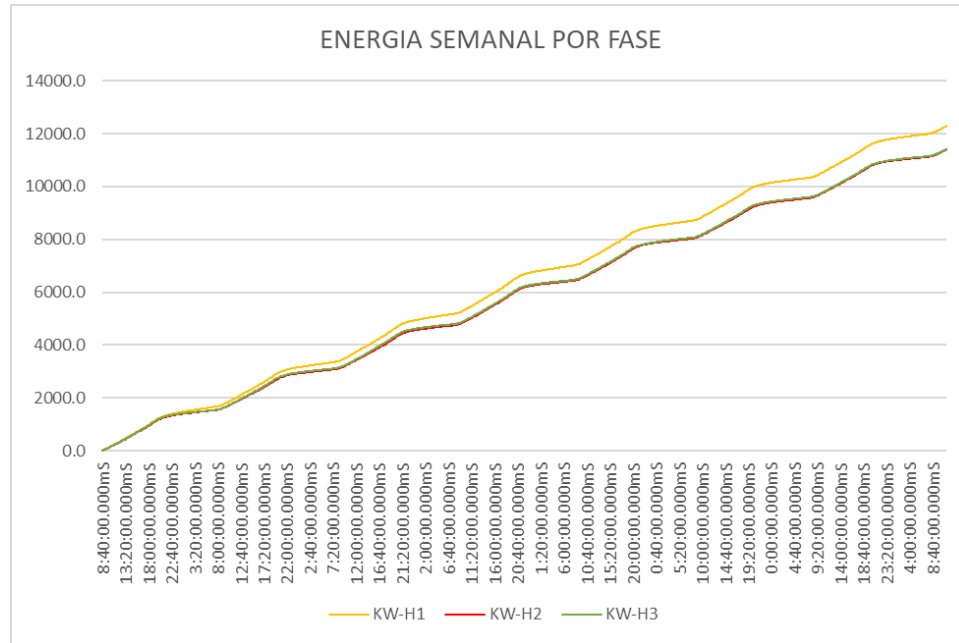


Figura 41: Acumulación de energía semanal.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5.3.4.1 se evidencia el consumo de energía por cada una de las fases, teniendo como resultado un consumo en la Fase 1 de 12,283 GW/h, Fase 2 de 11,393 GW/h y Fase 3 con un consumo 11,414 GW/h, en conclusión, se tiene un consumo energía total de 35,09 GW/h en la semana, esto se debe a que los parámetros recolectados son de una empresa de gran magnitud.

5.4 Comparación de resultados

Tabla 17: Voltajes Trifásicos y monofásicos.

TRIFÁSICA							
PARÁMETROS ELÉCTRICOS	VOLTAJE F1	THDV F1	VOLTAJE F2	THDV F2	VOLTAJE F3	THDV F3	VARIACIÓN DE VOLTAJE (%)
MÁXIMO	225	0,9	226,8	0,9	227,6	0,9	1,23
MÍNIMO	208,6	0	209,9	0	210,1	0	0,15
MONOFÁSICO							
PARÁMETROS ELÉCTRICOS	VOLTAJE F1	THDV F1	VOLTAJE F2	THDV F2	VOLTAJE F3	THDV F3	VARIACIÓN DE VOLTAJE (%)
MÁXIMO	126,5	2,6	0	0	0	0	12,09
MÍNIMO	113,3	0	0	0	0	0	0,4

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5.4.1 observamos que los parámetros eléctricos de voltaje trifásicos son mayores a los obtenidos en el lugar de experimentación, dando como voltaje máximo de 225V a 126,5V en la conexión monofásica, esto se debe a que los datos obtenidos de una empresa son de un tablero trifásico a 220V, debido a la demanda de carga que debe abastecer, por otra parte los valores mínimos son 208,6V en trifásica a 114,12V en la conexión monofásica, se concluye que la variación de voltaje en la empresa está dentro de los parámetros que establece la REGULACIÓN No. ARCONEL 005/18 en la que manifiesta una variación de $\pm 8\%$ permitido, por otro lado, las caídas de tensión en la conexión monofásica que se presentan en el lugar de experimentación poseen grandes variaciones de voltaje en la semana, dando un máximo de 12,09%, se concluye que las caídas de tensión en el domicilio están fuera del rango admisible que permite la Resolución Nro. ARCONEL-053/18, ya que menos del 95% de los datos obtenidos están fuera del rango permisible.

Tabla 18: Corrientes Trifásicas y monofásicas.

