

Pregrado

Carrera: Electricidad

Asignatura (UIC): Desarrollo de Proyectos

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título en: Tecnólogo Superior en Electricidad

Tema: Repotenciación del sistema eléctrico para mejorar la distribución en las diferentes áreas de la Unidad Educativa “Lago San Pedro” de la provincia de Orellana.

Autor/s: Castillo Guaman Robinson Ariel

Chela Sares Esteiner Efrain

Freire Ceballos Dennys Alexander

Tutor metodológico: Ing. Rommel Suarez

Tutor Técnico: Ing. William Yugcha

Sangolqui, marzo de 2025



Autor:



Castillo Guaman Robinson Ariel

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: robinson.castillo@ister.edu.ec

Autor:



Chela Sares Esteiner Efrain

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: esteiner.chela@ister.edu.ec

Autor:



Freire Ceballos Dennys Alexander

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: dennys.freire@ister.edu.ec

Dirigido por:



William Germanico Yugcha Quinatoa

Título:

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: william.yugcha@ister.edu.ec

Dirigido por:



Rommel Eusebio Suárez Vinuesa

Título:

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: rommel.suarez@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui SANGOLQUÍ – ECUADOR

Castillo Guaman Robinson Ariel

Chela Sares Esteiner Efrain

Freire Ceballos Dennys Alexander

**REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA
DISTRIBUCIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA
“LAGO SAN PEDRO” DE LA PROVINCIA DE ORELLANA.**

DEDICATORIA

Este proyecto se dedica a quienes han sido pilares fundamentales en mi vida y en la consecución de esta meta.

A mis padres, por los valores y principios que me inculcaron, cimientos sólidos para mi desarrollo.

A mi esposa, Mishelle Godoy, por su apoyo constante, su comprensión y por motivarme a crecer como persona, impulsándome a alcanzar esta meta.

Su presencia e influencia han sido determinantes en este logro

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por haberme brindado la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para realizar este trabajo.

Agradezco profundamente a cada uno de los profesores de la carrera de Electricidad, quienes, con su dedicación, paciencia y conocimientos, me guiaron a lo largo de este camino. Su apoyo fue fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Extiendo mi gratitud al Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui, por abrirme sus puertas y brindarme un espacio de aprendizaje y crecimiento.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia y amigos, por su amor incondicional y su apoyo constante. Su aliento fue mi mayor motivación para superar los obstáculos.

Castillo Guaman Robinson Ariel

DEDICATORIA

Dedicado para mi madre, Nancy, por su amor incondicional, su esfuerzo y sacrificio. Su apoyo constante y su ejemplo de fortaleza han sido mi mayor inspiración, a mi padre, Carlos, por enseñarme el valor del trabajo, la perseverancia y la dedicación. Gracias por estar siempre presente, brindándome su consejo y respaldo.

A mi hermano mayor, Bryan, por ser un pilar en mi vida. Su compañía, apoyo y enseñanzas han sido fundamentales en mi crecimiento.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada momento de este camino. Su luz me ha dado la sabiduría y la perseverancia necesarias para seguir adelante, superando cada desafío con fe y determinación.

A los docentes del Instituto Tecnológico Universitario Rumiñahui, mi más sincero reconocimiento y gratitud. Su dedicación, paciencia y compromiso con la enseñanza han sido fundamentales en mi formación. Gracias por compartir sus conocimientos y por motivarme a dar siempre lo mejor de mí.

A mi hermana menor, Evelyn, por su cariño y apoyo incondicional. Su presencia en mi vida es un motivo constante de alegría y motivación. Gracias por estar siempre ahí, brindándome tu compañía y aliento.

Freire Ceballos Dennys Alexander

DEDICATORIA

A mi familia, por su paciencia y comprensión durante las largas noches de estudio. Y a mi madre por su amor incondicional y su apoyo constante a lo largo de este arduo camino. Su fe en mí fue mi mayor motivación, por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro es tan suyo como mío.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para terminar esta nueva etapa de mi vida, a todas las personas que creyeron en mí y me animaron a perseguir mis sueños. Su apoyo fue fundamental para superar los obstáculos y alcanzar esta meta. A todos ustedes, les dedico este logro con mucho cariño.

Chela Sares Esteiner Efrain

RESUMEN

Repotenciación del sistema eléctrico para mejorar la distribución en las diferentes áreas de la Unidad Educativa “Lago San Pedro” de la provincia de Orellana.

El proyecto de titulación tiene como objetivo repotenciar el sistema eléctrico de la Unidad Educativa "Lago San Pedro", ubicada en la provincia de Orellana, para mejorar la distribución de las conexiones eléctricas en las diferentes áreas de la institución. Esto se logrará mediante un diagnóstico de las instalaciones eléctricas existentes, el diseño mediante el uso de AutoCAD y DIALux posteriormente se realizará la implementación del nuevo sistema eléctrico de fuerza e iluminación que cumpla con la normativa vigente.

El alcance del proyecto incluye la evaluación del sistema eléctrico actual, el diseño de un nuevo sistema que optimice la eficiencia energética y la seguridad, la adquisición de materiales, la ejecución de la obra, y la elaboración de un informe final detallado. Se espera obtener como resultados un circuito eléctrico en óptimas condiciones, donde todos los componentes instalados queden totalmente funcionales, al igual que la implementación de un sistema de protección contra descargas y cortocircuitos, y la entrega de un informe técnico completo incluyendo diagramas unifilares y los planos eléctricos actualizados de todos los circuitos.

El proyecto beneficiará directamente a 253 estudiantes y 17 docentes, quienes contarán con una infraestructura eléctrica adecuada para el uso de implementos tecnológicos.

Palabras claves: repotenciación, sistema eléctrico, normativa eléctrica, diseño, iluminación, tomacorrientes.

ABSTRACT

The objective of the project is to upgrade the electrical system of the “Lago San Pedro” Educational Unit, located in the province of Orellana, to improve the distribution of electrical connections in the different areas of the institution. This will be achieved through a diagnosis of the existing electrical installations, the design using AutoCAD and DIALux and then the implementation of the new electrical power and lighting system that complies with current regulations.

The scope of the project includes the evaluation of the current electrical system, the design of a new system that optimizes energy efficiency and safety, the procurement of materials, the execution of the work, and the preparation of a detailed final report. The expected results are an electrical circuit in optimal conditions, where all installed components are fully functional, as well as the implementation of a protection system against discharges and short circuits, and the delivery of a complete technical report including single-line diagrams and updated electrical plans of all circuits.

The project will directly benefit 253 students and 17 teachers, who will have an adequate electrical infrastructure for the use of technological equipment.

