



**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO.**

Modalidad Proyecto Técnico

TÍTULO:

ESTUDIO DE REINGENIERIA EN EL SISTEMA ELECTRICO DE BAJA
TENSION DE LA FACULTAD DE DERECHO – ULEAM

AUTORES:

MURILLO LAJE PETER JONATHAN

TOALA CANTOS EVELYN MAYELI

TUTOR:

DR. WASHINGTON XAVIER GARCÍA QUILACHAMIN, PHD

Manta – Manabí – Ecuador

2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	CERTIFICADO DE TUTOR(A).	
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Investigación bajo la autoría de los estudiantes Murillo Laje Peter Jonathan, Toala Cantos Evelyn Mayeli, legalmente matriculados en la carrera de electricidad período académico 2023 - 2025, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es *"ESTUDIO DE REINGENIERIA EN EL SISTEMA ELECTRICO DE BAJA TENSIÓN DE LA FACULTAD DE DERECHO - ULEAM"*.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, agosto 2025.

Lo certifico,



Dr. Washington García Quilachamin, PhD.

Docente Tutor(a)

Área: Ingeniería, industria y construcción para un desarrollo sustentable



Tesis_Toala Evelyn & Murillo Peter

7%
Textos
sospechosos

4% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
3% Idiomas no reconocidos
7% Textos potencialmente generados por la IA
(ignorado)

Nombre del documento: Tesis_Toala Evelyn & Murillo Peter.docx
ID del documento: 3e57982649b745ab3d0c148cd2afad6514fd007c
Tamaño del documento original: 9,61 MB

Depositante: WASHINGTON GARCIA QUILACHAMIN
Fecha de depósito: 12/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 12/8/2025

Número de palabras: 30.837
Número de caracteres: 201.947

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS ASTER RODRIGUEZ F..docx TESIS ASTER RODRIGUEZ F. #f13400 Viene de de mi grupo 6 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (356 palabras)
2	www.promelsa.com.pe https://www.promelsa.com.pe/media/PDF/fichas-tecnicas/transformadores/Pedestal_aceite.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (169 palabras)
3	TESIS_REINGENIERIA FAC-CIVIL V2.pdf TESIS_REINGENIERIA FAC-CIVIL V2 #87c162 Viene de de mi grupo 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (106 palabras)
4	repositorio.utn.edu.ec Propuesta de rediseño para modernización del sistema ... http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15241	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (74 palabras)
5	Documento de otro usuario #65a372 Viene de de otro grupo 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (84 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS_GuanoluisaOchoa & DelgadoAlvarado_2024.docx TESIS_Guan... #978194 Viene de de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
2	repositorio.utc.edu.ec Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y ... http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6807/6/T-001527.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
3	portal.edu.gva.es https://portal.edu.gva.es/programes-europeus/wp-content/uploads/sites/1954/2025/02/Webl...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
4	www.ecorfan.org https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Ingenieria_Tecnologica/vol3num9/Revista...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
5	Documento de otro usuario #c461e9 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

 Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8186>
- <https://www.researchgate.net/profile/Kasun-Herath/publication/342513211>
- <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24783>
- <https://www.dahuasecurity.com>
- <https://www.creds.ac.uk/what-is-energy-demand/>

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Quienes suscribimos, **Murillo Laje Peter Jonathan**, con cedula de identidad N°1314720689 y **Toala Cantos Evelyn Mayeli**, son cedula de identidad N° 1315254860, egresados de la carrera de Ingeniería en Electricidad de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, declaramos que el presente proyecto de titulación es de autoría nuestra, el contenido, resultado y conclusión obtenidas son de estricta responsabilidad de los autores, teniendo como respaldo citas bibliográficas necesarias para el desarrollo del proyecto, respetando el derecho intelectual de cada autor citado. El patrimonio intelectual de este proyecto de titulación corresponde a la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”.



ESTUDIANTE
Murillo Laje Peter Jonathan



ESTUDIANTE
Toala Cantos Evelyn Mayeli



ASESOR ACADÉMICO
Dr. Washington Xavier García Quilachamin, PhD

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a Dios, por guiarme y darme fuerzas en conjunto de sabiduría para superar cada reto desde el inicio hasta el final de mi carrera, hay una frase que se repite mucho en mi familia “EBENEZER” significa las bendiciones y la ayuda recibida de Dios a lo largo de la vida.

A mis padres Midelly Laje, José Murillo, por su amor incondicional y sus sabios consejos a lo largo de mi vida, gracias por motivarme a ser una mejor persona, por impulsarme a cumplir todas mis metas y creer en mis sueños, y afrontar cada reto de forma pletórica.

A mis 4 hermanos por estar presente en los momentos alegres y las dificultades, por ser ejemplos a seguir impulsarme a ser profesional, por darme 3 maravillosos sobrinos los cuales nos dan alegrías y risas a nuestra casa, con cada una de sus ocurrencias.

Peter Jonathan Murillo Laje

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios, por ser la guía y fortaleza en cada paso de este largo camino.

A mis padres, quienes con sus amor incondicional, sacrificio y constante apoyo me han brindado las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Su ejemplo de perseverancia y dedicación ha sido mi mayor inspiración.

A mis hermanas, por apoyo continuo ha sido la fuente de la fuerza que necesitaba para superar los obstáculos que surgieron a lo largo de este camino.

A mi hija y mi compañero de vida, quienes con su amor incondicional y su presencia constante ha sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por enseñarme cada día el verdadero significado de la perseverancia, la paciencia y la alegría.

A mi tutor de tesis, por su orientación experta, paciencia y compromiso en cada etapa de este proceso. Su guía ha sido fundamental para la culminación de este trabajo.

A mis amigos y futuros colegas, por su apoyo constante, comprensión y por compartir este camino académico conmigo.

Y a todos aquellos que, de alguna o otra forma, contribuyeron a la realización de este proyecto.

Evelyn Mayeli Toala Cantos

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud infinita a mis padres, Midelly Laje y José Murillo, cuyo amor incondicional y apoyo constante que han sido fundamental en mi vida, fortaleciendo mi carácter con cada enseñanza. Gracias a ustedes aprendí valores esenciales, y nunca olvidarme de mis raíces. Su apoyo moral y económico son invaluable, en este camino académico, fortaleciendo e impulsando mi fe incondicional en Dios.

Gracias a Dios, por darme la dicha de compartir mi vida con mis sobrinos Danna Murillo, Royli Murillo, Ezequiel Murillo, donde hubo muchas noches de estrés, cansancio y donde me sentía desmotivado, ellos con sus ocurrencias y travesuras me alegraban el día y me sacaban una sonrisa, gracias a ellos que fueron una fuente inagotable de alegría.

Quisiera agradecer a los docentes involucrados, gracias por brindarme su tiempo y consejos, ya que sus conocimientos perduraron a lo largos de mi formación académica y profesional. Gracias por compartir esa pasión y garra por la ingeniería, compartir anécdotas, guiarme con sus enseñanzas, con ellas han ayudado a forjar mi carácter y mi crecimiento personal, para a futuro llegar a ser un buen profesional.

Peter Jonathan Murillo Laje

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, Efigenia Cantos y Ángel Toala, por su paciencia, amor, consejos y apoyo incondicional han sido fundamentales para que pudiera alcanzar un sueño. Con su ejemplo constante de persistencia, disciplina y trabajo, me enseñaron a enfrentar y superar cualquier adversidad.

También doy gracias a mis hermanas, Yomira Toala y Madeleine Toala, por sus palabras de aliento y su impulso para motivar, a ser profesional. Gracias a ellas he mejorado en cada etapa de mi formación académica, sacando siempre lo mejor de mí. Su apoyo continuo ha sido la fuente de la fuerza que necesitaba para superar los obstáculos que surgieron a lo largo de este camino.

A mi amada hija, Arleth Delgado, mi mayor motivo para seguir adelante tu alegría, ternura y comprensión han sido el motor que me impulsa en los días largos, tu presencia fue mi inspiración constante. Dedico este logro a ti, con la esperanza de que en el futuro este ejemplo te motive a perseguir tus sueños con perseverancia y pasión, este logro es tanto mío como tuyo.

Mi compañero de vida, Adrián Delgado, gracias por ser mi refugio y mi fuerza en este camino, tu comprensión han sido un impulso a seguir adelante en los momentos más exigentes. Por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por celebrar cada avance.

A mis amigos más cercanos, Alexandra Solis, Iter Llor y Steeven Cedeño, que siempre supieron encontrar las palabras exactas para animar a seguir adelante y evitar que me rindiera. A esas personas que fui conociendo en el camino de mi formación profesional, quienes han sido esenciales para alcanzar este objetivo.

Expreso mi profundo agradecimiento a los docentes que, mediante su compromiso y orientación, han sido pilares fundamentales en el proceso de mi formación académica. Su entrega y pasión por la ingeniería no solo enriquecieron mi aprendizaje, sino que también consolidaron las bases de mi desarrollo profesional y humano.

Evelyn Mayeli Toala Cantos

Indicé

1.	Introducción	1
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Planteamiento del problema.....	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.4.	Justificación	4
1.5.	Objetivo.....	5
1.5.1.	Objetivo general.....	5
1.5.1.	Objetivos específicos	5
1.5.2.	Resumen de los capítulos.....	5
2.	Marco Teórico	6
2.1.	Reingeniería en un sistema eléctrico de baja tensión.....	6
2.1.1.	Metodología de la Reingeniería	7
2.2.	Beneficios de una reingeniería en un sistema eléctrico	7
2.2.1.	Reconocimiento de sistemas y cargas eléctricas.....	7
2.2.2.	Mejora de la seguridad.....	7
2.2.3.	Eficiencia Energética	7
2.2.4.	Cumplimiento normativo	8
2.2.5.	Confiabilidad y Mantenimiento	8
2.2.6.	Optimización del Espacio y Recurso	8
2.2.7.	Preparación para expansión	8
2.3.	Demanda Energética	8
2.4.	Importancia de la demanda energética.....	9
2.4.1.	Sostenibilidad.....	9
2.4.2.	Seguridad Energética	9
2.4.3.	Económica.....	9

2.4.4.	Educación y Sensibilización	9
2.4.5.	Planificación y Desarrollo.....	10
2.5.	Eficiencia Energética y Sostenibilidad	10
2.5.1.	Mejoras de la eficiencia energética.....	10
2.6.	Análisis de cargas eléctricas	11
2.7.	Balance de cargas eléctricas.....	12
2.8.	Diagrama Unifilar	13
2.9.	Importancia de tener un diagrama unifilar.....	13
2.10.	Parámetros eléctricos	14
2.11.	Gestión de la energía en edificios	16
2.12.	Sistemas de monitoreo de energía.....	17
2.12.1.	Fluke 1732 Energy Logger	17
2.12.2.	Características principales	17
2.13.	Tecnología Sentron PAC 3220	18
2.13.1.	Capacidades y Funcionalidades Sentron PAC 3220	18
2.13.2.	Tipos de conexiones.....	19
2.14.	Medidores de energía electrónicos.....	20
2.15.	Protocolos de comunicación	21
2.15.1.	Modbus RTU (Remoto Terminal Unit).....	21
2.15.2.	Modbus TCP/IP	22
2.15.3.	Profinet.....	22
2.16.	Interfaz Ethernet.....	23
2.17.	Transformadores de Corriente TC	23
2.19.	Interruptor Termomagnético Monofásico (2 polos) Siemens (2 Amperios)	26
2.19.1.	Interruptor Termomagnético Trifásico (3 polos) – Siemens (6 Amperios)	26
2.20.	Bornas phoenix contact PT 2,5-TWIN	27

2.20.1.	Borneras phoenix contact 2.5mm	27
2.20.2.	Tapas para borneras.....	27
3.	Metodología aplicada.....	30
3.1.	<i>Metodología descriptiva</i>	30
3.2.	<i>Metodología experimental</i>	30
3.1.	Fuente de información	31
3.2.	Procedimiento	32
3.2.1.	Localización geográfica.....	32
3.2.2.	Evaluación inicial y levantamiento de cargas	32
3.3.	Diseños implementados	32
3.4.	Pruebas y verificación.....	33
3.5.	Documentación y reporte.....	33
3.6.	Equipos utilizados.....	34
3.7.	Obtención de datos previos.....	35
3.7.1.	Diagrama unifilar (antes)	36
3.7.2.	Levantamiento de cargas.....	37
3.7.3.	Análisis de las cargas	38
3.8.	Transformadores y tableros principales de la Facultad de Derecho	44
3.8.1.	Transformador de 150KVA.....	44
3.8.2.	Tablero de distribución principal de la Facultad de Derecho.....	44
3.8.3.	Tablero de iluminación exterior y Bomba de agua	45
3.8.4.	Transformador de 37.5KVA.....	45
3.9.	Estado actual de las cajas de distribución en la parte interna de derecho....	46
3.9.1.	Diagrama unifilar actual de la Facultad de Derecho.....	50
3.9.2.	Plano eléctrico actualizado de la Facultad de Derecho.....	51
3.9.3.	Importancia de tener un plano eléctrico de un edificio.....	53
3.10.	Propuestas de mejoras.....	53

3.10.1.	Resultados y análisis de la caja de breakers 1	54
3.10.2.	Resultado y análisis de la caja de breakers 2	55
3.10.3.	Resultado y análisis de la caja de breakers 3	56
3.10.4.	Resultado y análisis de los breakers Schneider.....	56
3.10.5.	Resultado y análisis de la caja breakers 4.....	57
3.10.6.	Resultado y análisis de la caja de breakers 5	58
3.10.7.	Resultado y análisis de la caja de breakers 6	61
3.10.8.	Resultado y Análisis de la caja de Breakers 7.....	62
3.10.9.	Resultado y análisis de la caja de Breakers 8	62
3.10.10.	Resultado y Análisis de la caja de breakers 9	63
3.10.11.	Resultado y análisis de la caja de breakers 10	64
3.10.12.	Recomendaciones generales sobre las cajas de breakers en la Facultad de Derecho de la ULEAM	64
3.11.	Diseño e Instalación del medidor de SIEMENS SENTRON PAC 3220	65
3.11.1.	Siemens Sentron PAC 3220	66
3.11.2.	Parámetros eléctricos más importantes para medir con el medidor SENTRON PAC 3220.....	66
3.11.3.	Selección del transformador de corriente.....	66
3.11.4.	Porque la selección del transformador de núcleo partido	68
3.11.5.	Transformador de corriente de núcleo partido 500/5A -CLASE 0.5 - RISHABH	68
3.11.6.	Tablero de 40x30x20 Beaucoup.....	70
3.11.7.	Tipos de Cables utilizado	70
3.11.8.	Selección de terminales utilizados en la instalación	71
3.11.9.	Breakers de protección.....	72
3.11.10.	Utilización de Borneras.....	73
3.12.	Proceso de intervención	73
3.12.1.	Herramientas utilizadas.....	73

3.12.2.	Armado del tablero	74
3.12.3.	Diagrama de conexión del medidor SENTRON PAC 3220 utilizado ..	76
3.12.4.	Fijación de la caja	77
3.12.5.	Conexión empleada en el medidor.....	77
3.12.6.	Proyección del recorrido soterrado para el cable concéntrico	78
3.12.7.	Proceso de desenergización del transformador.....	78
3.12.8.	Instalación subterránea del cable concéntrico desde el medidor hasta el transformador	79
3.12.9.	Colocación de elementos dentro del tablero	79
3.12.10.	Tabla guía para la conexión en las borneras y dentro del transformador	80
3.12.11.	Conexión dentro del transformador	81
3.12.12.	Configuraciones básicas del medidor SENTRON PAC 3220	82
3.12.13.	Configuración de los TCs	83
3.13.	Cable de comunicación utilizado	83
3.13.1.	Cable UTP Cat 6 exterior DAHUA 100% cobre	83
3.13.2.	Designación de la IP	84
3.13.3.	Recorrido del cable de comunicación visto desde la parte externa	84
3.13.4.	Recorrido del cable visto desde la parte interna hasta llegar al rack principal	85
3.14.	Resultados y análisis de datos con el medidor SIEMENS SENTRON PAC 3220	86
3.15.	Datos obtenidos con el Analizador de energía fluke 1732.....	89
3.15.1.	Grafica de corriente obtenida a través del analizador de energía fluke 1732	90
3.15.2.	Datos tomados con el Powermanager	91
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	94
4.1.	Conclusiones.....	94

4.2. Recomendaciones	95
5. Referencias.....	96
6. Anexos	102

Índice de figura

Figura 1 SENTRON PAC3220, LCD DISPLAY, MONTAJE FRONTAL (Siemens, 2021)	18
Figura 2 Transformador de Corriente para barra pasante (TACCA, 2025)	24
Figura 3 . Transformador de Corriente de núcleo partido (Arellano Garcia & Carrion Valles, 2019)	25
Figura 4 Interruptor Termomagnético Monofásico (2 polos) Siemens (2 Amperios) utilizado para la Instalación del medidor SENTRON PAC 3220	26
Figura 5 Interruptor Termomagnético Trifásico (3 polos) – Siemens (6 Amperios) utilizado para la Instalación del medidor SENTRON PAC 3220	27
Figura 6 Borneras Phoenix Contact PT 2,5-TWIN (Código: 3209549)	27
Figura 7 Phoenix Contact PT 2,5 (Código: 3209510)	27
Figura 8 Tapas para borneras (end covers) de cierre lateral	28
Figura 9 Software PowerManager de Siemens.....	29
Figura 10 ubicación del área de estudio; fuente de tomada de Google Maps.....	32
Figura 11 Diagrama unifilar Fuente (DIOP)	36
Figura 12 Potencia instalada KW de la primera planta.....	39
Figura 13 Consumo en KW/h de la primera planta	39
Figura 14 Potencia instalada KW de la Segunda planta	40
Figura 15 Consumo en KW/h de la segunda planta.....	40
Figura 16 Potencia instalada por plantas	42
Figura 17 Consumo por plantas	42
Figura 18 gráfica tipo Pareto de la Facultad de Derecho	43
Figura 19 Transformador Inatra de 150KVA	44
Figura 20 Tablero de distribución principal de la Facultad de Derecho	44
Figura 21 Caja de iluminación exterior y bomba de agua de la Facultad de Derecho	45
Figura 22 transformador INATRA de 37.5 KVA	45

Figura 23 Auditorio de Derecho y Asociación estudiantil	46
Figura 24 caja de distribución planta baja	46
Figura 25 Caja de breakers de la sala de titulación.....	47
Figura 26 Caja de breakers del aula 104.....	47
Figura 27 Cajas de breakers de la segunda planta de Derecho	48
Figura 28 Caja de breakers que alimenta al auditorio externo de Derecho	48
Figura 29 Caja de breakers encima del Auditorio de Derecho	49
Figura 30 Vista lateral del Auditorio de Derecho	49
Figura 31 Caja de breakers ubicada en la Asociación estudiantil de la Facultad de Derecho	50
Figura 32 Diagrama unifilar actual de la Facultad de Derecho Fuente (elaboración propia).....	51
Figura 33 Plano eléctrico de la primera planta de la facultad de derecho; Fuente (elaboración propia).....	52
Figura 34 Plano eléctrico de la segunda planta de derecho; Fuente (elaboración propia)	52
Figura 35 Datos de placa del transformador principal que alimenta a la Facultad de Derecho	67
Figura 36 Transformador de 150KVA, lugar donde serán ubicados los TCs	68
Figura 37 Tipo de transformador de corriente de núcleo partido los cuales se utilizamos en la instalación del medidor de energía.....	69
Figura 38 Tablero utilizado para la realización de instalación eléctrica del medidor SENTRON PAC 3220, los elementos a utilizar.....	70
Figura 39 Colocación y fijación de los breakers de alimentación y medición dentro del tablero	72
Figura 40 Borneras y tapas de borneras utilizada en la instalación del Medidor SENTRON PAC 3220.....	73
Figura 41 distribución de los elementos utilizados en el tablero para la conexión del medidor SENTRON PAC 3220	74
Figura 42 elementos utilizados en el tablero para la conexión del medidor SENTRON PAC 3220, incluyendo el cableado hacia las borneras.....	75
Figura 43 Diagrama de conexión medidor SENTRON PAC 3220 empleado en la Facultad de Derecho	76

Figura 44 Fijación de la caja donde será colocado el medidor SENTRON PAC 3220 de la Facultad de Derecho.....	77
Figura 45 Diagrama de conexión utilizado en la instalación del medidor en la Facultad de Derecho (Siemens, 2021).....	77
Figura 46 Recorrido del cableado de alimentación del Medidor de la facultad de derecho	78
Figura 47 desenergización del transformador INATRA de 150 kVA de la facultad de derecho.....	78
Figura 48 Proceso de tendido del cable de forma soterrada para la alimentación del medidor	79
Figura 49 Colocación de los elementos dentro de la caja y colocación de punteras en los cables.....	79
Figura 50 Tablero del medidor de la Facultad de Derecho con la conexión del cable concéntrico en las borneras con la identificación con la tabla 26.....	80
Figura 51 Cableado y colocación de terminales tipo ojo y tipo u en los pasatapas y en los TCS.....	81
Figura 52 medidor Siemens SENTRON PAC 3320 YA ENERGIZADO.....	82
Figura 53 Se configuro el Tipo de conexión 3P4W, en el medidor SENTRON PAC 3220	82
Figura 54 Configuraciones básicas de la pantalla y configuración de los TC del medidor SENTRON PAC 3220.....	83
Figura 55 Cable UTP Cat 6 exterior 100% Cobre Dahua, se utilizó 30 metros hasta llegar al rap principal de derecho (Dahua Technology, 2022)	84
Figura 56 recorrido externo del cable de comunicación desde el medidor hasta el rap principal de derecho.....	85
Figura 57 recorrido interno del cable de comunicación desde el medidor hasta el rack principal de Derecho	85
Figura 58 Conexión del cable de red al medidor y al rack principal de la Facultad de Derecho, bloqueo de la pantalla.....	86
Figura 59 grafica de las corrientes en las distintas fases obtenidas con el analizador de energía fluke 1732.....	90
Figura 60 Curva de Potencia Activa acumulada durante el día Lunes 07/07/2025	91
Figura 61 Curva de Potencia Activa acumulada durante el día sábado 05/07/2025	91

Figura 62 Curva de Potencia Activa acumulada durante el día Lunes 06/07/2025 (elaboración propia).....	92
Figura 63 Curva de Potencia Activa acumulada durante una semana desde 07/07/2025 hasta 13/07/2025 (elaboración Propia)	92
Figura 64 Curva de Potencia Activa acumulada durante una semana desde 14/07/2025 hasta 20/07/2025 (elaboración propia).....	93

Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de conexiones previas	20
Tabla 2. Características principales de Modbus RTU	21
Tabla 3. Característica clave de Profinet.....	23
Tabla 4 Listado de materiales utilizaos en el proyecto (elaboración Propia).....	34
Tabla 5 Factor de simultaneidad utilizados en las tablas de Excel de acuerdo a los equipos encontrados en la Facultad de Derecho	37
Tabla 6 Grupo de consumidores de la primera planta de Derecho	39
Tabla 7 Grupo de consumidores de la segunda planta de Derecho.....	40
Tabla 8 POTENCIA INSTALADA POR PLANTAS	41
Tabla 9 Descripción de la caja de breakers 1 segunda planta	54
Tabla 10 Descripción de la caja de breakers 2 segunda planta	55
Tabla 11 Descripción de la caja de breakers 3 aula 104 primera planta	56
Tabla 12 breakers Schneider electric del tablero de distribución principal alimenta los tomacorrientes de la sala de docentes 1	56
Tabla 13 breakers Schneider electric del tablero de distribución principal alimenta aires acondicionados.....	57
Tabla 14 Descripción de la caja de breakers 4 primera planta.....	57
Tabla 15 Tabla de descripción de la caja de breakers 5 primera planta	59
Tabla 16 Tabla de descripción de la caja de breakers 6 primera planta	61
Tabla 17 Tabla de descripción de la caja de breakers 7 primera planta	62
Tabla 18 Tabla de descripción de la caja de breakers 8 primera planta	62
Tabla 19 propuesta de mejora para la caja de breakers 9 del auditorio de derecho	63
Tabla 20 Tabla de descripción de la caja de breakers 9 primera planta	63
Tabla 21 Descripción de la caja de breakers 9 primera planta.....	64
Tabla 22 Parámetros más relevantes a medir del SENTRON PAC 3220 y Powermanager	66

Tabla 23 Se detallan las especificaciones técnicas de los TCs a utilizar, serán utilizados para medir la corriente y que las mismas sean visualizadas en el SENTRON PAC 3220	69
Tabla 24 Tipos de terminales utilizados para la conexión del medidor SIEMENS SENTRON PAC 3220.....	72
Tabla 25 cables utilizados y guías para la conexión tanto en el tablero como en el transformador.....	80
Tabla 26 Designación de Direcciones IP, Máscaras, Gateway para la Facultad de Derecho	84
Tabla 27 Recopilación de Datos con el medidor SIEMENS SENTRON PAC 3220...	86
Tabla 28 Voltajes tomados por el analizador de energía fluke 1732.....	89
Tabla 29 Amperajes tomados por el analizador de energía fluke 1732	89
Tabla 30 Frecuencia tomados por el analizador de energía fluke 1732	90

Índice de anexos

Anexo 1 Se detalla los recursos Humanos y aportes en el desarrollo del proyecto...	102
Anexo 2 Se detallan los recursos institucionales que aportaron a la realización de este proyecto.....	102
Anexo 3 Detalles Los recursos materiales y los rubros económicos para invertir en el presente proyecto.	102
Anexo 4 En la presente tabla se muestra el cronograma de actividades del proyecto de tesis	104
Anexo 5 Cargas y equipos de la Facultad de Derecho primera planta	105
Anexo 6 Cargas y equipos de la segunda planta de la Facultad de Derecho.....	117
Anexo 7 Potencia instalada por plantas en la Facultad de Derecho	122
Anexo 8 Consumo por departamento en la Facultad de Derecho	123
Anexo 9 Datos para la graficas tipo Pareto en la Facultad de Derecho.....	123
Anexo 10 Grafica de barras tipo Pareto de la Facultad de Derecho.....	124
Anexo 11 Toma de datos en la Facultad de Derecho.....	125
Anexo 12 Toma de datos con el Klein Tools ET310 Buscador de breakers para circuito	126
Anexo 13 Toma de datos con el analizador de energía fluke 1732	127
Anexo 14 Armado y cableado del medidor Siemens SENTRON PAC 3220 de la Facultad de Derecho	128

Anexo 15 Fijación y ubicado de la caja metálica donde se albergará el medidor SENTRON PAC 3220 y programación básica de la pantalla	129
Anexo 16 Tendido del cable concéntrico de forma soterrada hasta llegar al transformador.....	130
Anexo 17 Colocación de terminales y fijación de los cables dentro del transformador, y fijación de los TC.....	131
Anexo 18 Instalación del cable de comunicación medidor Siemens SENTRON PAC 3220 en la Facultad de Derecho, designación de la IP.....	132
Anexo 19 Recorrido del cable de comunicación hasta llegar al RACK principal de Derecho y bloqueo de la pantalla del SENTRON PAC 3220 para evitar algún cambio por error.	133
Anexo 20 Diagrama unifilar de la Facultad de Derecho	134
Anexo 21 Plano eléctrico primera planta de la Facultad de Derecho.....	135
Anexo 22 Plano eléctrico segunda planta de la Facultad de Derecho	136
Anexo 23 Facturas de los materiales utilizados en este proyecto.....	137

Resumen

El sistema eléctrico de baja tensión de la Facultad de Derecho de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) presentó deficiencias técnicas durante la toma de datos, afectando su eficiencia, seguridad y capacidad operativa. Este proyecto tuvo como objetivo evaluar la infraestructura eléctrica existente mediante un estudio de reingeniería orientado a diagnosticar, analizar y proponer soluciones que optimicen el desempeño del sistema. El análisis evidenció sobrecargas en los circuitos, ausencia de protecciones adecuadas, deterioro de conductores, una desorganización en la distribución de cargas y desactualización frente a las normativas eléctricas vigentes. Estas condiciones incrementan el riesgo de fallas eléctricas, interrupciones del servicio y accidentes que pueden afectar tanto al personal administrativo como a los estudiantes.

Como parte de la metodología aplicada, se realizó un levantamiento de información, que incluyó la identificación de cargas, la elaboración de planos eléctricos actualizados, un diagrama unifilar y un inventario detallado de los equipos eléctricos operativos. Además, se instaló el medidor Siemens SENTRON PAC 3220 para registrar y monitorear los parámetros eléctricos de la Facultad de Derecho, generando información real sobre la demanda energética y el comportamiento de la potencia activa durante un periodo de dos semanas. La visualización y gestión de los datos se llevó a cabo mediante el software PowerManager v3.4, permitiendo el monitoreo remoto desde el Laboratorio de Potencia de la carrera de ingeniería eléctrica. Los datos obtenidos constituyen una base sólida para futuros proyectos de eficiencia energética.

Palabra Clave: Parámetros eléctricos, Distribución, Cargas, medidor SENTRON PAC 3220, Eficiencia Energética.

ABSTRACT

The low-voltage electrical system of the Faculty of Law of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) presented technical deficiencies during data collection, affecting its efficiency, safety, and operational capacity. This project aimed to evaluate the existing electrical infrastructure through a reengineering study aimed at diagnosing, analyzing, and proposing solutions to optimize system performance. The analysis revealed circuit overloads, a lack of adequate protection, deteriorating conductors, disorganization in load distribution, and outdated compliance with current electrical regulations. These conditions increase the risk of electrical failures, service interruptions, and accidents that can affect both administrative staff and students.

As part of the applied methodology, data collection was conducted, which included load identification, the preparation of updated electrical plans, a single-line diagram, and a detailed inventory of operating electrical equipment. In addition, the Siemens SENTRON PAC 3220 power analyzer was installed to record and monitor the Law School's electrical parameters, generating real-time information on energy demand and active power behavior over a two-week period. Data visualization and management were carried out using PowerManager v3.4 software, enabling remote monitoring from the Electrical Engineering Program's Power Laboratory. The data obtained constitutes a solid foundation for future energy efficiency projects.

Keyword: Electrical parameters, Distribution, Loads, SENTRON PAC 3220-meter, Energy Efficiency.

TEMA

**ESTUDIO DE REINGENIERÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE BAJA
TENSIÓN EN LA FACULTAD DERECHO - ULEAM**

Capítulo I

1. Introducción

El estudio de reingeniería en el sistema eléctrico de la Facultad de Derecho se realiza para conocer el estado actual del sistema eléctrico logrando obtener un diagnóstico del sistema mencionado, ya que con el pasar del tiempo se han implementado muchos circuitos que pueden generar sobrecargas, lo cual puede generar problemas. Para esta ocasión se va a realizar un estudio de todo el sistema eléctrico con la finalidad de verificar todas las cargas y como están distribuidos los tableros en la Facultad de Derecho.

Para este estudio se establece diseñar el plano eléctrico y diagrama unifilar actualizados de la Facultad de Derecho, esta información es crucial para realizar mejoras en el sistema eléctrico, en razón que está totalmente desactualiza por el departamento del DIOP Dirección de Infraestructura Obras y Patrimonio de la ULEAM, este departamento también es encargado del mantenimiento en los distintos sectores de la Universidad. Con la información establecida se propondrán mejoras para el sistema eléctrico, en referencia que existen circuitos sobrecargados y cajas de distribución deterioradas.

Las instalaciones eléctricas en los entornos educativos muchas veces carecen de mantenimiento, o circuitos sobrecargados, lo cual causa interrupciones en el servicio y puede ocasionar daños en los equipos usados en los entornos académicos, por lo cual es necesario saber el estado actual del sistema eléctrico en la Facultad de Derecho de la Uleam, para posterior a esto proponer mejoras en el sistema electico.

1.1. Antecedentes

Según la página oficial de la ULEAM, la Facultad de Derecho es uno de los edificios más antiguos e históricos de la Universidad, y en este se realizan tareas académicas como administrativas, así también el uso de sus espacios son variantes a lo largo del día ya que constan con tres jornadas de clases, horarios de mañana tarde y noche, por consiguiente, el consumo de la facultad es muy variante a lo largo del día. Incluso llegan a implementarse cargas nuevas como aires acondicionados o equipos sin un estudio previo, de manera similar están conectando equipos nuevos a los circuitos ya existentes. Esto puede provocar una saturación a los circuitos en las horas pico y que las protecciones lleguen a dispararse. Un ejemplo de esto se apreció en nuestra toma de datos con relación a cuando se energizaron todos los aires acondicionados y todas las luminarias, lo cual originó que se accionara la protección del breaker principal de la planta baja, interrumpiendo el suministro eléctrico

Según (Bustillos & Cáceres, 2019) Se considera como guía para identificar peligros dentro de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en la cual también se hace referencia a los riesgos eléctricos dentro de la universidad, como cortocircuitos y tableros eléctricos en mal estado lo que puede ocasionar pérdidas económicas incluso hasta la vida de algún usuario del edificio o estudiante. Por esto se propone realizar un estudio de reingeniería en el sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho de la Uleam, para identificar los problemas existentes y proponer medidas de mantenimiento, para disminuir los riesgos por accidentes eléctricos.

Los sistemas eléctricos juegan un papel fundamental en los entornos universitarios, con el estudio de reingeniería y análisis del sistema eléctrico de bajo voltaje en la Facultad de Derecho, se tendrá un diagrama unifilar actual que permitirá determinar cómo se encuentra la situación real de la edificación, también el diseño de un plano eléctrico actualizado de la Facultad de Derecho, donde se podrá identificar como están distribuidas las cargas en dicha Facultad y proponer mejoras mediante los datos obtenidos. en la cual posterior a esto se implementará de una unidad de medición de parámetros eléctricos Medidor Sentron Pac 3220. Considerando a los autores (Mantuano & Bermúdez , 2021)

1.2. Planteamiento del problema

El sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho de la Uleam desde su implementación hasta la actualidad se encuentra operando durante varios años, sin haberse sometido a una revisión exhaustiva o mantenimiento de mismo, como resultado se ha observado varios problemas como la sobrecarga de los circuitos de baja tensión que afectan a la seguridad y eficiencia energética de la edificación. Ya que si ocurre un cortocircuito afectaría directamente las actividades académicas y administrativas de la edificación e incluso riesgo para las personas que laboran en dicho departamento. Según (Palma & Guerrero, 2022)

Se considera un levantamiento de información de cómo está la situación actual en el sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho de la Uleam, y ante la inexistencia de un diagrama unifilar, realizar un análisis de las cargas actualizado ya que este edificio ha sufrido cambios y modificaciones en su sistema eléctrico a lo largo de los años, el desconocimiento de este tipo de información dificulta la identificación de fallas y al momento de realizar un mantenimiento no se consta con la información necesaria. lo cual a corto o lejano plazo también puede ocasionar fallos o cortocircuitos poniendo en riesgo tanto al personal administrativo como a la infraestructura. Según (Castillo & Muñoz , 2018)

Si no se plantea una reingeniería en los circuitos de baja tensión, afectaría directamente al funcionamiento diario de la Facultad de Derecho y la seguridad de la comunidad universitaria, por lo tanto es necesario saber de cómo está la situación del sistema eléctrico para proponer mejoras y corregir las deficiencias del sistema eléctrico, adicional se desconoce cuál es el consumo eléctrico en dicho sector ya que no consta con una unidad de medición (medidor de parámetros eléctricos) La falta de información detallada sobre el consumo eléctrico en la Facultad de Derecho impide identificar posibles oportunidades de mejora en términos de eficiencia energética. Según (Moreno & Fuentes Kelvin , 2022)

1.3. Formulación del problema

¿Existe un estudio sobre el sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho-Uleam?