TRIFÁSICO						
PARÁMETROS ELECTICOS	CORRIENTE F1	THDC F1	CORRIENTE F2	THDC F2	CORRIENTE F3	THDC F3
MÁXIMO	1132,5	13,2	1055,9	14,5	1084,5	13
MÍNIMO	172,6	4,8	128,7	2,2	124,3	2,8
MONOFÁSICO						
PARÁMETROS ELECTICOS	CORRIENTE F1	THDC F1	CORRIENTE F2	THDC F2	CORRIENTE F3	THDC F3
MÁXIMO	1,9	118,6	0	0	0	0
MÍNIMO	0,4	59	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, al realizar el análisis de la corriente podemos visualizar en la tabla 5.4.2 que los valores obtenidos en la empresa son muy superiores a los valores obtenidos el lugar de experimentación, dando un valor máximo en la empresa de 1132,5A, en a 1,9A, esto se debe al tipo de cargas que posee la empresa en consecuente consume más potencia y por tal razón va a tener mayor consumo de corriente, además se debe a que cuenta con una red trifásica (220V).

Tabla 19: Potencias Trifásicas y monofásicas.

TRIFÁSICA			
PARÁMETROS ELÉCTRICOS	POTENCIA F1 (KW)	POTENCIA F2 (KW)	POTENCIA F3 (KW)
MÁXIMO	138,57	129,87	134,08
MÍNIMO	20,7	15,51	14,69
MONOFÁSICO			
PARÁMETROS ELÉCTRICOS	POTENCIA F1 (KW)	POTENCIA F2 (KW)	POTENCIA F3 (KW)
MÁXIMO	0,3135	0	0
MÍNIMO	0,0434	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Las potencias están directamente relacionadas con el consumo de energía que se tiene en un intervalo de tiempo, como podemos observar en la tabla 5.4.3. Es por esto que se tiene una variación dependiendo de la carga que se esté utilizando, esto se refleja en la potencia consumida de la empresa, en conclusión, se tiene una potencia mayor, porque los equipos demandan más de la misma.

Tabla 20:Energía Trifásica y monofásica

TRIFÁSICA			
PARÁMETROS ELÉCTRICOS	ENERGÍA F1 (KW/h)	ENERGÍA F2 (KW/h)	ENERGÍA F3 (KW/h)
MÁXIMO	12282,7	11392,6	11414,3
MINIMO	10,3	10,2	9,5
MONOFÁSICO			
PARÁMETROS ELÉCTRICOS	ENERGÍA F1 (KW/h)	ENERGÍA F2 (KW/h)	ENERGÍA F3 (KW/h)
MÁXIMO	1,439	0	0
MÍNIMO	0,209	0	0

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se puede evidenciar en la tabla 5.4.4 que los consumos de Energía de la empresa son muy superiores a los del domicilio, esto es muy evidente a la cantidad de carga que posee la empresa por este motivo se concluye que es mejor trabajar a una red trifásica dependiendo el consumo que se necesite.

5.5 Propuesta técnica

La importancia de monitorear los parámetros eléctricos es un elemento clave para la iniciativa del estudio de la eficiencia energética, porque el consumo energético (ya sea en kWh o MWh) es, por lo general, el componente principal de la factura de electricidad, por ello medir el consumo en distintos lugares de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es muy recomendable para un asesoramiento preciso, para poder comparar con niveles de actividades similares, pueden ajustarse periodos de medición, por ejemplo, una semana, días, etc. Razón por la cual se propone la implantación de un módulo de adquisición de parámetros eléctricos en cada bloque de la universidad, de esta manera se podría crear un sistema SCADA, con el fin de recolectar y almacenar datos en un solo software con el fin de realizar un estudio de calidad y energía más afondo en todo

el campus. En la tesis propuesta queda abierta la comunicación de protocolos para la implementación de futuros módulos siendo la UTC los principales beneficiarios.

6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1 Presupuesto

El presupuesto total de la construcción del prototipo tomando en cuenta los elementos constitutivos que pueden ser cambiados es de USD\$ 1.529,21 dólares.

Tabla 21: Presupuesto.