Key words: repowering, electrical system, electrical standards, design, lighting, outlets

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 26 de marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

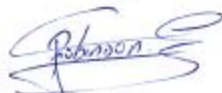
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO
Presente

Por medio de la presente, yo, **CASTILLO GUAMAN ROBINSON ARIEL** declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA "LAGO SAN PEDRO" DE LA PROVINCIA DE ORELLANA**, de la Tecnología Superior en **ELECTRICIDAD**; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



CASTILLO GUAMAN ROBINSON ARIEL
C.I.: 2200342430

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 26 de marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

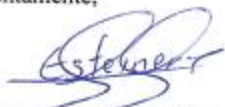
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO
Presente

Por medio de la presente, yo, **ESTEINER EFRAIN CHELA SARES** declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA "LAGO SAN PEDRO" DE LA PROVINCIA DE ORELLANA**, de la Tecnología Superior en **ELECTRICIDAD**; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



ESTEINER EFRAIN CHELA SARES
C.I.: 2200476329

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 26 de marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO
Presente

Por medio de la presente, yo, **FREIRE CEBALLOS DENNYS ALEXANDER** declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA "LAGO SAN PEDRO" DE LA PROVINCIA DE ORELLANA**, de la Tecnología Superior en **ELECTRICIDAD**; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



FREIRE CEBALLOS DENNYS ALEXANDER
C.I.: 2100624879



**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN
BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

CASTILLO GUAMAN ROBINSON ARIEL

CHELA SARES ESTEINER EFRAIN

FREIRE CEBALLOS DENNYS ALEXANDER

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

SUAREZ VINUEZA ROMMEL EUSEBIO

WILLIAM GERMANICO YUGCHA QUINATO

CONTACTO ESTUDIANTE:

CHELA ESTEINER: 0959764419

CASTILLO ROBINSON: 0989076608

FREIRE DENNYS: 0968252141

CORREO ELECTRÓNICO:

esteiner.chela@ister.edu.ec

dennys.freire@ister.edu.ec

robinson.castillo@ister.edu.ec

TEMA:

**REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA
DISTRIBUCIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA
“LAGO SAN PEDRO” DE LA PROVINCIA DE ORELLANA**

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Tel: 0960052734 / 023524576 / 022331628

📞📞📞 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

El proyecto de titulación tiene como objetivo repotenciar el sistema eléctrico de la Unidad Educativa "Lago San Pedro", ubicada en la provincia de Orellana, para mejorar la distribución de las conexiones eléctricas en las diferentes áreas de la institución. Esto se logrará mediante un diagnóstico de las instalaciones eléctricas existentes, el diseño mediante el uso de AutoCAD y DIALux posteriormente se realizará la implementación del nuevo sistema eléctrico de fuerza e iluminación que cumpla con la normativa vigente. El alcance del proyecto incluye la evaluación del sistema eléctrico actual, el diseño de un nuevo sistema que optimice la eficiencia energética y la seguridad, la adquisición de materiales, la ejecución de la obra, y la elaboración de un informe final detallado. Se espera obtener como resultados un circuito eléctrico en óptimas condiciones, donde todos los componentes instalados queden totalmente funcionales, al igual que la implementación de un sistema de protección contra descargas y cortocircuitos, y la entrega de un informe técnico completo incluyendo diagramas unifilares y los planos eléctricos actualizados de todos los circuitos. El proyecto beneficiará directamente a 253 estudiantes y 17 docentes, quienes contarán con una infraestructura eléctrica adecuada para el uso de implementos tecnológicos.

Palabras claves: repotenciación, sistema eléctrico, normativa eléctrica, diseño, iluminación, tomacorrientes.

The objective of the project is to upgrade the electrical system of the "Lago San Pedro" Educational Unit, located in the province of Orellana, to improve the distribution of electrical connections in the different areas of the institution. This will be achieved through a diagnosis of the existing electrical installations, the design using AutoCAD and DIALux and then the implementation of the new electrical power and lighting system that complies with current regulations. The scope of the project includes the evaluation of the current electrical system, the design of a new system that optimizes energy efficiency and safety, the procurement of materials, the execution of the work, and the preparation of a detailed final report. The expected results are an electrical circuit in optimal conditions, where all installed components are fully functional, as well as the implementation of a protection system against discharges and short circuits, and the delivery of a complete technical report including single-line diagrams and updated electrical plans of all circuits. The project will directly benefit 253 students and 17 teachers, who will have an adequate electrical infrastructure for the use of technological equipment.

Key words: repowering, electrical system, electrical standards, design, lighting, outlets.



Firma del Estudiante

CASTILLO GUAMAN ROBINSON ARIEL

C.I.: 2200342430



Firma del Estudiante

CHELA SARES ESTEINER EFRAIN

C.I.: 2200476329



Firma del Estudiante

FREIRE CEBALLOS DENNYS ALEXANDER

C.I.: 2100624879



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 26 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo **CASTILLO GUAMAN ROBINSON ARIEL**, con C.I.: **2200342430** alumno de la Carrera **TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD**, cedo al **INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante
CASTILLO GUAMAN ROBINSON ARIEL
C.I.: 2200342430

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**CT-ANX-2025-ISTER-4**

Sangolquí, 26 de marzo del 2025

Sres.-**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO****Presente**

Yo CHELA SARES ESTEINER EFRAIN, con C.I.: 2200476329 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante
CHELA SARES ESTEINER EFRAIN
C.I.: 2200476329

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**CT-ANX-2025-ISTER-4**

Sangolquí, 26 de marzo del 2025

Sres.-**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO****Presente**

Yo FREIRE CEBALLOS DENNYS ALEXANDER, con C.I.: 2100624879 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,



Firma del Estudiante
FREIRE CEBALLOS DENNYS ALEXANDER
C.I.: 2100624879

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
RESUMEN	8
CAPÍTULO I	10
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Planteamiento del Problema	10
1.2. Justificación	10
1.3. Alcance	12
1.4. Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivos General	12
1.4.2. Objetivos Específicos	12
CAPITULO II	13
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Generalidades	13
2.1.1. Energía.....	14
2.1.2. Circuito eléctrico	16
2.1.3. Instalación eléctrica	19
2.1.4. Equipos utilizados en una instalación eléctrica	20
2.1.5. Normas para instalaciones eléctricas	30
2.1.6. Iluminación	32
2.1.7. Programas aplicados para el diseño y simulación de las instalaciones	34
CAPITULO III.....	36
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	36
3.1. Antecedentes.....	36
3.2. Diagnóstico de componentes existentes	37
3.2.1. Contador eléctrico.....	37
3.2.2. Tablero principal.....	37
3.2.3. Tableros de Distribución.....	38
3.2.4. Conductores	39
3.2.5. Cajetines	39
3.2.6. Tomacorrientes	40
3.2.7. Interruptores.....	40

3.2.8.	Iluminación	41
3.2.9.	Canalizaciones	42
3.2.10.	Sistema de protección (puesta a tierra)	42
3.3.	Circuitos Existentes	42
3.3.1.	Plano del circuito eléctrico	42
3.4.	Diagrama unifilar de la instalación eléctrica	43
3.5.	Estudio de carga de fuerza e iluminación	43
3.5.1.	Cálculo de demanda de los circuitos.	43
3.6.	Nuevo diseño eléctrico de la institución educativa.....	45
3.6.1.	Diagrama multifilar	45
3.7.	Nuevo circuito de iluminación.....	46
3.7.1.	Diseño de iluminación	47
3.7.2.	Cálculo de luminarios por método de lúmenes parala aula 1,2,3,4.....	47
3.7.3.	Cálculo de luminarias por el método de lúmenes para las aulas 5,6,7,8,9	51
3.8.	Canalizaciones eléctricas	54
3.9.	Calculo para las canalizaciones eléctricas	54
3.10.	Repotenciación del circuito de fuerza.....	56
3.11.	Distribución de carga del nuevo diseño de las instalaciones eléctricas	57
3.11.1.	Tablero de distribución 1 (TD1)	58
3.11.2.	Tablero de distribución (TD2)	58
3.11.3.	Tablero de distribución 3 (TD3)	58
3.11.4.	Tablero de distribución principal (TDP).....	59
3.12.	Cálculo de protecciones	59
3.13.	Caída de tensión.....	61
3.13.1.	Cálculo de voltaje del circuito de tomacorrientes.....	61
3.13.2.	Cálculo de caída de tensión del circuito de iluminación	62
3.14.	Cálculo del sistema de puesta a tierra.	63
3.14.1.	Cálculo de la Resistencia de una Varilla Vertical:	63
3.15.	Presupuesto.	64
CAPITULO IV.....		65
4.	PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1.	Circuito de iluminación	65
4.1.1.	Interruptores.....	67
4.2.	Circuito de tomacorrientes.....	68