1.4. Justificación

Se justifica el estudio de reingeniería del sistema eléctrico de baja tensión, en la Facultad de Derecho-ULEAM, para conocer el estado actual del sistema eléctrico y así poder reducir los riesgos de accidentes por cortocircuitos e incendios y otros peligros asociados a una instalación eléctrica que lleva operando mucho tiempo sin ningún mantenimiento y sin una revisión adecuada. La reingeniería aplicada en los sistemas eléctricos es crucial para mejorar la eficiencia, seguridad y confiabilidad en una instalación eléctrica.

Para este estudio se realizará un levantamiento de información de cómo está el sistema eléctrico, verificar que transformador alimenta a la Facultad de Derecho, ver las líneas que alimentan a los tableros principales, analizar internamente como están distribuidos los tableros, verificar los circuitos en cada departamento administrativo y en las aulas para así, desarrollar un diagrama unifilar y un plano eléctrico actualizado, y saber cómo está estructurado el sistema eléctrico posteriormente se realizará un estudio de cargas asociados a este edificio, que permitirá identificar si algún circuito se encuentra sobre cargado.

En este estudio se propondrá una reingeniería en el sistema eléctrico de baja tensión, el cual se verá mejorado y robusto asegurando un suministro de energía estable y continuo, Este proyecto, además de mejorar la funcionalidad y seguridad de la Facultad de Derecho, después de realizar una revisión en el edificio y proponer mejoras, adicional se implementara una unidad de medición siemens SENTRON PAC 3220 (medidor de parámetros eléctricos), para conocer el consumo en dicha área y obtener datos del comportamiento de la demanda eléctrica.

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo general

- Realizar un estudio de reingeniería del sistema eléctrico de baja tensión de la Facultad de Derecho-ULEAM, en su estado actual, para proponer mejoras instalando una unidad de monitoreo Sentron PAC 3220.

1.5.1. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de información sobre la situación actual del sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho - ULEAM.
- Realizar propuestas para el mejoramiento del sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho - ULEAM.
- Instalar una unidad de medición Sentron PAC 3220 para el registro y monitoreo del consumo eléctrico en la Facultad de Derecho - ULEAM.

1.5.2. Resumen de los capítulos

Capítulo 1 se plantea los objetivos a cumplir y se explica la importancia y relevancia del estudio que se va a realizar, y se propondrán mejoras para el sistema eléctrico actual en la Facultad de Derecho - ULEAM.

Capítulo 2 está enfocado en buscar conceptos relacionados al tema del proyecto, dando a conocer los temas a tomar en cuenta en el de marco teórico

Capítulo 3 se realiza la toma de datos del proyecto realizando un análisis del sistema eléctrico de bajo voltaje de la Facultad de Derecho, verificar las fallas y proponer mejoras para el sistema eléctrico.

Capítulo 4 se argumentará los resultados obtenidos, dando sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

Capítulo II

En este capítulo se presenta los fundamentos teóricos y conceptos clave que sustentan el desarrollo del proyecto titulado “Estudio de Reingeniería en el Sistema Eléctrico de Baja tensión en la Facultad de Derecho-ULEAM”. El propósito principal de este apartado es establecer las bases conceptuales necesarias para comprender el contexto técnico del sistema eléctrico de baja tensión, así como los criterios y normas que rigen su diseño, funcionamiento y mejora.

Se abordan temas fundamentales relacionados con los sistemas eléctricos de baja tensión, tales como su definición, componentes, funcionamiento y normativas aplicables a niveles nacionales e internacionales. así mismo, se introduce el concepto de reingeniería de los sistemas eléctricos, destacando su importancia como herramienta para la mejora de infraestructuras existentes, optimización de recursos energéticos y prevención de riesgos eléctricos.

También se incluyen conceptos relacionado con la eficiencia energética, seguridad eléctrica, cargas eléctricas, balanceo de energía, y las normativas técnicas ecuatorianas, que son elementos esenciales para el análisis del sistema actual en la Facultad de Derecho de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El contenido desarrollado en este capítulo servirá como referencia técnica y conceptual para los capítulos posteriores, en los que se aplicaran estos conocimientos al diagnóstico, evaluación y propuesta de reingeniería del sistema eléctrico en estudio.

2. Marco Teórico

2.1. Reingeniería en un sistema eléctrico de baja tensión

Los autores (Hammer & Champy, 1994) manifiestan que: “Reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costes, calidad, servicios y rapidez”

La reingeniería de un sistema eléctrico de baja tensión es decisiva para certificar la seguridad de las instalaciones y de las personas que las utilizan. Los sistemas antiguos o mal diseñados pueden ser propensos a fallos eléctricos, cortocircuitos y otros peligros que pueden causar incendios o daños personales. Al actualizar y rediseñar el sistema, se pueden prevenir accidentes y optimizar la protección contra riesgos eléctricos. Además, asegurarse de que el sistema cumpla con las normativas y estándares eléctricos actuales es fundamental para evitar problemas legales y garantizar un entorno seguro. (Alcivar W. , 2023)

2.1.1. Metodología de la Reingeniería

Los autores (Rodenes, Arango, Puig, & Torralba, 2020) argumentan que: “Para Reingeniar procesos se requieren de cinco etapas principales, las cuales están divididas en dos partes”

Primera Parte:

Preparación, Identificación.

Segunda Parte:

Visión, Diseño técnico, Implantación

Estas etapas son muy útiles para poder realizar una reingeniería, al actualizar y rediseñar el sistema, se pueden prevenir accidentes y mejorar la protección contra riesgos eléctricos. Este sistema cumple con las normativas y estándares eléctricos actuales, es fundamental para evitar problemas legales y garantizar un entorno seguro.

2.2. Beneficios de una reingeniería en un sistema eléctrico

La reingeniería en el sistema eléctrico tiene el objetivo de mejorar su eficiencia, sostenibilidad y rendimiento. A continuación, se detallan los principales beneficios que aportan esta metodología al ámbito eléctrico:

2.2.1. Reconocimiento de sistemas y cargas eléctricas

Una reingeniería de un sistema eléctrico de baja tensión permite identificar y documentar detalladamente todos los componentes del sistema, incluyendo conductores, canalizaciones, dispositivos de protección, cargas eléctricas, etc. Es esencial para poder dimensionar correctamente la infraestructura eléctrica y garantizar su funcionamiento adecuado. (Choez J. , 2021)

2.2.2. Mejora de la seguridad

Al analizar en profundidad las condiciones actuales de operación del sistema eléctrico de baja tensión, se pueden detectar y mitigar riesgos potenciales, como problemas de sobrecargas, cortocircuitos o fallas de puesta a tierra. Esto aumenta significativamente la seguridad de las instalaciones y del personal que las utiliza. (Martinez & Dominguez, 2019)

2.2.3. Eficiencia Energética

La reingeniería permite optimizar el uso de la energía eléctrica en sistemas de baja tensión, reduciendo desperdicios y costos. Esto se logra a través de mejoras en la selección y dimensionamiento de conductores, dispositivos de control y protección, sistemas de iluminación, climatización, etc. (Flores M. , 2022)

2.2.4. Cumplimiento normativo

Un proceso de reingeniería en sistemas eléctricos de baja tensión asegura que las instalaciones cumplan con las normas y códigos eléctricos vigentes, evitando multas y riesgos legales por incumplimientos. (ISO50001, 2022)

2.2.5. Confiabilidad y Mantenimiento

Un sistema eléctrico de baja tensión fiable para asegurar la continuidad del servicio y reducir al mínimo el tiempo de inactividad. La reingeniería puede reducir la frecuencia de fallos al modernizar componentes y optimizar el diseño del sistema. Esto no solo mejora la confiabilidad, sino que también facilita el mantenimiento y las reparaciones, ya que un sistema bien diseñado es más fácil de gestionar. La reducción de fallos y el mantenimiento simplificado resultan en un sistema más duradero y eficiente a largo plazo. (Choez J. , 2021)

2.2.6. Optimización del Espacio y Recurso

Otro aspecto importante de la reingeniería es la optimización del uso del espacio y los recursos disponibles. Un rediseño del cableado y la reubicación de los componentes pueden hacer que el sistema sea más ordenado y eficiente, aprovechando mejor el espacio físico de la instalación. Además, la utilización de materiales y equipos modernos no solo mejora la durabilidad y el rendimiento del sistema, sino que también puede reducir los costos de mantenimiento y reemplazo a largo plazo. Una mejor organización y la adopción de tecnologías avanzadas contribuyen a un sistema más robusto y eficiente. (Martinez & Dominguez, 2019)

2.2.7. Preparación para expansión

Al tener un conocimiento detallado del sistema eléctrico actual, se facilita la planificación y ejecución de futuras ampliaciones o modificaciones en las instalaciones de baja tensión, preparando el camino para un crecimiento futuro. (Flores M. , 2022)

2.3. Demanda Energética

La demanda energética se emplea para referirse al uso de energía por parte de la actividad humana. Impulsa el sistema energético completo, influyendo en la cantidad total de energía utilizada; la ubicación y los periodos de utilización de combustibles en el sistema de abastecimiento de energía; y las especificidades de las tecnologías de uso final que necesita energía. (Monge, 2023)

La demanda energética se refiere al consumo de energía por parte de los hogares, empresas y otros sectores de la economía. Es un tema crucial en la planificación energética, ya que la gestión adecuada de la demanda es fundamental para garantizar la disponibilidad y eficiencia del suministro de energía eléctrica. (Gonzáles, 2022)

La demanda energética puede variar significativamente según factores como la temporada, las condiciones climáticas, el desarrollo económico y tecnológico, así como las políticas energéticas y ambientales. La comprensión de la demanda energética es crucial para planificar y gestionar de manera eficiente los recursos energéticos, así como para desarrollar estrategias de mitigación de impacto ambiental y garantizar la seguridad energética. (Holguin C. , 2023)

La demanda energética se refiere a la cantidad de energía requerida para satisfacer las necesidades de consumo de una entidad específica, en este caso, el Paraninfo de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Este consumo incluye todas las formas de energía utilizadas en el recinto, especialmente la electricidad para iluminación, climatización, equipos audiovisuales y otros dispositivos eléctricos.

2.4. Importancia de la demanda energética

La demanda energética es un elemento crucial en la organización y administración de los sistemas eléctricos, dado que impacta directamente en la estabilidad de la red, la preservación del medio ambiente y la eficacia económica. A continuación, se describen los elementos más significativos de su relevancia:

2.4.1. Sostenibilidad

La gestión eficiente de la demanda energética es crucial para la sostenibilidad ambiental. Reducir la demanda y optimizar el uso de recursos energéticos puede disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático. (Serrani & Santos, 2020)

2.4.2. Seguridad Energética

Garantizar un suministro energético continuo y confiable es vital para la estabilidad económica y social. La demanda energética debe ser gestionada para prevenir apagones y asegurar el funcionamiento ininterrumpido de servicios esenciales.

2.4.3. Económica

La demanda energética influye directamente en los costos de producción y el precio de los productos y servicios. Una demanda bien gestionada puede reducir costos y mejorar la competitividad económica. (Serrani & Santos, 2020)

2.4.4. Educación y Sensibilización

Promover campañas de concienciación entre los usuarios del Paraninfo sobre la importancia de ahorrar energía y utilizar los recursos de manera eficiente. (Hernández & García, 2019)

2.4.5. Planificación y Desarrollo

Conocer y prever la demanda energética es fundamental para la planificación del desarrollo de infraestructuras energéticas, como la construcción de plantas generadoras y redes de distribución. (Moya & Pérez, 2022)

2.5. Eficiencia Energética y Sostenibilidad

La eficiencia energética maximiza el uso para asegurar comodidad y economía. Disminuir las facturas y optar por un futuro sostenible son fundamentales para viviendas y naciones que garantizan suficiente energía.

La eficiencia energética se refiere al uso óptimo de la energía para realizar una tarea específica, minimizando el desperdicio. La sostenibilidad se centra en la utilización responsable de los recursos para garantizar su disponibilidad futura. Ambas son cruciales para reducir el impacto ambiental y los costos operativos. (Carrasco & López, 2021)|

➤ *Normativas y Estándares.*

Existen diversas normativas y estándares internacionales que promueven la eficiencia energética y la sostenibilidad. Cumplir con estos estándares no solo es una obligación legal, sino que también mejora la reputación y la responsabilidad social de una organización. (ISO50001, 2022)

➤ *Beneficios de la eficiencia energética*

Reducir el consumo de energía disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuye a la conservación de recursos naturales y reduce los costos operativos. (Carrasco & López, 2021)

Existen diversas formas de mejorar la eficiencia energética en diferentes sectores, como el transporte, la industria, la construcción y los hogares. Algunas estrategias comunes incluyen:

2.5.1. Mejoras de la eficiencia energética

➤ *Mejora de la tecnología*

Desarrollo y adopción de tecnologías más eficientes en el uso de energía, como electrodomésticos de bajo consumo, vehículos híbridos o eléctricos, iluminación LED, entre otros. (Sánchez R. , 2020)

➤ *Diseño y planificación eficiente*

Integración de principios de eficiencia energética en el diseño de edificios, infraestructuras y procesos industriales, considerando la orientación solar, la ventilación natural, el aislamiento térmico, entre otros. (Fondoso & Martini, 2022)

➤ ***Educación y concienciación***

Promoción de prácticas y hábitos de consumo responsable de energía, así como la sensibilización sobre la importancia de la eficiencia energética y sus beneficios.

➤ ***Políticas y regulaciones***

Implementación de políticas, normativas y estándares que fomenten la eficiencia energética, como incentivos fiscales, etiquetado de eficiencia energética, programas de certificación, entre otros. (Martinez F. , 2022)

➤ ***Gestión energética***

Monitorización y gestión inteligente de la energía en instalaciones industriales, comerciales y residenciales para identificar oportunidades de ahorro y optimización. (Briano, Báez, & Morales, 2020)

2.6. Análisis de cargas eléctricas

El análisis de carga eléctrica es un proceso fundamental en ingeniería eléctrica para estudiar cómo se comporta las demandas energéticas en un sistema eléctrico. Su objetivo es garantizar que la infraestructura eléctrica sea segura, eficiente y confiable.

El estudio de carga detallado a servirse es sin lugar a duda lo más importante que se realiza en un proyecto eléctrico, es un proceso esencial para entender la demanda energética de un edificio y asegurar que el sistema eléctrico pueda manejar dicha demanda de manera eficiente y segura. Este análisis incluye varias etapas clave. (Castillo A. , 2019)

➤ ***Recolección de datos***

Se debe realizar un inventario de todos los dispositivos eléctricos presentes en el parainfo, incluyendo iluminación, equipos de sonido, sistemas de climatización, proyectores, equipos de oficina y cualquier otro equipo que consuma electricidad. (Carrasco & Calero, 2020)

➤ ***Medición de Consumo***

Utilizados equipos de medición como amperímetros y voltímetros, se registran los valores de corriente y voltaje en diferentes circuitos. Esto puede hacerse bajo diferentes condiciones de carga (por ejemplo, durante eventos importantes y en momentos de menor uso) para obtener una visión completa del consumo. (Lozano S. , 2020)

➤ ***Evolución de picos de carga***

Identificar los momentos de mayor demanda eléctrica es crucial. Esto incluye analizar los patrones de uso del edificio y determinar los picos de carga que pueden ocurrir durante eventos o actividades específicas. (Castillo A. , 2019)

➤ ***Comparación con la capacidad del sistema***

Los datos recolectados se comparan con la capacidad nominal del sistema eléctrico existente para determinar si el sistema actual puede manejar la demanda. Esto ayuda a identificar posibles sobrecargas y arcos donde el sistema puede estar operando cerca de su límite. (Lozano S. , 2020)

2.7. Balance de cargas eléctricas

La distribución adecuada de las cargas en los paneles de distribución es crucial en el diseño de cualquier proyecto eléctrico, ya que permite que la fuente de energía este equilibrada. El proceso de balanceo implica asignar las cargas de manera que cada fase tenga un consumo de corriente similar. Un balanceo efectivo de las cargas se traduce en ahorrar al adquirir equipos de distribución y protección, dado que la cara afecta directamente la capacidad de dichos equipos. Esta acción de balanceo se realiza mediante un “cuadro de cargas”.

El balanceo de cargas eléctricas implica distribuir las cargas de manera equitativa entre los distintos circuitos y fases del sistema eléctrico. Este proceso es crucial para evitar sobrecargas en los circuitos individuales y mejorar la eficiencia del sistema, Aquí están los pasos típicos para lograr un balanceo adecuado. (Alarcon J. , 2020)

➤ ***Identificación de cargas de circuitos***

Clasificar las cargas según su tipo (iluminación, tomacorrientes, equipos especiales, etc.) y su ubicación. Esto ayuda a organizar las cargas en los diferentes circuitos de manera lógica y eficiente. (Gancino H. , 2020)

➤ ***Distribución de cargas entre fases***

En sistemas trifásicos, es importante distribuir las cargas de manera equitativa entre las tres fases. Esto reduce el riesgo de sobrecargar una fase específica y asegura un funcionamiento más estable del sistema. (Rodríguez J. , 2019)

➤ ***Reasignación de cargas***

Si se identifican desequilibrios significativos, puede ser necesario reasignar ciertas cargas a otros circuitos o fases. Esto puede implicar la redistribución física de los cables y la reconfiguración de los paneles de distribución. (Alarcon J. , 2020)

➤ ***Uso de dispositivos de corrección***

En algunos casos, se pueden usar dispositivos como reguladores de voltaje, transformadores de aislamiento y sistemas de compensación de potencia reactiva para ayudar a balancear las cargas y mejorar la calidad del suministro eléctrico. (Gancino H. , 2020)

➤ ***Monitoreo continuo***

Una vez que se ha realizado el balance de cargas, es importante establecer un sistema de monitoreo continuo para asegurarse de que el balance se mantenga. Esto puede incluir el uso de sistemas de gestión de energía que proporcionen datos en tiempo real sobre el consumo y la distribución de cargas. (Rodríguez J. , 2019)

2.8. Diagrama Unifilar

En ingeniería eléctrica, los diagramas unifilares son herramientas básicas que se utiliza para simplificar los circuitos eléctricos. Estos diagramas permiten comprender como están conectados diferentes elementos del sistema eléctrico y como analizar y diseñar sistemas más complejos.

El autor (Varela S. , 2020) manifiesta que: “Un diagrama unifilar ideal representa adecuadamente como se conectan los componentes fundamentales en el sistema eléctrico, incluyendo tanto los dispositivos de respaldo como los medios de apoyo existentes.”

Un diagrama unifilar está formado por iconos que simbolizan los diversos elementos eléctricos, incluyendo transformadores, interruptores, generadores y motores. Estas representaciones están enlazadas por líneas que indican las uniones eléctricas entre los elementos.

Los ingenieros eléctricos emplean programas dedicados para desarrollar y modificar diagramas para desarrollar y modificar diagramas unifilares, facilitando así la visualización y el análisis de los sistemas eléctricos de manera inmediata. Además, pueden recurrir a instrumentos de simulación para experimentar con diversas situaciones y examinar el funcionamiento del sistema. (Varela S. , 2020)

2.9. Importancia de tener un diagrama unifilar

Un diagrama unifilar es una representación gráfica simplificada de un sistema eléctrico, que muestra como están conectados los componentes principales usando líneas simples.

Visión General del Sistema Eléctrico: Un esquema unifilar ofrece una ilustración simplificada y clara de la instalación eléctrica de un inmueble, exhibiendo cómo se encuentra conectados distintos como generadores, transformadores, paneles de distribución, circuitos y equipos. (Alcivar W. , 2023)

Permite entender de forma rápida y clara la estructura del sistema eléctrico, mostrando como se conecta los diferentes elementos.

Disponer de un diagrama unifilar actualizado y preciso es esencial para la administración y el cuidado de los sistemas eléctricos en una construcción. Algunas de las razones principales por las que esta documentación es necesaria incluyen:

- **Análisis y diseño del Sistema Eléctrico:** El esquema unifilar se utiliza como base para realizar estudios de cargas, cortocircuitos y la coordinación de protección, entre otros aspectos. Estas evoluciones posibilitan la creación de un sistema eléctrico eficiente y fiable. (Varela S. , 2020)
- **Operación y mantenimiento seguro:** El esquema unifilar ayuda al equipo de operación y mantenimiento en sus labores diarias, favoreciendo la detección de averías, simplificando la solución de problemas y asegurando la protección de los empleados. (Farinango, 2023)
- **Cumplimiento Normativo:** En numerosas zonas, es obligatorio mantener los diagramas unifilares al día para confirmar el acatamiento de las regulaciones de seguridad eléctrica. (ISO 50001, 2022)
- **Gestión de cambios y mejoras:** Contar con un esquema unifilar preciso facilita la implementación de modificaciones o ampliaciones en el sistema eléctrico del edificio.
- **Respuesta ante emergencias:** En caso de incidentes o fallas, el diagrama unifilar permite una respuesta más rápida y efectiva por parte del personal de mantenimiento. (Alcivar W. , 2023)

2.10. Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos son constantes en nuestros espacios cotidianos, dado que hay múltiples usos de la electricidad. Todos los dispositivos eléctricos operan mediante el flujo eléctrico. Desde un marcapasos que se implanta, pasando por una lámpara, hasta el uso de un microondas o el funcionamiento de una lavadora, todos requieren de energía eléctrica. Esto pone de manifiesto la necesidad de resistencia, voltaje y corriente analógica en los aparatos eléctricos.

Los parámetros eléctricos actúan como métricas que ayudan a describir y evaluar los sistemas eléctricos y la distribución de la energía eléctrica. Estas métricas ofrecen datos importantes sobre el rendimiento y la eficiencia de los circuitos eléctricos, dispositivos y aparatos (Aparcana & Carrasco, 2019)

Entre los parámetros eléctricos más conocidos se encuentran:

- **Voltaje (V):** Se refiere a la variación del potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito, expresada en voltios (V). El voltaje señala la intensidad o presión eléctrica que conduce la corriente eléctrica por un circuito. (Carrasco & López, 2021)
- **Corriente (I):** Se refiere al paso de carga eléctrica por un conductor durante un lapso específico, expresado en amperímetros (A). La corriente eléctrica se genera cuando los electrones se desplazan a través de un circuito.
- **Potencia (P):** Se refiere al consumo, transmisión o producción de energía eléctrica por un aparato o sistema durante un lapso de tiempo específico, expresado en vatios (W). Se determina la potencia eléctrica como la relación entre el voltaje y la corriente ($P = V * I$). (Carrasco & López, 2021)
- **Resistencia (R):** Se refiere a la resistencia al paso de la corriente eléctrica en un circuito, expresada en ohmios. Se emplea la resistencia eléctrica para regular y restringir el paso corriente en un circuito. (Rangel, 2021)
- **Impedancia (Z):** se refiere a la resistencia total al paso de la corriente en un cortocircuito de corriente alterna (CA), que abarca tanto la resistencia como la reactancia (efecto capacitivo e inductivo), expresada en ohmios (Ω). (Aparcana & Carrasco, 2019)
- **Factor de potencia (FP):** Se refiere a la proporción entre la potencia activa (utilizable) y la potencia aparente (total), la cual señala la eficiencia en el uso de energía eléctrica en un sistema, y se manifiesta como un número que oscila entre 0 y 1 (o como un porcentaje). Un factor de potencia alrededor de 1 señala un uso eficaz de la energía, en cambio, un factor de potencia reducido podría significar derroche de energía y sobrecarga en la red eléctrica. (Granda & Ramírez, 2020)
- **Frecuencia (f):** Es el número total de ciclos de una onda eléctrica que suceden en un segundo, expresado en hercios (Hz). En la mayoría de las redes eléctricas comerciales, la frecuencia varía entre 50 Hz o 60 Hz, en función de la zona. (Salazar & Laverde, 2023)

Estos parámetros eléctricos resultan fundamentales para el diseño, operación y conservación de sistemas eléctricos, además de asegurar la seguridad y la eficiencia energética en diferentes usos industriales, comerciales y doméstico.

2.11. Gestión de la energía en edificios

La gestión energética en las edificaciones constituye un sistema mundial para optimizar el uso de la energía en viviendas, empresas e industria. Este proceso implica la implementación de diversas estrategias y tecnologías con el objetivo de reducir el consumo energético, potenciar la eficiencia en las operaciones y reducir los costos asociados. Se incluyen entre las prácticas más sobresalientes de la gestión energética en construcciones. (Briano, Báez, & Morales, 2020).

- **Auditorías energéticas:** Realizar evaluaciones detalladas de los sistemas y equipos energéticos del edificio para identificar oportunidades de mejora y áreas de ineficiencia. (Salazar & Laverde, 2023)
- **Sistemas de automatización y control:** Implementar sistemas de gestión energética que controlen y optimicen el funcionamiento de los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, iluminación y otros equipos para adaptarse a las necesidades del edificio en tiempo real. (Pacheco, 2021)
- **Eficiencia energética:** Adoptar medidas para mejorar la eficiencia energética, como el uso de iluminación LED, la instalación de sistemas de aislamiento térmico, la actualización de equipos HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) con modelos más eficientes, y la optimización de los sistemas de agua caliente. (Briano, Báez, & Morales, 2020)
- **Gestión de la demanda:** Implementar estrategias para gestionar y reducir la demanda energética del edificio durante los periodos de mayor demanda, como la implementación de programas de control de carga, la aplicación de tarifas eléctricas dinámicas y el uso de almacenamiento de energía. (Bragagnolo & Gomez, 2020)
- **Monitorización y análisis de datos:** Instalar sistemas de monitorización en tiempo real para recopilar datos sobre el consumo de energía y el rendimiento de los sistemas del edificio. Estos datos se utilizan para identificar patrones de consumo, detectar anomalías y tomar decisiones informadas sobre la gestión energética. (Salazar & Laverde, 2023)
- **Educación y sensibilización:** Capacitar al personal y a los ocupantes del edificio sobre prácticas de uso eficiente de la energía, promoviendo el apagado de equipos cuando no estén en uso, el mantenimiento adecuado de los sistemas y el uso responsable de la energía.

- **Certificaciones y estándares:** Obtener certificaciones de eficiencia energética, como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) o BREEAM (Método de Evaluación Ambiental de Edificios), y cumplir con estándares de rendimiento energético para garantizar la eficiencia y sostenibilidad del edificio. (Briano, Báez, & Morales, 2020)

La gestión eficaz de la energía en edificios no solo reduce los costos operativos y el impacto ambiental, sino que también mejora el confort de los ocupantes y aumenta el valor de la propiedad a largo plazo.

2.12. Sistemas de monitoreo de energía

2.12.1. Fluke 1732 Energy Logger

El fluke 1732 Energy Logger es un dispositivo portátil para registrar y analizar el consumo de energía eléctrico en sistemas trifásicos o monofásicos, Es muy utilizado por técnicos, ingenieros eléctricos y auditorios energéticos para identificar oportunidades de ahorro energético en instalaciones comerciales e industriales. (Bragagnolo & Gomez, 2020)

El fluke 1732 es un registrador de energía trifásico que mide parámetros eléctricos claves como: Tensión; Corriente; Potencia Activa, Reactiva y Aparente; Factor de Potencia; Energía consumida; Frecuencia.

Todo esto lo hace de forma continua durante días o semanas, almacenando los datos para su análisis posterior.

2.12.2. Características principales

- Instalación sencilla sin necesidad de desconectar cables
- Pantalla a color para visualizar configuraciones y mediciones en tiempo real
- Conectividad USB y Wi-Fi para descargar datos y configurar el equipo desde una PC o Tablet
- Software Fluke Energy Analyze Plus para generar informes detallados y gráficos de consumo.
- Compatible con normas internacionales de calidad de energía y análisis energético

El Fluke 1732 Energy Logger es una herramienta clave para realizar un diagnóstico energético preciso y confiable. Ayuda a tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia, reducir costos operativos y asegurar el cumplimiento de normativas energéticas. (Bragagnolo & Gomez, 2020)

2.13. Tecnología Sentron PAC 3220

El SENTRON PAC 3220 es un medidor de energía digital avanzado desarrollado por Siemens, diseñado para monitorear y analizar el consumo de energía en instalaciones eléctricas. Este dispositivo es una herramienta crucial para la gestión energética, proporcionando datos precisos y en tiempo real sobre diversos parámetros eléctricos. Está diseñado para ser utilizado en sistemas de distribución de energía en edificios comerciales, industriales y de infraestructura. (Siemens, 2021)

El Siemens Sentron Pac 3220 es un avanzado dispositivo de análisis y control energético, creado para la supervisión exacta en entornos industriales, comerciales y de infraestructura esencial.



Figura 1 SENTRON PAC3220, LCD DISPLAY, MONTAJE FRONTAL (Siemens, 2021)

En la figura 1; podemos observar el Sentron Pac 3220, siendo este un medidor industrial robusto, compacto y de alta precisión, con pantalla clara y conectividad ethernet. Es adecuado para aplicaciones de monitoreo de energía, generación de alarmas, análisis de calidad de red y registro de tendencias.

2.13.1. Capacidades y Funcionalidades Sentron PAC 3220

Medición de Parámetros Eléctricos:

- **Consumo de Energía:** Mide el consumo total de energía activa (kWh), energía reactiva (kVARh) y energía aparente (kVARh).

- **Parámetros de Potencia:** Monitorea la potencia activa, reactiva y aparente, además de los factores de potencia y la demanda máxima.
- **Medición de Corriente y Voltaje:** Registra las corrientes y voltajes en cada fase (L1, L2, L3) y el voltaje entre fases.
- **Frecuencia:** Mide la frecuencia del sistema eléctrico. (MarcadorDePosición20)

Análisis de Calidad de Energía:

- **Distorsión Armónica Total (THD):** Evalúa la calidad de la energía mediante el análisis de las distorsiones armónicas en las corrientes y voltajes.
- **Desbalance de Fases:** Monitorea el desbalance de voltaje y corriente entre fases, proporcionando datos críticos para la estabilidad del sistema. (Siemens, 2021)

Funciones de Registro y Comunicación:

- **Registro de Datos:** Almacena datos históricos para el análisis de tendencias y el estudio del comportamiento energético a lo largo del tiempo.
- **Protocolos de Comunicación:** Compatible con diversos protocolos de comunicación como Modbus RTU, Modbus TCP, PROFIBUS, y Profinet, permitiendo la integración con sistemas de gestión de energía y automatización.
- **Interfaz de Usuario:** Pantalla LCD y opciones de configuración local para facilitar la lectura de datos y la configuración del dispositivo. (Serrani & Luan Santos , 2020)

Alertas y Notificaciones:

- **Alarmas Configurables:** Permite la configuración de alarmas para parámetros específicos, alertando sobre condiciones anormales o eventos críticos.
- **Notificaciones en Tiempo Real:** Envío de notificaciones y alertas en tiempo real a sistemas de control y gestión, permitiendo una respuesta rápida a problemas. (Siemens, 2021)

2.13.2. Tipos de conexiones

Existen cinco clases de enlaces diseñadas para la vinculación a redes de dos, tres o cuatro hilos con carga equilibrada o desigual. (Lasluisa Canchignia & Romero Melgarejo, 2020)

Tabla 1 Tipos de conexiones previas

Abreviatura	Tipo de conexión
3P4W	3 fase, 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: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8186>

En la tabla 1, se puede observar el tipo de conexión que tiene el medidor Sentron Pac 3220, son enlaces diseñados para la vinculación de redes.

2.14. Medidores de energía electrónicos

Un sistema para medir parámetros eléctricos tiene la capacidad de documentar todas las variables eléctricas, las cuales es un periodo específico brinden datos para determinar el funcionamiento de un sistema de potencia. (Bittencurt & Lombardero, 2018)

La existencia de un sistema de medición constante permite a los usuarios, en algún momento, alcanzar mejoras en el sistema eléctrico y lograr ahorros energéticos fundamentales en una base auténtica de comparación.

Un contador para medir el uso de energía eléctrica es un contador que proporciona información sobre los niveles de consumo de energía eléctrica en una vivienda, compañía industrial o empresas de distribución. Este permite al usuario optimizar la distribución de cargas durante el día, lo que permite a estos últimos realizar economía de energía. (Salazar Peralta, 2022)

Hoy en día, hay una variedad de medidores electromagnéticos y electrónicos. En los que los medidores electromecánicos de energía emplean bobinados tanto para la corriente como para corriente alterna, bobinados para crear corrientes parasitarias que, bajo el impacto de los campos electromagnéticos, generan un giro que provoca el movimiento de la aguja de la caratula.

Los dispositivos de medición eléctrica tienen una capacidad de cerca de 600 voltios y las corrientes máximas pueden llegar a oscilar hasta 20 amperios. Se requieren transformadores de corriente y tensión cuando las tensiones y corrientes superan los límites establecidos. En estas situaciones, se emplea factores de conversión para determinar el consumo. (Mejía Mejía, 2023)

Con la diversidad de dispositivos de medición disponibles hoy en día, el usuario puede adquirir un contador o medidor de energía según sus necesidades para optimizar el consumo de su hogar o industria, esto se debe a que, para los distintos contadores, ya sean electromecánicos o electrónicos, se requieren dispositivos para completar el sistema de seguimiento y recolección de datos.

2.15. Protocolos de comunicación

Para la obtención, monitoreo y análisis de los datos eléctricos registrados por el medidor **SENTRON PAC 3220** de siemens, es necesario utilizar protocolos de comunicación industrial estandarizados, que permiten la integración del dispositivo a sistemas de gestión de energía o SCADA. Este medidor es compatible con varios protocolos de comunicación, los cuales permiten el acceso remoto a parámetros eléctricos, históricos y configuraciones del equipo. (Urdanea, 2021)

Entre los principales protocolos de comunicación compatibles con el SENTRON PAC 3220 se encuentran las siguientes:

2.15.1. Modbus RTU (*Remoto Terminal Unit*)

Modbus RTU es un protocolo de comunicación serial ampliamente utilizado en sistemas de automatización industrial para la transmisión de datos entre dispositivos electrónicos. Fue desarrollado por la empresa Modicon (Schneider Electric) en los años 70 y sigue siendo uno de los protocolos más usados debido a su simplicidad, confiabilidad y compatibilidad con una amplia gama de equipos. (Herath, Ariyathunge, & H, 2020)

Tabla 2. Características principales de Modbus RTU

Característica	Descripción
Tipo de conexión	Serial (RS-485 o RS-232)
Topología	Maestro-esclavo (un maestro, hasta 247 esclavos)
Formato de datos	Binario (más eficiente que el formato ASCII)

Velocidad de transmisión	Desde 1.2 kbps hasta 115.2 kbps
Integración	Compatible con PLCs, HMIs, sensores, medidores eléctricos, etc.
Trama de comunicación	Dirección + Función + Datos + CRC (chequeo de errores)

Fuente: <https://www.researchgate.net/profile/Kasun-Herath/publication/342513211>

2.15.2. Modbus TCP/IP

Es un protocolo de comunicación industrial que permite el intercambio de datos entre dispositivos como PLCs, sensores, sistemas SCADA, variadores, etc., a través de una red Ethernet utilizando el protocolo TCP/IP. (Wang, y otros, 2021)

- Modbus

Protocolo maestro/esclavo (o cliente/servidor) desarrollado por Modicon (hoy Schneider Electric) para comunicación entre dispositivos.