Rubro	Valor	Valor total
Materiales Directos		939,21
Materiales	789,21	
Material bibliográfico	100,00	
Licencia software	50,00	
Materiales Indirectos		590,00
Transporte	50,00	
Asesoría externa	400,00	
Alquiler de equipos de medición	50,00	
Suministros de oficina	20,00	
Imprevistos	70,00	
Inversión total:		1.529,21

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Cronograma

Actividad	Semanas																		
	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Búsqueda de información relacionada al proyecto por parte de los integrantes del grupo	X	X	X	X															
Entrega de documentos para la designación del Tutor de Titulación, revisión y aprobación del tema.	X	X																	
Designación del Tutor de Titulación y aprobación del consejo directivo.		X																	
Revisión y aprobación del tema.			X																
Desarrollo y verificación de los objetivos del proyecto.			X	X															
Aprobación del Plan de Titulación.				X															
Búsqueda de información relacionada a los programas computacionales aplicados a la simulación del proyecto.					X														
Desarrollo de la interfaz y los códigos de programación.						X	X	X											
Diseño y construcción del prototipo para verificación de los códigos de programación y el interfaz.								X	X	X	X								
Verificación de antecedentes históricos relacionados al estudio de los voltajes de paso y toque aplicados en una subestación, edificios, industrias.											X								
Desarrollo de la tesis con sus respectivos parámetros, aplicando las normas requeridas.											X	X	X						
Revisión del trabajo de titulación.														X					
Corrección del trabajo de titulación.															X				
Entrega del trabajo de titulación a los lectores.																X			
Pre defensa del trabajo de titulación.																	X		
Corrección del trabajo de titulación.																		X	
Presentación del trabajo de titulación completa.																			X

6.3 Análisis de impactos

A continuación, se detalla los impactos necesarios en la presente propuesta tecnológica:

6.3.1 Impacto práctico

El desarrollar un sistema de diagnóstico de consumo de energía, para el monitoreo de los parámetros eléctricos, mediante un sistema de supervisión de datos en tiempo real en el tablero de distribución, permitió tener los valores de referencia de las variables eléctricas que determinan el consumo de energía en el bloque antiguo de la UTC. Esto permitirá a futuro realizar mejoras, tanto de mantenimiento, como de optimización de los recursos.

6.3.2 Impacto social

El impacto social con esta propuesta es muy alto, ya que beneficiará a la comunidad universitaria para el eficiente uso de los equipos existentes en las aulas, laboratorios, oficinas y lugares de recreación existe en el bloque antiguo, evitando la pérdida de los mismos y la prolongación de la vida útil. Además, esta información servirá de fuente de consulta para futuras investigaciones y de consulta.

6.3.3 Impacto Tecnológico

Con esta propuesta Tecnológica se aportó al ámbito de la automatización, mediante la aplicación de equipos, sistemas y software, para la adquisición y análisis de datos, con ello se fortalecerá en el ámbito del monitoreo y la medición de los índices de consumo energético en las áreas del bloque antiguo de la UTC en tiempo real.

6.3.4 Impacto Ambiental

Este aspecto engloba a todo lo que se refiere a contaminación hacia el ambiente, en la presente propuesta realizado en el tablero de distribución, no se produce ningún tipo de contaminación, ya que para el proceso de adquisición de datos se utiliza equipos electrónicos amigables con el ambiente.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se concluye en al análisis bibliográfico, que existe un sinnúmero de equipos, sistemas y software, enfocados al sistema de monitoreo, permitiendo conocer los parámetros eléctricos,

amparados en normativas vigentes. Esto permitirá en un futuro, evaluar la calidad de energía en el bloque antiguo, además de poder aplicar un sistema SCADA, escogido para la consecución de la propuesta, en todos los bloques y dependencias de la universidad, con el objetivo de obtener mejores índices de calidad de energía y lo que es más importante, tomar decisiones acertadas en relación al consumo de energía eléctrica.

Mediante la interfaz gráfica HMI realizada en WinCC se pueden observar los parámetros eléctricos los cuales son: voltaje, corriente, potencia y energía, los mismos que ayudaron a un breve estudio del diagnóstico de energía. El sistema de monitoreo es accesible a cualquier usuario, mediante una dirección IP y una contraseña, a través de la pasarela de datos IOT2000 se almacena en la red local y remota de esta manera la adquisición de datos es más favorable para futuros estudios de calidad y energía.

Al realizar la simulación se determinó que los parámetros eléctricos máximos tanto de voltaje, corriente y potencias son mayores a los obtenidos en el lugar de experimentación, esto se debe a que en la universidad trabaja con un tablero trifásico, en razón a la demanda de cargar a abastecer, se concluye que no existe caída de voltaje considerable en la UTC por contar con un transformador de potencia de 13,8 kV a 220V que evita las pérdidas en comparación al lugar experimental, además que el consumo de energía es mayor, por eso la importancia de la implementación del sistema de adquisición de datos.