4.3.	Sistema de canalizaciones.....	70
4.4.	Cajetines	70
4.5.	Puesta a tierra.....	71
CAPITULO V		72
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1.	Conclusiones.....	72
5.2.	Recomendaciones	72
BIBLIOGRAFIA		74
ANEXOS		77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Energía Fuente: Concepto (2024).....	14
Figura 2. Transformación y distribución de energía.....	15
Figura 3 Corriente continua	15
Figura 4 Corriente alterna	16
Figura 5. Batería Bosch elemento activo.	17
Figura 6. Elemento pasivo	17
Figura 7 Circuito en serie.....	18
Figura 8 Circuitos en paralelo.....	18
Figura 9 Circuito mixto.....	19
Figura 10. Cable THHN 12 AWG Cu 600V	21
Figura 11. Interruptor eléctrico Fuente. OpenAI. Instalación Eléctrica	22
Figura 12. Tomacorriente residencial. Fuente. OpenAI. Instalaciones eléctricas	23
Figura 13. Tablero de distribución eléctrica. Fuente. OpenAI. Instalaciones eléctricas	25
Figura 14. Manguera de instalación eléctrica. Fuente. OpenAI. Instalaciones eléctricas	26
Figura 15. Sistema puesto a tierra (SPT) Fuente. OpenAI. Instalaciones eléctricas	28
Figura 16. Cajetín eléctrico Fuente. OpenAI. Instalaciones eléctricas.	29
Figura 17. Iluminación adecuada en aula de aprendizaje	32
Figura 18: Plano de luminarias AutoCad	34
Figura 19: Diseño de iluminación con DIALux	35
Figura 20. Ubicación de la Unidad Educativa	36
Figura 21. Contador eléctrico Unidad Educativa "Lago San Pedro"	37
Figura 22. Tablero principal	38
Figura 23. Tablero de distribución TD1	39
Figura 24. Empalme en mal estado.....	39
Figura 25. Cajetines con acumulación de suciedad	40
Figura 26. Tomacorrientes en mal estado	40
Figura 27. Interruptor en mal estado.....	41
Figura 28. Ausencia de luminarias en las aulas	41
Figura 29. Obstrucción de las canalizaciones	42
Figura 30. Plano eléctrico existente	43
Figura 31. Diagrama unifilar existente	43
Figura 32. Plano eléctrico	45
Figura 33. Diagrama multifilar	46

Figura 34. Nuevo diagrama del circuito de iluminación	46
Figura 35. Simulación de iluminación en el aula 1.....	47
Figura 36. Luminarias implementadas.....	53
Figura 37. Estado de cajetines eléctricos	54
Figura 38. Vista interna de la tubería Conduit EMT	56
Figura 39. Nuevo circuito de fuerza.	57
Figura 40. Nivel de iluminación anterior.....	65
Figura 41. Comparación sistema de iluminación empotrado.	66
Figura 42. Comparación sistema de iluminación sobrepuesto.	67
Figura 43. Comparación de interruptores.	67
Figura 44. Obstrucción en canalizaciones empotradas.....	68
Figura 45. Comparación de tomacorrientes.....	69
Figura 46. verificación de voltaje en los nuevos tomacorrientes.....	69
Figura 47. Canalizaciones sobrepuestas	70
Figura 48. caja de revisión.....	70
Figura 49. comprobación de puesta a tierra.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas de cada tipo de circuito.	19
Tabla 2. Denominación de cables 1	21
Tabla 3. Tipos de interruptores	22
Tabla 4. Tipos de tomacorrientes	24
Tabla 5. Tipos de tableros de distribución eléctrica.....	25
Tabla 6. Tableros de distribución eléctrica	27
Tabla 7. Sistema puesto a tierra (SPT).....	29
Tabla 8 Tipos de cajetines.....	30
Tabla 9. componentes existentes.....	37
Tabla 10. Factores de demanda obtenidas de la normativa NEC.....	44
Tabla 11. Estudio de cargas	44
Tabla 12. <i>factor de reflexión</i>	48
Tabla 13. Descripción de la luminaria utilizada	49
Tabla 14. Especificaciones técnicas.....	51
Tabla 15. Número de luminarias instaladas	52
Tabla 16. Materiales empleados en las nuevas canalizaciones.	54
Tabla 17. Diámetro de la tubería EMT	54
Tabla 18. Calibre de los conductores.	55
Tabla 19. Cantidad de conductores.	55
Tabla 20. Clasificación de viviendas según el are de construcción	57
Tabla 21. Circuitos de cada aula	58
Tabla 22. Distribución de carga TD1.....	58
Tabla 23. Distribución de carga TD2.....	58
Tabla 24. Distribución de carga TD3.....	59
Tabla 25. Distribución de carga TDP.....	59
Tabla 26. Protección de los circuitos eléctricos	60
Tabla 27. Capacidad de la protección en función del calibre del conductor	60
Tabla 28. Capacidad de las protecciones en TDP	61
Tabla 29. Caída de tensión en los circuitos de tomacorrientes	62
Tabla 30. Caída de tensión en los circuitos de iluminación.....	62
Tabla 31. Presupuesto	64
Tabla 32. Tipo de instalación en el circuito de iluminación	65
Tabla 33. Comparación de niveles de lux antes y después de la implementación.....	66

Tabla 34. Tipo de instalación en el circuito de fuerza	68
---	----

RESUMEN

REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA “LAGO SAN PEDRO” DE LA PROVINCIA DE ORELLANA.

El proyecto de titulación tiene como objetivo repotenciar el sistema eléctrico de la Unidad Educativa "Lago San Pedro", ubicada en la provincia de Orellana, para mejorar la distribución de las conexiones eléctricas en las diferentes áreas de la institución. Esto se logrará mediante un diagnóstico de las instalaciones eléctricas existentes, el diseño mediante el uso de AutoCAD y DIALux posteriormente se realizará la implementación del nuevo sistema eléctrico de fuerza e iluminación que cumpla con la normativa vigente.

El alcance del proyecto incluye la evaluación del sistema eléctrico actual, el diseño de un nuevo sistema que optimice la eficiencia energética y la seguridad, la adquisición de materiales, la ejecución de la obra, y la elaboración de un informe final detallado. Se espera obtener como resultados un circuito eléctrico en óptimas condiciones, donde todos los componentes instalados queden totalmente funcionales, al igual que la implementación de un sistema de protección contra descargas y cortocircuitos, y la entrega de un informe técnico completo incluyendo diagramas unifilares y los planos eléctricos actualizados de todos los circuitos.

El proyecto beneficiará directamente a 253 estudiantes y 17 docentes, quienes contarán con una infraestructura eléctrica adecuada para el uso de implementos tecnológicos.

Palabras claves: repotenciación, sistema eléctrico, normativa eléctrica, diseño, iluminación, tomacorrientes.

ABSTRACT

The objective of the project is to upgrade the electrical system of the “Lago San Pedro” Educational Unit, located in the province of Orellana, to improve the distribution of electrical connections in the different areas of the institution. This will be achieved through a diagnosis of the existing electrical installations, the design using AutoCAD and DIALux and then the implementation of the new electrical power and lighting system that complies with current regulations.