- TCP/IP

Conjunto de protocolos que se usa para comunicaciones en redes, como Internet o redes locales (LAN).

2.15.3. Profinet

Profinet es un protocolo de comunicación industrial basado en Ethernet, desarrollado por PI (PROFIBUS & PROFINET International), diseñado especialmente para aplicaciones de automatización industrial, como comunicación entre PLCs, sensores, actuadores, variadores de frecuencia, HMI, etc. (Acosta, 2023)

Profinet permite que los dispositivos industriales se comuniquen en tiempo real a través de una red Ethernet. Es la evolución moderna del antiguo Profibus, pero usando Ethernet en lugar de cables seriales.

Tabla 3. Característica clave de Profinet

Característica	Descripción
Basado en Ethernet	Usa Ethernet estándar (IEEE 802.3), lo que facilita la integración con redes IT.
Comunicación en tiempo real	Tiene versiones para comunicación determinista (RT, IRT).
Escalable	Funciona tanto para tareas simples como complejas, desde sensores hasta robótica.
Interoperabilidad	Compatible con dispositivos de múltiples fabricantes.

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/24783>

2.16. Interfaz Ethernet

Interfaz Ethernet es el puerto físico o conexión lógica en un dispositivo que permite la comunicación mediante el protocolo Ethernet en una red de área local (LAN). Puerto de red (normalmente RJ-45) que se usa para conectar un dispositivo a una red mediante un cable Ethernet, permitiendo el intercambio de datos con otros equipos. (Robles, 2023)

Ethernet describe cómo los dispositivos de red pueden formatear y transmitir datos para que otros dispositivos del mismo segmento de red de área local o de campus puedan reconocer, recibir y procesar la información. Un cable Ethernet es el cableado físico, encapsulado, por el que viajan los datos.

2.17. Transformadores de Corriente TC

Un transformador de corriente "TC" es la máquina que nos proporciona una corriente que es proporcionalmente inferior a la del circuito. Es importante aclarar que, dependiendo de su uso, un transformador de corriente puede ser dividido en transformador de medición y transformador de protección. (Paz, 2021)

Sin embargo, estos transformadores están diseñados para desempeñar ambas funciones y su corriente nominal por segundo puede oscilar entre 1 y 5 Amperios. Esto significa que cumplen dos funciones, transforman la corriente y aíslan los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

El transformador primario se enlaza en serie con el circuito cuya intensidad se busca y el secundario se vincula en serie con las bobinas de corriente de los dispositivos de medición y medida evaluación y de resguardo que necesiten ser energizados. (Paz, 2021)

Su mecanismo de operación puede ser determinado mediante el modelo del transformador ideal, realizando algunas reflexiones acerca de su diseño y vinculación dentro del mismo sistemático.

2.18. Tipos de transformadores de corrientes

Entre las principales clases de transformadores de corriente disponibles en la actualidad se encuentran las siguientes:

2.18.1. *Transformador de corriente para barra pasante*

Los transformadores de corriente para barra pasante son comúnmente utilizados en sistemas eléctricos de alta tensión, especialmente dentro de subestaciones y centrales eléctricas, de entre todos los tipos disponibles, estos son algunas de los más elevados es costo, y se instalan de manera alineada con las barras colectoras, fijándose con tornillos a ambos lados. Además, este dispositivo está completamente separado de la tensión de los equipos eléctricos. (TACCA, 2025)

Una de las principales ventajas de estos transformadores es que facilitan la medición de la corriente sin interrumpir el funcionamiento del sistema, ya que se colocan alrededor de los conductores o de las mencionadas barras conductor. Por esta razón, son perfectos para situaciones en las que es crucial mantener el suministro de electricidad.

Estos dispositivos son capaces de resistir alta tensiones de sobrecarga y frecuentemente, se instalan en lugares donde el voltaje supera los 24 kV o es menor. Para evitar que las fuerzas magnéticas causan daños al bus y el transformador, es importante asegurarse de montar correctamente estos equipos en relación con los conductores próximos. (TACCA, 2025)

Si estas interesado en obtener este tipo de producto, puedes navegar en nuestro sitio web para conocer los modelos que tenemos de RISHABH, una de las mareas lideres en transformadores de corriente para barra pasante más eficientes del sector.

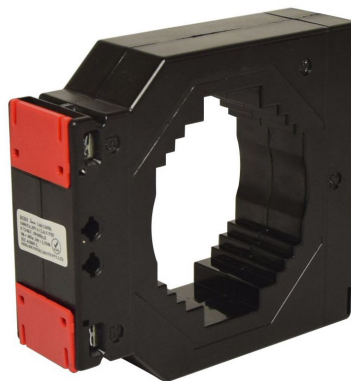


Figura 2 Transformador de Corriente para barra pasante (TACCA, 2025)

En la figura 2, se muestra un transformador de corriente para barra pasante, utilizado en sistemas eléctricos para medir la corriente que circula por un conductor sin necesidad de interrumpir el circuito.

2.18.2. Transformador de corriente de núcleo partido

Un transformador de corriente con núcleo seccionado está diseñado para instalaciones semipermanentes. Estos aparatos cuentan con un transformador en el que una parte del núcleo, que se coloca alrededor del cable, puede abrirse o moverse y después fijarse utilizando un tirador o algún sistema de sujeción. (Arellano Garcia & Carrion Valles, 2019)

Se pueden instalar en paneles de control eléctrico para monitorear de manera remoto equipos que, en ocasiones, son evaluados en lugares difíciles de alcanzar, evitando así un cableado complicado.

El funcionamiento de estos transformadores es similar al de los transformadores convencionales: la corriente alterna que fluye a través del devanado primero crea un campo magnético variable en el núcleo, lo que provoca la transferencia de energía eléctrica del circuito principal al secundario. (Arellano Garcia & Carrion Valles, 2019)

Una de las principales ventajas de los transformadores de corriente con núcleo seccionado es que, al tener el núcleo dividido, pueden abrirse para envolverse alrededor del cable. Está implicado que no es necesario desconectar o cortar el circuito para su instalación, lo que previene pérdidas económicas y de producción debidas a los tiempos de inactividad de la planta. (Arellano Garcia & Carrion Valles, 2019)

Te podría interesar: Fluidez continua, Transformadores de corriente con núcleo seccionado para un servicio ininterrumpido.



Figura 3 . Transformador de Corriente de núcleo partido (Arellano Garcia & Carrion Valles, 2019)

En la figura 3, muestra un transformador de corriente (TC) de núcleo partido, específicamente del tipo rectangular y desmontable, diseñado para facilitar su estación en sistemas eléctricos sin necesidad de desconectar el cable existente. El diseño partido o

desmontable permite abrir el núcleo para insertarlo fácilmente alrededor de un conductor ya instalado, sin tener que interrumpir el servicio eléctrico.

2.19. Interruptor Termomagnético Monofásico (2 polos) Siemens (2 Amperios)

El interruptor termomagnético monofásico Siemens de 2 amperios y 2 polos es un dispositivo diseñado para proteger circuitos eléctricos monofásicos de baja corriente, actuando automáticamente ante condiciones anormales como sobrecargas térmicas o cortocircuitos. Este tipo de breaker combina dos mecanismos de acción: una protección térmica, mediante una lámina bimetálica que responde a incrementos de temperatura por sobrecarga, y una protección magnética, basada en un electroimán que se activa ante picos de corriente elevados y súbitos. En la figura 4 se muestra el breakers de dos polos que se va utilizarse en este proyecto. (SIEMENS, 2023)



Figura 4 Interruptor Termomagnético Monofásico (2 polos) Siemens (2 Amperios) utilizado para la Instalación del medidor SENTRON PAC 3220

2.19.1. Interruptor Termomagnético Trifásico (3 polos) – Siemens (6 Amperios)

El interruptor termomagnético trifásico Siemens de 6 amperios y 3 polos es un elemento clave en la protección de circuitos trifásicos de baja tensión, especialmente en aplicaciones donde se utilizan equipos de medición o monitoreo continuo. Su diseño integra dos sistemas de protección: térmico, que actúa ante sobrecargas prolongadas, y magnético, que responde instantáneamente a cortocircuitos, garantizando así una respuesta eficaz ante diferentes tipos de fallas eléctricas. En la figura 5 se muestra el breaker de tres polos a utilizarse en este proyecto. (SIEMENS, 2023)



Figura 5 Interruptor Termomagnético Trifásico (3 polos) – Siemens (6 Amperios) utilizado para la Instalación del medidor SENTRON PAC 3220

2.20. Borneras phoenix contact PT 2,5-TWIN

Bornera de paso doble con conexión por resorte tipo push-in, diseñada para conductores de hasta 2,5 mm². Permite la conexión de dos conductores en el mismo punto de borne, ideal para distribución de señales o alimentación en paralelo. En la figura 6 se muestra como se ve la bornera utilizadas en este proyecto. (Phoenix Contact , 2023)

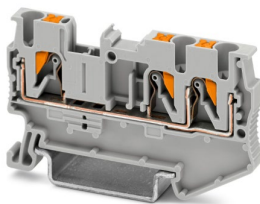


Figura 6 Borneras Phoenix Contact PT 2,5-TWIN (Código: 3209549)

2.20.1. Borneras phoenix contact 2.5mm

Borne de paso simple para conductores de hasta 2,5 mm², con tecnología push-in para conexión rápida sin necesidad de herramientas. Asegura una unión firme y resistente a vibraciones. En la figura 7 se muestra como se ve la bornera utilizadas en este proyecto. (Phoenix Contact , 2023)



Figura 7 Phoenix Contact PT 2,5 (Código: 3209510)

2.20.2. Tapas para borneras

Accesorios que cierran lateralmente las borneras para evitar contactos accidentales, proteger contra cortocircuitos y brindar seguridad en el tablero. También ayudan a dar un acabado profesional y ordenado a las instalaciones. En la figura 8 se muestra como se ve la tapa de bornera utilizadas en este proyecto. (Phoenix Contact , 2023)



Figura 8 Tapas para borneras (end covers) de cierre lateral

2.21. Transformador Soterrado

Los transformadores tipo pedestal están diseñados para proveer servicio eléctrico en sistemas de distribución subterráneo, donde la continuidad del servicio, la seguridad y la estética son factores determinantes.

Está conformado por el compartimiento para media tensión, transformación y el compartimiento de baja tensión, toda es una misma unidad compacta refrigerada en aceite mineral. Este equipo es la alternativa a una subestación convencional, cuenta con un seccionador de potencia y fusibles de protección en el lado de media tensión. (Monroy Rodríguez & Ortega Ríos, 2020)

Se instalan a nivel de piso, y está permitido su utilización en espacios con tránsito de personas ya que el equipo por su diseño brinda la máxima seguridad. Los transformadores tipo pedestal se instalan a nivel de piso y son ideales para distribución de energía eléctrica en zonas urbanas, edificios residenciales, centros comerciales, hospitales. (Monroy Rodríguez & Ortega Ríos, 2020)

Este tipo de transformador puede solicitarse para operación en sistema radial o sistema anillo es el caso que se quiera realizar derivaciones a partir del mismo.

2.22. Software PowerManager

PowerManager es un software utilizado principalmente para la gestión y control del consumo energético de equipos electrónicos, especialmente en entornos empresariales o institucionales. Su función principal es optimizar el uso de energía en computadoras, servidores, estaciones de trabajo y otros dispositivos, ayudando a reducir costos y mejorar la sostenibilidad. (Charrouf, Betka, Abdeddaim, & Ghamri, 2020)

El software PowerManager, en conjunto con los medidores de energía y los dispositivos de protección de baja tensión de Siemens, constituye una solución completa para la gestión energética empresarial. Este sistema permite recopilar, procesar, analizar, almacenar y

distribuir información relacionada con el consumo y el estado de la energía en toda la organización. (SIEMENS, 2023)

Ofrece funcionalidades amplias para el control, uso eficiente y confiabilidad del suministro eléctrico, además de generar reportes detallados que contribuyen a disminuir los costos energéticos. La plataforma facilita la gestión de todos los dispositivos conectados y el análisis de datos, lo que permite optimizar el consumo y fomentar el ahorro de energía (SIEMENS, 2023)



Figura 9 Software PowerManager de Siemens.

Figura 9, Muestra la pantalla de un monitor que presenta la interfaz del software PowerManager de Siemens, diseñado para la gestión energética. El software está visualizando datos en tiempo real relacionados con el consumo y rendimiento

Capítulo III

En este capítulo se describe en relación con el proyecto, “Realizar un estudio del sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho”, partiendo con una metodología descriptiva del entorno, estudio y análisis de la recopilación de datos detallada de cómo están distribuidos los circuitos de la Facultad e identificar si algunos de estos se encuentran sobrecargados. Se considero, los datos de las cargas actuales en la Facultad de Derecho, como enfoque preliminar para identificar el tablero de distribución principal y los sub-tableros, y posterior diseño del respectivo diagrama unifilar actualizado en conjunto con el plano eléctrico del lugar antes mencionado. Se establece mejoras a para la Facultad de Derecho, considerando que con la elaboración de un diagrama unifilar actualizado se podrán identificar las fallas en el sistema eléctrico de forma rápida. Así también se instaló una unidad de medición de parámetros eléctricos de Siemens SENTRON PAC 3220, la cual servirá de mucha ayuda para su control del consumo eléctrico en esta Facultad de Derecho.

3. Metodología aplicada

3.1. Metodología descriptiva

La metodología empleada fue en base a la descripción del entorno y a través del cual se realizó un estudio al detalle de las cargas que se encuentran en la Facultad de Derecho posterior a esto se realizó un diagrama unifilar actualizado con la descripción detallada de cómo están constituido el tablero de distribución principal y los sub-tableros tanto en la planta baja y planta alta de la mencionada Facultad. Se realizará una inspección directa sobre los tableros caracterizando y etiquetando los elementos que se encuentran en ellos, así también como las cargas ubicación de los tableros tipo de cableado y protecciones que se encuentran en la Facultad de Derecho, verificando cada breakers y que cargas se encuentran en cada circuito, sin intervenir los tableros y su funcionamiento normal. Este tipo de enfoque nos dará a comprender el estado real de la instalación eléctrica en la Facultad de Derecho y poder documentar sus deficiencias y proponer mejoras a futuro.

3.2. Metodología experimental

Para nuestra investigación se consideró como referencia la metodología experimental para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos, establecidos y así constar con una perspectiva que permita una visión clara al momento de la recopilación de datos, poder analizar y evaluar de forma clara con esta el estado actual del sistema eléctrico de baja tensión en la

Facultad de Derecho. Esta metodología experimental, posibilita tener un enfoque claro ante los diversos escenarios. En esta parte se realiza la aplicación e instalación del analizador de energía Sentron Pac 3220, el cual posibilita evaluar con precisión el comportamiento y rendimiento del sistema eléctrico. (Niño Rojas , 2021)

La aplicación combinada del enfoque descriptivo y experimental en una investigación técnica que permite complementar el estudio de forma integral, garantizando tanto el análisis del estado actual como la valoración empírica y propuestas de las mejoras, con el complemento de estos dos métodos se fortalece el trabajo investigativo. En conjunto, la articulación de ambos enfoques metodológicos permite un análisis robusto del sistema eléctrico: **la fase descriptiva** genera un diagnóstico detallado que sirve de base para **la fase experimental**, donde se prueba la efectividad de las soluciones propuestas. Esta integración metodológica resulta especialmente útil en estudios técnicos de reingeniería. (Niño Rojas , 2021)

3.1. Fuente de información

Los datos que se van a tomar serán por medio del estudio de carga, en la inspección física de las cargas actuales en la Facultad de Derecho siendo el campo de acción de este proyecto. En este caso se realizará el levantamiento de información en referencia a mediciones reales, las cargas eléctricas de todo el edificio, tanto de los tomacorrientes y la iluminación, y equipos conectados, donde también se identificará como están distribuidos los tableros eléctricos y las cargas en el Edificio de Derecho tomando los datos de la primera y segunda planta. Esta información será considerando el estado actual del sistema eléctrico de bajo voltaje del Edificio de Derecho.

3.2. Procedimiento

3.2.1. Localización geográfica

La Facultad de Ciencias Sociales, Derecho y Bienestar de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí es parte del área de estudio, en la figura 10 se muestra la ubicación exacta de la Facultad de Derecho con el fin de realizar un estudio de carga, donde se considerará luminarias, tomacorrientes, racks, aires acondicionados, entre otros equipos.

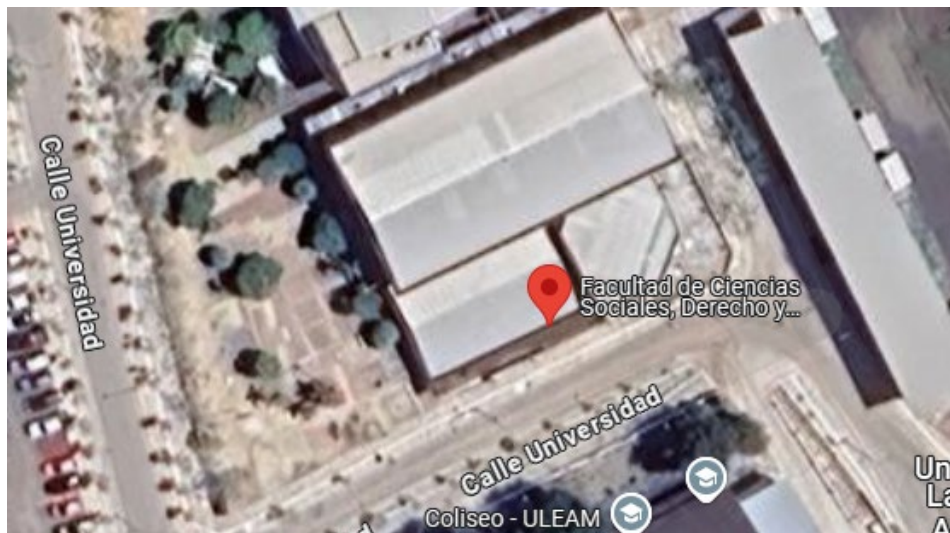


Figura 10 ubicación del área de estudio; fuente de tomada de Google Maps

3.2.2. Evaluación inicial y levantamiento de cargas

En la toma de datos realizada en la Facultad de Derecho se consideró todas las cargas existentes como lo son luminarias y tomacorrientes, así como los equipos eléctricos de toda la edificación.

- Verificación física del estado de las cargas actuales.
- Levantar información del funcionamiento y estado actual de los circuitos, con énfasis en fallas o sobrecargas identificadas.
- Desarrollar un inventario técnico de las cargas instaladas, considerando su ubicación, tipo y características eléctricas.

3.3. Diseños implementados

A continuación, se muestran los diseños empleados en la Facultad de Derecho.

- Diseñar un diagrama unifilar representando el tablero principal y los tableros de distribución eléctricos, mediante AutoCAD.
- Diseñar planos eléctricos de la primera y segunda planta de la Facultad de Derecho mediante AutoCAD.
- Implementación del Medidor Siemens Sentron Pac 3220, para el monitoreo de los parámetros eléctricos en la Facultad de Derecho.

3.4. Pruebas y verificación

A continuación, se muestra las pruebas que se realizaron en la Facultad de Derecho.

- Se realizaron pruebas de verificación en los circuitos mediante la desconexión individual de los breakers, identificando visualmente qué equipos o cargas están asociados a cada uno de ellos.
- Se utilizó el Digital Circuit Breaker Finder de Klein Tools, una herramienta portátil especializada que permite identificar con exactitud qué interruptor o (breaker) corresponde a un tomacorriente o circuito específico dentro del tablero de distribución eléctrica, sin necesidad de desenergizar todo el sistema.
- Se realizaron comprobaciones en cada uno de los circuitos mediante el uso de instrumentos de medición como multímetros y pinzas amperimétricas

3.5. Documentación y reporte

A continuación, se muestra la documentación y reportes generados

- Descripción detallada de los procedimientos ejecutados, desde el levantamiento de información hasta la instalación configuración y puesta en marcha del medidor Siemens SENTRON PAC 3220, incluyendo la ubicación del medidor y materiales empleados.
- Registro fotográfico de la intervención, con imágenes del antes, durante y después del proceso de instalación, fijación del tablero, conexión, ponchado del cableado, así como del recorrido del cable UTP hacia el RACK de la Facultad de Derecho.
- Esquemas eléctricos actualizados, tales como diagramas unifilares y planos eléctricos, ubicación de las cajas de breakers, contribuyendo a una visión clara del sistema eléctrico.
- Una sección de recomendaciones para cada una de las cajas de breakers analizadas.

3.6. Equipos utilizados

A continuación, en la tabla 4 se detallan los equipos utilizados en este proyecto.

Tabla 4 Listado de materiales utilizaos en el proyecto (elaboración Propia)

Equipos utilizados					
N°	Equipo	Especificación	N°	Equipo	Especificación
1	Multímetro	Truper	16	Llave para tablero	Tipo triangulo
2	Pinza amperimétrica	Milwaukee	17	Cinta aislante	3M
3	Localizador de breakers	Digital Circuit - Klein Tools	18	Equipo de medición	Siemens SENTRON PAC 3220
4	Punteras para cables	Calibre #14, #16	19	Acrílico para el medidor	Color negro
5	Terminales	Tipo U, tipo O	20	Breakers 2 polos	Siemens 2 A
6	Cable	Calibre #14	21	Breakers 3 polos	Siemens 6 A
7	Machinadora	Para punteras y terminales	22	10 borneras	gris phoenix contact 2.5mm
8	Tornillos tirafondo y tacos Fischer	F10	23	Riel de fijación	De los breakers y borneras
9	Tornillos autoperforantes	Uso general	24	Canaletas	Schneider Electric de 25*40
10	Desarmadores	Plano, estrella	25	Transformadores de corriente (TC)	RISHABH
11	Brocas	Para metal y cemento	26	Cable concéntrico de 4 líneas #16	34 metros
12	Taladro Bosh	Uso múltiple	27	Cable concéntrico de 2 líneas #16	17 metros
13	Tablero metálico	Doble fondo 40*30*20	28	Cable UTP CAT 6.	100% cobre
14	Martillo	Uso múltiple	29	Conector RJ45 CAT 6	Para cable comunicación
15	Sierra de mano	Tipo arco	30	Ponchadora	Para conector RJ45

3.7. Obtención de datos previos

Previo al objetivo propuesto con relación a realizar un levantamiento de información en la Facultad de Derecho, se realizaron consultas a la misma Facultad y al departamento del DIOP Dirección de Infraestructura, Obras y Patrimonio, donde se obtuvieron los siguientes datos.

- En la Facultad de Derecho realizando consultas a las autoridades, sobre si tenían algún dato eléctrico sobre la Facultad, nos comentaban que no, pero que en el DIOP si existían.
- En el DIOP Dirección de Infraestructura, Obras y Patrimonio, departamento también encargado del mantenimiento de la Universidad, consultando si tenían algún dato eléctrico de la Facultad de Derecho nos comentaron que sí, y nos proporcionaron un diagrama unifilar pero sencillo con pocos elementos, este diagrama unifilar se muestra en la figura 11.
- La Dirección de Infraestructura, Obras y Patrimonio (DIOP) proporcionó la información técnica relacionada con los transformadores eléctricos que abastecen a la Facultad de Derecho. Según los datos entregados, la edificación cuenta con dos transformadores: uno de 150 KVA, que suministra energía eléctrica a la primera y segunda planta del edificio, y otro de 37.5 KVA, destinado a alimentar el auditorio de la facultad y el área correspondiente a la asociación estudiantil. Estos equipos pueden apreciarse en las figuras 19 y 22, respectivamente.
- En el DIOP Dirección de Infraestructura, Obras y Patrimonio, nos facilitaron el plano arquitectónico de la Facultad de Derecho, A partir de este documento base, se procedió a elaborar el plano eléctrico correspondiente.
- Se realizó una inspección en conjunto con un técnico de la Dirección de Infraestructura, Obras y Patrimonio (DIOP), con el objetivo de identificar la ubicación del tablero de distribución principal incluidos los tableros eléctricos secundarios ubicados en el interior de la Facultad de Derecho.

3.7.1. Diagrama unifilar (antes)

En la figura 11 se muestra el Diagrama unifilar proporcionado por el departamento del DIOP Dirección de Infraestructura Obras y Patrimonio de la Universidad donde se puede identificar elementos del tablero principal, pero no se puede saber realmente como están distribuidos los tableros secundarios, así también no se identifican las cargas reales del edificio de Derecho. Si ocurriera una falla será difícil de identificar considerando este diagrama unifilar. En consecuencia, a lo mencionado realizo un diagrama unifilar actualizado el cual se puede ver en la figura 32.

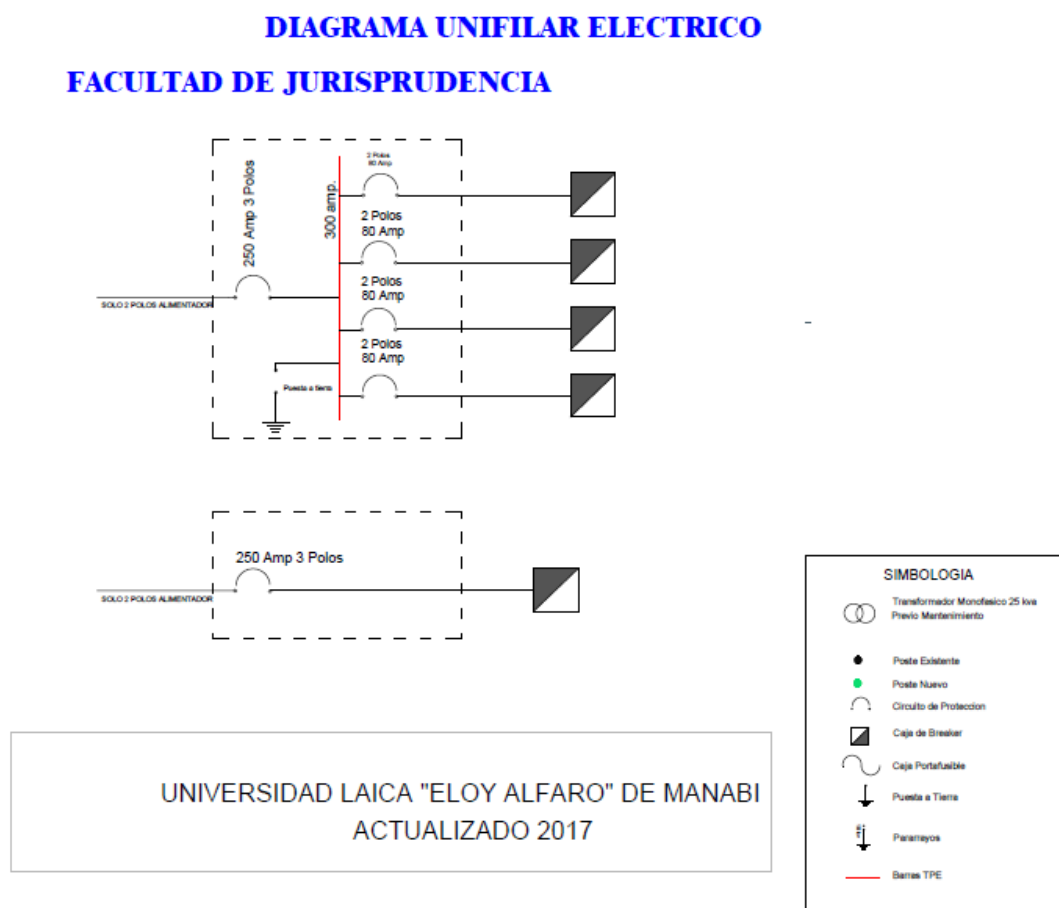


Figura 11 Diagrama unifilar Fuente (DIOP)

3.7.2. Levantamiento de cargas

A continuación, en la tabla 5 se muestra el factor de consumo por hora utilizado en las tablas de Excel de acuerdo a los datos obtenidos en el levantamiento de cargas.

Tabla 5 Factor de simultaneidad utilizados en las tablas de Excel de acuerdo a los equipos encontrados en la Facultad de Derecho

Nº	Tipo de carga	Potencia (W); (KW)	Factor de consumo por hora	Observaciones
1	Luminarias led tipo tubo	18W	0.70	Tubos led Majivu
2	Luminarias tipo led redondas y cuadradas	10W, 15W, 24W	0.70	Varias potencias dependiendo el lugar
3	Luminarias de emergencias	2.3W	0.30	Se encuentran en mal estado, uso eventual
4	Aires acondicionados	2.5-7KW	0.7	Variante de acuerdo al lugar, o datos de placas
5	Cargas varias	50-100W	1.0	Computadoras, impresoras de uso continuo
6	Proyectores	10-60W	0.7	Solo en dos proyectores en toda la facultad
7	Pantallas Ctouch	20-50w	0.7	Pantallas, de uso intermitente

3.7.3. *Análisis de las cargas*

En la planta baja de la Facultad de Derecho de la ULEAM, se realizó un levantamiento detallado de las cargas eléctricas, clasificadas por grupos de consumidores: iluminación, climatización, computación y otros. El estudio arrojó una potencia instalada total de 43,41 kW y un consumo estimado por hora de 1.417,09 kWh, aproximadamente durante una semana, considerando una operación simultánea de los equipos registrados.

El grupo de climatización, compuesto principalmente por equipos de aire acondicionado, representa el mayor porcentaje tanto de potencia instalada (71,70%) Esto evidencia que estos equipos son los principales responsables de la demanda energética en esta planta, por lo que cualquier propuesta de mejora debe priorizar estrategias para optimizar su funcionamiento.

La iluminación ocupa el segundo lugar, con el 16,38% de la potencia instalada, aunque representa un porcentaje menor que la climatización, su uso es constante durante toda la jornada, especialmente en oficinas, aulas y pasillos. Por ello, resulta pertinente proponer la sustitución progresiva de luminarias por tecnología LED, acompañada del uso de sensores de presencia o temporizadores, lo que permitiría reducir significativamente el consumo sin afectar la funcionalidad.

En el grupo de computación, donde se incluyen computadores de oficina y aulas, se registra un consumo bajo, representando apenas el 2,48% de la potencia. A pesar de su bajo impacto, es importante asegurar una distribución eléctrica adecuada para estos equipos, especialmente en cuanto a tomas con descarga a tierra y protecciones individuales, debido a la sensibilidad de estos.

Por su parte, el grupo denominado “otros”, que abarca electrodomésticos menores y equipos auxiliares (como cafeteras, dispensadores de agua, microondas y equipos de sonido), representa el 9,44% de la potencia instalada. Aunque se trata de cargas que no operan permanentemente, pueden generar picos de demanda en horarios específicos (como recesos o eventos), por lo que deben considerarse en el diseño para evitar sobrecargas en los circuitos que los alimentan.

A continuación, en la tabla 6 se muestra los datos obtenidos de la primera planta de la Facultad de Derecho, en la figura 12 y 13 se muestra las gráficas tipo pastel obtenidas a partir de este consumo por grupo de consumidores, de la primera planta de la Facultad de Derecho.

Tabla 6 Grupo de consumidores de la primera planta de Derecho

DATOS DE LA PRIMERA PLANTA					
POTENCIA INSTALADA kW			CONSUMO kW/h		
GRUPO CONSUMIDOR			GRUPO CONSUMIDOR		
ILUMINACIÓN	7,0679	17,032%	ILUMINACIÓN	242,4884	17,997%
CLIMATIZACIÓN	29,714	71,603%	CLIMATIZACIÓN	933,776	69,303%
COMPUTACIÓN	1,078	2,598%	COMPUTACIÓN	45,512	3,378%
OTROS	3,6381	8,767%	OTROS	125,6099	9,322%
TOTAL	41,498	100.000%	TOTAL	1347,3863	100.000%

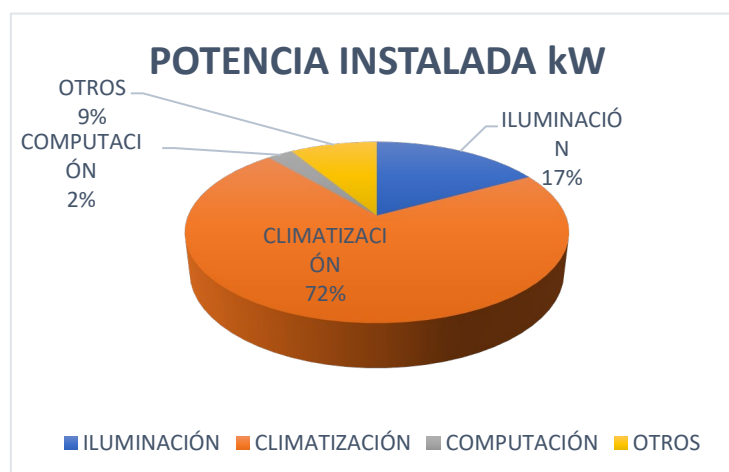


Figura 12 Potencia instalada KW de la primera planta

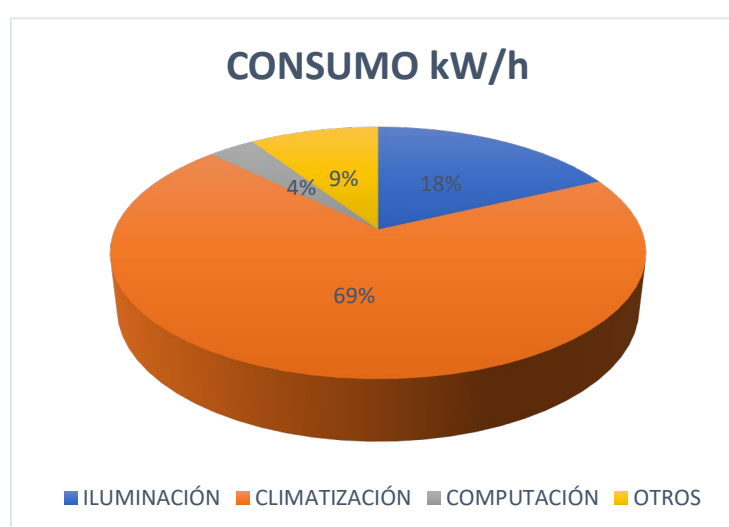


Figura 13 Consumo en KW/h de la primera planta

A continuación, en la tabla 7 se muestra los datos obtenidos de la segunda planta de la Facultad de Derecho, en la figura 14 y 15 gráficas tipo pastel obtenidas a partir de este consumo por grupo de consumidores, de la segunda planta de la Facultad de Derecho.