Al evidenciar los datos obtenidos, en la red monofásica hay una variación del 12,09% de voltaje debido a que el domicilio está distante del transformador, razón por la cual no llega una buena calidad de energía, siendo el factor principal el exceso de carga eléctrica en el sector, que abarca la mayoría de la capacidad del transformador. Por otra parte, en la red trifásica, la variación de voltaje no sobrepasa el 5%, debido a que la fábrica es la única que ocupa la capacidad del transformador, por lo tanto, no va a ver caídas excesivas de voltaje.

A través de la adquisición de los parámetros eléctricos se pudo realizar el análisis de voltajes, corriente, potencia y energía basándose en la REGULACIÓN ARCONEL No 005/18, determinando que los datos obtenidos en el lugar de experimentación no se encuentran dentro de los valores permisibles, debido a que poseen grandes variaciones de voltaje en la semana, dando un máximo de 12,09%, se concluye que un 95% de los parámetros están fuera del rango por otra

parte haciendo referencia a la simulación realizada de la UTC y el análisis de datos reales de una red trifásica se determinó que en un 98% las variaciones de voltaje y armónicos que presenta el sistema se encuentran dentro de lo establecido por la regulación.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda seguir indagando sobre los diferentes sistemas de monitoreo que permita la comparación de los valores obtenidos en la medición del presente proyecto y establecer el que sea más eficiente para el control automático de los parámetros eléctricos. Además, que antes de la manipulación del tablero de distribución, se debe estar completamente seguro del funcionamiento de los equipos, además tener protección personal, evitando la exposición a riesgo eléctrico, lo cual podría ocasionar algún accidente o incidente, por eso la importancia de haber leído los manuales de funcionamiento y programación del sistema de monitoreo de energía, logrando evitar posibles problemas en la transmisión y recepción de los datos.

Es necesario elegir correctamente el software en donde se realizará el HMI, este debe de ser de fácil acceso y manejo tanto para los estudiantes como para los docentes, porque a través de él se puede monitorear de manera permanente, sin necesidad de estar en contacto con el módulo, además se recomienda a la UTC implementar el mismo en cada uno de los proyectos desarrollados anteriormente, de esta manera se iniciaría un proyecto SCADA siendo los principales beneficiarios.

Es necesario realizar una simulación del lugar de los hechos, de esta manera se puede a estimar los datos reales que se puede presentar en la Universidad Técnica de Cotopaxi y así compararlos con las mediciones realizadas, para poder en un futuro realizar un buen estudio de calidad y energía, que determine el lugar de mayor consumo eléctrico y plantear la solución de acorde a las necesidades de la Universidad.

Es importante tener en cuenta, cada uno de los parámetros y configuraciones detalladas en los manuales de programación, instalación y funcionamiento de todos los componentes que forman parte del sistema de monitoreo y adquisición de datos, para evitar problemas en la transmisión, recepción de la información y daños humanos y materiales. Es recomendable revisar y modificar el proyecto a futuro para obtener resultados más exactos y obtener resultados de calidad de energía, además de índices de consumo que considere las variaciones de las magnitudes eléctricas estudiadas.

Considerar los rangos establecidos por la norma en cuanto a los rangos máximos y mínimos de los parámetros eléctricos estudiados, para así poder efectuar un correcto análisis de las itinerantes. Se debe considerar los valores registrados por el SENTRON PAC3220 para la toma de decisiones en lo referente a si el sistema de distribución eléctrico de una instalación puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico y del cableado, chequear la distribución correcta de la carga entre las fases, adecuar la instalación para la corrección del factor de potencia, controlar el consumo de energía, estudiar la calidad del suministro entregado a las instalaciones de las diferentes áreas del bloque antiguo de la UTC.