The scope of the project includes the evaluation of the current electrical system, the design of a new system that optimizes energy efficiency and safety, the procurement of materials, the execution of the work, and the preparation of a detailed final report. The expected results are an electrical circuit in optimal conditions, where all installed components are fully functional, as well as the implementation of a protection system against discharges and short circuits, and the delivery of a complete technical report including single-line diagrams and updated electrical plans of all circuits.

The project will directly benefit 253 students and 17 teachers, who will have an adequate electrical infrastructure for the use of technological equipment.

Key words: repowering, electrical system, electrical standards, design, lighting, outlets.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La Unidad Educativa “Lago San Pedro” ubicada en la provincia de Orellana, enfrenta el desafío de mantener una infraestructura eléctrica eficiente y segura que garantice un ambiente de aprendizaje óptimo para sus estudiantes y un ambiente laboral seguro para el personal docente y administrativo. Los sistemas eléctricos pueden deteriorarse, volverse obsoletos o resultar insuficientes para cubrir las demandas actuales o futuras en la institución.

En un proyecto eléctrico, es imprescindible realizar un análisis exhaustivo de las necesidades energéticas y técnicas del lugar. El estudio previo incluye un inventario de las cargas a conectar y un análisis técnico de la instalación nueva o existente necesaria para el lugar, el dimensionamiento correcto del sistema eléctrico garantiza un suministro seguro y eficiente (García Trasancos, 2020)

1.1. Planteamiento del Problema

La Unidad Educativa "Lago San Pedro" se encuentra ante el desafío de actualizar su infraestructura eléctrica, específicamente en las nueve aulas destinadas a las actividades académicas. El sistema eléctrico actual, caracterizado por su obsolescencia y diseño inadecuado, no cumple con los estándares de seguridad y eficiencia requeridos para garantizar un entorno de aprendizaje óptimo. La falta de mantenimiento preventivo, la limitada capacidad de carga y la ausencia de medidas de protección adecuadas exponen a la institución a riesgos eléctricos

Además, la carencia de puntos de conexión eléctrica y la inadecuada iluminación dificultan la integración de tecnologías educativas en el aula, limitando las posibilidades pedagógicas y desaprovechando las oportunidades que ofrecen las herramientas digitales para el aprendizaje. Ante este escenario, es necesario una intervención integral para modernizar el sistema eléctrico y adaptarlo a las necesidades actuales de la institución.

1.2. Justificación

En el presente trabajo de titulación, se renovará la infraestructura del sistema eléctrico de la Unidad Educativa “Lago San Pedro”, que actualmente carece de un sistema eficiente capaz de satisfacer las necesidades diarias de estudiantes y docentes.

Debido al transcurso del tiempo y la ausencia de revisiones preventivas, la infraestructura eléctrica ha ido deteriorándose, lo que ha disminuido la capacidad de toda la red y la ha hecho más propensa a fallos en los circuitos. Esto puede ocasionar cortocircuitos que, a su vez,

podrían dañar las luminarias y los equipos conectados a los tomacorrientes, exponiendo a estudiantes y docentes a riesgos de electrocución y quemaduras.

La renovación comenzará con la medición de las cargas de voltaje que circulan desde la caja de distribución hacia los distintos puntos de salida del circuito eléctrico. El objetivo es corroborar si las luminarias presentan deficiencias o si existe una falta de iluminación en las aulas, lo cual afecta la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes.

Además, se procederá a reemplazar los tomacorrientes que se encuentren en mal estado, ya que su deterioro limita el uso de equipos tecnológicos en el aula. Se llevará a cabo una verificación de las caídas de voltaje de punto a punto y, de ser necesario, se implementarán o eliminarán puntos de salida eléctrica que no garanticen un funcionamiento adecuado de la infraestructura adicional se realizará el cambio de todo el cableado eléctrico y de la caja de distribución.

Al finalizar el proceso de renovación, se llevarán a cabo pruebas en los distintos circuitos eléctricos utilizando instrumentos de medición eléctrica. Estas pruebas permitirán descartar fallos en la red eléctrica y garantizarán el óptimo funcionamiento de la infraestructura eléctrica y de los dispositivos implementados.

Se planificará planes de acción de trabajo para intervenir en la renovación de la infraestructura eléctrica en horarios que los estudiantes no estén en sus actividades escolares para evitar impactos en su rendimiento académico, y garantizar la seguridad de los docentes, estudiantes y aparatos eléctricos a implementarse.

La renovación del sistema de circuitos eléctricos se dará bajo las directrices que rigen las diferentes normas eléctricas vigentes en el Ecuador, permitiendo garantizar un rendimiento adecuado de la red eléctrica.

Mediante la ejecución de este proyecto se pretende obtener los siguientes resultados:

- Mejorar la calidad educativa: la iluminación suficiente favorece a las clases que brindan los docentes a los estudiantes y facilita la concentración y el aprendizaje de los alumnos.
- Aumentar la seguridad del sistema eléctrico, un sistema renovado reduce el riesgo de accidentes eléctricos y garantiza un entorno más seguro para todos.
- Optimizar el uso de la energía: La instalación de luminarias eficientes y una caja de distribución adecuada permite un uso más eficiente de la energía eléctrica.
- Facilitar el uso de tecnología: Un mayor número de tomacorrientes en buen estado permite el uso de computadoras, proyectores y otros equipos tecnológicos en el aula, facilitando la implementación de metodologías educativas innovadoras.

1.3. Alcance

- Identificación y diagnóstico de las instalaciones eléctricas en la unidad educativa
- Realización de planos en el ámbito de iluminación y fuerza con sus correspondientes diagramas unifilares.
- Valoración de instrumentos que cumplan con las normativas eléctricas.
- Simulación de los diferentes espacios o áreas de la Unidad Educativa.
- Realización de pruebas y verificación de protecciones utilizadas en el circuito eléctrico.
- Determinación de la puesta a tierra para salvaguardar las instalaciones eléctricas y a los usuarios.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivos General*

Repotenciar el sistema eléctrico para mejorar la distribución de las diferentes conexiones eléctricas en la Unidad Educativa “Lago San Pedro” de la provincia de Orellana

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Realizar un diagnóstico de las instalaciones eléctricas de la unidad educativa “Lago San Pedro”.
- Diseñar el nuevo sistema eléctrico de distribución, mejorando la eficiencia de este utilizando las normas vigentes.
- Implementar el nuevo sistema eléctrico de iluminación y tomacorrientes que garantice una conexión segura y eficiente de acuerdo con el diseño previamente elaborado.
- Verificar el funcionamiento eficiente de los equipos eléctricos instalados, realizando pruebas y ajustes para asegurar su rendimiento óptimo y confiabilidad.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

Acorde al trabajo de titulación “Rediseño de las instalaciones eléctricas en el edificio de Coordinación Zona 1 Ministerio de Educación”, advierte sobre los peligros latentes en las instalaciones eléctricas que carecen de mantenimiento preventivo, además menciona que la falta de cuidado en estos sistemas puede ocasionar una serie de problemas como la disminución de la eficiencia de equipos, deterioro de cables, incremento de costos, riesgos eléctricos como accidentes laborales e incendios (Anrrango Piñan, 2020)

La repotenciación de sistemas eléctricos en instituciones educativas es un tema de creciente interés debido a la demanda energética cada vez mayor en conjunto con el incremento del número de estudiantes por lo que es necesario garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente (Instituto Nacional de Normalización Electrica, 2020)

Estudios demuestran los beneficios de la repotenciación eléctrica como la mejora en la calidad de la educación, reducción de costos operativos y garantizar un ambiente escolar más agradable. Por ejemplo, un estudio realizado en la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) evidenció que la repotenciación del sistema eléctrico en las aulas permitió adaptarlas a las necesidades tecnológicas actuales, mejorando la experiencia de aprendizaje de estudiantes y docentes (Parra Martínez, 2021).