Tabla 7 Grupo de consumidores de la segunda planta de Derecho

DATOS SEGUNDA PLANTA					
POTENCIA INSTALADA kW			CONSUMO kW/h		
GRUPO CONSUMIDOR			GRUPO CONSUMIDOR		
ILUMINACIÓN	2,4822	13,388%	ILUMINACIÓN	103,7484	13,554%
CLIMATIZACIÓN	15,124	81,574%	CLIMATIZACIÓN	628,9	82,164%
COMPUTACIÓN	0,044	0,237%	COMPUTACIÓN	0,44	0,057%
OTROS	0,89	4,800%	OTROS	32,33	4,224%
	18,5402	100,000%		765,4184	100,000%

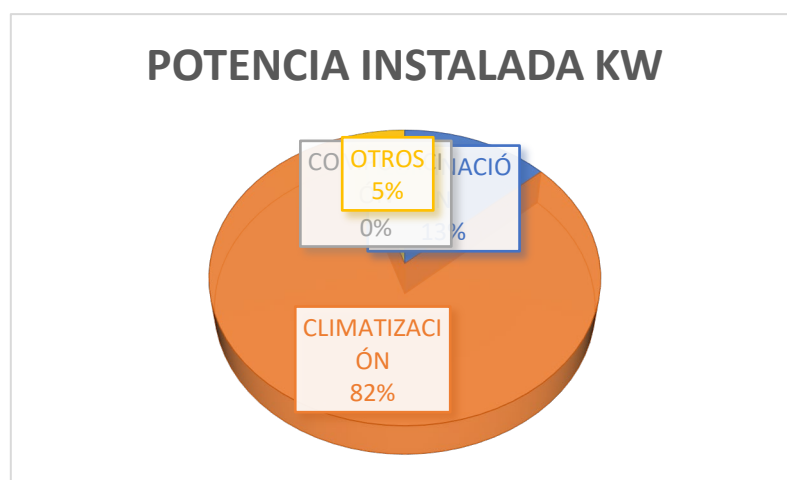


Figura 14 Potencia instalada KW de la Segunda planta

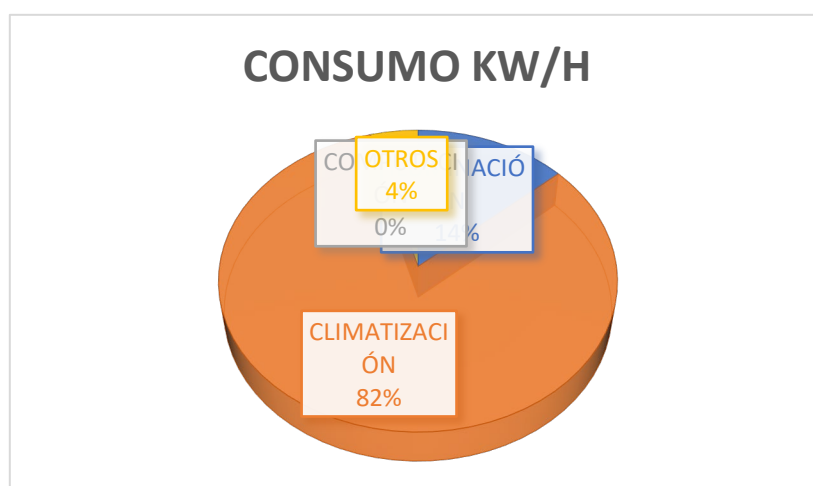


Figura 15 Consumo en KW/h de la segunda planta

A continuación, en la tabla 8 se muestra la potencia instalada por plantas y grupos de consumidores

Tabla 8 POTENCIA INSTALADA POR PLANTAS

POTENCIA INSTALADA POR PLANTAS			
GRUPO CONSUMIDOR	POTENCIA TOTAL EN kW		TOTAL
	PLANTA BAJA	SEGUNDA PLANTA	
ILUMINACIÓN	7,07	2,48	9,55
CLIMATIZACIÓN	29,71	15,12	44,84
COMPUTACIÓN	1,08	0,04	1,12
OTROS EQUIPOS	3,64	0,89	4,53
TOTAL	41,50	18,54	

POTENCIA TOTAL INSTALADA		
GRUPO CONSUMIDOR	POTENCIA EN kW	%
ILUMINACIÓN	9,55	16%
CLIMATIZACIÓN	44,84	75%
COMPUTACIÓN	1,12	2%
OTROS EQUIPOS	4,53	8%
	60,04	100%

CONSUMO POR PLANTAS			
GRUPO CONSUMIDOR	CONSUMO EN kW/h		TOTAL
	PLANTA BAJA	SEGUNDA PLANTA	
ILUMINACIÓN	242,49	103,75	346,24
CLIMATIZACIÓN	933,78	628,90	1562,68
COMPUTACIÓN	45,51	0,44	45,95
OTROS EQUIPOS	125,61	32,33	157,94
	1347,39	765,42	

CONSUMO TOTAL SEMANAL		
GRUPO CONSUMIDOR	CONSUMO EN kW/h	%
ILUMINACIÓN	346,24	16%
CLIMATIZACIÓN	1562,68	74%
COMPUTACIÓN	45,95	2%
OTROS EQUIPOS	157,94	7%
	2112,80	100%

CONSUMO TOTAL MENSUAL		
GRUPO CONSUMIDOR	CONSUMO EN kW/h	%
ILUMINACIÓN	1481,89	16%
CLIMATIZACIÓN	6688,25	74%
COMPUTACIÓN	196,67	2%
OTROS EQUIPOS	675,98	0,07
	9042,80	100%

A continuación, en la figura 16 y 17 se muestran las gráficas tipo barras, sobre la potencia instalada por plantas y consumo por plantas, estas graficas fueron obtenidas mediante los datos de la tabla 8.

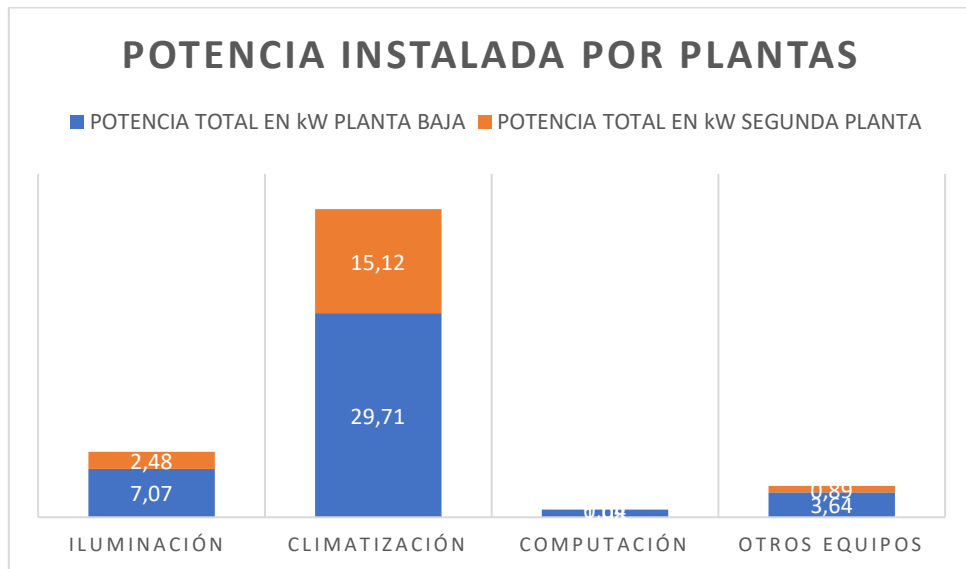


Figura 16 Potencia instalada por plantas

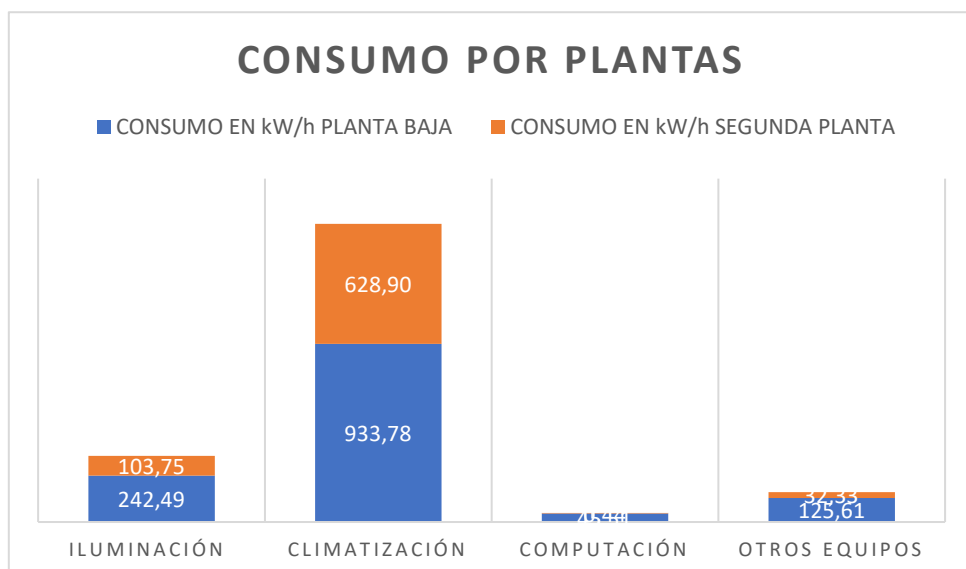


Figura 17 Consumo por plantas

A continuación, en la figura 18 se muestra la gráfica tipo Pareto permite identificar visualmente qué departamentos concentran el mayor consumo energético (kW/h) dentro de la Facultad de Derecho.

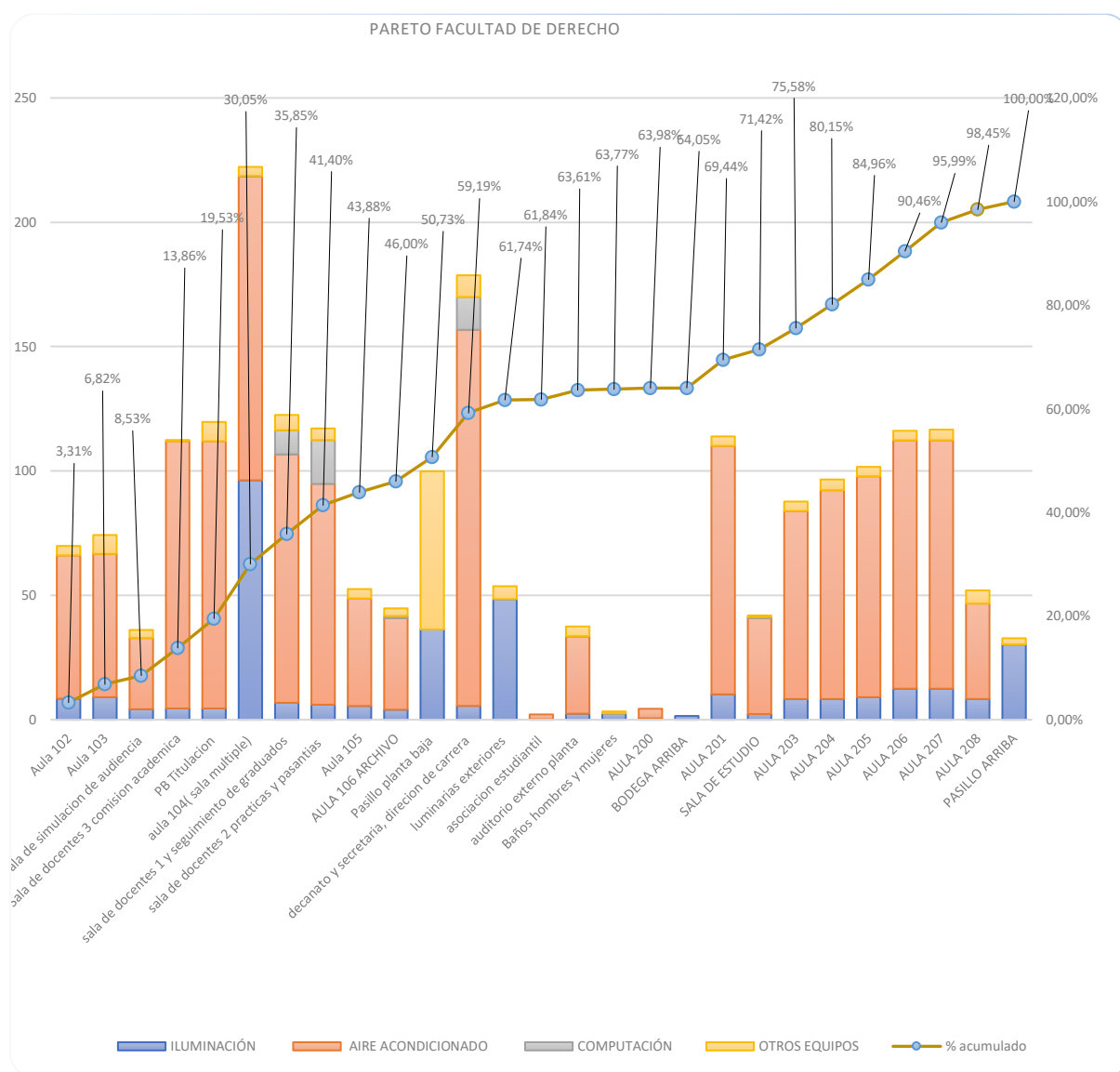


Figura 18 gráfica tipo Pareto de la Facultad de Derecho

Nota: En el Anexo 9 se presenta la información utilizada para la elaboración de esta gráfica. Asimismo, en los Anexos 5 al 6 se incluyen tablas detalladas con el inventario de los equipos eléctricos correspondientes a cada departamento de la Facultad de Derecho.

3.8. Transformadores y tableros principales de la Facultad de Derecho

3.8.1. Transformador de 150KVA

Este transformador se encuentra ubicado alado del edificio de Derecho diagonal al estadio de la Universidad este transformador consta con una potencia nominal de 150 KVA, en la figura 19 se muestra el transformador principal que alimenta a la primera y segunda planta de la Facultad de Derecho.



Figura 19 Transformador Inatra de 150KVA

3.8.2. Tablero de distribución principal de la Facultad de Derecho

En tablero principal se encuentra ubicado en la parte frontal de la Facultad de Derecho, el tablero principal alimenta a la segunda planta y ciertos departamentos de la planta baja, el breaker de que se encuentra a un costado alimenta a la planta baja, estos se encuentran alimentado desde el transformador de 150 KVA. En la figura 20 se muestra el tablero de distribución principal de la Facultad de derecho.



Figura 20 Tablero de distribución principal de la Facultad de Derecho

3.8.3. Tablero de iluminación exterior y Bomba de agua

A un costado del tablero de distribución principal, se encuentra el tablero que abastece a la iluminación exterior y la bomba de agua de la Facultad de Derecho, en la figura 21 se muestra el tablero, donde se puede apreciar canaletas en mal estado.

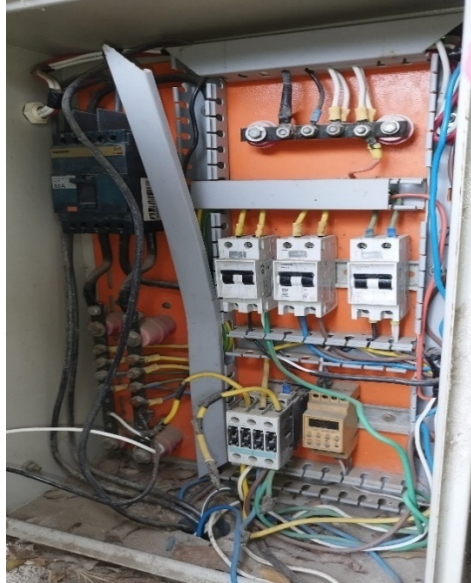


Figura 21 Caja de iluminación exterior y bomba de agua de la Facultad de Derecho

3.8.4. Transformador de 37.5KVA

El auditorio de Derecho y la asociación estudiantil de Derecho que se alimenta de otro transformador, como se muestra en la figura 22 tenemos transformador INATRA de 37.5 KVA, observación adicional es que este transformador también alimenta a parte del estadio de la Universidad.



Figura 22 transformador INATRA de 37.5 KVA

En la Figura 23, extraída del plano eléctrico elaborado, se representa la distribución de cargas alimentadas por el transformador de 37,5 KVA. El diagrama detalla la ubicación y distribución de los tomacorrientes y luminarias en el auditorio y la asociación estudiantil. Es importante señalar que en esta área específicamente sobre la loza del auditorio, se encuentra instalada una caja de breaker que alimenta los sistemas de aire acondicionado correspondientes a la misma zona del auditorio de Derecho.

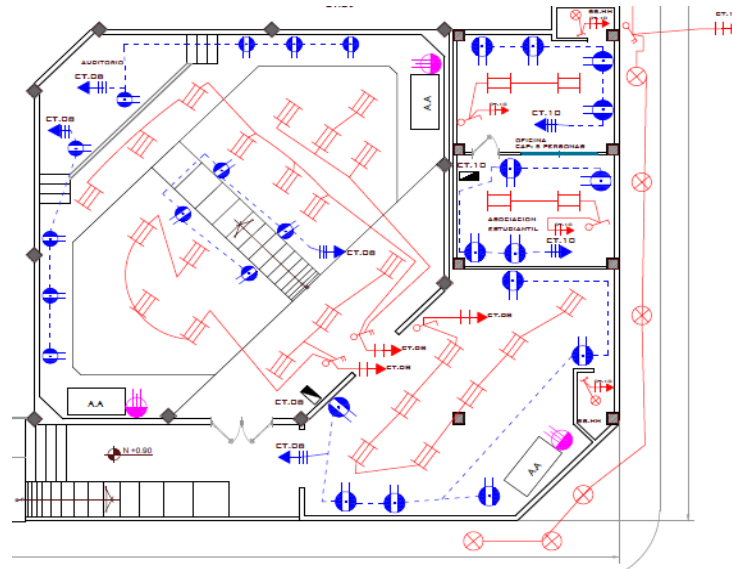


Figura 23 Auditorio de Derecho y Asociación estudiantil

3.9. Estado actual de las cajas de distribución en la parte interna de derecho

Durante el proceso de recopilación de datos, se realizó un seguimiento a todas las cajas de distribución interna de la Facultad de Derecho, como parte de este estudio se incluirá en el plano eléctrico la ubicación de cada una de estas cajas. A continuación, se muestra el estado actual de las cajas, posterior a esto se realiza un análisis al detalle de cada caja de breakers.

- En la figura 24 se muestra las cajas de distribución de planta baja, donde la caja del lado izquierdo alimenta todos los circuitos iluminación y tomacorrientes de fuerza de 120V. La caja de la derecha alimenta los aires acondicionados 240V de la planta baja.



Figura 24 caja de distribución planta baja

- En la figura 25 se muestra la caja de breakers que alimenta a la sala de titulación de la planta baja controla los tomacorrientes del lado izquierdo y derecho incluido el aire acondicionado de la misma sala de titulación, incluyendo tomacorrientes de la sala de simulación de audiencia, el cual pertenece a un departamento distinto de la misma Facultad.



Figura 25 Caja de breakers de la sala de titulación

- En la Figura 26 se presenta la caja de breakers ubicada en el aula 104 de la Facultad de Derecho. Esta caja tiene la función de controlar integralmente el sistema de iluminación de dicha aula, así como la distribución eléctrica de los tomacorrientes dispuestos en los laterales izquierdo, derecho y en la zona central del mismo espacio



Figura 26 Caja de breakers del aula 104

- En la figura 27 tenemos las cajas de breakers que alimenta a la segunda planta de la Facultad de Derecho, Estas cajas controlan todos los circuitos de la segunda planta, donde la caja del lado izquierdo alimenta la iluminación y tomacorrientes de fuerza de 120V, y la caja del lado derecho en su mayoría alimenta a los aires acondicionados de 240V de la segunda planta.

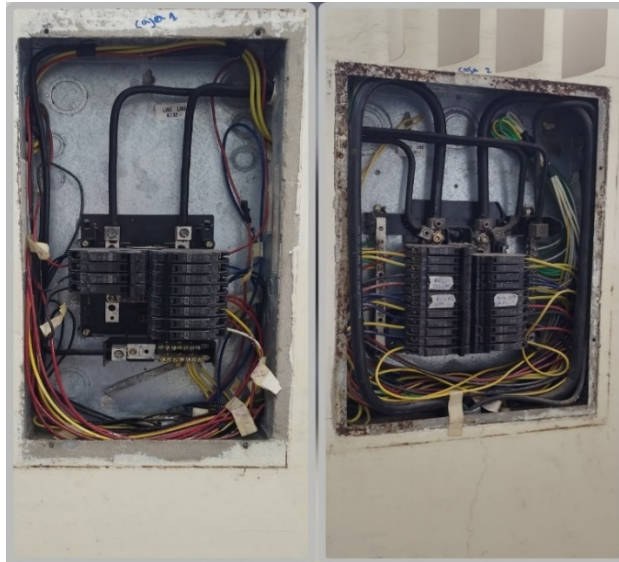


Figura 27 Cajas de breakers de la segunda planta de Derecho

- En la figura 28 se muestran la caja de breakers que alimenta el auditorio externo de la Facultad de Derecho, Esta caja controla el sistema de iluminación y tomacorrientes de fuerza de 120V distribuidos en las zonas izquierda, derecha y central del auditorio, cabe mencionar que esta área es abastecida por el transformador de 37.5 KVA.



Figura 28 Caja de breakers que alimenta al auditorio externo de Derecho

- En el Auditorio externo de la Facultad de Derecho se identificaron tres aires acondicionados dos de 60000 BTU y uno de 37000 BTU. A continuación, se muestra en la figura 29, la caja de breakers que alimentan estos equipos, esta se encuentra encima de la loza del auditorio, inicialmente desconocíamos de donde se abastecían estos aires acondicionados, mediante una inspección física y con el uso de una escalera se logró identificar esta caja, se realizó pruebas de subir y bajar breakers y efectivamente esta caja abastece a los aires acondicionados del auditorio de Derecho.

Nota: Es importante señalar que la caja se encuentra expuesta a la intemperie, sin tapa de protección, lo cual la hace vulnerable a las condiciones climáticas como la lluvia y la radiación solar directa. Esta instalación también está alimentada por el transformador de 37,5 KVA,



Figura 29 Caja de breakers encima del Auditorio de Derecho

Una solución temporal que le han dado a la caja de breakers ubicadas encima de la loza del Auditorio de Derecho es colocar hoja de zinc en donde están ubicadas las cajas de breakers. Como se logra apreciar en la figura 30.



Figura 30 Vista lateral del Auditorio de Derecho

- En la figura 31 se muestra la caja de breakers ubicada en la Asociación estudiantil, situada en el área diagonal al Auditorio de Derecho. Esta zona, actualmente está en desuso, presenta condiciones poco favorables, donde hay bancas en mal estado, incluso es usada como bodega. Esta caja alimenta al circuito de iluminación y tomacorrientes de fuerza de 120V de la Asociación estudiantil. Es importante destacar que esta área también recibe su suministro eléctrico desde el transformador de 37,5 KVA.



Figura 31 Caja de breakers ubicada en la Asociación estudiantil de la Facultad de Derecho

3.9.1. Diagrama unifilar actual de la Facultad de Derecho

A partir de las 10 cajas de breakers identificadas en la Facultad de Derecho, se elaboró un diagrama unifilar asociado a cada uno de los interruptores respectivamente con su circuito de iluminación, tomacorrientes de fuerza de 120V y climatización de 240V, incluido aquellos circuitos que presentan cargas compartidas. El diagrama unifilar sirve de herramienta visual y técnica para evaluar el sistema actual, planificar mejoras e identificar circuitos potencialmente sobrecargados.

El diagrama unifilar elaborado representa de una forma ordenada las cargas asociadas de transformador de 150KVA el cual abastece a las cajas de breakers de la primera y segunda planta de la Facultad de Derecho, la zona señalada con color verde se puede apreciar claramente está asociada al transformador de 37.5 KVA, este alimenta al auditorio de Derecho y la asociación estudiantil. Es importante decir que este transformador también abastece al estadio de la Universidad.

El diseño clasifica los tableros eléctricos jerárquicamente (de izquierda a derecha: principal, subtableros, cargas terminales), lo cual facilita su lectura y correlación con el plano físico. El proceso se validó mediante inspecciones en el sitio de estudio y ha sido construido respetando estándar de simbolización según IEC. A continuación, en la figura 32 se muestra el diagrama unifilar actual de la Facultad de Derecho.

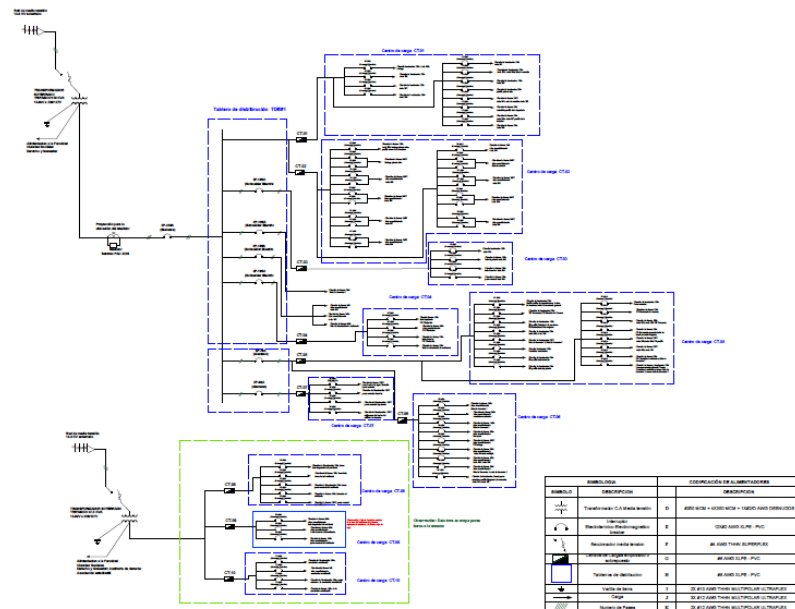


Figura 32 Diagrama unifilar actual de la Facultad de Derecho Fuente (elaboración propia)

3.9.2. Plano eléctrico actualizado de la Facultad de Derecho

El plano eléctrico se realizó directamente sobre el plano arquitectónico facilitado por la Dirección de Infraestructura, Obras y Patrimonio (DIOP), garantizando una visualización precisa entre el diseño arquitectónico y la instalación eléctrica. Este enfoque nos permitió una representación fidedigna del edificio con el trazado de los circuitos y dispositivos tomados en cuenta, esto se ajusta exactamente a la estructura real del edificio de Derecho.

En el plano eléctrico se identifican todos los elementos consumidores de energía, entre ellos se consideró graficar las luminarias, interruptores, tomacorrientes de uso general 120V, tomacorrientes 240V, ubicación de los aires acondicionados, que aulas tienen pantallas tv touch 70. Cada uno de estos dispositivos está posicionado con base en su ubicación real dentro de las aulas y espacios comunes, lo que facilita futuras intervenciones de mantenimiento y actualización técnica sin necesidad de realizar levantamientos adicionales.

En el plano eléctrico realizado se detalla la distribución eléctrica en toda la Facultad de Derecho, incluyendo las alimentaciones desde el transformador de 150 KVA, que abastece la primera y segunda planta de la Facultad, y desde el transformador de 37,5 KVA, que suministra energía al auditorio y a la Asociación Estudiantil. Se representaron con precisión el tablero principal y las diversas cajas de breakers internas.

En la figura 33 se muestra el plano eléctrico de la primera planta, en la figura 32 se muestra el plano eléctrico de la segunda planta de la Facultad de Derecho.

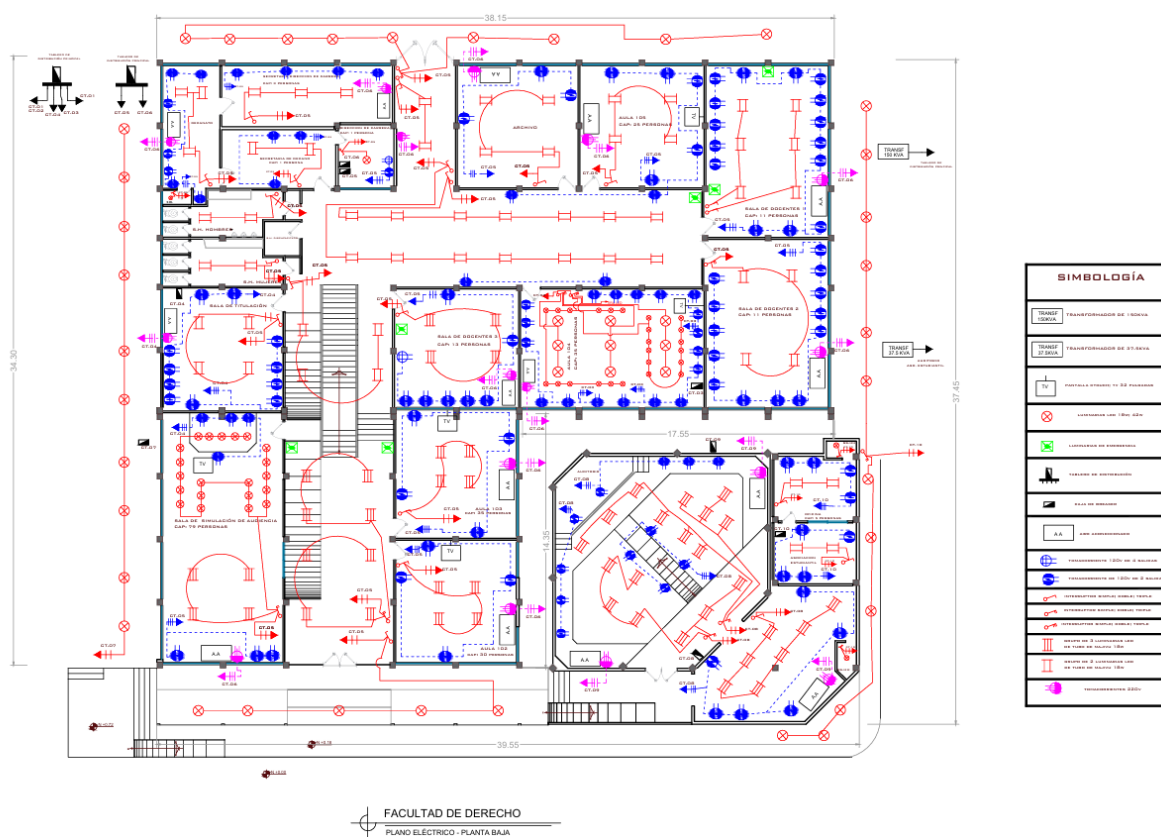


Figura 33 Plano eléctrico de la primera planta de la facultad de derecho; Fuente (elaboración propia)

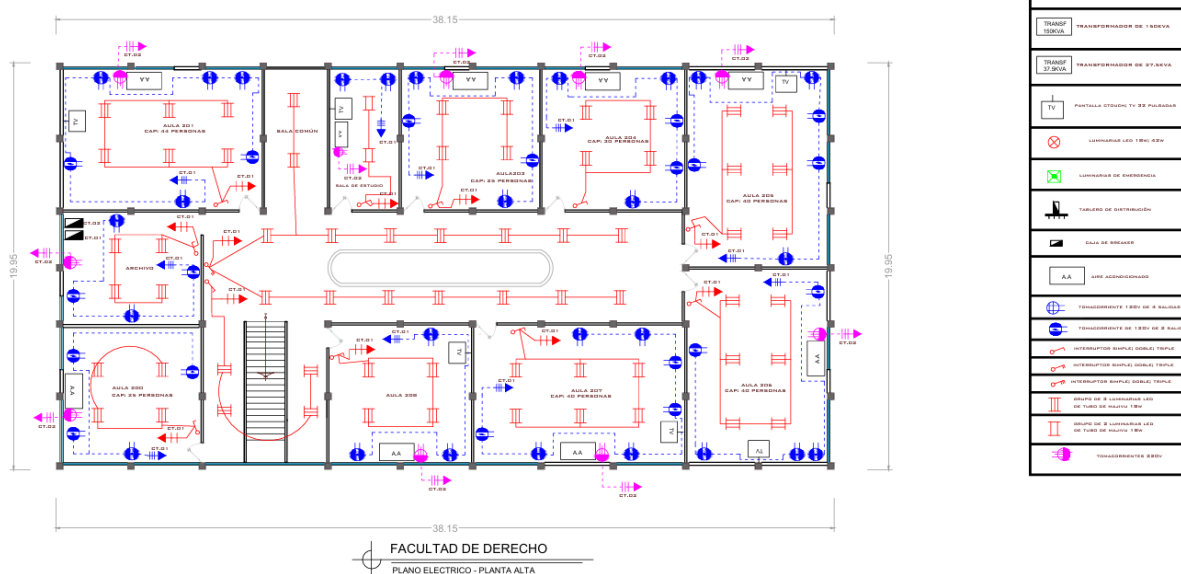


Figura 34 Plano eléctrico de la segunda planta de derecho; Fuente (elaboración propia)

3.9.3. *Importancia de tener un plano eléctrico de un edificio*

Dejar un plano eléctrico actualizado y detallado en la Facultad de Derecho de la Uleam es fundamental y normativamente correcto e importante para futuros mantenimientos del sistema eléctrico.

- El plano eléctrico permite visualizar la distribución completa del sistema, incluyendo la ubicación de tableros y circuitos, donde está la ubicación exacta de cada circuito de tomacorrientes y cada circuito de luminarias.
- Esto facilita las labores de mantenimiento preventivo y correctivo al permitir la rápida localización de fallas o puntos críticos, sin necesidad de intervenciones exploratorias que consuman tiempo y recursos.
- Además, en la normativa ecuatoriana como el Reglamento RIC-EE se establece que los diagrama unifilar y planos eléctricos deben constar como parte del archivo técnico de toda instalación. (García, 2021)

Desde el punto de vista académico y operativo, un plano eléctrico actualizado contribuye también al orden institucional, ya que permite al personal técnico, docentes o contratistas externos conocer con precisión cómo está estructurado el sistema. Esto resulta especialmente relevante en una Facultad, si a futuro tiene la necesidad de remodelarse o aumentar su carga eléctrica. (Jordan & Ayala, 2024)

3.10. **Propuestas de mejoras**

“La propuesta de este proyecto se enfoca en el objetivo descrito en referencia a realizar propuestas para el mejoramiento del sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho de la ULEAM”.

La disponibilidad de un diagrama unifilar y un plano eléctrico actualizado en la Facultad de Derecho de la ULEAM representa una herramienta esencial para implementar una serie de mejoras técnicas, operativas y de seguridad en el sistema eléctrico de baja tensión. A partir del diagnóstico realizado, se plantean las siguientes propuestas.

En las tablas que se presentan a continuación, se realiza un análisis detallado de cada una de las cajas de breakers de la Facultad de Derecho, identificando individualmente cada interruptor y los equipos o cargas que se encuentran conectados a ellos. Este estudio permite detectar posibles condiciones de sobrecarga en los breakers, así como la existencia de circuitos compartidos entre iluminación y tomacorrientes, lo cual no es recomendable desde un punto de vista operativo o un correcto diseño eléctrico.