8 REFERENCIAS

- [1] E. Cardenas y S. Villacreses, «Estudio piloto del consumo energético de la Universidad San francisco de Quito,» 13 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5413/1/124388.pdf>. [Último acceso: 27 Julio 2020].
- [2] G. Achote Guanotasig y C. Pumashunta Guisha, Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos en la cámara de transformación N° 2 en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga: UTC, 2020.
- [3] M. J. Morales Peláez, Análisis del rendimiento energético de los transformadores de distribución y su incidencia en la capacidad máxima de carga permisible de la red eléctrica interna de la Universidad Tecnológica Indoamérica sede Quito, Quito: Universidad Indoamérica, 2020.
- [4] E. Budia Sánchez, Modelo de Auditoría Energética en el Sector Industrial, Madrid, España: Universidad Carlos Tercero de Madrid, 2019.
- [5] R. M. Antamba Rivas, Diseño para centros de transformación a funcionar en edificios residenciales, Sangolqui: ESPE, 2015.
- [6] J. Álvarez, Fundamentos de instalaciones eléctricas de baja y alta tensión, España: Limusa, 2018.
- [7] «Instituto de enseñanza secundaria,» Huelin, Sf. [En línea]. Available: <http://www.ieshuelin.com/huelinv1/departamentos/tecnologia/recursos/electricidad/electric.htm>. [Último acceso: 27 Julio 2020].
- [8] J. A. Yebra Morón, Sistemas eléctricos de distribución, México: Reverté, 2017.
- [9] G. Enriquez Harper, Manual del técnico en subestaciones eléctricas, industriales y comerciales, México: Limusa, 2009.
- [10] E. Mundo, «Electro Mundo,» Electro Mundo, 2020. [En línea]. Available: <https://electromundo.pro/tipos-y-clasificacion-de-transformadores/>. [Último acceso: 27 Julio 2020].
- [11] I. E. d. Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana. NTE. INEN 2111. Transformadores de distribución. Pruebas eléctricas, Quito: INEN, 2004.

- [12] G. Preciado y J. Rodas, Diseño para la construcción de transformadores de distribución monofásicos tipo tanque, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [13] L. Snaider, DESCRIPCION DEL SISTEMA ELETRICO ACTUAL, Quito: ESPE, 2015.
- [14] «SECTOR ELECTRICIDAD, "SECCIONADORES",» 17 Junio 2018. [En línea]. Available: <http://www.sectorelectricidad.com/20135/seccionadores/>. [Último acceso: 27 Julio 2020].
- [15] R. Baeza, «Scielo,» 9 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v11n1/art05.pdf>. [Último acceso: 27 Julio 2020].
- [16] J. Alamos, «El Prisma,» 9 Noviembre 2019. [En línea]. Available: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/sistemadistribucionenergiaelectrica/. [Último acceso: 27 Julio 2020].
- [17] S. Ramírez, Solución al Problema de Balance usando Simulate Annealing, Guayaquil: EPL, 2015.
- [18] O. Gómez Carmona y C. Zapata, Efectos del desbalance en las cargas sobre la valoración de confiabilidad de un sistema de distribución de energía eléctrica, Colombia: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 2017.
- [19] C. M. Zapata y Y. Olaya, Ingeniería en software para analistas, Medellín: LITONUEVE, 2015.
- [20] S. Electric, Analizador de energía PM 5340,, Madrid: Unknown, 2015.
- [21] A. Creus Sole, Instrumentación industrial, España, 2015.
- [22] AIE, «AIE,» Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf>. [Último acceso: 22 Julio 2020].
- [23] I. Cruz, «Sistema SCADA para la supervisión del sistema eléctrico,» Marta Abreu, Cuba, 2011.
- [24] G. Carlo, «Gestión y Control de Energía Eléctrica Analizador de Calidad de Energía Eléctrica,» (2002a). [En línea]. Available: <http://productsonline.carlogavazzi.com>.
- [25] C. Meza, «Scada System's & Telemetry,» Atlantic International, 2017. [En línea]. Available: <http://aiu.edu/publications/student/spanish/SCADA%20System's%20&%20Telemetry.html>.
- [26] I. Castellanos, 2008.

- [27] M. Hernández Tinoco y D. Limón Marruedo, «Desarrollo e implementación de una red de datos basada en Modbus y Ethernet para autómatas industriales,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2016.
- [28] [En línea]. Available: «<http://www.modbus.org/specs.php>,» [En línea]. .
- [29] SIEMENS, «SIMATIC IOT2040: Primera instalación y primer programa en node-red,» SIMATIC IOT2040, 2018.
- [30] SIEMENS, « . Siemens . Consultado el 18 de septiembre de 2010,» "Visualización de procesos SIMATIC WinCC con Plant Intelligence" (PDF), 2010. [En línea]. Available: https://www.automation.siemens.com/redirects/404-1.htm?url=https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-wincc_en.pdf&oldreferer=https://en.wikipedia.org/. [Último acceso: 22 Julio 2020].
- [31] J. F. Lazo Cardenas y N. A. Véñez Tenemaza , Estudio para la implementación de pararrayos en sistemas de distribución de media tensión, Cuenca, 2016.