En el trabajo de titulación “Rediseño de las instalaciones eléctricas en la Unidad Educativa Antonio Ante sede principal” menciona que un exhaustivo análisis de las instalaciones eléctricas permitió identificar deficiencias significativas en seguridad, eficiencia y cumplimiento normativo. Como resultado, el autor propuso un rediseño integral del sistema eléctrico que incluyó la redistribución de circuitos, la sustitución de materiales obsoletos, la instalación de dispositivos de protección y la actualización del sistema de iluminación (Urresta, 2023)

Los hallazgos de esta investigación evidencian la necesidad de realizar evaluaciones periódicas y actualización de las instalaciones eléctricas en instituciones educativas para garantizar la seguridad de los ocupantes y optimizar el consumo energético (Urresta, 2023)

La repotenciación del sistema eléctrico en una unidad educativa representa una oportunidad inigualable para optimizar la iluminación de los espacios destinados al aprendizaje. Una iluminación adecuada garantiza la visibilidad necesaria para la lectura y la escritura, factores cruciales para la vida estudiantil: su bienestar y su desempeño en el ámbito educativo. (García, 2019)

Al implementar sistemas de iluminación eficientes y adaptados a las necesidades de cada espacio, se puede crear un ambiente de aprendizaje más cómodo y estimulante, favoreciendo la concentración y el desarrollo cognitivo de los alumnos además de disminuir el consumo energético y mejorar el aspecto económico de la institución (Proaño & Mendoza, 2024)

2.1.1. Energía

La energía es la capacidad que posee un sistema, objeto o cuerpo para realizar un trabajo y que a su vez produce un cambio (**Figura 1**). La energía opera bajo el principio de conservación, el cual establece que la energía no puede ser generada ni eliminada, sino únicamente convertida de una forma a otra. (Vegara Meseguer J. M., 2009).



Figura 1 Energía

Fuente: Concepto (2024)

2.1.1.1. Energía eléctrica

Es el producto del movimiento de los electrones a través de un conductor que puede ser transportada y transformada en otro tipo de energía como luz o calor (T.L., 2018). La energía eléctrica es responsable de poner en funcionamiento los dispositivos que se usan en el día a día, como electrodomésticos, luminarias, dispositivos móviles, etc. (Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2002).

La energía eléctrica se obtiene a través de la transformación de otros tipos de energía, como en el caso de la transformación de energía mecánica en los motores de las centrales termoeléctricas, la energía solar en las plantas solares, la energía cinética del agua en las hidroeléctricas (Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2002).

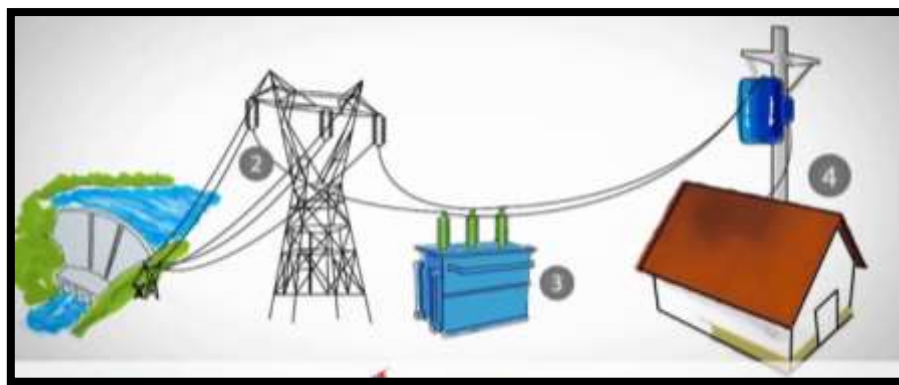


Figura 2. Transformación y distribución de energía

2.1.1.2. Corriente eléctrica

La corriente o intensidad, se mide en Amperios (A) en el Sistema Internacional y representa el flujo neto de electrones a través de un conductor por unidad de tiempo. (Reeves, 2023). La corriente eléctrica se genera a partir del contacto entre dos elementos que presentan una diferencia de potencial, según el sentido en la que se mueve la corriente se puede clasificar en dos tipos: corriente continua o alterna (Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2002).

2.1.1.3. Corriente continua

La corriente directa (CD), conocida también como Direct Current (DC), es una forma de corriente eléctrica donde el flujo de electrones mantiene una dirección constante. Asimismo, su potencial eléctrico (voltaje) no experimenta cambios con el tiempo, incluso si la intensidad varía. El tránsito de electrones en este tipo de corriente siempre ocurre desde el borne positivo hacia el borne negativo de la fuente de energía, según se ejemplifica en la **Figura 3** (Pereira Arroyo, 2016).

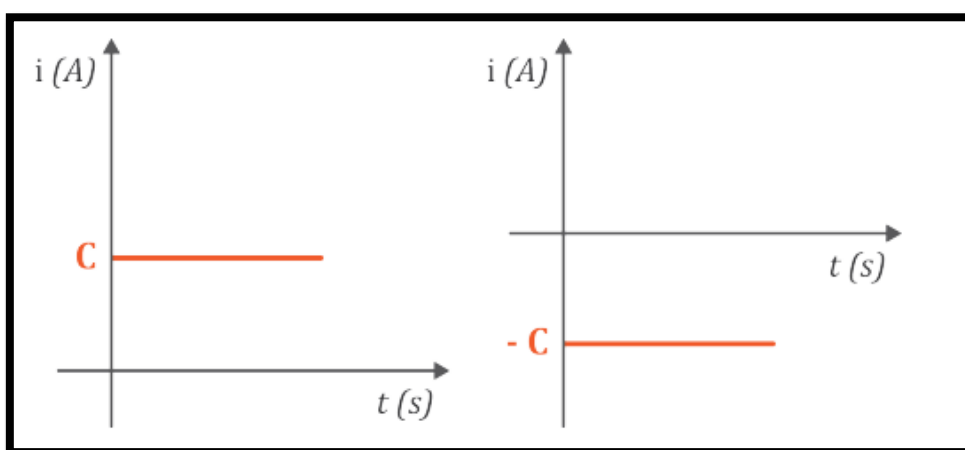


Figura 3 Corriente continua

Fuente: Pereira Arroyo (2016)

2.1.1.4. Corriente alterna

La corriente alterna (AC por sus siglas en ingles Alternating Current) es un tipo de corriente que presenta un flujo de electrones en dos direcciones, la corriente alterna se invierte de forma periódica con el tiempo, además su magnitud no es constante (**Figura 4**) (Pereira Arroyo, 2016).