3.10.1. Resultados y análisis de la caja de breakers 1

En la tabla 9 se analiza al detalle la caja de breakers 1, donde el breakers 6 controla la iluminación del aula 203-204 y la sala de estudio, donde breaker 9 que alimenta a los tomacorrientes de fuerza de 120V del aula 201-203 y sala de estudio. al no tener breakers independiente impide intervenir una sola área, en el breaker 11 alimenta al aula 207 y al pasillo, de la misma manera no se puede intervenir las zonas de forma independiente.

- Si existe una falla corta el servicio en las zonas conjuntas.
- Recomendación dividir los circuitos de forma independiente para poder controlar cada departamento.

Tabla 9 Descripción de la caja de breakers 1 segunda planta

Breaker	Marca			Característica
3 polos	Siemens			Ue= 690v; Iu=250A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA				
Caja de breaker 1 segunda planta				
Nº	breaker	marca	características	Distribución
1	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v aula 200; bodega
2	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v aula 208
3	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v aula 207
4	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v aula 206
5	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v aula 201
6	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v Aula 203-204- sala de estudio
7	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v aula 205
8	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v del pasillo 2do piso
9	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v tomacorrientes aula 201-sala de estudio -aula 203
10	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v tomacorrientes aula 204, tomas pasillo lado izquierdo
11	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v tomacorrientes aula 207; 3 lado izquierdo; 3 del pasillo lado derecho
12	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v tomacorrientes del aula 208; 5 tomas

3.10.2. Resultado y análisis de la caja de breakers 2

En la tabla 10, se analiza la caja de breakers 2, donde las recomendaciones y observaciones que podemos hacer son las siguientes:

En el breaker 1 alimenta a los tomacorrientes del aula 206 y el área de bodega y tomacorrientes del pasillo diagonal a la escalera de la segunda planta, donde varias áreas están intervenidas por un solo breaker, e impide intervenir un área de forma independiente.

Esta caja de breakers abastece todos los aires acondicionados de la planta alta de la Facultad de Derecho, donde la observación y recomendación más notable, es que la mayoría de estos breakers son de un polo monopolar y este solo permite interrumpir una sola línea o fase, lo cual al momento de hacer un mantenimiento se puede dejar una fase conectada lo cual puede provocar. Tensión residual, daño interno y retorno del voltaje al tener una fase conectada o accidentes eléctricos durante labores de mantenimiento. (Serna, 2021)

Normas como el RIC-EE (Ecuador) y el NEC (EE. UU.) requieren que cualquier equipo monofásico conectado a 240 V tenga una desconexión total, es decir, que el breaker interrumpa ambos conductores activos simultáneamente. (Sandoya & Arias, 2018)

Tabla 10 Descripción de la caja de breakers 2 segunda planta

Breaker	Marca				Característica
3 polos	Siemens				Ue= 690v; Iu=250A;
		Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA			
		Caja de breaker 2 segunda planta			
Nº	breaker	marca	características		distribución
1	1 polo	General Electric	20 Amp		Circuito de fuerza 120v tomacorrientes;6 tomas aula 206, tomas diagonales a la escalera, y bodega
2	1 polo	General Electric	30 Amp		Circuito de fuerza 240v de la bodega, pero no hay aire
3	1 polo	General Electric	30 Amp		
4	1 polo	General Electric	30 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 200
5	1 polo	General Electric	30 Amp		
6	1 polo	General Electric	30 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 208
7	1 polo	General Electric	30 Amp		
8	1 polo	General Electric	40 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 207
9	1 polo	General Electric	40 Amp		
10	1 polo	General Electric	40 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 205
11	1 polo	General Electric	40 Amp		
12	1 polo	General Electric	30 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado sala de estudio
13	1 polo	General Electric	30 Amp		
14	2 polos	General Electric	40 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 201

15	1 polo	General Electric	30 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 203
16	1 polo	General Electric	30 Amp		
17	1 polo	General Electric	30 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 204
18	1 polo	General Electric	30 Amp		
19	1 polo	General Electric	40 Amp		Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado aula 205
20	1 polo	General Electric	40 Amp		

3.10.3. Resultado y análisis de la caja de breakers 3

En la tabla 11 se analiza la caja de breakers 3, Esta caja está ubicada en el aula 104 en la cual están distribuida de forma eficiente y por separado el circuito de iluminación y los circuitos de tomacorrientes, sin embargo, el aire acondicionado de esta área se abastece de otra caja de breakers.

Tabla 11 Descripción de la caja de breakers 3 aula 104 primera planta

Breaker	Marca			Característica
2 polos	Schneider Electric			Ue= 240v; Iu=100A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA				
Caja de breaker 3 primera planta				
Nº	breaker	marca	características	distribución
1	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v todas las luminarias aula 104
2	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; 5 tomacorrientes lado izquierdo
3	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; 7 tomacorrientes lado derecho
4	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; 5 tomacorrientes parte central

3.10.4. Resultado y análisis de los breakers Schneider

En la tabla 12 se analiza el breakers Schneider, que se encuentra ubicado en el tablero de distribución principal, este abastece a los tomacorrientes de la sala de docentes 1.

Tabla 12 breakers Schneider electric del tablero de distribución principal alimenta los tomacorrientes de la sala de docentes 1

Breaker	Marca	Característica
2 polos	Schneider Electric	Ue= 240v; Iu=100A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA		
Nº	Descripción	
1	Circuito de fuerza 120v; Tomacorrientes de la sala de docentes 1	

En la tabla 13 se analiza el breakers Schneider, que se encuentra ubicado en el tablero de distribución principal, este abastece a los aires acondicionados de las aulas 102, 103, y sala de simulación de audiencia, estos departamentos ubicados en la primera planta de la Facultad de Derecho.

Tabla 13 breakers Schneider electric del tablero de distribución principal alimenta aires acondicionados

Breaker	Marca	Característica
2 polos	Schneider Electric	Ue= 240v; Iu=100A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA		
Nº	Descripción	
1	Circuito de fuerza 240v aire acondicionado aula 102-aula 103-sala de simulación de audiencia planta baja	

3.10.5.Resultado y análisis de la caja breakers 4

En la tabla 14 se analiza la caja de breakers 4, se muestra la caja que alimenta a la sala de titulación en la primera planta de Derecho en la cual podemos notar que el breaker 5 hay un circuito que es compartido con la sala de simulación de audiencia, No se puede desconectar un solo departamento sin afectar al otro. Esto es un problema para mantenimiento, seguridad y gestión operativa.

Tabla 14 Descripción de la caja de breakers 4 primera planta

Breaker	Marca			Característica
2 polos	Schneider Electric			Ue= 240v; Iu=100A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA				
Caja de breaker 4 primera planta sala de titulación				
Nº	breaker	marca	características	distribución
1	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; 4 tomacorrientes
2	2 polos doble	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240v Aire acondicionado sala de titulación
3	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; Rap de internet
4	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; 5 tomacorrientes
5	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; tomas sala de simulación audiencia

3.10.6. Resultado y análisis de la caja de breakers 5

En la tabla 16 se analiza la caja de breaker 5, se ha identificado que el breaker 1 alimenta simultáneamente las luminarias del pasillo de salida de la Facultad de Arquitectura, luminarias del baño de secretaria y luminarias de Secretaría General, está protegido por un solo breaker en el tablero eléctrico de la Facultad de Derecho. que deben ser corregidos, Se propone **la separación del circuito actual en dos ramales independientes.**

Se ha identificado que el breaker 3, alimenta simultáneamente las luminarias debajo de la escalera planta baja, del área de Titulación en planta baja (PB) y los baños de mujeres y hombres planta baja, Se recomienda **sectorizar el circuito de iluminación existente**, separando las cargas por **zonas funcionales** y **uso crítico**, para mejorar la operación, seguridad y mantenimiento.

Se ha identificado que el breaker 4, alimenta simultáneamente la iluminación de las aulas 106 y 105 Se recomienda **independizar el circuito de iluminación de las aulas 105 y 106**, asignando un breaker exclusivo para cada una.

Se ha identificado que el breaker 5, alimenta simultáneamente la iluminación de la Sala de Docentes 1 y la Sala de Docentes 2, Se recomienda realizar **la independización del circuito de iluminación que actualmente alimenta ambas salas de docentes**, mediante la asignación de un breaker exclusivo para cada sala.

Se ha identificado que el breaker 11, alimenta simultáneamente los circuitos de fuerza de 120V, el Decanato, Aula 103, Aula 102, se recomienda mediante **la sectorización por área funcional**, asignando **breakers individuales** a cada zona.

Se ha identificado que los breakers 13 y 14, alimenta simultáneamente los circuitos de fuerza de 120V de las aulas 105 y 106, esta se abastece de manera dividida, incluyendo los tomacorrientes del pasillo, donde tranquilamente se pudo haber independizados las aulas, Permitiendo apagar o intervenir una zona sin interrumpir el servicio de las otras dos áreas.

Se ha identificado en el breaker 15, alimenta simultáneamente los circuitos de fuerza de 120V, de la Comisión Académica (2 tomacorrientes), de la Sala de Docentes 2 (7 tomacorrientes), y la red de internet de la Comisión académica. Se recomienda **reconfigurar el circuito actual de fuerza a 120 V**, separando las áreas. Esto se logra mediante la **sectorización del sistema**, asignando **circuitos independientes** para cada zona crítica (especialmente las que involucran red y personal administrativo).

- Según el **RIC-EE (2019)** y la **NTE INEN 2114**, los circuitos deben dimensionarse y protegerse **según el uso y área funcional**. No se deben mezclar cargas de diferentes características (equipos de red, carga de oficina, docencia) bajo una sola protección térmica.

Se ha identificado en el breaker 16, es un caso bastante representativo, donde existen **circuitos combinados** que no cumplen con buenas prácticas de diseño eléctrico, donde tenemos las siguientes cargas conectadas al mismo breaker luminarias secretaria de carrera incluido 2 tomacorrientes de la misma secretaria, Comisión académica (5 tomacorrientes), aula 106 tomacorrientes, sala de docentes 1 (1 tomacorriente), sala de docentes 2 (6 tomacorrientes lado izquierdo).

Esto implica una **mezcla de usos** (iluminación y fuerza de 120V), **zonas funcionales distintas**, y **sobre concentración de carga** en un solo breaker. Se recomienda dividir completamente este circuito mixto en al menos cuatro circuitos independientes, separando la iluminación de la fuerza, y agrupando los tomacorrientes por zonas funcionales

El **RIC-EE (2019)** y la **NTE INEN 2114** prohíben la alimentación de luminarias y tomas de fuerza en el mismo circuito, y exigen protecciones diferenciadas por función y carga.

A continuación, se muestra la tabla 15, donde se detalla como estas distribuidos los circuitos de esta caja de breakers 5.

Tabla 15 Tabla de descripción de la caja de breakers 5 primera planta

Breaker	Marca			Característica
2 polos	Merlin Gerin			Ue= 240v; Iu=200A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA				
Caja de breaker 5 primera planta				
Nº	breaker	marca	características	distribución
1	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v luces pasillo de salida arquitectura, luces baño secretaria general
2	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v luces de secretaria
3	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v luces debajo de la escalera, PB titulación, baño mujeres, hombres
4	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v aula 106-105
5	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v sala de docentes 1- sala de docentes 2
6	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v Comisión académica

7	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v; 14 luminarias pasillo lado derecho
8	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v; 14 luminarias pasillo lado izquierdo
9	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v; luces diagonal afuera lado del tablero
10	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; tomas secretaria de carrera
11	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; tomas decanato, aula 103- aula 102
12	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; tomas secretaria y secador de mano de baños hombres y mujeres
13	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; tomas aula 105, 2 tomas, aula 106 tomas pasillo
14	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; tomas aula 105, aula 106
15	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v; tomas Comisión académica (2 tomas), sala de docentes 2(7 tomas) y red de internet de Comisión
16	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación y fuerza de 120v; luminarias secretaria de carrera, 2 tomas de secretaria, tomas Comisión académica (5 tomas), tomas aula 106, tomas sala de docentes 1 (1 toma), sala de docentes 2 (6 tomas lado izquierdo)

3.10.7. Resultado y análisis de la caja de breakers 6

En la tabla 16 se analiza la caja de breakers 6, se identificó que esta caja alimenta a los circuitos de fuerza de 240V, en su mayoría para aires acondicionados de la primera planta de la Facultad de Derecho, donde podemos decir que el breaker 7 alimenta simultáneamente los aires acondicionados del Aulas 105 y 106. El breaker 8 alimenta simultáneamente los aires acondicionados de la Salas Docentes 1, Sala Docente 2, se recomienda **Dividir estos circuitos** y asignar **un breaker exclusivo por aire acondicionado** para cada aula o sala. Mejora la seguridad, facilita mantenimiento, evita sobrecarga.

El breaker 9 alimenta los circuitos de iluminación para la parte frontal de la Facultad de Derecho, pasillo diagonal a la entrada y aulas (101–102). Se recomienda Rediseñar con breakers unipolares de 15 A por cada zona.

Tabla 16 Tabla de descripción de la caja de breakers 6 primera planta

Breaker	Marca			Característica
2 polos	Merlin Gerin			Ue= 240v; Iu=200A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA				
Caja de breaker 6 primera planta				
Nº	breaker	marca	características	distribución
1	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuitos de fuerza 240V, Aire acondicionado, comisión académica
2	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuitos de fuerza 240V, Aire acondicionado, comisión académica
3	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240V, Aire acondicionado, Sala de docentes 3
4	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240V, Aire acondicionado, Decanato
5	2 polos	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 240V, Aire acondicionado, PB bodega
6	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240V, Aire acondicionado, Aula 104 sala múltiple
7	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240V, Aire acondicionado Aula 105; Aula 106
8	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240V, Aire acondicionado Sala de Docentes 1; sala de docentes 2
9	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de luminarias 120V, parte frontal de la Facultad exterior; pasillo diagonal a la entrada; Aula 101; Aula 102

3.10.8. Resultado y Análisis de la caja de Breakers 7

En la tabla 17 se analiza la caja de breakers 7, se identificado cuatro breakers Siemens bipolares, utilizados para circuitos de fuerza y de iluminación, donde se ve una correcta distribución para la bomba de agua y las luminarias exteriores de la Facultad de Derecho.

Tabla 17 Tabla de descripción de la caja de breakers 7 primera planta

Breaker	Marca			Característica
2 polos	Siemens			Ue= 240v; Iu=80A;
Tablero de distribución principal alimentado transformador 150 KVA				
Caja de breaker 7 primera planta				
Nº	breaker	marca	características	distribución
1	2 polos	Siemens	40 Amp	Circuito de fuerza 220V para bomba de agua Pedrollo parte exterior
2	2 polos	Siemens	32 Amp	Circuitos de iluminación parte exterior derecha
3	2 polos	Siemens	32 Amp	Circuito de iluminación parte exterior izquierda
4	2 polos	Siemens	6 Amp	Circuito de iluminación reflectores del techo del edificio de Derecho

3.10.9. Resultado y análisis de la caja de Breakers 8

En la tabla 18 se analiza la caja de breakers 8, se identificaron al sistema de iluminación y fuerza del auditorio de la Facultad de Derecho de la ULEAM, de acuerdo con sistema de iluminación se ve una buena práctica permite control independiente de zonas (izquierda, central, derecha), y los circuitos de tomacorrientes también se encuentran divididos

Tabla 18 Tabla de descripción de la caja de breakers 8 primera planta

Transformador 37.5 KVA				
Caja de breaker 8 primera planta				
Nº	breaker	marca	características	distribución
1	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v, luces lado izquierdo del auditorio
2	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuitos de iluminación 120v luces lado derecho del auditorio
3	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v, luces parte central del auditorio
4	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v, lateral izquierdo al Auditorio
5	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v, lateral derecha al auditorio

3.10.10. Resultado y Análisis de la caja de breakers 9

En la tabla 19 se analiza la caja de breakers 9, se plantean propuesta de mejoras para esta caja ya que esta se encuentra a la intemperie. En la tabla 20 se analiza la caja de breakers 9 y de cómo están distribuido los circuitos, donde se identificó que esta abastece al sistema de aire acondicionados del auditorio externo de la Facultad de Derecho esta caja de breakers está ubicada encima de la loza del Auditorio la cual está expuesta al sol y la lluvia, incluso la misma caja se encuentra sin tapa.

Tabla 19 propuesta de mejora para la caja de breakers 9 del auditorio de derecho

Diagnóstico inicial		Propuesta de mejoras(urgentes)	
Ubicación	Caja de breakers se encuentra en la parte superior (loza) del auditorio	Cambio inmediato de caja por tablero	Garantiza protección contra lluvia, polvo y humedad (cumple norma IEC 60529)
Protección física	Sin tapa, expuesta directamente a la lluvia, sol y humedad	Instalar tapa con cerradura	Evita ingreso de agua y acceso no autorizado
Uso del tablero	Contiene tres breakers bipolares de 40 A, que alimentan aires acondicionados a 240 V	Montar el tablero bajo techo o con sombrilla metálica	Reduce exposición al sol, prolonga vida útil del equipo
Riesgo	Alto, por exposición a agua, sobrecalentamiento solar, acceso no autorizado, y posible oxidación o cortocircuito.	Rotular claramente cada circuito	Mejora la identificación y el mantenimiento

Tabla 20 Tabla de descripción de la caja de breakers 9 primera planta

Transformador 37.5 KVA				
Caja de breaker 9 primera planta				
Nº	breaker	Marca	características	distribución
1	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240v Aire Acondicionado lado izquierdo del auditorio
2	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240v Aire Acondicionado lado derecho del auditorio
3	2 polos	General Electric	40 Amp	Circuito de fuerza 240v Aire Acondicionado Parte central del auditorio

3.10.11. Resultado y análisis de la caja de breakers 10

En la tabla 21 se analiza la caja de breakers 10, esta alimenta la iluminación interior, exterior, tomacorrientes 120V y aire acondicionado 240V, lo cual es correcto desde el punto de vista funcional y de protección.

Tabla 21 Descripción de la caja de breakers 9 primera planta

Transformador 37.5 KVA				
Caja de breaker 10 primera planta asociación estudiantil				
Nº	breaker	Marca	características	distribución
1	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v, asociación estudiantil
2	2 polos	General Electric	30 Amp	Circuitos de fuerza 240 Aire acondicionado asociación estudiantil
3	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de Iluminación 120v, parte exterior a la asociación estudiantil
4	1 polo	General Electric	20 Amp	Circuito de fuerza 120v, de la asociación estudiantil

3.10.12. Recomendaciones generales sobre las cajas de breakers en la Facultad de Derecho de la ULEAM

Tras el levantamiento y análisis detallado de las 10 cajas de breakers distribuidas en la Facultad de Derecho, se identificaron aspectos fundamentales que requieren atención con el objetivo de optimizar la seguridad eléctrica, garantizar la continuidad operativa y prolongar la vida útil de los equipos conectados.

En primer lugar, se recomienda realizar **una reorganización y balanceo de las cargas** en los distintos tableros. Se evidenció que varios breakers agrupan múltiples espacios, como aulas, oficinas y zonas comunes, bajo una sola protección. Esta configuración puede generar sobrecargas, dificultar la localización de fallas y afectar la selectividad del sistema eléctrico.

En segundo lugar, se sugiere implementar **un plan de mantenimiento preventivo periódico**, el cual contemple inspecciones visuales, pruebas de funcionamiento, ajustes de conexiones y limpieza interna de los tableros. Además, se recomienda realizar mediciones termográficas para detectar puntos calientes en conexiones y componentes internos, con el fin de evitar fallas por sobrecalentamiento, especialmente en las cajas donde se concentran equipos de climatización.

Otro aspecto crítico identificado es la falta de protección física adecuada en algunas cajas, como el caso de la caja de breakers del auditorio, ubicada encima de la loza y expuesta al sol y la lluvia, además de estar sin tapa. Esta condición representa un riesgo eléctrico y de deterioro prematuro de los componentes. Por lo tanto, se recomienda la instalación de gabinetes con grado de protección IP adecuado, resistentes a la intemperie, que garanticen seguridad y durabilidad.

Adicionalmente, se aconseja que todas las cajas cuenten con etiquetado claro, visible y normalizado en cada breaker, indicando el área que alimenta, el tipo de carga (iluminación, fuerza, climatización, etc.) y el nivel de voltaje. Esto permitirá una intervención más rápida en caso de emergencia y reducirá los tiempos de mantenimiento.

Por último, para fortalecer la gestión energética, se realizó la implementación de equipos de medición supervisada como el SENTRON PAC 3220, a la salida del transformador de 150 KVA que es el principal de la Facultad de Derecho. Esta medida permitirá monitorear el consumo en tiempo real, detectar picos de corriente, evaluar el factor de potencia y contribuir al diseño de futuras estrategias de eficiencia energética.

3.11. Diseño e Instalación del medidor de SIEMENS SENTRON PAC 3220

Finalmente y posterior a la recopilación de datos y dejar una Data con referencia al diagrama unifilar de cómo están estructurado y distribuidos los circuitos, se especifica también un plano eléctrico con la ubicación de las cajas de breakers, y de los tomacorrientes y las luminarias, proponiendo mejoras para el sistema eléctrico de la Facultad de Derecho, dejando esta base de datos como precedente y así cumpliendo el objetivo general propuesto “Realizar un estudio del sistema eléctrico de baja tensión en la Facultad de Derecho de la ULEAM, para mejorar la eficiencia energética en su edificación”, posterior a esto se procedió con el desarrollo del objetivo en relación a la instalación de una unidad de medición Sentron PAC 3220 para el registro y monitoreo del consumo eléctrico en la Facultad de Derecho de la ULEAM, para lo cual se procedió con la instalación de un medidor de parámetros eléctricos de Siemens Sentron Pac 3220, con la finalidad de tener un control y de manera fiable un monitoreo con relación al consumo eléctrico en la Facultad de Derecho.

}

3.11.1. Siemens Sentron PAC 3220

La unidad de Siemens SENTRON PAC 3220 es un medidor multifuncional que proporciona mediciones de parámetros eléctricos, y el monitoreo en tiempo real del voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, frecuencia y factor de potencia, entre otros. La instalación de este equipo fue necesaria para realizar un seguimiento preciso del consumo eléctrico en la Facultad de Derecho, aprovechando su compatibilidad con el software PowerManager, adquirido previamente por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM).

En el caso de la Facultad de Derecho, el medidor SENTRON PAC 3220 fue instalado junto a la salida del transformador principal de 150KVA, El trayecto del cableado para la instalación del medidor se planificó mediante un recorrido soterrado, donde se verificó la disponibilidad del espacio suficiente en las tuberías existentes. Luego de confirmar que las condiciones permitirían el paso adecuado del lote de cables, se realizó la instalación de un tablero metálico de dimensiones $40 \times 30 \times 20$ cm, previsto para alojar el medidor.

3.11.2. Parámetros eléctricos más importantes para medir con el medidor SENTRON PAC 3220

En la tabla 22 se muestra los parámetros eléctricos más relevantes del medidor Siemens SENTRON PAC 3220. Estos datos se van a monitorear desde la Facultad de Ingeniería a través del programa adquirido por la universidad el PowerManager, donde serán recopilados los datos del transformador principal de la Facultad de Derecho.

Tabla 22 Parámetros más relevantes a medir del SENTRON PAC 3220 y PowerManager

Magnitudes	Unidades	Equipos e instrumentos
Voltaje	Voltaje (V)	SENTRON PAC 3220 y PowerManager
Corriente	Amperios (A)	SENTRON PAC 3220 y PowerManager
Potencia	Vatios (W)	SENTRON PAC 3220 y PowerManager
Energía	Kilovatios (KW/H)	SENTRON PAC 3220 y PowerManager
Frecuencia	Hertz (Hz)	SENTRON PAC 3220 y PowerManager

3.11.3. Selección del transformador de corriente

Para una correcta instalación de un transformador de corriente o TC es necesario conocer la potencia nominal del transformador al que será conectado, así como identificar si es un transformador trifásico o monofásico, esta información es esencial para seleccionar adecuadamente la relación de transformación en los TCs.

En el caso de la Facultad de Derecho, tenemos un transformador trifásico cuya potencia es de 150KVA y un voltaje de operación en el lado secundario 220V. En la figura 35 se presentan los datos de placa del transformador, que alimenta a la primera y segunda planta de la Facultad de Derecho.

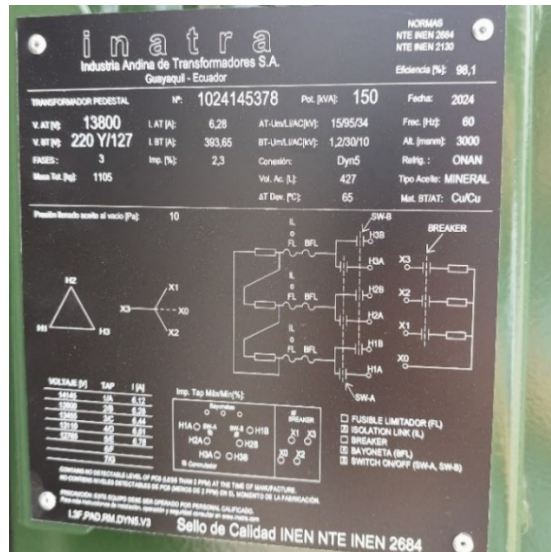


Figura 35 Datos de placa del transformador principal que alimenta a la Facultad de Derecho

Con los datos de placa podemos aplicar la siguiente fórmula para determinar qué tipo de TC comprar para nuestro proyecto, tenemos que el transformador es de 150KVA, voltaje línea a línea es de 220V.

$$\frac{KVA \text{ del transformador}}{\sqrt{3} * VLL}$$

Donde:

- KVA del transformador 150KVA
- VLL=220V
- Aplicando la formula tenemos el siguiente resultado

$$\frac{150KVA}{\sqrt{3} * 220V} = 393.64A$$

Nota: verificando con los datos de placa del transformador tenemos el mismo resultado IBT= 393. 65A. Con esto podemos determinar y apreciar con el resultado de la corriente obtenida, que el tipo de TCs que podemos aplicar en la instalación son de 400/5A, o 500/5A.

3.11.4. Porque la selección del transformador de núcleo partido

Cabe decir que para la instalación del medidor y los TCs ,fue necesario desenergizar el transformador de 150KVA, aquí están conectadas las cargas de la primera y segunda planta de la Facultad de Derecho, para esto se coordinó con el departamento DIOP Dirección de Infraestructura, Obras y Patrimonio, donde mediante oficios correspondientes, y con la ayuda de un técnico asignado, se coordinó para un sábado para desenergizar la Facultad de Derecho y evitar incomodar al personal de oficina o interrumpir las clases. En la figura 36 se muestra donde serán ubicados los TCs.



Figura 36 Transformador de 150KVA, lugar donde serán ubicados los TCs

3.11.5. Transformador de corriente de núcleo partido 500/5A -CLASE 0.5 - RISHABH

Para evitar la desconexión total de todos los cables que están ubicados en los pasatapas de baja tensión del transformador de potencia, se optó por la compra de Transformador de Corriente (TC) de Núcleo Partido Rishabh con una relación 500/5A y Clase 0.5, este tipo de TCs nos da facilidad al momento del montaje o la instalación. Si en algún momento necesitan movilizar los TCs pueden facilitar el mantenimiento o desmontaje de este sin la interrupción del servicio. Si bien se podía utilizar los TCs de 400/5A, al momento de cotizar los de 500/5A tenían el mismo precio que los mencionados anteriormente así que se tomó la decisión de comprar los de 500/5A.

En la tabla 23 se muestran a detalle las características del transformador de corriente seleccionado. En la figura 37 se muestra como son los TCs de forma física.

Tabla 23 Se detallan las especificaciones técnicas de los TCs a utilizar, serán utilizados para medir la corriente y que las mismas sean visualizadas en el SENTRON PAC 3220

Transformador de corriente RISHABH	
Fabricante	RISHABH
Relación de transformación	500/5 A
Burden VA	3.75VA
Clase	0.5
Voltaje	0.6/3 Kv
Frecuencia	50/60Hz
Dimensiones:	• Ventana: 55x85 mm • Exterior: 158x125 mm
Tipo	RISH SPLIT CORE
Cumple con las normas IEC-61869-1&2 / IEC- 60044 -1, BS 3938, IS 2705 - 1,2&3.	



Figura 37 Tipo de transformador de corriente de núcleo partido los cuales se utilizamos en la instalación del medidor de energía

3.11.6. Tablero de 40x30x20 Beaucoup

Un tablero eléctrico está diseñado para albergar, proteger y organizar componentes eléctricos, tales como interruptores, breakers, medidores, Estos tableros son esenciales para la distribución segura de energía eléctrica en instalaciones de baja y media tensión. El modelo Beaucoup 40×30×20 cm, de tipo metálico liviano, es una opción comúnmente empleada en instalaciones interiores o exteriores para sistemas de control. (Jurado , 2023)

El tablero seleccionado albergará el medidor SENTRON PAC 3220, junto con los breakers y las borneras, todos los elementos serán fijados en el interior del tablero, de igual manera el tablero protegerá a los elementos contra el sol y la lluvia. Al contrario de instalaciones previas donde los medidores se colocaron en la tapa exterior y se deterioraban rápidamente. En la Figura 38 se muestra la caja elegida y una proyección de cómo estarán ubicados internamente todos los componentes.



Figura 38 Tablero utilizado para la realización de instalación eléctrica del medidor SENTRON PAC 3220, los elementos a utilizar

3.11.7. Tipos de Cables utilizado

Para el cableado interno del medidor SIEMENS SENTRON PAC 3320 se utilizó un cable blanco #14 las características del cable utilizado se mostrarán a continuación.

- Cable Flexible THHN # 14
- Corriente Máxima: 25 amperios.
- Temperatura Máxima: 90°C.
- Voltaje Máximo: 600 V.
- Recubrimiento: PVC y Nylon.
- Sello de Calidad INEN: NTE INEN 2345

Para el cableado subterráneo desde el medidor SENTRON PAC 3220 hacia el transformador de 150 KVA, se optó por usar cable concéntrico, donde se utilizó dos tramos de 4×16 y un tramo de 2×16, a una distancia de 17 metros, sumando un total de 10 líneas las cuales son necesarias para la conexión de todos los elementos del medidor. A continuación, se muestran las características del cable utilizado.

- Cable concéntrico THHN/THWN
- Cable concéntrico 4×16 se utilizó 2 tramos de 17 metros
- Cable concéntrico 2 x16 se utilizó un tramo de 17 metros para completar las 10 líneas de cables que son necesarias para la instalación del medidor SENTRON PAC 3220.
- Temperatura de operación: 90°C
- THWN: resistente a la humedad y al calor húmedo hasta 75 °C.
- Tensión nominal: Hasta 600 V (según norma IEC 60228 y NEC 310).
- Normativas: Cumple con estándares internacionales como la NTE INEN, IEC y UL 83.

Nota: Gracias a su aislamiento termoplástico tipo THWN, este cable es resistente a la humedad, lo que lo hace apropiado para instalación en ductos soterrados expuestos a cambios de temperatura y condensación.

3.11.8. Selección de terminales utilizados en la instalación

Para la instalación del medidor de Siemens Sentron Pac 3220 en la Facultad de Derecho se utilizaron terminales eléctricos tipo ojo, tipo U y punteras para garantizar que las conexiones sean seguras y duraderas, manteniendo el orden del cableado tanto dentro del transformador, como el medidor SENTRON PAC 3220. Estos terminales permiten mejorar la confiabilidad de las uniones eléctricas, reduciendo el riesgo de falsos contactos, sobrecalentamientos o pérdidas de continuidad. (Zapata, 2024)

El terminal tipo ojo asegura una fijación sólida bajo pernos o tornillos, ideal para conexiones permanentes; el terminal tipo U facilita el montaje rápido en bornes sin necesidad de desmontar totalmente los tornillos; mientras que las punteras son especialmente útiles para consolidar los hilos de conductores flexibles en las borneras. En la tabla 24 se muestran las ventajas de utilizar este tipo de terminales. (Moreira & Erazo, 2023)

Tabla 24 Tipos de terminales utilizados para la conexión del medidor SIEMENS SENTRON PAC 3220

Terminales eléctricos		
Tipo de terminal	Forma física	Ventaja
Terminal tipo ojo		-Conector circular con un orificio cerrado en forma de anillo que se fija con un tornillo. -Asegura una conexión firme y permanente.
Terminal tipo U		-Terminal con forma de “U” abierta que se desliza bajo tornillos. - Permite conexión rápida.
Terminal puntera		-Evita que los hilos se abran. - Se usan en cables flexibles -Previene falsos contactos. -Recomendado para conexiones en borneras.

3.11.9. Breakers de protección

Para proteger el sistema de medición SENTRON PAC 3220 implementado en la Facultad de Derecho, se instalaron 2 interruptores termomagnético de siemens, el primer breakers monofásico de 2A resguarda el circuito de alimentación auxiliar del medidor que opera con un consumo mínimo y requiere alta sensibilidad para desconexión en caso de sobrecarga. El segundo breaker trifásico de 6 A protege las entradas de medición de voltaje (L1, L2, L3), actuando como barrera ante cortocircuitos, errores de instalación o sobretensiones transitorias. En la figura 39 se muestra como quedaron colocados los breakers dentro del tablero.



Figura 39 Colocación y fijación de los breakers de alimentación y medición dentro del tablero

3.11.10. Utilización de Borneras

En la instalación del medidor SENTRON PAC 3220 implementado en la Facultad de Derecho, se utilizó borneras Phoenix Contact que nos permitió establecer conexiones seguras, organizadas y fácilmente identificables, entre la parte de alimentación del medidor, y la parte de los transformadores de corriente. Las borneras son de tipo push-in aseguran una fijación estable del conductor sin necesidad de tornillos, en estas borneras se pueden hacer pruebas de medición, sin tener que intervenir el cableado. Si en algún momento a futuro surge la necesidad de mover el medidor hacia otro lugar solo se desconecta de las borneras y se puede movilizar el medidor. a continuación, en la figura 40 se muestran las borneras utilizadas en nuestro proyecto.

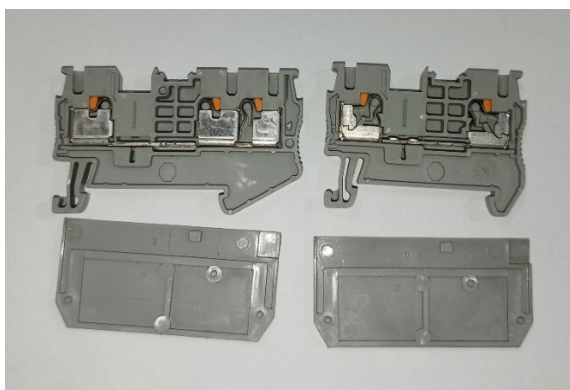


Figura 40 Borneras y tapas de borneras utilizada en la instalación del Medidor SENTRON PAC 3220

3.12. Proceso de intervención

3.12.1. Herramientas utilizadas

A continuación, se mencionan los materiales principales para la instalación del medidor Siemens SENTRON PAC 3220, los demás materiales utilizados fueron mencionados al inicio de este capítulo.