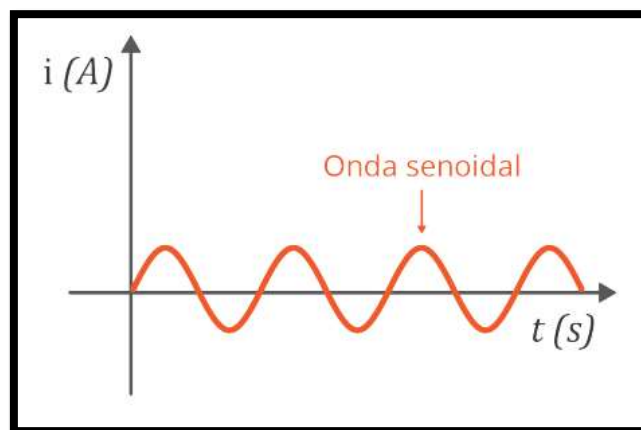


Figura 4 Corriente alterna

Fuente: Pereira Arroyo (2016)

La corriente alterna es el principal tipo de energía que se utiliza a nivel doméstico y comercial, usada en electrodomésticos, equipos industriales, iluminación, etc. Debido a que esta presenta varias ventajas como la transmisión de energía debido a que puede recorrer grandes distancias sin perder su valor de tensión eléctrica, además la corriente alterna puede aumentar o disminuir mediante el uso de transformadores lo que permite facilitar la transmisión de energía (Universidad Europea, 2024).

2.1.2. Circuito eléctrico

Para llevar a cabo una función específica, como el encendido de luces o la operación de aparatos, se requiere un circuito eléctrico, el cual consiste en una red de componentes interconectados por donde fluye la corriente eléctrica.

2.1.2.1. Elementos del circuito eléctrico

Los componentes de un circuito son los que permiten direccionar y controlar la corriente eléctrica y se clasifican como activos y pasivos (Vértiz Aguirre, y otros, 2020)

Los elementos activos son elementos que generan o proporcionan energía al circuito eléctrico como baterías o generadores (**Figura 5**) (Vértiz Aguirre, y otros, 2020).



Figura 5. Batería Bosch elemento activo.

Fuente: Boschautopartes

Los elementos pasivos son elementos que reciben, almacenan o distribuyen la corriente eléctrica como resistencias, conductores, bobinas, condensadores, entre otros (**Figura 6**) (Vértiz Aguirre, y otros, 2020).

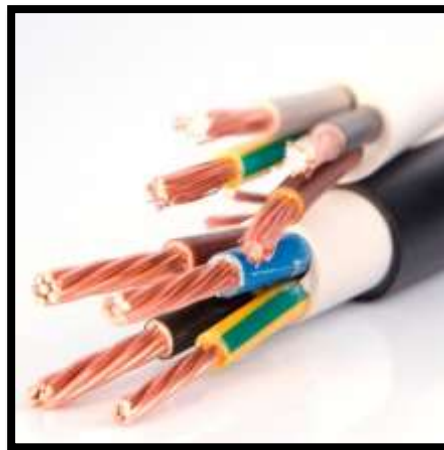


Figura 6. Elemento pasivo

Un circuito eléctrico puede clasificarse acorde a la conexión de sus componentes o elementos como circuito en serie, paralelo y mixto.

2.1.2.2. Circuito en serie

Es aquel circuito en la que los elementos que lo conforma están conectados en una sola hilera, en la que la corriente solo dispone de una ruta para fluir pasando por todos los componentes en orden (REDE, 2017).

En los circuitos en serie al poseer una sola trayectoria posible, la corriente que pasa por todos los elementos desde el punto A al B, es exactamente igual, pero el voltaje que pasa a través de cada componente es diferente como se observa en la **Figura 7** (Floyd, 2007).

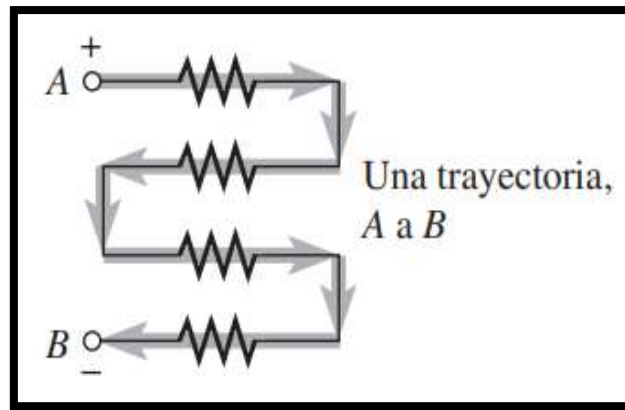


Figura 7 Circuito en serie

Fuente: Floyd (2007)

El circuito en serie presenta una desventaja en el que en caso de fallar uno de los elementos, el flujo de corriente se verá interrumpido y el resto del circuito perderá la distribución de energía (Paguayo, 2022).

2.1.2.3. Circuito en paralelo

Es aquel circuito en la que los elementos que lo conforma están conectados de una manera que permite que la corriente fluya con una trayectoria independiente por cada uno de estos (REDE, 2017).

Las rutas o trayectorias que conforma un circuito en paralelo reciben el nombre de rama, si el circuito posee más de una rama se trata de un circuito en paralelo sin importar como se encuentren dispuestos los elementos(**Figura 8**) (Floyd, 2007).

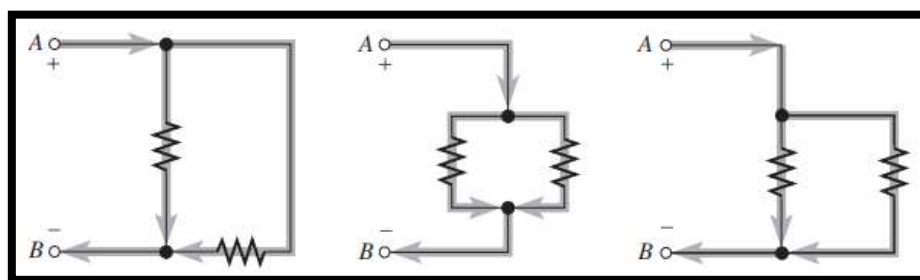


Figura 8 Circuitos en paralelo

Fuente: Floyd (2007)

El circuito en paralelo posee una gran ventaja en la que la corriente al tener una trayectoria independiente para cada uno de los componentes, al presentar una falla en algunos de los elementos, los demás elementos seguirán recibiendo energía (Paguayo, 2022).

2.1.2.4. Circuito mixto

El circuito mixto o también llamado circuito serie-paralelo es aquel que presenta la unión de los dos tipos de circuitos, por lo que la distribución de corriente se realiza en un circuito en

serie y otros elementos en un circuito en paralelo con ambas ventajas que ofrecen cada uno de estos tipos de circuitos (**Figura 9**) (Floyd, 2007).

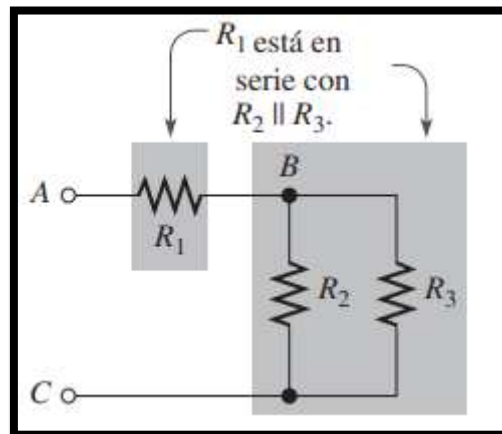


Figura 9 Circuito mixto

Fuente: Floyd (2007)

En la **Tabla 1**, se puede identificar las ventajas de cada tipo de circuito eléctrico.

Tabla 1. Ventajas de cada tipo de circuito.

Característica	Circuito en Serie	Circuito en Paralelo	Circuito Mixto
Conexión	Elementos en una sola línea	Elementos en ramas separadas	Combinación de serie y paralelo
Voltaje	Se divide entre los elementos	Es el mismo en cada rama	Se calcula dependiendo de la configuración
Corriente	Es la misma en todos los elementos	Se divide entre las ramas	Varía según la parte del circuito
Resistencia	Se suman todas las resistencias	Se calcula con la fórmula de inversos	Se analizan secciones por separado
Falla de un elemento	Se interrumpe todo el circuito	Los demás siguen funcionando	Depende de la parte afectada

2.1.3. Instalación eléctrica

Una instalación eléctrica es la unión y distribución de diferentes dispositivos, conductores y materiales que en conjunto se encargan de la transmisión, distribución y recepción de la energía eléctrica para poder ser usada en diferentes aplicaciones como iluminación, producción, entre otros (Quadri, 2010).

Una instalación eléctrica puede clasificarse acorde a su función, tipo de corriente, nivel de tensión o modo de instalación.

2.1.3.1. Instalación eléctrica según su aplicación

Las instalaciones eléctricas se categorizan en función de su uso y la ubicación donde se implementan, incluyendo clasificaciones como residenciales, industriales, comerciales, etc.

2.1.3.2. Instalación eléctrica según el tipo de corriente

Una instalación eléctrica según el tipo de corriente eléctrica se clasifica acorde al tipo de corriente utilizado por lo que se tiene instalaciones eléctricas de corriente alterna (AC) e instalaciones eléctricas de corriente directa (DC).

2.1.3.3. Instalación eléctrica según el nivel de tensión

Una instalación eléctrica según su nivel de tensión se clasifica según la cantidad de voltaje que manejan por lo que se clasifica como instalaciones de baja tensión (<1000 V), instalaciones de media tensión (1 KV – 36 KV) e instalaciones de alta tensión (> 36 KV).

2.1.3.4. Instalaciones eléctricas comerciales

Una instalación eléctrica es aquellas que se encuentran en oficinas, centros comerciales, supermercados, instituciones, las cuales deben una alta demanda de consumo eléctrico, este tipo de instalaciones usan corriente alterna monofásica o trifásica en función de los equipos (García, 2019).

2.1.4. Equipos utilizados en una instalación eléctrica

Una instalación eléctrica está conformada por diversos elementos, equipos y dispositivos que garantizan la distribución segura y eficiente de la energía.

2.1.4.1. Cable eléctrico

Un cable eléctrico es un conductor que permite la transmisión de energía eléctrica, el cable por lo general es de cobre o aluminio y es recubierto por un material aislante. Un cable eléctrico se puede identificar acorde a una denominación estándar la cual incluye su tipo, características y aplicaciones. La denominación incluye letras, números y el tipo de material (Instituto Nacional de Normalización Electrica, 2020).

Un ejemplo de denominación de cable es el siguiente:

Tipo de cable, calibre de cable, material, voltaje máximo soportado.

THHN 12 AWG Cu 600V

En donde,

THHN, es un cable termoestable resistente al calor

12 AWG, Calibre 12 acorde al sistema American Wire Gauge (AWG)

Cu, material conductor es cobre

600 V, soporta hasta 600 V.

En la fig. 11 se presenta el cable THHN 12 AWG Cu 600V



Figura 10. Cable THHN 12 AWG Cu 600V

Fuente. Open AI, cable eléctrico. 2025

En la **Tabla 2** se presenta los tipos de cables utilizados en instalaciones eléctricas.

Tabla 2. Denominación de cables 1

Denominación	Significado
THHN	Termoplástico, resistente al calor, recubierto de nailon. Uso en ambientes secos.
THWN / THWN-2	Igual que THHN, pero resistente al agua y a temperaturas más altas. Uso en ambientes húmedos o mojados.
XHHW / XHHW-2	Aislamiento XLPE, resistente al calor y humedad. Uso en industrias y exteriores.
NM-B (Romex)	Cable no metálico para uso en interiores secos en viviendas.
UF-B	Cable para enterrado directo, resistente a la humedad. Uso en exteriores y subterráneo.
MC (Metal-Clad)	Cable con cubierta metálica para mayor protección mecánica. Uso comercial e industrial.
AC (Armored Cable / BX)	Similar al MC, pero con armadura corrugada. Uso en instalaciones comerciales y residenciales.
SOOW / SJOW	Cables flexibles para equipos portátiles y maquinaria.
USE-2	Cable subterráneo sin ducto, para acometidas de edificios.

2.1.4.2. Interruptores

El interruptor eléctrico es un elemento diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico, interrumpiendo o permitiendo el flujo de corriente eléctrica (**Figura 11**). Su utilización se enfoca en encender y apagar: luces, electrodomésticos o maquinaria en instalaciones eléctricas (Instituto Nacional de Normas Electricas, 2021).



Figura 11. Interruptor eléctrico

Fuente. OpenAI. Instalación Eléctrica

La selección adecuada de un interruptor adecuado se puede basar en los siguientes aspectos:

- Tipo de carga como iluminación, encendido de equipos o protecciones
- Números de punto de control para encender o apagar de uno o más lugares
- Capacidad de corriente
- Ubicación, tipo de ambiente como húmedo o seco
- Normativa, acorde a las regulaciones del sitio.

En la **Tabla 3** se presenta los diferentes tipos de interruptores según sus características y usos.

Tabla 3. Tipos de interruptores

Tipo de Interruptor	Descripción	Aplicación residencial	Aplicación comercial
Interruptor Simple	Posee un solo polo y controla un solo punto de luz.	Encendido y apagado de luces en habitaciones y pasillos.	Puede usarse en oficinas pequeñas.
Interruptor Doble	Tiene dos polos para controlar dos circuitos desde un solo punto.	Control de dos luces o ventiladores desde el mismo interruptor.	Uso en oficinas o baños comerciales.
Interruptor de Tres Vías	Permite controlar una luz desde dos lugares distintos.	Escaleras, pasillos y dormitorios.	Pasillos de hoteles, centros comerciales.
Interruptor de Cuatro Vías	Se usa junto con interruptores de tres vías para controlar un circuito desde tres o más lugares.	No es muy común en casas.	Salones de eventos, pasillos largos, auditorios.

Interruptor de Pulsador	Se activa mientras se mantiene presionado y se apaga al soltar.	Timbres de casa o porteros eléctricos.	Alarmas de emergencia, ascensores.
Interruptor Temporizador	Se apaga automáticamente después de un tiempo programado.	Iluminación en baños y exteriores.	Control de ventilación o iluminación automática en negocios.
Interruptor con Sensor de Movimiento	Se activa con el movimiento, encendiendo luces automáticamente.	Iluminación en patios o garajes.	Iluminación de pasillos en centros comerciales y oficinas.
Interruptor Diferencial	Detecta fugas de corriente y protege contra descargas eléctricas.	Instalaciones de cocina, baños y exteriores.	Obligatorio en industrias y lugares con alta humedad.
Interruptor Termomagnético	Protege el circuito contra sobrecargas y cortocircuitos.	Cuadros eléctricos para proteger tomas y luces.	En tableros eléctricos de edificios y fábricas

2.1.4.3. Tomacorrientes

El tomacorriente es un dispositivo eléctrico que permite la conexión de equipos y aparatos a la red eléctrica. Se instala en paredes o pisos y proporciona puntos de alimentación en instalaciones residenciales, comerciales e industriales (**Figura 12**) (Instituto Nacional de Normas Electricas, 2021).



Figura 12. Tomacorriente residencial.