- Taladro para la fijación de elemento en el tablero
- Desarmadores aislados
- Desarmador de precisión para el montaje de las borneras
- Elementos del tablero, medidor SENTRON PAC 3220, breakers, borneras, tapa para borneras, cables.
- Pernos y tornillos para la fijación de los elementos del tablero
- Riel DIN 30 cm
- Canaletas Schneider electric 25*40 color gris un metro
- Punteras para cable #14 #16, terminales tipo O y tipo U
- Machinadora de punteras y terminales

3.12.2. Armado del tablero

Con el fin de realizar pruebas previas y familiarizarse con el equipo garantizando una instalación óptima, se llevó a cabo el proceso de armado del sistema de monitoreo eléctrico utilizando el medidor SENTRON PAC 3220 desde el entorno domiciliario. Esta actividad fue ejecutada por los integrantes de este proyecto, permitiendo una verificación práctica del cableado hacia las borneras. Donde también se realizó la fijación de los componentes principales del sistema, y la colocación de punteras en cada uno de los cables utilizados.

La instalación incluyó la conexión del medidor a través de un breaker de 2 polos (2 A) para su alimentación auxiliar, y un breaker de 3 polos (6 A) para la protección de las entradas de voltaje de línea (L1, L2, L3). Se utilizaron conductores de calibre #14 AWG, con aislamiento tipo THHN/THWN, en cada conductor se colocaron terminales tipo puntera, asegurando así conexiones limpias y seguras, especialmente en las borneras Phoenix Contact PT 2,5 y PT 2,5-TWIN. En la figura 43 imagen se muestra como quedó el tablero con sus elementos fijados.

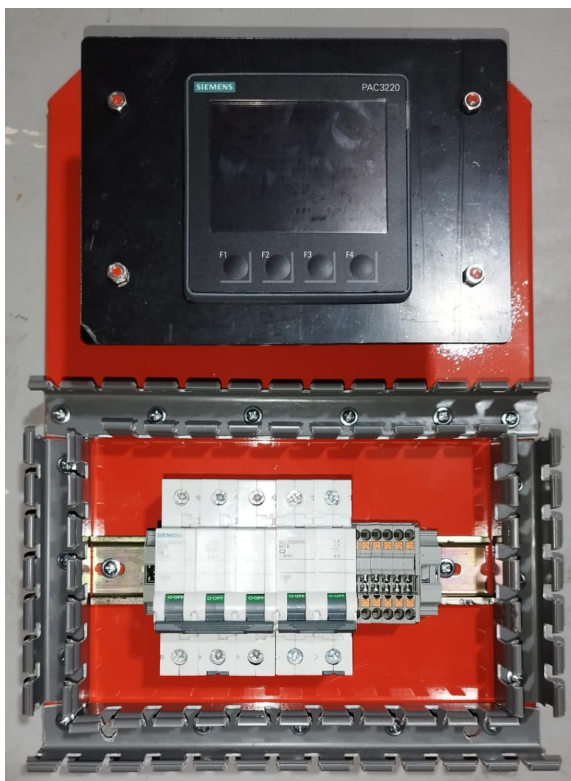


Figura 41 distribución de los elementos utilizados en el tablero para la conexión del medidor SENTRON PAC 3220

Los elementos fueron fijados sobre el tablero de doble fondo color naranja, utilizando tornillos, destornillador y taladro, para garantizar una instalación estructuralmente segura y ordenada. La pantalla del medidor SENTRON PAC 3220 fue asegurada con una mica de acrílico negro cortado a la medida asegurando la fijación evitando algún contacto accidental.

Las conexiones de los cables conductores se organizaron mediante canaletas y borneras hacia el medidor, facilitando tanto el orden visual como la seguridad del montaje. Tras el montaje de todos los elementos y el cableado, se verificó la continuidad en cada uno de los cables con multímetro, se identificaron los cables con marquillas amarillas con su nomenclatura respectiva y se comprobó que las conexiones estuvieran correctamente realizadas.

En la Figura 42 se aprecia cómo quedaron todos los elementos, incluido el cableado organizado cuidadosamente desde las borneras hacia el medidor.

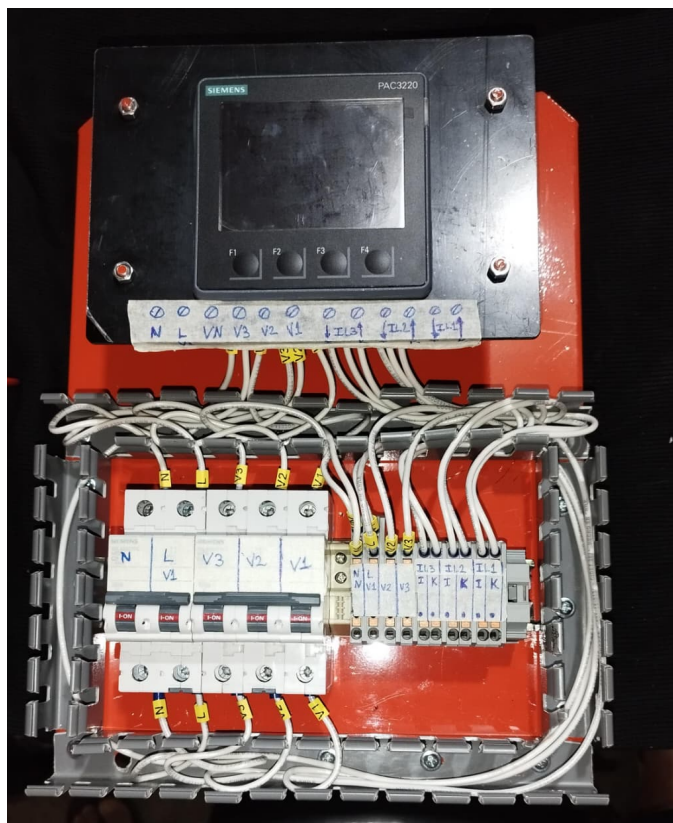


Figura 42 elementos utilizados en el tablero para la conexión del medidor SENTRON PAC 3220, incluyendo el cableado hacia las borneras

3.12.3. Diagrama de conexión del medidor SENTRON PAC 3220 utilizado

En la figura 43 se presenta el diagrama de conexión aplicado desde el medidor hasta llegar a las borneras, el esquema fue elaborado en AutoCAD para garantizar el correcto entendimiento de las conexiones realizadas. Una vez instalado el cableado basándonos en el diagrama de la figura 43, nos permitió hacer pruebas en las conexiones como medir continuidad desde las borneras hasta el medidor, para descartar errores en la conexión. Finalmente, se efectuó una prueba funcional de encendido del SENTRON PAC 3220 antes de su puesta en operación definitiva en la Facultad de Derecho.

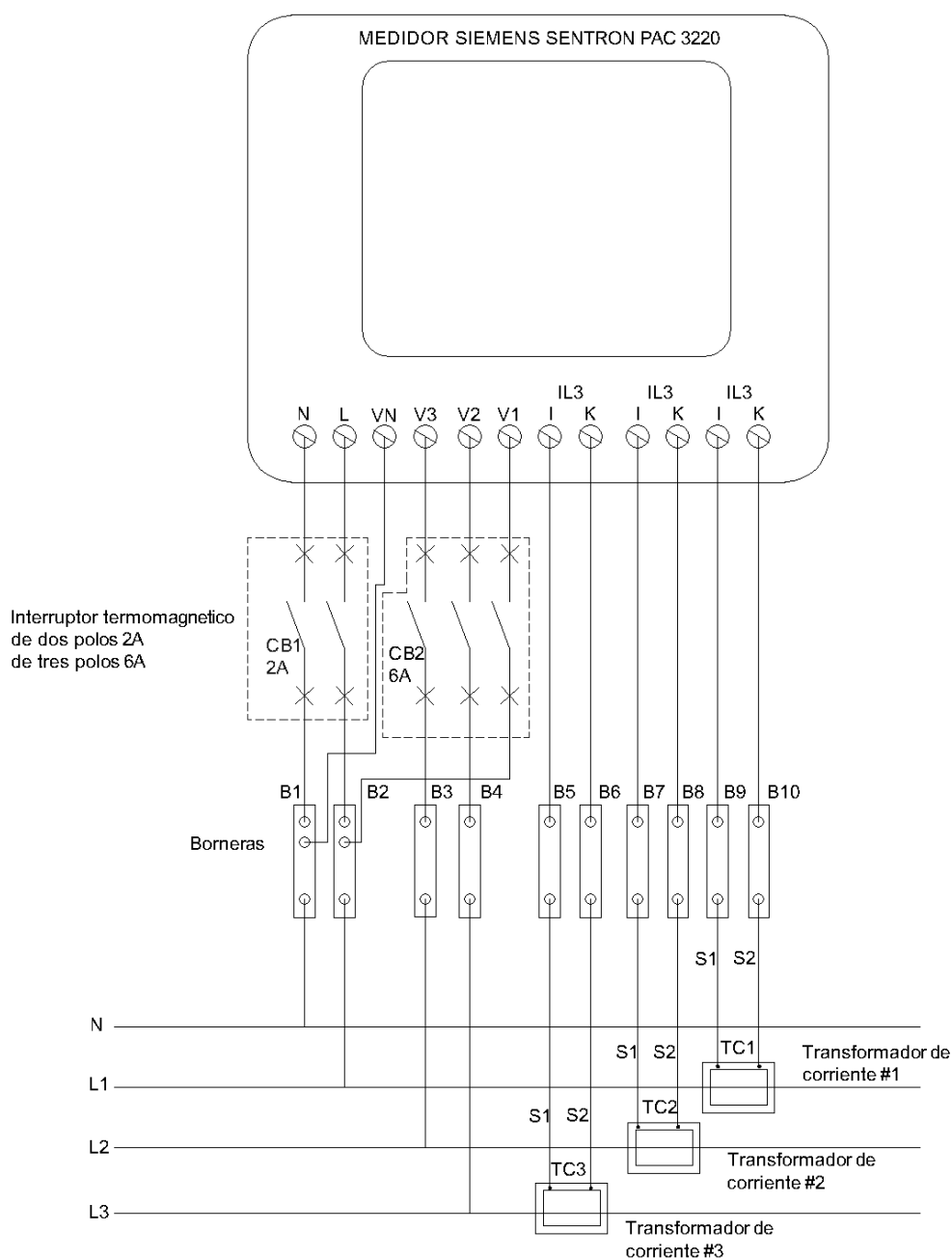


Figura 43 Diagrama de conexión medidor SENTRON PAC 3220 empleado en la Facultad de Derecho

3.12.4. Fijación de la caja

La caja fue instalada en la parte de lateral de la Facultad de Derecho, a un costado de las tuberías naranjas por donde se canaliza el cableado subterráneo desde el transformador hasta el tablero principal de distribución, donde se realizó una inspección física para determinar que las tuberías naranjas nos brindaban la posibilidad de pasar el cableado necesario para la instalación del medidor SENTRON PAC 3220. Justo en esta zona se encuentra la tubería por donde pasa el cableado de fibra óptica del rack principal de Derecho, esto es relevante para la posterior ubicación del cable de comunicación del medidor. Lo que permitió compartir las infraestructuras de las cajas, se empalmaron dos tubos metálicos y conectores para fijar ambas cajas; uno de ellos será utilizado para el cable de alimentación eléctrica y el otro será utilizado para el cable de comunicación del medidor.

En la figura 44 se muestra donde fue instalada y fijada la caja, esta ubicación es idónea ya que tenemos disponible tubería soterrada hacia el transformador, y tubería hacia el rack principal de la Facultad de Derecho.



Figura 44 Fijación de la caja donde será colocado el medidor SENTRON PAC 3220 de la Facultad de Derecho

3.12.5. Conexión empleada en el medidor

En la figura 45 se muestra el tipo de conexión a realizarse es 3P4W, lo cual significa que se trata de una conexión trifásica, de 4 conductores, con carga desbalanceada, sin transformador de tensión y con tres transformadores de corriente. (Siemens, 2021)

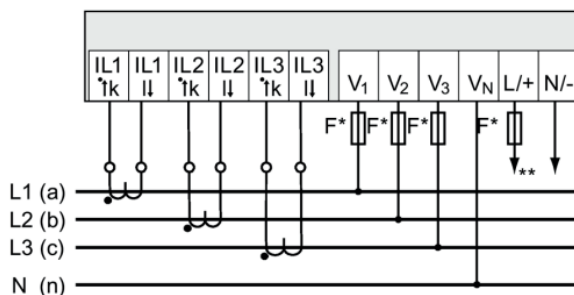


Figura 45 Diagrama de conexión utilizado en la instalación del medidor en la Facultad de Derecho (Siemens, 2021)

3.12.6. Proyección del recorrido soterrado para el cable concéntrico

En la figura 46 se muestra el recorrido soterrado del cableado concéntrico, desde la caja instalada previamente en la pared exterior del edificio hasta el transformador principal de la Facultad de Derecho. Esto fue realizado por dos tramos 17 metros de cable concéntrico 4x16 y un tramo 2x16, sumando 10 conductores. La elección de cable concéntrico responde a su diseño con aislamiento, el cual lo hace ideal para instalaciones soterradas y es adecuado por su elevada resistencia mecánica, térmica y resistencia al deterioro por humedad.



Figura 46 Recorrido del cableado de alimentación del Medidor de la facultad de derecho

3.12.7. Proceso de desenergización del transformador

En la figura 47 se observa el proceso de desenergización del transformador soterrado marca INATRA de 150 kVA, que alimenta a la Facultad de Derecho de la ULEAM. Esta acción fue ejecutada mediante el uso de una pértiga dieléctrica, herramienta diseñada para operar equipos de media tensión manteniendo una distancia segura, esta intervención la ejecuto un tecnico del departamento del DIOP Dirección de Infraestructura Obras y Patrimonio de la ULEAM. El procedimiento final consistió en la apertura del seccionador ubicado en la cámara subterránea del transformador, interrumpiendo así el flujo eléctrico de manera segura antes de intervenir el sistema.



Figura 47 desenergización del transformador INATRA de 150 kVA de la facultad de derecho

3.12.8. Instalación subterránea del cable concéntrico desde el medidor hasta el transformador

En la figura 48 se presenta el tendido soterrado del cable concéntrico, hasta llegar al transformador de 150 KVA que alimenta a la Facultad de Derecho.



Figura 48 Proceso de tendido del cable de forma soterrada para la alimentación del medidor

3.12.9. Colocación de elementos dentro del tablero

En la figura 49 se observa como los componentes fueron fijados en el interior de la caja, inmediatamente se procedió a colocación de punteras en cada uno de los cables, se realizó apuntes y tabla de Excel de los colores de los cables para conectarlos a las borneras y la posterior instalación dentro del transformador. Con los apuntes tomados sobre los colores de los cables evitamos errores en la conexión tanto en las borneras como dentro del transformador.



Figura 49 Colocación de los elementos dentro de la caja y colocación de punteras en los cables

3.12.10. *Tabla guía para la conexión en las borneras y dentro del transformador*

Para la conexión en las borneras y dentro del transformador se utilizó cable concéntrico de diferentes colores un tramo de 17 metros de 4*16 se utilizó para la alimentación neutro, L1, L2, L3, con el otro tramo de 17 metros cable 4*16 y un tramo de 17 metros de 2*16 nos sirvió para la conexión de los TC. En la tabla 25 se detallan los cables utilizados y la identificación de los cables por colores y en que bornera fueron colocado. En la figura 50 se muestra como quedo la conexión físicamente en las borneras y con la guía de identificación de la tabla 25.

Tabla 25 cables utilizados y guías para la conexión tanto en el tablero como en el transformador

Cableado guía para la conexión del medidor sentron pac 3220			
Cableado de Alimentacion a borneras			
Tipo de cable	Color del cable	Conexión	Nº de Borneras
Cable concentrico 4*16	Cable blanco	Neutro (X0)	Bornera 1
	Cable negro	Voltaje 1 (L1) (X1)	Bornera 2
	Cable rojo	Voltaje 2 (L2) (X2)	Bornera 3
	Cable verde	Voltaje 3 (L3) (X3)	Bornera 4
Cableado para los transformadores de corriente a borneras			
Tipo de cable	Color del cable	Conexión	Nº de Borneras
Cable concentrico 4*16	Cable rojo	TC3- S1	Bornera 5
	Cable verde	TC3-S2	Bornera 6
	Cable blanco	TC2- S1	Bornera 7
	Cable negro	TC2-S2	Bornera 8
Cable concentrico 2*16	Cable blanco	TC1- S1	Bornera 9
	Cable negro	TC1-S2	Bornera 10



Figura 50 Tablero del medidor de la Facultad de Derecho con la conexión del cable concéntrico en las borneras con la identificación con la tabla 26

3.12.11. Conexión dentro del transformador

En la figura 51 se muestra la conexión realizada en el interior del transformador principal, donde se instalaron los transformadores de corriente (TCs) de núcleo partido alrededor de los conductores activos, sin la desconexión total de los cables. Guiándonos con la configuración indicada en la Tabla 25 anteriormente mencionada y para evitar cualquier tipo de error o que llegue a dañarse algún elemento tanto del transformador como del medidor.

Los conductores para mandar la señal a los TCs fueron fijados con tornillos y terminales tipo U, seguidamente sujetos con amarras plásticas. En los pasatapas de baja tensión se emplearon terminales tipo ojo, donde solo se aflojo un perno correspondiente a X0 (neutro), X1(L1), X2(L2), X3(L3), tras la colocación de los terminales tipo ojo, se procedió a volver apretar cada perno.



Figura 51 Cableado y colocación de terminales tipo ojo y tipo u en los pasatapas y en los TCS

Nota: todo este procedimiento se realizó después de la desenergización del transformador, a pesar de esto y para evitar la desconexión de todos los conductores, y evitar un error al momento de la conexión de los conductores, se optó por los transformadores de corriente de núcleo partido, el cual nos ofreció ventajas al momento de la instalación del medidor SENTRON PAC 3220.

En la Figura 52 se visualiza el medidor encendido. No obstante, antes de energizar el tablero se utilizó la ranura intermedia de las borneras para medir voltajes y continuidad con multímetro, verificando cada conexión. Finalmente, se activaron los breakers de protección una vez confirmada la integridad del circuito.



Figura 52 medidor Siemens SENTRON PAC 3320 YA ENERGIZADO

3.12.12. Configuraciones básicas del medidor SENTRON PAC 3220

En la figura 53 se configuro en la pantalla el idioma y tipo de conexión 3P4W, lo cual significa que se trata de una conexión trifásica, de 4 conductores, con carga desbalanceada, sin transformador de tensión y con tres transformadores de corriente.



Figura 53 Se configuro el Tipo de conexión 3P4W, en el medidor SENTRON PAC 3220

3.12.13. Configuración de los TCs

En la interfaz del medidor SENTRON PAC 3220 también se realizan diversas configuraciones fundamentales y complementarias para su correcto funcionamiento. Entre las principales se encuentran la configuración de la fecha y la zona horaria, así como el idioma del sistema, permitiendo adaptar el dispositivo al entorno de uso. Además, en la figura 54 se lleva a cabo la configuración de los transformadores de corriente TCs, Para este proyecto en particular, se estableció un valor de 500 A para el primario y 5 A para el secundario



Figura 54 Configuraciones básicas de la pantalla y configuración de los TC del medidor SENTRON PAC 3220

3.13. Cable de comunicación utilizado

3.13.1. Cable UTP Cat 6 exterior DAHUA 100% cobre

Para la conexión a la red del medidor SENTRON PAC 3220 con el software PowerManager, se utilizó un cable UTP categoría 6 exterior marca Dahua, 100% cobre, con un tramo total de 30 metros. Este cable fue recomendado por el Departamento de Infraestructura Informática y Telecomunicaciones (DIIT) de la ULEAM, debido a su alta resistencia a condiciones ambientales, ya que cuenta con una cubierta de polietileno (PE) que lo hace apto para instalaciones en exteriores. A pesar de sus capacidades para soportar intemperie, el cable fue canalizado a través de una tubería existente que llega al rack principal de Derecho, ya canalizado el cable de comunicación fue conectado específicamente al puerto 48 del switch de red principal de la Facultad de Derecho.



Figura 55 Cable UTP Cat 6 exterior 100% Cobre Dahua, se utilizó 30 metros hasta llegar al rap principal de derecho (Dahua Technology, 2022)

3.13.2.Designación de la IP

Además, para que el medidor SENTRON PAC 3220 pueda integrarse correctamente al software de gestión energética PowerManager, es necesario asignarle una dirección IP fija, la cual debe ser gestionada y proporcionada por el Departamento de Infraestructura Informática y Telecomunicaciones (DIIT) de la ULEAM. La dirección IP designada se encuentra especificada en la tabla 26, Esto permite que el medidor sea identificado dentro de la red institucional, facilitando la transmisión continua de datos eléctricos en tiempo real hacia la plataforma de monitoreo centralizada.

Tabla 26 Designación de Direcciones IP, Máscaras, Gateway para la Facultad de Derecho

Dirección IP	10.253.100.30
Mascara	255.255.255.0
Gateway	10.253.100.1

3.13.3.Recorrido del cable de comunicación visto desde la parte externa

En la imagen 56 se muestra el recorrido del cable de comunicación en la parte externa de la Facultad de Derecho, el cable fue alojado en una tubería ya existente del edificio. Dicha tubería también aloja el cable de fibra óptica que llega al RACK principal de Derecho. Sé verifíco con un técnico del DIIT que exista el espacio suficiente para el nuevo cable. La maniobra se realizó con un alambre guía aplicando técnicas prudentes de tensado y evitando rozaduras para así evitar dañar el cable de fibra óptica.



Figura 56 recorrido externo del cable de comunicación desde el medidor hasta el rack principal de derecho

3.13.4. Recorrido del cable visto desde la parte interna hasta llegar al rack principal

En la imagen 57 se muestra la conexión interna del cable de comunicación en la Facultad de Derecho. Para su tendido se utilizó una canaleta ya existente donde se aloja un cable de fibra óptica y uno del sistema de cámaras, donde se abrió cuidadosamente la canaleta y se procedió a pasar nuestro cable de comunicación para el medidor, evitando rozaduras o daños, hasta llegar al rack principal del edificio, específicamente conectado al puerto 48 del switch de red, evitando dañar el cableado ya existente.



Figura 57 recorrido interno del cable de comunicación desde el medidor hasta el rack principal de Derecho

Una vez instalado el cable UTP, se procedió a ponchar las puntas con conectores RJ45, asegurando una conexión firme y funcional tanto en el medidor SENTRON PAC 3220 como en el puerto asignado del RACK principal de Derecho. Se procedió al bloqueo de la pantalla del medidor para evitar modificaciones accidentales en el medidor. En la imagen 58 se muestra la asignación de la IP y el bloqueo de la pantalla.



Figura 58 Conexión del cable de red al medidor y al rack principal de la Facultad de Derecho, bloqueo de la pantalla

Nota: Finalmente, se realizó la verificación de la comunicación del medidor SENTRON PAC 3220 con el software PowerManager, bajo la supervisión del docente Dr. Juan Luis Olivera Rodríguez. Se confirmó que el equipo transmitiera correctamente los datos en tiempo real, permitiendo visualizar parámetros eléctricos desde el sistema. Esta comprobación aseguró que la integración entre el medidor y la plataforma de monitoreo fuera exitosa y estable.

3.14. Resultados y análisis de datos con el medidor SIEMENS SENTRON PAC 3220

Se realizó una prueba ya con el medidor Siemens ya instalado, donde se realizó una visita a la Facultad de Derecho, en la cual se hicieron encender todas las cargas más significativas, encender todos los cursos, aires acondicionados, luminarias, y también todo el personal de oficina estaba laborando, a continuación, en la tabla 27 se muestra los resultados obtenidos y un análisis de los mismos.

Tabla 27 Recopilación de Datos con el medidor SIEMENS SENTRON PAC 3220

Recopilación de datos	
Parámetros eléctricos	Observación y análisis



-Línea 1 (L1) 72,02 A Corriente relativamente baja. Indica menor carga conectada en esta fase. Línea 2 (L2) 104,80 A Carga moderadamente elevada. Requiere revisión para evitar saturación continua. Línea 3 (L3) 121,80 A Corriente más alta entre fases. Potencial sobrecarga o mala distribución de cargas. Neutro (N) 39,91 A Corriente alta en neutro. Reflejo directo del desbalance entre las fases.

-Las diferencias entre las corrientes de cada fase indican un desequilibrio en el sistema trifásico. Idealmente, en sistemas bien balanceados, las tres fases deberían transportar corrientes similares. Aquí, L1 tiene una carga considerablemente menor (72.02 A) comparada con L3 (121.8 A), lo que representa un desbalance de más del 40%. La corriente de neutro de 39.91 A es relativamente alta. Esto confirma que hay una distribución desigual de cargas monofásicas conectadas entre las fases, lo que genera un retorno significativo de corriente por el conductor neutro.

Recomendación para los valores los valores de amperios obtenidos con el medidor

Se recomienda realizar un balanceo de cargas entre las tres fases. Esto implica redistribuir algunas de las cargas de L2 y L3 hacia L1 para disminuir la corriente en las fases más cargadas y reducir la corriente por el neutro. Asimismo, verificar la capacidad del conductor y protección de L3

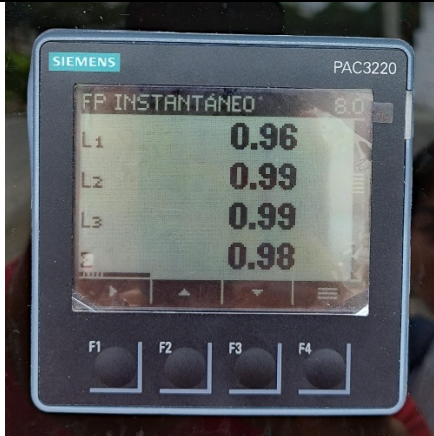
Parámetros eléctricos

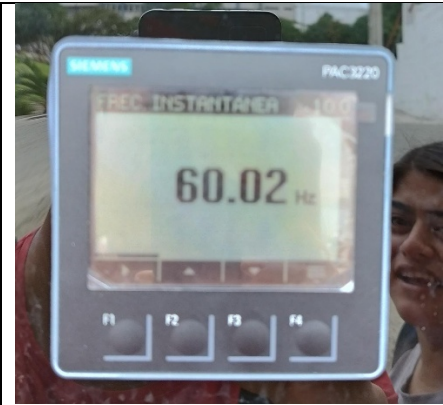


Observación y análisis

-Línea 1 (L1) Inductiva +2,30 Alta demanda inductiva, probablemente generada por motores o balastos electromagnéticos. Línea 2 (L2) Capacitiva -0,50 Comportamiento capacitivo, posiblemente por acción de bancos de condensadores. Línea 3 (L3) Inductiva +1,11 Moderada carga inductiva. Indicativo de equipos que trabajan en baja demanda.

-Los datos muestran una predominancia clara de potencia reactiva inductiva en el sistema, con una sumatoria neta de +2,92 kVAR. La Línea 1 es la más cargada reactivamente, lo que sugiere que allí se conectan los equipos con mayor componente inductivo, como aires acondicionados, motores o sistemas de iluminación con balasto. Por otro lado, en la Línea 2 se observa un valor capacitivo (-0,50 kVAR), lo cual puede ser atribuible a sistemas de corrección del factor de potencia (como bancos de condensadores), que intentan compensar la energía reactiva total del sistema.

Recomendación de los valores inductivos y capacitivos											
Revisión del Balance de Cargas: Identificar y redistribuir las cargas inductivas para disminuir la concentración en L1. Realizar mantenimiento preventivo en motores, transformadores y luminarias inductivas. -La presencia de cargas capacitivas puede provocar resonancias en presencia de armónicos. Se sugiere realizar un estudio armónico											
Parámetros eléctricos	Observaciones y análisis										
 <table border="1"> <caption>Active Power (kW) Readings</caption> <thead> <tr> <th>Phase</th> <th>Value (kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>8.65</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>12.32</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>15.03</td> </tr> <tr> <td>CP</td> <td>36.00</td> </tr> </tbody> </table>	Phase	Value (kW)	L1	8.65	L2	12.32	L3	15.03	CP	36.00	Los valores indican una distribución desigual de la carga activa entre las tres fases. Línea 3 (L3) presenta la mayor demanda (15,03 kW, 41,75 %), seguida por L2 (12,32 kW) y finalmente L1 (8,60 kW). Esta asimetría refleja un desequilibrio de carga que puede derivar en problemas operativos
Phase	Value (kW)										
L1	8.65										
L2	12.32										
L3	15.03										
CP	36.00										
Recomendación para los valores de KW											
Redistribuir cargas activas entre las fases para lograr una mayor uniformidad, preferiblemente con una diferencia no mayor al 10 % entre líneas.											
Parámetros eléctricos	Observaciones y análisis										
 <table border="1"> <caption>Instantaneous Power Factor (FP) Readings</caption> <thead> <tr> <th>Phase</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L1</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>0.99</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td>0.99</td> </tr> <tr> <td>Average</td> <td>0.98</td> </tr> </tbody> </table>	Phase	Value	L1	0.96	L2	0.99	L3	0.99	Average	0.98	Los valores de factor de potencia (FP) instantáneo registrados con el medidor Siemens SENTRON PAC 3220 en las tres líneas de fase muestran un comportamiento eficiente del sistema eléctrico. En la línea 1 (L1), se obtuvo un FP de 0.96, mientras que en las líneas 2 (L2) y 3 (L3) se registraron valores de 0.99 cada una. Estos resultados indican que las fases L2 y L3 operan muy cerca del valor ideal (1.0), lo que significa una excelente utilización de la energía activa. Aunque el FP de L1 es ligeramente inferior, se mantiene dentro de un rango aceptable, lo cual sugiere que el sistema en su conjunto presenta un buen desempeño energético
Phase	Value										
L1	0.96										
L2	0.99										
L3	0.99										
Average	0.98										
Parámetros eléctricos	Observaciones y análisis										

	El valor de frecuencia registrado de 60.02 Hz mediante el medidor Siemens SENTRON PAC 3220 indica que el sistema eléctrico está operando dentro del rango estándar aceptado para redes eléctricas en América Latina y otros países que utilizan una frecuencia nominal de 60 Hz. Esta leve variación de +0.02 Hz es completamente normal.
---	--

3.15. Datos obtenidos con el Analizador de energía fluke 1732

Durante una semana se procedió a la instalación del analizador de energía Fluke 1732 en el transformador principal de la Facultad de Derecho de la ULEAM, con el objetivo de monitorear los parámetros eléctricos en tiempo real y registrar el comportamiento de la corriente en las distintas franjas horarias. El análisis se enfocó principalmente en la gráfica de amperaje, ya que uno de los problemas detectados en esta Facultad de Derecho es que, durante las horas pico, se presenta una sobrecarga en el circuito principal, provocando el disparo del breaker general e incluso el calentamiento del conductor, lo cual representa un riesgo eléctrico significativo. Esta medición permite identificar los picos de corriente. En la tabla 28 se muestran los voltajes, en la tabla 29 se muestran la corriente, en la tabla 30 se muestra la frecuencia, estos datos fueron tomados por el analizador de energía de fluke, mostrando un valor máximo, medio y mínimo de cada valor representado.

Tabla 28 Voltajes tomados por el analizador de energía fluke 1732

Voltajes tomados por el analizador de energía fluke 1732			
Voltajes	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Voltaje máximo	130.6 V	134.2 V	129.9 V
Voltaje medio	124.0 V	129.3 V	123.9 V
Voltaje mínimo	102.6 V	82.7 V	109.6 V

Tabla 29 Amperajes tomados por el analizador de energía fluke 1732

Amperajes tomados por el analizador de energía fluke 1732			
Corriente (A)	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Corriente máxima	296.9 A	277.4 A	274.6 A
Corriente media	44.8 A	45.7 A	41.5 A
Corriente mínima	0.44 A	4.4 A	1.5 A

Tabla 30 Frecuencia tomados por el analizador de energía fluke 1732

Frecuencia (Hz)	
Maxima	60.13 (Hz)
Media	59.99 (Hz)
Minima	59.79 (Hz)

3.15.1. Grafica de corriente obtenida a través del analizador de energía fluke 1732

A continuación, en la figura 59 se analiza la gráfica de corrientes de las tres líneas obtenida con el analizador de energía fluke 1732, donde evidenció fluctuaciones importantes en la corriente eléctrica, especialmente durante las horas pico de actividad académica y administrativa. Se observó que en ciertos periodos la corriente medida se aproxima o supera la capacidad nominal del breaker principal, lo cual explica los disparos frecuentes del mismo. Además, estas corrientes elevadas sostenidas provocan un aumento de temperatura en los conductores, lo que indica una posible sobrecarga del sistema en el cableado existente

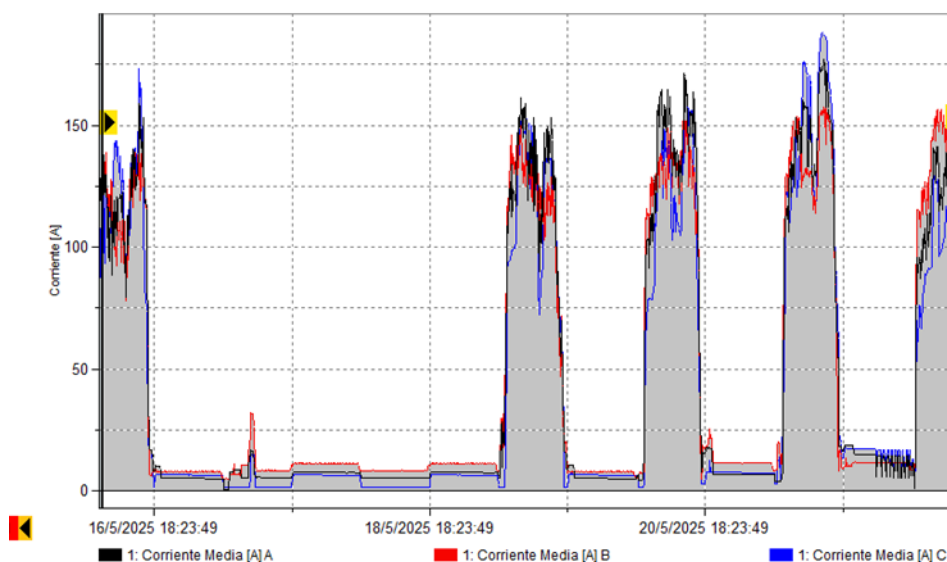


Figura 59 grafica de las corrientes en las distintas fases obtenidas con el analizador de energía fluke 1732

3.15.2. Datos tomados con el Powermanager

Con el medidor de energía SENTRON PAC 3220 instalado en la Facultad de Derecho, nos permitió medir diversos parámetros eléctricos como lo son voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, kWh, a continuación, se muestra la potencia activa acumulada, en la figura 60 se muestra la variación de la potencia activa durante el transcurso del día lunes, en la figura 61 y 62 se muestra la variación de la potencia activa durante el fin de semana, en la figura 63 y 64 se muestra la variación de la potencia activa a lo largo de una semana. Estos datos fueron tomados con el programa Powermanager con un periodo de lectura cada 15 minutos.

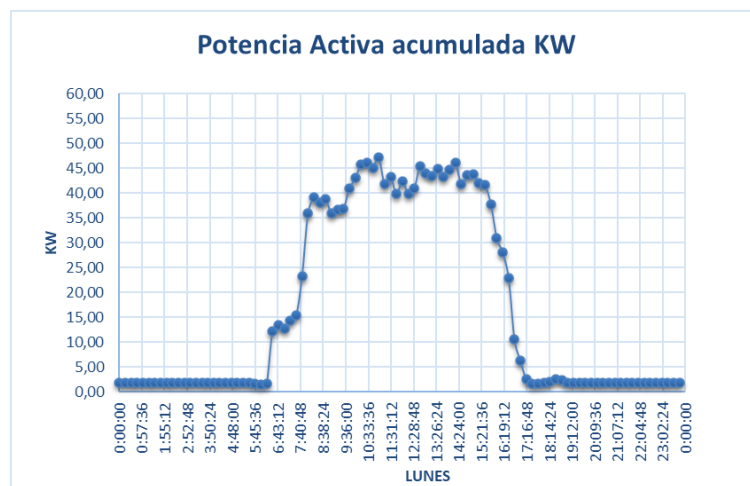


Figura 60 Curva de Potencia Activa acumulada durante el día Lunes 07/07/2025

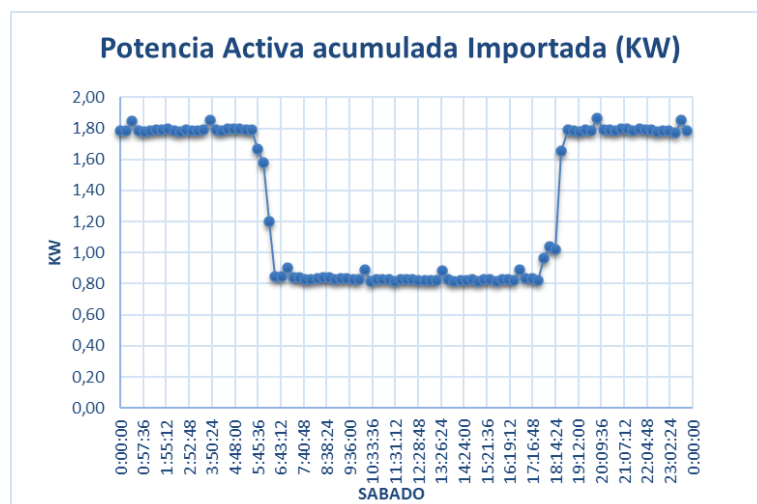


Figura 61 Curva de Potencia Activa acumulada durante el día sábado 05/07/2025

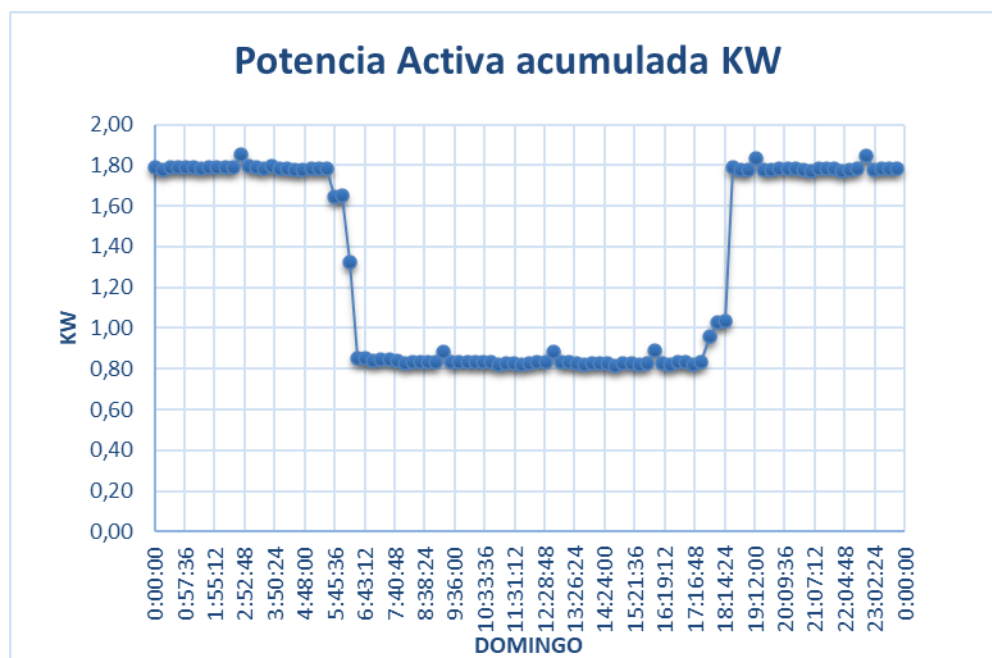


Figura 62 Curva de Potencia Activa acumulada durante el día Lunes 06/07/2025 (elaboración propia)

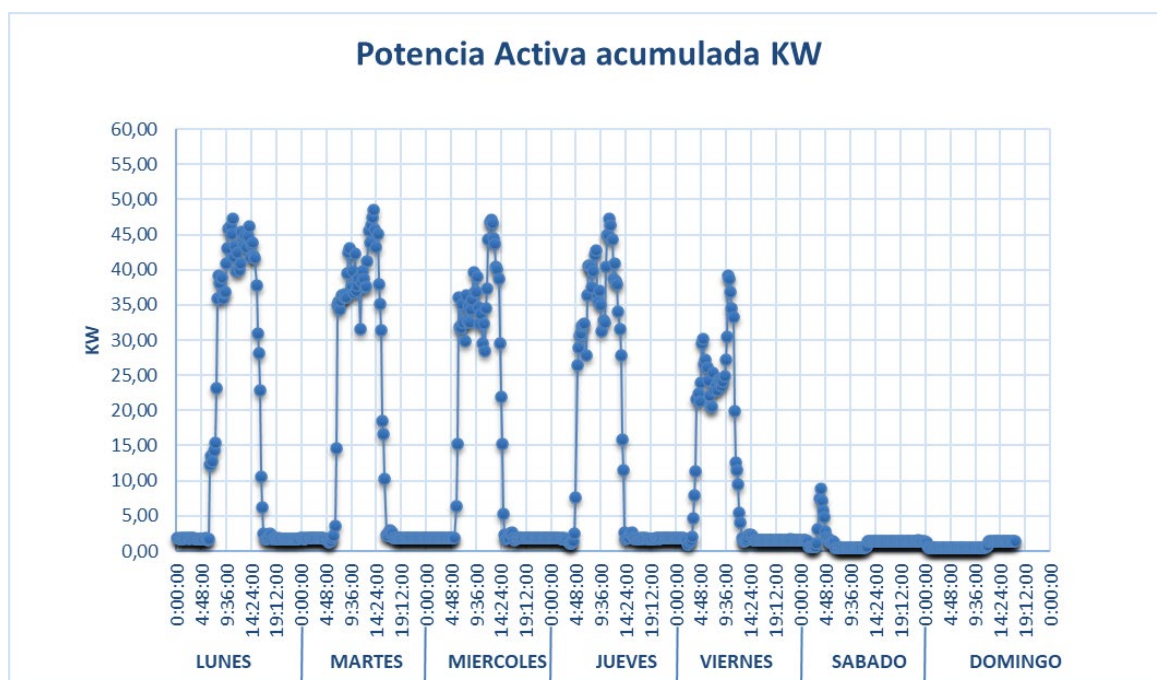


Figura 63 Curva de Potencia Activa acumulada durante una semana desde 07/07/2025 hasta 13/07/2025 (elaboración Propia)

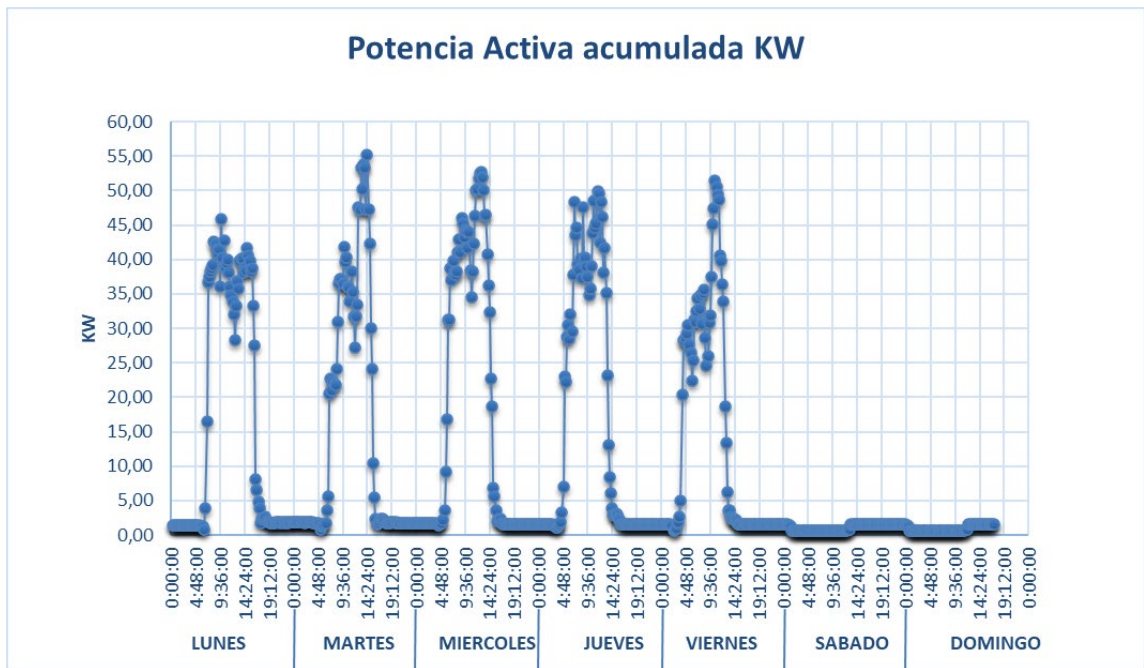


Figura 64 Curva de Potencia Activa acumulada durante una semana desde 14/07/2025 hasta 20/07/2025 (elaboración propia)

Nota: Se observa una variación significativa en la demanda de potencia activa al comparan los días hábiles (lunes a viernes) con los fines de semana. Durante los días laborables, el consumo energético es notablemente más alto, impulsado por el uso constante de equipos como sistemas de aire acondicionado, ordenadores, luminarias y otros dispositivos necesarios para el desarrollo de actividades académicas y administrativas. Por el contrario, los fines de semana especialmente sábados y domingos el nivel de consumo disminuye considerablemente, limitándose principalmente a la iluminación básica y al funcionamiento continuo de los sistemas de red y comunicaciones, los cuales operan de manera ininterrumpida.

La curva de potencia registrada durante dos semanas completas muestra el comportamiento típico del consumo eléctrico, evidenciando el patrón recurrente de demanda energética en la Facultad de Derecho durante los días hábiles.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

Como resultado del estudio de reingeniería realizado en la Facultad de Derecho-Uleam, se identificaron todos los tableros principales y sub tableros de distribución de ambas plantas. Donde se realizó una inspección física de las 10 cajas de breakers distribuidas entre la primera y segunda planta, donde se identificaron circuitos que se encuentran sobrecargados, incluso circuitos mixtos entre luminarias y tomacorrientes lo cual es totalmente incorrecto desde un punto de vista operativo. Identificando las deficiencias actuales del sistema eléctrico. Las cuales son mencionada en el capítulo 3 donde se proponen mejoras en cada una de las cajas de breakers de la Facultad de Derecho.

La toma de datos se realizó durante las vacaciones donde se encendieron todas las cargas más significativas de la Facultad de Derecho, como lo son las luminarias y los aires acondicionados, se evidencio un sobrecalentamiento del conductor de acometida lo cual causo que se disparara el breaker principal de la Facultad, durante el inicio de clases en las horas picos también pasaba la misma situación, cuando se encontraban encendidos todos los cursos provocaba que se disparara el breaker principal, esta novedad fue informada al departamento del DIOP, donde se comprometieron a dar mantenimiento, y verificar porque ocurre esto.

Como parte del cumplimiento de uno de los objetivos específicos planteado, se procedió a la instalación del medidor de parámetros eléctricos Siemens SENTRON PAC 3220, con el propósito de registrar y monitorear la demanda energética de la Facultad de Derecho. La implementación de este dispositivo constituye una herramienta fundamental para la gestión energética institucional, al permitir el monitoreo continuo, preciso y confiable del comportamiento del sistema eléctrico. Gracias a los datos obtenidos durante el período de monitoreo de dos semanas, representados en las figuras 63 y 64, fue posible identificar variaciones en la potencia activa consumida, lo cual representa una base técnica sólida para futuras decisiones relacionadas con eficiencia, ampliaciones o mantenimiento del sistema.

Como resultado del presente estudio, se entregó información técnica consolidada que incluye el diagrama unifilar actualizado y los planos eléctricos de la Facultad de Derecho. Además, se elaboró un inventario detallado en tablas de Excel con todos los equipos eléctricos existentes, esta información ha sido incorporada en los anexos del presente trabajo. Esta base de datos, complementada con los registros obtenidos mediante la unidad de medición SENTRON PAC 3220, representa una fuente confiable de información, que facilitará futuras mejoras en el sistema eléctrico de la Facultad de Derecho.

4.2. Recomendaciones

Con la base de información recopilada durante el desarrollo de este proyecto, se recomienda a futuro realizar una reingeniería en el sistema eléctrico de la Facultad de Derecho, esta intervención a futuro debe priorizar la redistribución de los circuitos eléctricos actualmente sobrecargados, y dimensionamiento correcto de las protecciones eléctricas y la actualización de los tableros eléctricos, el objetivo de esta recomendación es garantizar un suministro eléctrico más eficiente, seguro y adaptado a las necesidades reales de la Facultad de Derecho.

Se recomienda mantener operativa la unidad de medición Siemens SENTRON PAC 3220, con la finalidad de garantizar el monitoreo continuo de los parámetros eléctricos de la Facultad de Derecho, esta práctica permitirá generar un registro histórico y confiable del comportamiento energético, permitiendo anticipar las sobrecargas en el sistema y la adecuada planificación de futuras mejoras.

En el presente documento se realizó un inventario de los equipos eléctricos de la Facultad de Derecho, se recomienda la actualización de estos datos cada semestre, ya que cada cierto tiempo en la mayoría de facultades hay adquisiciones de nuevos equipos, de esta manera la base datos planteada en este documento será actualizada periódicamente y será útil para futuras evaluaciones del sistema eléctrico.

Se recomienda utilizar la documentación técnica generada en este estudio, incluyendo el diagrama unifilar, los planos eléctricos actualizados y el inventario de cargas, como base de consulta para cualquier intervención futura en el sistema eléctrico de la Facultad de Derecho. Esto permitirá una detección más rápida de posibles fallas, facilitará las labores de mantenimiento y reducirá el riesgo de improvisaciones que puedan comprometer la seguridad y la eficiencia operativa del sistema.

5. Referencias

(s.f.).

Phoenix Contact . (2023). *Catálogo técnico de borneras PT 2,5 y accesorios*. Phoenix Contact PT 2,5-TWIN (Código: 3209549); (Código: 3209510) Tapas para borneras (end covers). Obtenido de www.phoenixcontact.com

Acosta, D. i. (2023). *Diseño e implementación de dos módulos didácticos que emulen una celda de control industrial basada en una red profinet y una plataforma de control supervisorio*. Quito: EPN.

Alarcon, J. (2020). *Ánalisis de flujo de carga en el sistema de distribución eléctrico basado en cadenas de Markov*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana sede Quito.

Alcivar, W. (2023). *Propuesta de rediseño para modernización del sistema eléctrico de fuerza e iluminación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte*. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Alkahtani, A., & Alfalahi, S. (2020). Calidad de la energía en microrredes, incluidos los supraarmónicos: problemas, estándares y mitigaciones. *IEEE Access; volumen 8*, 4-5-6.

Aparcana, H. M., & Carrasco, H. (2019). *Parametros Electricos* . Sullana; Perú: TSI.

Arellano Garcia, H., & Carrion Valles, I. S. (2019). *Desarrollo y contrastación de un transformador para medición de corriente clase 0, 2 de relación 100: 1 con láminas magnéticas especiales*. Bachelor's thesis.

Barrero, F. (2022). *Sistema de energía eléctrica*. Paraninfo: Thomson.

Bittencurt, H., & Lombardero, O. (2018). *Medidor electrónico de energía*. Argentina: Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura.

Bragagnolo, S., & Gomez, J. (2020). *Gestión de la demanda en las redes inteligentes. Perspectiva y control desde el usuario y la distribuidora*. Córdoba: Facultad Regional Córdoba.

Briano, J. I., Báez, M. J., & Morales, R. M. (2020). *Estado de la Eficiencia Energética en Ecuador: Identificación de oportunidades*. Quito: Creara Energy Experts.

Bustillos, C., & Cáceres, A. (2019). *Guía para identificación de peligros y valoración de riesgos y determinación de controles*. Manta: ULEAM.

Carrasco, J., & López, E. (2021). *EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE*. Área de Innovación y Desarrollo,S.L.

Carrasco, M., & Calero, J. (2020). *REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL COMANDO LOGÍSTICO REINO DE QUITO*. Latacunga:

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

- Castillo , A. (2019). *REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN EL EDIFICIO*. Babahoyo : UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO.
- Castillo , J., & Muñoz , F. (2018). *Análisis de carga en las instalaciones eléctricas residenciales para evaluar posibles soluciones que permitan mejorar el servicio eléctrico a la comunidad San Andrés del cantón Chone*. Chone : ULEAM .
- Charrouf, O., Betka, A., Abdeddaim, S., & Ghamri, A. (2020). Artificial Neural Network power manager for hybrid PV-wind desalination system. En *Mathematics and Computers in Simulation* (págs. 443-460). Tempe AZ.
- Choez , J. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA LA CONECTIVIDAD TECNOLÓGICA EN EL DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS*. JIPIAJAPA: UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS.
- Dahua Technology. (2022). *Catálogo técnico de cables UTP Cat6 Outdoor Full Copper*. DH-PFM920-6U 305m Outdoor UTP CAT6 Cable. Obtenido de <https://www.dahuasecurity.com>
- Farinango, P. (2023). *DISEÑO ELÉCTRICO EN BAJO VOLTAJE PARA UNA EDIFICACIÓN CONSIDERANDO ANÁLISIS DE DISTINTOS ESCENARIOS CONSTRUCTIVOS*. Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.
- Flores, M. (2022). *Reingeniería básica y de detalle de la instalación eléctrica de alumbrado de un edificio público*. Ciudad Universitaria: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Fondoso, S., & Martini, I. (2022). *Metodología para el mejoramiento de la eficiencia energetica de la envolvente edilicia del sector salud*. Ciudad: Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
- Galindo , L. (2023). *Manual y guía para la construcción de sistemas eléctricos industriales en pequeña y mediana empresa aplicando la normativa actual*. Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca .
- Gancino , H. (2020). *ANÁLISIS DE CARGABILIDAD DE REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN BASADO EN LA MODIFICACIÓN DEL ALGORITMO DE GAUSS-SEIDEL*. Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.

- García, C. (2021). *REGLAMENTO A LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Quito : Ministro de Energía y Recursos Naturales No Renovables.
- González, J. (2022). *Determinantes de las practicas de ahorro de energia en los hogares ecuatorianos*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Granda, N., & Ramírez, J. (2020). *Estimación de los Parámetros Eléctricos de una Línea de Transmisión Trifásica a Escala de Laboratorio a Partir de Mediciones de Transitorios de Voltaje*. Quito: Revista Técnica Energía.
- Gusson, M. (2019). *Fundamento de electricidad*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Hammer, M., & Champy, J. (1994). *Reingenieria* . Colombia : Norma.
- Herath, H., Ariyathunge, S., & H, P. (2020). *Desarrollo de un sistema de adquisicion y monitorización de datos basados en el protocolo de comunicación MODBUS RTU*. Development.
- Hernández , C., & García, R. (2019). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: InstitutoTecnológico de Canarias, S.A.
- Holguin, C. (2023). *Demanda Electrica en Ecuador*. Portoviejo: EDT.
- ISO50001. (2022). *Norma ISO 50001. impulsa la eficiencia energética y la sostenibilidad mejorando el desempeño y reduciendo costos en tu organización*. Obtenido de NormasISO: NORMAS ISO.org
- Jordan, A., & Ayala, A. (2024). *GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EN GUAYAQUIL* . GUAYAQUIL : UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE: GUAYAQUIL .
- Jurado , A. (2023). *CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DIDÁCTICO ENTRENAMIENTO PARA ARMADO DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN*. Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
- Lasluisa Canchignia, R., & Romero Melgarejo, F. (2020). *Sistema de monitoreo y adquisicion de datos de parametros para determinar la eficiencia energetica en la camarde transformación N°1 en las diferentes jornadas academicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Matriz, periodo 2020*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8186>
- Lozano , S. (2020). *REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CAMPUS EL GIRÓN BLOQUE B*

- BASADO EN UNA CAMPAÑA DE MEDIDAS PARA LA EJECUCIÓN DE UN PLAN DE MEJORAS.* Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.
- Mantuano, E., & Bermúdez, S. (2021). *Implementación de un sistema de medición de parámetros eléctricos para las extensiones universitarias de la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.* Manta: ULEAM.
- Marques, A. L. (2022). *Instalaciones eléctricas de baja tensión comerciales e industriales.* Madrid: Paraninfo.
- Martinez, F. (2022). *La eficiencia energética y el papel del mantenimiento en la misma.* La Habana: Centro de Estudios de Ingeniería de Mantenimiento.
- Martinez, M., & Dominguez, J. (2019). *Diseño de ingeniería del sistema de puesta a tierra de un transformador de 300 KVA.* Veracruzana: Revista de Ingeniería Tecnológica Universidad Veracruzana.
- Mejía Mejía, H. (2023). *Lectura de medidores electricos analogicos mediante vision artificial.* Latacunga: CEDE.
- Monge, E. (13 de Diciembre de 2023). *Demanda Energetica, Analisis de Energia* . Obtenido de creds: <https://www.creds.ac.uk/what-is-energy-demand/>
- Monroy Rodríguez, A. J., & Ortega Ríos, J. J. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los transformadores de la Universidad Francisco de Paula Santander.* Cúcuta: UFPS.
- Moreira, K., & Erazo, I. (2023). *Mantenimiento en los tableros eléctricos de distribución.* Esmeralda: Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies.
- Moreno, J., & Fuentes Kelvin. (2022). *Diseño e implementación de un sistema integrado de medidores Sentron Pac 3220 mediante PLC S7-1200 y Raspberry PI, para el monitoreo de los parámetros eléctricos en la ULEAM.* Manta: ULEAM.
- Moya, D., & Pérez, Á. (2022). Caracterización de agentes de consumo energético en el sector residencial del Ecuador basada en una encuesta nacional y en los sistemas de información geográfica para modelamiento de sistemas energéticos. *Enfoque UTE*, 5,6,7.
- Niño Rojas, V. (2021). *Metodología de la investigación: Diseño, ejecución e informe. 2a Edición. Colombia.* Bogota: Ediciones de la U.
- Obando, F., Bolaños, P., & Palomino, G. (30 de 01 de 2021). Identificación del Perfil de carga en Circuito Trifásico de baja tensión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 4.

- Obregón, J., & Moreno, L. (2022). *Desarrollo de un Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía en la Planta Industrial Rhinoplast Empleando Internet de las Cosas Industrial*. GUAYAQUIL: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Pacheco, C. (2021). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN LAS CAMARAS DE TRANSFORMACIÓN N°1 Y N°2 PARA EVALUAR LOS INDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS MATRIZ*. Latacunga: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- Palma, K., & Guerrero, J. (2022). *Diseño e implementación de un sistema de medición y monitorización de parámetros eléctricos utilizando equipos de medición Sentron Pac 3220 de siemens en la empresa Ocean Fish S.A*. Manta: ULEAM.
- Paz, H. S. (2021). *Transformadores de Corriente TC*. Soyapango: ACAD.
- Rangel, R. (2021). *Adquisición, control y monitoreo de parámetros eléctricos y velocidad de un motor trifásico*. Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila : Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativ.
- Robles, M. (2023). *Ethernet, ARP y switching*. Madrid: MLE.
- Rodenes, M., Arango, D., Puig, J., & Torralba, J. (2020). *Reingeniería de procesos y transformación organizativa*. Colombia: Alfa Omega.
- Rodríguez, J. (2019). *Estudio para el balanceo de la carga del alimentador Anconcito de 13.8 Kv ubicado en el canton Salinas provincia de Santa Elena*. Guayaquil: UCSG.
- Rodríguez, J., Burgos, J., & Arnalte, S. (2023). *Sistemas de producción de energía eléctrica*. Rueda.
- Salazar Peralta, J. (2022). *Propuesta e sistema de lectura remota de medidores de energía eléctrica, para mejorar la eficiencia del servicio Ensa-Lambayaque*. SELA.
- Salazar, D., & Laverde, C. (2023). *Auditorías energética en las instalaciones del centro de operaciones y mantenimiento de transporte (COMT)*. Quevedo: REVISTA INGENIO.
- Sánchez, E. (23 de Mayo de 2021). *Tecnología Modernas de Medición*. Obtenido de Tecnología Modernas de Medición : <https://www.tecnicasmmm.com.ar/servicios/mediciones-portables/perfil-de-carga/>
- Sánchez, R. (2020). *El futuro y la demanda energética*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Sandoya , A., & Arias, J. (2018). *NEC Normativa Ecuatoriana De La construccion Instalaciones Electricas*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

- Serna, E. (2021). *Desarrollo e innovación en ingeniería Voll.II*. Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación .
- Serrani, E., & Luan Santos . (2020). *Energía y desarrollo sustentable*. Buenos Aires |: Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Siemens. (2021). *Sentron PAC 3220 Technical Specifications*. Siemens AG. Equipment Manual Power Monitoring PAC3120 and PAC3220 .
- SIEMENS. (2023). *Technical Guide: Circuit Breakers 5SY, 5SP Series*. SENTRON Miniature Circuit Breakers.
- TACCA, H. E. (2025). *Transformadores de Corriente para Inversores*. IEEE, Latin America Transactions.
- Terrados, J., & Vanegas, V. (2019). *Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Urdanea, E. F. (2021). *PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN*. Tejas: HART.
- Varela, S. (2020). *DISEÑO ELÉCTRICO EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN DEL EDIFICIO KAIROS*. QUITO: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.
- Wang, J., Chen, Z., Hou, G., Gao, H., Li, P., Gao, A., & Wu, X. (2021). A modeling and verification method of modbus TCP/IP protocol. En *In International conference on algorithms and architectures for parallel processing* (págs. 527-539). Cham: Springer International Publishing.
- Zapata, M. (2024). *Diseño de Tableros Eléctricos y Actualización SE Bahía Garret, Providencia*. Medellín: Universidad de Antioquia .

6. Anexos

Anexo 1 Se detalla los recursos Humanos y aportes en el desarrollo del proyecto

Nombres	Función o cargo	Aporte al proyecto
Dr. Washington Xavier Garcia Quilachamin	Tutor	Director del Tesis
Peter Jonathan Murillo Laje	Integrante del tema	Desarrollo del proyecto
Evelyn Mayeli Toala	Integrante del tema	Desarrollo del proyecto

Anexo 2 Se detallan los recursos institucionales que aportaron a la realización de este proyecto

Equipos/laboratorios/software/ Permisos	Área	Facultad
Computadora con el software Powermanager	Cubículo de docentes 1	Ingeniería
Rack de internet	Sala de docentes 2 facultad de derecho	Extensión Manta
Diagramas unifilares	Elaboración propia	Realizado por los autores
Plano eléctrico	Elaboración propia	Realizado por los autores
Permiso para la instalación medidor SETRON PAC 3220	DIOP	Dirección de Infraestructura Obras y Patrimonio de la ULEAM
Permiso para la dirección IP y lanzar cable de comunicación	DIIT	Departamento de Infraestructura Informática y Telecomunicaciones

Anexo 3 Detalles Los recursos materiales y los rubros económicos para invertir en el presente proyecto.

N.º	Descripción	Cantidad	Valor	Valor total
1	MEDIDOR DE ENERGIA SETRON PAC 3220 690/400VSIEMENS	1	634.82	634.82
2	TRANSF. DE CTE NUCLEO PARTIDO 500/5A - CLASE 0.5 -RISHABH	3	47.06	141.18
3	Interruptor Termomagnético Monofásico (2 polos) Siemens (2 Amperios)	1	26.82	26.82
4	Interruptor Termomagnético Trifásico (3 polos) – Siemens (6 Amperios)	1	31.67	31.67
5	Terminales tipo ojo	4	0.15	0.60
6	Terminal tipo U	6	0.20	1.20

7	Punteras para cable #14	25	0.05	1.25
8	Puntera para cable #16	10	0.05	0.50
9	Borneras phoenix contact PT 2,5-TWIN	2	1.04	2.08
10	Borneras phoenix contact 2.5mm	8	0.84	6.72
11	Tapas para borneras	7	1.44	10.08
12	Acrílico negro cortado a la medida de la pantalla Sentron PAC 3220	1	4.00	4.00
13	Tornillos autoperforantes	20	0.05	1
	Tornillos tirafondo	4	0.10	0.40
	Tornillos con tuerca de 6 milímetros	4	0.10	0.40
	Tacos Fischer #10	4	0.10	0.40
14	Riel din 1 metro	1	2.00	2.00
15	Espray Naranja	1	2.50	2.50
16	Alambre	1	1.50	1.50
17	Tubería 50cm	1	1.50	1.50
18	canaleta Schneider electric 25*40 color gris 1.5 metros	1	3.50	3.50
19	Piel de culebra Protección para cable tipo malla	3	0.80	2.4
20	Amarras plásticas de 30 cm (100 unidades)	1	3.36	3.36
21	Adhesivos cuadrados	20	0.15	3
22	Cable #14AWG metros	10	0.51	5.10
23	Cable concéntrico #4*16 metros	34	1.38	46.92
24	Cable concéntrico #2*16 metros	17	0.82	13.94
25	Cable UTP Cat 6 exterior DAHUA 100% cobre metros	30	0.80	24
26	conectores rj45 cat 6	2	0.25	0.50
27	Tablero metálico de 40*30*20	1	44.85	44.85
28	Tope de cierre sin tornillos; Ancho 6 mm; para carril DIN Wago	3	1.22	3.66
29	Broca para metal 5mm	1	0.60	0.60
30	BROCA CONCRETO 3/8 * 4-3/4 Taco F10	1	2.45	2.45
31	Broca escalonada titanio 9 escalones 1/4" a 3/4" - TRUPER	1	21.80	21.80
32	Llave de tablero de triangulo	5	1.37	6.85
Total				\$1053.55

Anexo 4 En la presente tabla se muestra el cronograma de actividades del proyecto de tesis

Meses Actividades	Año 2025															
	Abril				Mayo				Junio				julio			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aprobación de anteproyecto																
Permisos de acceso otorgados por el DIOP																
Toma de datos en la Facultad de Derecho																
Desarrollo del capítulo 1																
Desarrollo del capítulo 2																
Pedidos de materiales y armado del tablero																
Permiso y acceso para el transformador soterrado De 150KVA																
Proceso de implementación Medidor SENTRON PAC 3220																
Desarrollo del capítulo 3																
Permisos y acceso en el DIIT																
Implementación del cable de comunicación del Medidor																
Revisión y corrección del proyecto																
Entrega de proyecto final																
Designación fecha sustentación																

Anexo 5 Cargas y equipos de la Facultad de Derecho primera planta

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI													
"EDIFICIO DE DERECHO"													
GESTIÓN ENERGÉTICA ULEAM													
PLANTA BAJA													
</													

[illegible]

107

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Auditorio planta baja		Área m ²												
		14,35*17,55												
EQUIPOS		MARCA	CANTIDAD	VOLTAJE										
A/C		INNOVAIR VORTEX	2 de 60000BTU	240										
LUMINARIAS		MAIJVU	48	120										
TOMACORRIENTES		VETO	18	120										
COMPUTADORA		DELL	1	120										
INTERRUPTOR DOBLE		VETO	2	120										
INTERRUPTOR SIMPLE		VETO	1	120										
AMPLIFICADOR		GEMENI	1	120										
MEZCLADORA		YAMAHA	1	120										
TOTAL POTENCIA INSTALADA DEL LOCAL kW												8,5138		
TOTAL CONSUMO SEMANAL DEL LOCAL kWh												37,4872		
Horas de uso del local por días de la semana (horas)														
	L	M	M	J	V	S	D	Sem						
TOTAL	2	0	2	0		0	0	4						
GRUPO DE CONSUMIDORES: ILUMINACIÓN.														
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)							
1	Lampara	Majivu(18W)	48	0,018	0,700	0,6048	1,2096	0	1,2096	0	0	0	0	2,4192
TOTAL						0,6048	1,2096	0	1,2096	0	0	0	0	2,4192
Horas de uso del local por días de la semana (horas)														
	L	M	M	J	V	S	D	Sem						
TOTAL	2	0	2	0			0	4						
GRUPO DE CONSUMIDORES: CLIMATIZACIÓN.														
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)							
1	Aire acond. 60000 BTU/h	INNOVAIR VORTEX	2	5,55	0,7	7,77	15,54	0	15,54	0	0	0	0	31,08
TOTAL						7,77	15,54	0	15,54	0	0	0	0	31,08
Horas de uso del local por días de la semana (horas)														
	L	M	M	J	V	S	D	Sem						
TOTAL	8	8	8	8	8	0	0	40						
GRUPO DE CONSUMIDORES: PANTALLA TÁCTIL.														
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)							
1	PANTALLA	CTOUCH RIVA R2	1	0,095	1	0,095	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	3,8
TOTAL						0,095	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	3,8
Horas de uso del local por días de la semana (horas)														
	L	M	M	J	V	S	D	Sem						
TOTAL	1	0	1	0	0	0	0	2						
GRUPO DE CONSUMIDORES: COMPUTACIÓN.														
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)							
1	MONITOR	LG	1	0,022	1	0,022	0,022	0	0,022	0	0	0	0	0,044
2	CPU	DELL	1	0,022	1	0,022	0,022	0	0,022	0	0	0	0	0,044
TOTAL						0,044	0,044	0	0,044	0	0	0	0	0,088
Horas de uso del local por días de la semana (horas)														
	L	M	M	J	V	S	D	Sem						
TOTAL	1	0	1	0	0	0	0	2						
GRUPO DE CONSUMIDORES: COMPUTACIÓN.														
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)							
1	AMPLIFI	GEMENI	1	0,02	1	0,02	0,02	0	0,02	0	0	0	0	0,04
2	MEZCLADORA	YAMAHA	1	0,03	1	0,03	0,03	0	0,03	0	0	0	0	0,06
TOTAL						0,05	0,05	0	0,05	0	0	0	0	0,1

EQUIPOS	MARCA	CANTIDAD	VOLTAJE
A/C	INNOVAIR VORTEX	36000BTU	240
TOMACORRIENTES	VETO	16	120
INTERRUPTORES SIMPLE	VETO	3	120
LUMINARIA LED	SILVANA 18W	16	120
LUMINARIA LED	5W	1	120
LUMINARIA LED	10W	1	120
COMPUTADORA	LG	1	120
CAFETERA	UMCO	1	120
IMPRESORA	EPSON	4	120
DISPENSADOR DE AGUA	TLC	1	120

Horas de uso del local por días de la semana (horas)							
L	M	M	J	V	S	D	Sem
9	9	9	9	9	0	0	45

Horas de uso del local por días de la semana (horas)							
L	M	M	J	V	S	D	Sem
9	9	9	9	9	0	0	45

Horas de uso del local por días de la semana (horas)							
L	M	M	J	V	S	D	Sem
10	10	10	10	10	0	0	50

Horas de uso del local por días de la semana (horas)							
L	M	M	J	V	S	D	Sem
0	4	4	0	4	0	0	12

Horas de uso del local por días de la semana (horas)							
L	M	M	J	V	S	D	Sem
5	5	5	5	5	0	0	25

IDORES: EQUIPOS VARIOS								
al	Consumo de energía por días de la semana (kWh)							
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	1,5
	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	1,5

115

Nota: todos los equipos y cargas de la primera planta de la Facultad de Derecho

Anexo 6 Cargas y equipos de la segunda planta de la Facultad de Derecho

AULA 200		Área	m ²	6,61*6,76		TOTAL POTENCIA INSTALADA DEL LOCAL kW		1,0986		TOTAL CONSUMO SEMANAL DEL LOCAL kWh		4,3944	
EQUIPOS		MARCA		CANTIDAD		VOLTAJE							
A/C		MAGIC QUEEN		24000BTU		240							
LUMINARIAS		Maviju		12		120							
INTERRUPTOR SIMPLE		VETO		1		120							
TOMACORRIENTES		VETO		5		120							
				</									

SALA DE ESTUDIO		Area	m²											
		3,43*6,87												
EQUIPOS		MARCA	CANTIDAD	VOLTAJE										
A/C		TLC	24000BTU	240										
DISPENSADOR DE AGUA		TLC	1	120										
TV		LG 32"	1	120										
IMPRESORA		EPSON	1	120										
COMPUTADORA		DELL	1	120										
LUMINARIAS		Maviju	6	120										
INTERRUPTOR SIMPLE		VETO	1	120										
TOMACORRIENTES		VETO	3	120										

[illegible]

120

AULA 207		Area m ²	6,73*10,35												
EQUIPOS		MARCA	CANTIDAD	VOLTAJE											
A/C		INNOVAR VORTEX	60000BTU	240											
LUMINARIAS		Maviju	18	120											
INTERRUPTOR SIMPLE		VETO	1	120											
TOMACORRIENTES		VETO	8	120											
TOTAL POTENCIA INSTALADA DEL LOCAL kW														2,5418	
TOTAL CONSUMO SEMANAL DEL LOCAL kWh														116,649	
Horas de uso del local por días de la semana (horas)															
L		M	M	J	V	S	D	Sem							
TOTAL		11	11	11	11	11	0	0	55						
GRUPO DE CONSUMIDORES: ILUMINACIÓN.															
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)								
1	Lampara	Majior(18W)	18	0,018	0,700	0,2268	2,4948	2,4948	2,4948	2,4948	2,4948	0	0	12,474	
TOTAL						0,2268	2,4948	2,4948	2,4948	2,4948	2,4948	0	0	12,474	
Horas de uso del local por días de la semana (horas)															
L		M	M	J	V	S	D	Sem							
TOTAL		9	9	9	9	9	0	0	45						
GRUPO DE CONSUMIDORES: CLIMATIZACIÓN.															
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)								
1	Aire acond. 60000 BTU/h	INNOVAIR VORTEX	1	5,55	0,4	2,22	19,98	19,98	19,98	19,98	19,98	0	0	99,9	
TOTAL						2,22	19,98	19,98	19,98	19,98	19,98	0	0	99,9	
Horas de uso del local por días de la semana (horas)															
L		M	M	J	V	S	D	Sem							
TOTAL		9	9	9	9	9	0	0	45						
GRUPO DE CONSUMIDORES: PANTALLA (TV).															
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)								
1	Pantalla	CTOUCH RIVA R2	1	0,095	1	0,095	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0	0	4,275	
TOTAL						0,095	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0	0	4,275	
GRUPO DE CONSUMIDORES: ILUMINACIÓN.															
AULA 208		Area m ²	6,73*7,00												
EQUIPOS		MARCA	CANTIDAD	VOLTAJE											
A/C		MAGIC QUEEN	24000BTU	240											
LUMINARIAS		Maviju	12	120											
PROYECTOR		EPSON	1	120											
TOMACORRIENTES		VETO	5	120											
INTERRUPTOR SIMPLE		VETO	1	120											
TV CTOUCH		RIVA R2 75 PULG	1	120											
TOTAL POTENCIA INSTALADA DEL LOCAL kW														1,3562	
TOTAL CONSUMO SEMANAL DEL LOCAL kWh														52,016	
Horas de uso del local por días de la semana (horas)															
L		M	M	J	V	S	D	Sem							
TOTAL		11	11	11	11	11	0	0	55						
GRUPO DE CONSUMIDORES: ILUMINACIÓN.															
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)								
1	Lampara	Majior(18W)	12	0,018	0,700	0,1512	1,6632	1,6632	1,6632	1,6632	1,6632	0	0	8,316	
TOTAL						0,1512	1,6632	1,6632	1,6632	1,6632	1,6632	0	0	8,316	
Horas de uso del local por días de la semana (horas)															
L		M	M	J	V	S	D	Sem							
TOTAL		8	8	8	8	8	0	0	40						
GRUPO DE CONSUMIDORES: CLIMATIZACIÓN.															
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)								
1	Aire acond. 24000 BTU/h	MAGIC QUEEN	1	2,4	0,4	0,96	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	0	0	38,4	
TOTAL						0,96	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	0	0	38,4	
Horas de uso del local por días de la semana (horas)															
L		M	M	J	V	S	D	Sem							
TOTAL		8	8	8	8	8	0	0	40						
GRUPO DE CONSUMIDORES: PANTALLA TACTIL															
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)								
1	PANTALLA	CTOUCH RIVA R2	1	0,095	1	0,095	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	3,8	
TOTAL						0,095	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	3,8	
Horas de uso del local por días de la semana (horas)															
L		M	M	J	V	S	D	Sem							
TOTAL		2	2	2	2	2	0	0	10						
GRUPO DE CONSUMIDORES: OTROS.															
No.	Equipo	Marca	Cantidad	Potencia Unitaria kW	Factor consumo / hora	Potencia total kW	Consumo de energía por días de la semana (kWh)								
1	PROYECTOR	EPSON	1	0,150	1,000	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	1,5	
TOTAL						0,15	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	1,5	

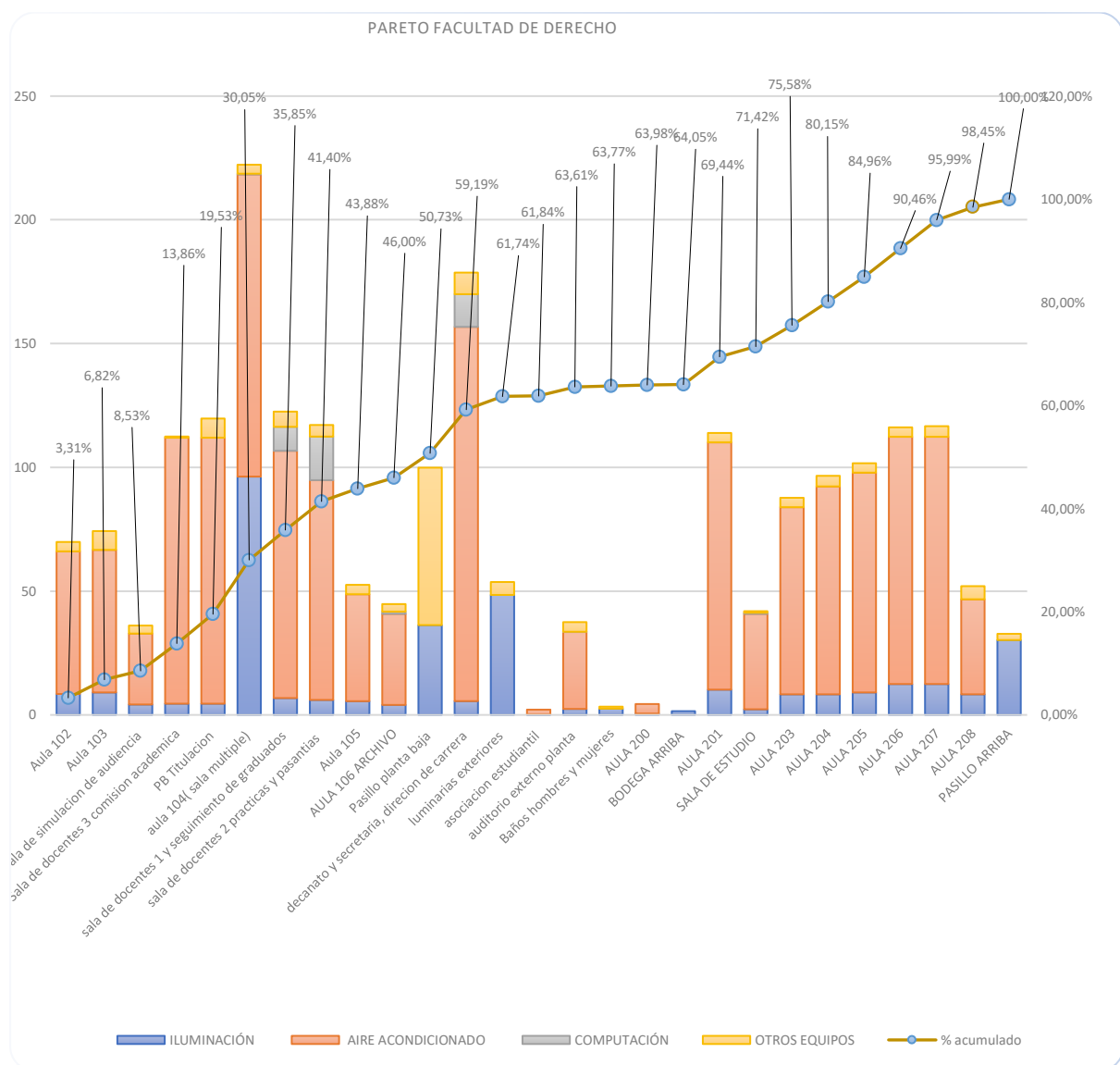
Anexo 8 Consumo por departamento en la Facultad de Derecho

		CONSUMO EN kW/h					
	DEPARTAMENTO	ILUMINACIÓN	AIRE ACONDICIONADO	COMPUTACIÓN	OTROS EQUIPOS	CONSUMO SEMANAL	CONSUMO MENSUAL
departamentos planta baja	Aula 102	8,4672	57,6	0	3,8	69,8672	279,4688
	Aula 103	9,072	57,6	0	7,6	74,272	297,088
	Sala de simulación de audiencia	4,2084	28,656	0	3,2354	36,0998	144,3992
	Sala de docentes 3 comisión académica	4,536	107,46	0	0,4704	112,4664	449,8656
	PB Titulación	4,536	107,46	0	7,7448	119,7408	478,9632
	aula 104(sala multiple)	96,2885	122,1	0,264	3,6225	222,275	889,1
	sala de docentes 1 y seguimiento de graduados	6,804	99,9	9,68	6,146	122,53	490,12
	sala de docentes 2 practicas y pasantías	6,048	88,8	17,6	4,68	117,128	468,512
	Aula 105	5,544	43,2	0	3,8	52,544	210,176
	AULA 106 ARCHIVO	4,032	36,8	0,88	3,0648	44,7768	179,1072
	Pasillo planta baja	36,288	0	0	63,6	99,888	399,552
	decanato y secretaria, dirección de carrera	5,5755	151,2	13,2	8,724	178,6995	714,798
	luminarias exteriores	48,468	0	0	5,222	53,69	214,76
	asociación estudiantil	0,2016	1,92	0	0	2,1216	8,4864
	auditorio externo planta	2,4192	31,08	0,088	3,9	37,4872	149,9488
	Baños hombres y mujeres	2,52	0	0	0,81	3,33	13,32
departamentos planta alta	AULA 200	0,5544	3,84	0	0	4,3944	17,5776
	BODEGA ARRIBA	1,512	0	0	0	1,512	6,048
	AULA 201	10,206	99,9	0	3,8	113,906	455,624
	SALA DE ESTUDIO	2,268	38,56	0,44	0,64	41,908	167,632
	AULA 203	8,316	75,6	0	3,8	87,716	350,864
	AULA 204	8,316	84	0	4,275	96,591	386,364
	AULA 205	9,072	88,8	0	3,8	101,672	406,688
	AULA 206	12,474	99,9	0	3,8	116,174	464,696
	AULA 207	12,474	99,9	0	4,275	116,649	466,596
	AULA 208	8,316	38,4	0	5,3	52,016	208,064
	PASILLO ARRIBA	30,24	0	0	2,52	32,76	131,04
	total del consumo	348,7568	1562,676	42,152	158,6299	2112,2147	8448,8588

Anexo 9 Datos para la graficas tipo Pareto en la Facultad de Derecho

		CONSUMO EN kW/h							
	DEPARTAMENTO	ILUMINACIÓN	AIRE ACONDICIONADO	COMPUTACIÓN	OTROS EQUIPOS	CONSUMO SEMANAL	CONSUMO MENSUAL	ACUMULADO	% acumulado
departamentos primera planta	Aula 102	8,4672	57,6	0	3,8	69,8672	279,4688	279,4688	3,31%
	Aula 103	9,072	57,6	0	7,6	74,272	297,088	576,5568	6,82%
	Sala de simulación de audiencia	4,2084	28,656	0	3,2354	36,0998	144,3992	720,956	8,53%
	Sala de docentes 3 comisión académica	4,536	107,46	0	0,4704	112,4664	449,8656	1170,8216	13,86%
	PB Titulación	4,536	107,46	0	7,7448	119,7408	478,9632	1649,7848	19,53%
	aula 104(sala multiple)	96,2885	122,1	0,264	3,6225	222,275	889,1	2538,8848	30,05%
	sala de docentes 1 y seguimiento de graduados	6,804	99,9	9,68	6,146	122,53	490,12	3029,0048	35,85%
	sala de docentes 2 practicas y pasantías	6,048	88,8	17,6	4,68	117,128	468,512	3497,5168	41,40%
	Aula 105	5,544	43,2	0	3,8	52,544	210,176	3707,6928	43,88%
	AULA 106 ARCHIVO	4,032	36,8	0,88	3,0648	44,7768	179,1072	3886,8	46,00%
	Pasillo planta baja	36,288	0	0	63,6	99,888	399,552	4286,352	50,73%
	decanato y secretaria, dirección de carrera	5,5755	151,2	13,2	8,724	178,6995	714,798	5001,15	59,19%
	luminarias exteriores	48,468	0	0	5,222	53,69	214,76	5215,91	61,74%
	asociación estudiantil	0,2016	1,92	0	0	2,1216	8,4864	5224,3964	61,84%
	auditorio externo planta	2,4192	31,08	0,088	3,9	37,4872	149,9488	5374,3452	63,61%
	Baños hombres y mujeres	2,52	0	0	0,81	3,33	13,32	5387,6652	63,77%
departamentos segunda planta	AULA 200	0,5544	3,84	0	0	4,3944	17,5776	5405,2428	63,98%
	BODEGA ARRIBA	1,512	0	0	0	1,512	6,048	5411,2908	64,05%
	AULA 201	10,206	99,9	0	3,8	113,906	455,624	5866,9148	69,44%
	SALA DE ESTUDIO	2,268	38,56	0,44	0,64	41,908	167,632	6034,5468	71,42%
	AULA 203	8,316	75,6	0	3,8	87,716	350,864	6385,4108	75,58%
	AULA 204	8,316	84	0	4,275	96,591	386,364	6771,7748	80,15%
	AULA 205	9,072	88,8	0	3,8	101,672	406,688	7178,4628	84,96%
	AULA 206	12,474	99,9	0	3,8	116,174	464,696	7643,1588	90,46%
	AULA 207	12,474	99,9	0	4,275	116,649	466,596	8109,7548	95,99%
	AULA 208	8,316	38,4	0	5,3	52,016	208,064	8317,8188	98,45%
	PASILLO ARRIBA	30,24	0	0	2,52	32,76	131,04	8448,8588	100,00%
	total del consumo	348,7568	1562,676	42,152	158,6299	2112,2147	8448,8588		

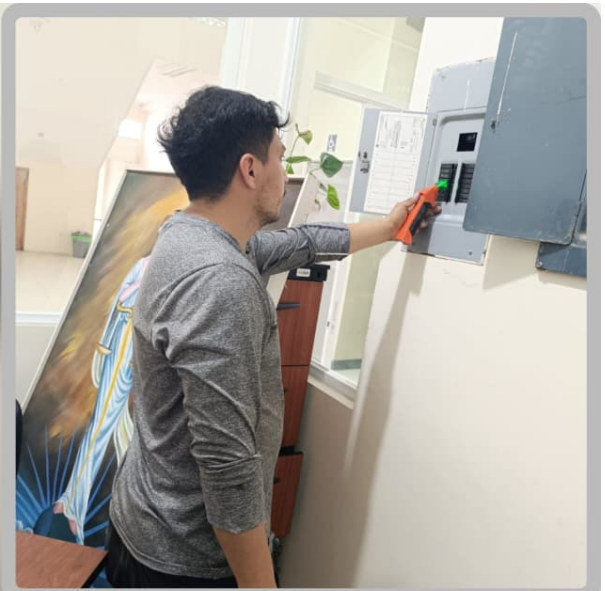
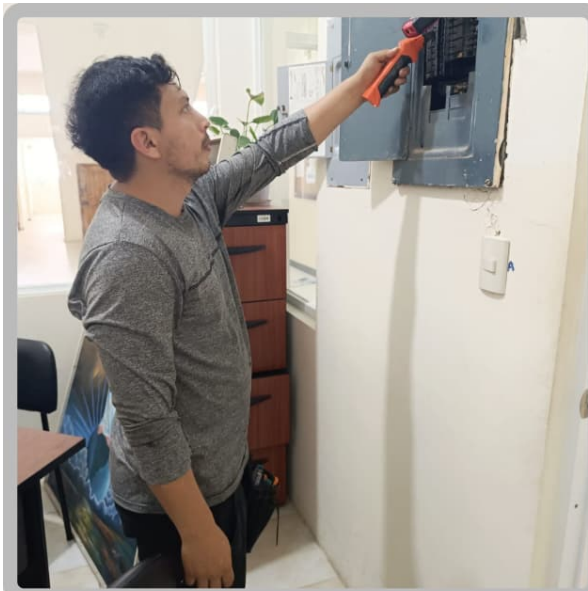
Anexo 10 Grafica de barras tipo Pareto de la Facultad de Derecho



Anexo 11 Toma de datos en la Facultad de Derecho



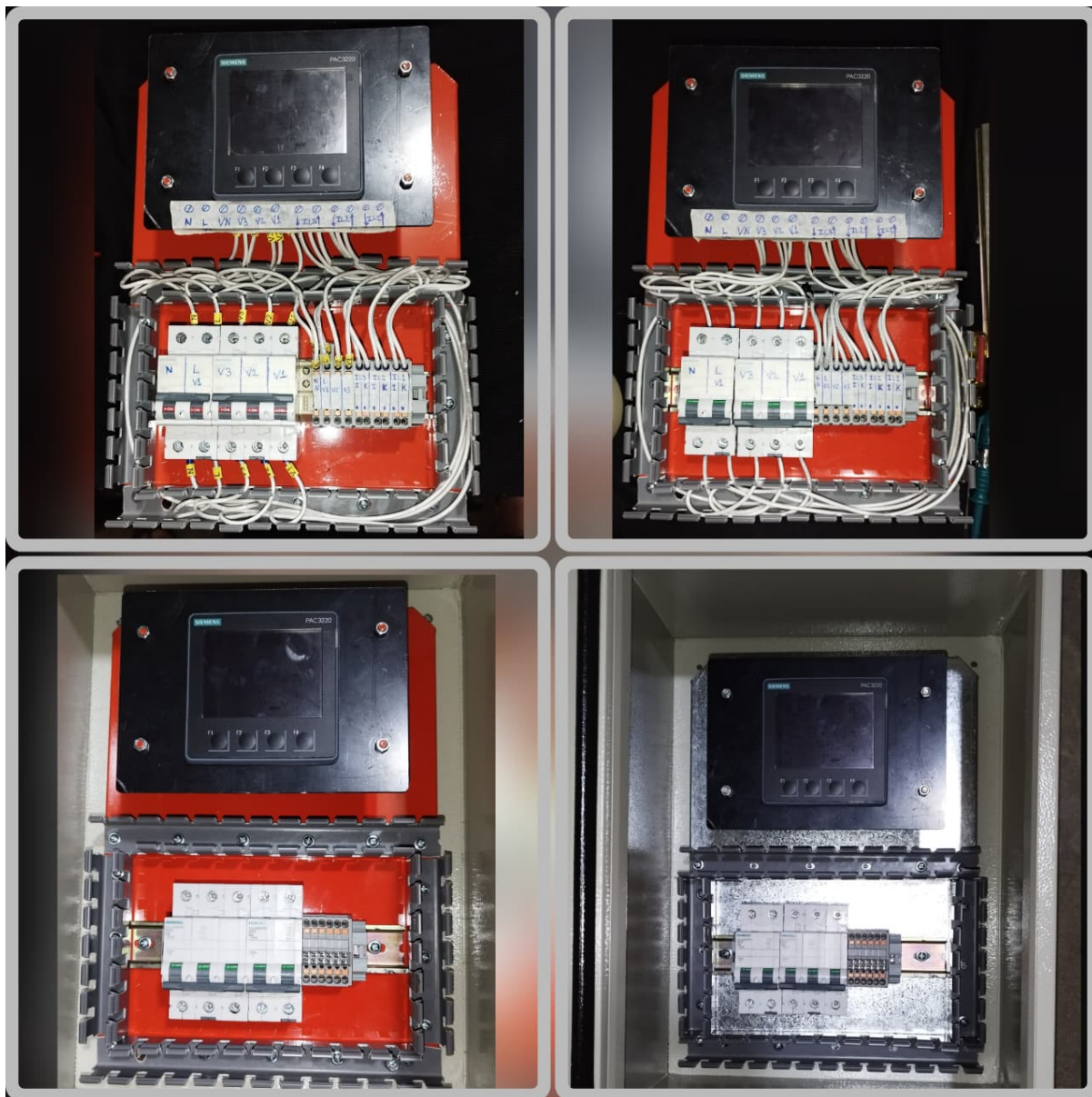
Anexo 12 Toma de datos con el Klein Tools ET310 Buscador de breakers para circuito



Anexo 13 Toma de datos con el analizador de energía fluke 1732



Anexo 14 Armado y cableado del medidor Siemens SENTRON PAC 3220 de la Facultad de Derecho



Nota: fijación de los elementos dentro de la caja metálica y cableado eléctrico hasta llegar a las borneras.

Anexo 15 Fijación y ubicado de la caja metálica donde se albergará el medidor SENTRON PAC 3220 y programación básica de la pantalla



Anexo 16 Tendido del cable concéntrico de forma soterrada hasta llegar al transformador



Anexo 13:

Anexo 17 Colocación de terminales y fijación de los cables dentro del transformador, y fijación de los TC.



Anexo 18 Instalación del cable de comunicación medidor Siemens SENTRON PAC 3220 en la Facultad de Derecho, designación de la IP.



Anexo 19 Recorrido del cable de comunicación hasta llegar al RACK principal de Derecho y bloqueo de la pantalla del SENTRON PAC 3220 para evitar algún cambio por error:



EQUIPO		CARACTERÍSTICAS	
TIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	TRANSFORMADOR	2	INTERRUPTOR
3	INTERRUPTOR	4	INTERRUPTOR
5	INTERRUPTOR	6	INTERRUPTOR
7	INTERRUPTOR	8	INTERRUPTOR
9	INTERRUPTOR	10	INTERRUPTOR
11	INTERRUPTOR	12	INTERRUPTOR
13	INTERRUPTOR	14	INTERRUPTOR
15	INTERRUPTOR	16	INTERRUPTOR
17	INTERRUPTOR	18	INTERRUPTOR
19	INTERRUPTOR	20	INTERRUPTOR
21	INTERRUPTOR	22	INTERRUPTOR
23	INTERRUPTOR	24	INTERRUPTOR
25	INTERRUPTOR	26	INTERRUPTOR
27	INTERRUPTOR	28	INTERRUPTOR
29	INTERRUPTOR	30	INTERRUPTOR
31	INTERRUPTOR	32	INTERRUPTOR
33	INTERRUPTOR	34	INTERRUPTOR
35	INTERRUPTOR	36	INTERRUPTOR
37	INTERRUPTOR	38	INTERRUPTOR
39	INTERRUPTOR	40	INTERRUPTOR
41	INTERRUPTOR	42	INTERRUPTOR
43	INTERRUPTOR	44	INTERRUPTOR
45	INTERRUPTOR	46	INTERRUPTOR
47	INTERRUPTOR	48	INTERRUPTOR
49	INTERRUPTOR	50	INTERRUPTOR
51	INTERRUPTOR	52	INTERRUPTOR
53	INTERRUPTOR	54	INTERRUPTOR
55	INTERRUPTOR	56	INTERRUPTOR
57	INTERRUPTOR	58	INTERRUPTOR
59	INTERRUPTOR	60	INTERRUPTOR
61	INTERRUPTOR	62	INTERRUPTOR
63	INTERRUPTOR	64	INTERRUPTOR
65	INTERRUPTOR	66	INTERRUPTOR
67	INTERRUPTOR	68	INTERRUPTOR
69	INTERRUPTOR	70	INTERRUPTOR
71	INTERRUPTOR	72	INTERRUPTOR
73	INTERRUPTOR	74	INTERRUPTOR
75	INTERRUPTOR	76	INTERRUPTOR
77	INTERRUPTOR	78	INTERRUPTOR
79	INTERRUPTOR	80	INTERRUPTOR
81	INTERRUPTOR	82	INTERRUPTOR
83	INTERRUPTOR	84	INTERRUPTOR
85	INTERRUPTOR	86	INTERRUPTOR
87	INTERRUPTOR	88	INTERRUPTOR
89	INTERRUPTOR	90	INTERRUPTOR
91	INTERRUPTOR	92	INTERRUPTOR
93	INTERRUPTOR	94	INTERRUPTOR
95	INTERRUPTOR	96	INTERRUPTOR
97	INTERRUPTOR	98	INTERRUPTOR
99	INTERRUPTOR	100	INTERRUPTOR

PROYECTO: MANABÍ TÍTULO: MANITA CONTIENE: PLANO ELÉCTRICO DERECHO USAM FECHA: 21-julio-2025	PROYECTANTE: PETER MURILLO LAJE TÍTULO: DR. WASHINGTON GARCIA QUILACHAYAN PhD CLIENTE DEL PLANO: ARQ. JOSE ANDRES ALFARABARRA TEL: 591-515-7781 CLIENTE DEL PROYECTO: ELABORACIÓN PROPIA ESCALA: 1 : 300	PROYECTO: ESTUDIO DE INGENIERÍA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE BAJA TENSION EN LA FACULTAD DE DERECHO DE LA UNIVERSIDAD LAICA FLOJ ALVARO DE MANABÍ FECHA: 21-julio-2025
---	--	--

SIMBOLOGÍA	
	INTERRUPTOR
	LÁMPARA
	TOMA DE CORRIENTE
	CABLE DE FASES
	CABLE DE TIERRA
	CABLE DE AGUA
	CABLE DE GAS
	CABLE DE FIBRA ÓPTICA
	CABLE DE DATOS
	CABLE DE SEÑAL
	CABLE DE VIDEO
	CABLE DE AUDIO
	CABLE DE RED
	CABLE DE INTERNET
	CABLE DE TELEFONÍA
	CABLE DE TELEVISIÓN
	CABLE DE RADIO
	CABLE DE ANTENA
	CABLE DE SATELITE
	CABLE DE FIBRA ÓPTICA
	CABLE DE DATOS
	CABLE DE SEÑAL
	CABLE DE VIDEO
	CABLE DE AUDIO
	CABLE DE RED
	CABLE DE INTERNET
	CABLE DE TELEFONÍA
	CABLE DE TELEVISIÓN
	CABLE DE RADIO
	CABLE DE ANTENA
	CABLE DE SATELITE

[illegible]

Anexo 23 Facturas de los materiales utilizados en este proyecto



JNG DEL ECUADOR S.A.

Dirección Matriz: Km. 6.5 Via a Daule
Dirección Sucursal: Cdla. Urdenor I Km. 2 1/2 Av. J. Tanca marengo
Contacto: 04-3714900
CONTRIBUYENTE ESPECIAL #228
Obligado a llevar contabilidad: SI

R.U.C.: 0992124377001

FACTURA

No. 001-003-000151943

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN:

2205202501099212437700120010030001519439846951116

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 22/5/2025 16:15:17

AMBIENTE: Producción

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



2205202501099212437700120010030001519439846951116

Razón Social / Nombres y Apellidos: CONSTANTE LAJE CRISTHIAN

RUC / CI: 0924895329

Dirección: KM. 8.5 VIA A DAULE

Contacto: 0939997531

Fecha Emisión: 22/05/2025

Guía Remisión:

Cód. principal	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Dcto.	% Dcto.	Total
1091	MEDIDOR DE ENERGIA SENTRON PAC 3220 690/400V-SIEMENS	UNIDAD	1.00	\$710.77	\$142.15	20.00	\$568.62
4817	TRANSF. DE CTE NUCLEO PARTIDO 500/5A - CLASE 0.5 - RISHABH	PZA	3.00	\$58.82	\$47.06	20.00	\$141.18

Información Adicional

Cod. Cliente: 08479
Dirección: KM. 8.5 VIA A DAULE
Email.: cricons18@hotmail.com
Forma de Pago: Contado
Vendedor: ALVAREZ SANCHEZ ARTURO A.A.S.
Teléfono(s): 0939997531

Subtotal 15% :	709.80
Subtotal 5% :	0.00
Subtotal 0% :	0.00
Subtotal no objeto IVA :	0.00
Subtotal sin impuestos :	709.80
Descuento factura:	189.21
Descuento adicional % 10:	638.82
IVA 15% :	95.82
Valor total :	\$734.64

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	\$734.64	0	Dias



**PRODUCTOS INDUSTRIALES Y ELECTRICOS
PRIEL S A**

Dir Matriz: CALLE 10 AVE. 10 # 944

Dir Sucursal: CALLE 10 AVE. 10 # 944

Contribuyente Especial Nro: 0000
Obligado a llevar Contabilidad: SI
Agente de Retención Resolución No 1

R.U.C.: 1391702396001

Pag. 1 de 1

FACTURA

No. 001-003-000036913

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

0206202501139170239600120010030000369131234567811

FECHA Y HORA DE
AUTORIZACION 03/06/2025 16:57:49

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



0206202501139170239600120010030000369131234567811

Razón Social: MURILLO LAJE PETER

RUC / CI: 1314720689

Fecha de Emisión: 02/06/2025

Dirección: MANTA SAN MATEO

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
2008		1.000	TABLERO METALICO 40X30X20CM LIVIANO BEAUCOUP	52.00000	13	39.00
2356		2.000	TOPE CAMSCO P. BORNERA TOP-ATB	0.42000	0.21	0.63
5146		1.000	TERMINAL PUNTERA 14-12AWG AZUL CAMSCO CE025010	3.29000	0.8225	2.47
4790		1.000	MACHINADORA 10-24 AWG P. TERMINAL PUNTERA UNIVERS	35.00000	8.75	26.25
Forma de Pago				Valor		
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO				78.60		
SUBTOTAL 15%						91.13
SUBTOTAL 0 %:						0.00
SUBTOTAL no objeto de IVA						0.00
SUBTOTAL Exento de IVA						0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS						91.13
DESCUENTO						22.78
ICE						0.00
IVA 15%						10.25
VALOR TOTAL						78.60

Información Adicional

Correo Electronico petterslaje22@gmail.com
Forma de Pago CONTADO
Orden No. 000036913
Vendedor 100 BODEGA
Comentario NO DEFINIDO
Dirección SAN MATEO

EVOTEC SA
RUC 1391763778001
CALLE 13 AV. 11
TELF.: 0983392620

Factura de Venta Documento No: **188003966**

Fecha Emisión: 02/07/2025 Días: 0 Fecha Vence: 02/07/2025
Cliente: 28500 - MURILLO LAJE PETER JONATHAN No Orden:
Vendedor: CRISTHIAN GILCES No Referencia: 001-004-000059028
Cedula Ruc: 1314720689 Telefono: 0979576311 % Descuento: 0.00
Dirección: 00 | MANABI/MANTA/SAN MATEO Ciudad: MANTA
Observación:

AGENTE DE RETENCION
Resolucion Nro. NAC-DNCRASC20-00000001

Clave de Acceso: 0207202501139176377800120010040000590281234567812

Código	Referencia	Descripción	Prom.	Cantidad	Desc.	Desc1	IVA	Valor	Total Parcial
008145	693955492450	CABLE UTP CAT6 DAHUA 100% COBRE C	0.00	30.00	0.00	0.00	S	0.69565	20.87
502	1089	SOPORTE TECNICO PONCHADAS DE CA	0.00	1.00	0.00	0.00	S	0.86957	0.87
005625	16707	CONECTOR RJ45 CAT6	0.00	4.00	0.00	0.00	S	0.21739	0.87

Son: VEINTE Y SEIS 00/100

Sub 15%: 22.61
Sub 0 %: 0.00
Sub - Total: 22.61
Descuento: 0.00
Iva 15%: 3.39
Compensa: 0% 0.00
Total Final: 26.00

R.I.D.E.
ELECTROBRIONES SA
R.U.C 1391766319001
CALLE 11 Y AV. 10
TELF. 052622457-0984844314
Agente de Retención Resolución Nro.
NAC-DNCRASC20-00000001
Factura: 001-005-000129816

NOMBRE: Murillo Laje Peter
RUC/CED: 1314720689
DIRECCION: San Mateo
TELEFONO: 969576311
FECHA: 19/06/2025
COD.CLIENTE: 16871
CAJA: 2

16:23

1906202501139176631900120010050001298160000598715

DETALLE	CANT.	PVP.	DESC.%	TOTAL
I 10100683 / Cable Concentrico 4X16 600V				
	17.000	1.201	0.000	20.412
I 10100668 / Cable Concentrico 2X16 600V				
	17.000	0.712	0.000	12.101
I 10100683 / Cable Concentrico 4X16 600V				
	17.000	1.201	0.000	20.412

SUBTOTAL IVA 52.92

SUBTOTAL 0 0.00

SUBTOTAL 52.93

IVA 7.94

TOTAL A PAGAR: 60.86

RECIBI CONFORME
CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO
COMPROBANTE SIN VALIDEZ TRIBUTARIA
VENDEDOR: PATRICIO

Doc. No. 5987

N.P.:5460

DESCARGUE SUS COMPROBANTES ELECTRONICOS EN LA
SIGUIENTE URL: <http://190.57.177.54:8085>

CAMBIOS DE MERCADERIA SE RECIBIRAN DENTRO DE
LAS 24 HORAS, DESPUES DE REALIZADAS LAS COMPRAS.

FACTURAS EMITIDAS A CONSUMIDOR FINAL, NO SE
ACEPTARÁN, CAMBIOS NI DEVOLUCIONES.