Fuente. OpenAI. Instalaciones eléctricas

Para elegir el tomacorriente correcto, considera los siguientes aspectos:

1. Voltaje y corriente: Asegúrate de que el tomacorriente sea compatible con el sistema eléctrico (110V, 220V, etc.).

2. Número de dispositivos: Si necesitas conectar varios equipos, opta por tomacorrientes dobles o con USB.
 3. Ubicación:
 - Interiores secos: Tomacorrientes simples o dobles.
 - Zonas húmedas: Tomacorrientes GFCI para mayor seguridad.
 - Espacios de alto tráfico: Tomacorrientes industriales o con carga rápida.
 4. Normativas eléctricas: Cumple con los estándares locales para evitar riesgos eléctricos.
- En la **Tabla 4** se describe los diferentes tipos de tomacorrientes.

Tabla 4. Tipos de tomacorrientes

Tipo de Tomacorriente	Descripción	Uso residencial	Uso en Instalaciones Comerciales
Tomacorriente Simple	Posee una sola salida para conectar un dispositivo eléctrico.	Habitaciones, salas, cocinas.	Oficinas pequeñas, tiendas.
Tomacorriente Doble	Tiene dos entradas para conectar más de un dispositivo.	Común en paredes de casas y apartamentos.	Oficinas, cafeterías.
Tomacorriente con Polo a Tierra	Incluye una tercera conexión de seguridad (tierra) para protección contra descargas.	Cocina, baños, exteriores.	Restaurantes, oficinas, centros comerciales.
Tomacorriente USB	Posee puertos USB integrados para cargar dispositivos sin adaptadores.	Habitaciones, salas de estar.	Oficinas, aeropuertos, cafés.
Tomacorriente con Protección GFCI	Detecta fugas de corriente y corta la electricidad para evitar descargas eléctricas.	Zonas húmedas: cocinas, baños, exteriores.	Hospitales, áreas de lavado, industrias.
Tomacorriente Inteligente	Se puede controlar a distancia mediante Wi-Fi o Bluetooth.	Integrado en sistemas domóticos.	Oficinas modernas, hoteles, edificios automatizados.
Tomacorriente Industrial	Diseñado para soportar altas cargas eléctricas y condiciones extremas.	No es común en casas.	Fábricas, talleres, almacenes.

2.1.4.4. Tablero eléctrico

El tablero eléctrico es un elemento que recibe la energía desde la acometida principal y se encarga de distribuir a los diferentes circuitos de una instalación eléctrica. Además, tiene la función de proteger los circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos mediante interruptores termomagnéticos y diferenciales (**Figura 13**).



Figura 13. Tablero de distribución eléctrica.

Fuente. OpenAI. Instalaciones eléctricas

Para elegir el tablero correcto, considera los siguientes aspectos:

1. Capacidad de carga: Determina la cantidad de circuitos que manejará y la demanda de energía.
2. Ubicación:
 - Interior: Tableros empotrados o superficiales en viviendas y oficinas.
 - Exterior: Tableros con protección IP65 o mayor para resistir polvo y humedad.
3. Normativa eléctrica: Debe cumplir con los estándares locales como NEC, RETIE o IEC.
4. Elementos de protección: Asegúrate de incluir interruptores termomagnéticos, diferenciales y barras de tierra.
5. Posibilidad de expansión: Si prevés aumentos en la demanda, elige un tablero con espacio para más circuitos.

A continuación, en la **Tabla 5** se describe diferentes tipos de tableros de distribución eléctrico.

Tabla 5. Tipos de tableros de distribución eléctrica

Tipo de Tablero	Descripción	Uso en Instalaciones Residenciales	Uso en Instalaciones Comerciales
Tablero Principal	Alimentado por la red eléctrica, este componente provee energía a los circuitos secundarios..	Instalado en la entrada de la casa.	Distribuye energía a todo el edificio o local comercial.

Tablero Secundario	Derivado del tablero principal, alimenta áreas específicas.	En casas grandes con varias plantas.	En centros comerciales, hospitales y oficinas.
Tablero de Medición	Contiene medidores para registrar el consumo eléctrico.	Usado en edificios multifamiliares.	En plazas comerciales, industrias y condominios.
Tablero de Protección (Breaker Box)	Contiene interruptores termomagnéticos y diferenciales para proteger la instalación.	Se usa en casas para evitar sobrecargas.	Obligatorio en oficinas y fábricas para seguridad eléctrica.
Tablero Industrial	Diseñado para soportar altas cargas eléctricas y múltiples circuitos.	No es común en viviendas.	Usado en fábricas y plantas de producción.
Tablero de Automatización	Integrado con sistemas inteligentes para control remoto de circuitos.	En casas con domótica avanzada.	Control de iluminación y equipos en edificios modernos.

2.1.4.5. Manguera para instalación eléctrica

La manguera para instalación eléctrica es un conducto que sirve para proteger y guiar los cables eléctricos en una instalación. Su objetivo es evitar daños mecánicos, exposición a la humedad y reducir el riesgo de cortocircuitos (Instituto Nacional de Normas Electricas, 2021) (**Figura 14**).



Figura 14. Manguera de instalación eléctrica.

Fuente. Open AI. Instalaciones eléctricas

Para elegir la manguera adecuada, considera los siguientes aspectos:

1. Tipo de instalación:
 - Empotrada: Usa mangueras corrugadas de PVC.

- Expuesta: Usa Conduit rígido o metálico para mayor protección.
2. Ambiente:
 - Interior seco: Manguera de PVC o flexible.
 - Exterior o humedad: Conduit rígido de PVC o metálico galvanizado.
 - Ambiente industrial: Manguera metálica o Conduit de acero.
 3. Capacidad de carga: Verifica el diámetro adecuado según el número y calibre de cables que albergará.
 4. Normativa eléctrica: Cumple con los estándares de seguridad locales (NEC, RETIE, IEC).
 5. Facilidad de instalación: Las mangueras flexibles son más sencillas de manipular en espacios reducidos.

En la **Tabla 6** se describe los diferentes tipos de tableros de distribución eléctrica utilizados.

Tabla 6. Tableros de distribución eléctrica

Tipo de Manguera	Descripción	Uso en Instalaciones Residenciales	Uso en Instalaciones Comerciales
Manguera Corrugada PVC	Flexible y liviana, ideal para instalaciones empotradas en muros y pisos.	Uso en viviendas para cableado interno.	Se usa en oficinas y tiendas pequeñas.
Manguera Metálica Flexible (FMC)	Hecha de acero o aluminio, protege contra impactos y roedores.	No es común en casas.	Uso en hospitales, industrias y áreas expuestas a golpes.
Manguera Conduit Rígido PVC	Rígida y resistente a la humedad y productos químicos.	Instalaciones exteriores y subterráneas.	Uso en centros comerciales y fábricas.
Manguera Conduit Metálico Rígido (RMC)	Tubo de acero galvanizado, altamente resistente.	No es común en viviendas.	Instalaciones industriales y lugares con alto tráfico.
Manguera Doble Aislación	Flexible, con doble capa para mayor protección.	Uso en iluminación y cableado interno.	Uso en cableado comercial de equipos electrónicos.
Manguera Pre-ensamblada (Ducto Flexible con Cables Internos)	Incluye cableado interno, listo para instalar.	Facilita la instalación en techos y paredes.	Uso en oficinas para sistemas de iluminación y fuerza.

2.1.4.6. Sistema de puesta a tierra (SPT)

Los sistemas de puestas a tierra son un conjunto de elementos conductores diseñados para disipar corrientes eléctricas al suelo, protegiendo personas y equipos eléctricos contra descargas eléctricas, sobretensiones y fallos eléctricos (**Figura 15**).

La función del sistema es garantizar la seguridad de la infraestructura y evitar daños por corrientes de fuga o descargas atmosféricas (Instituto Nacional de Normas Electricas, 2021).

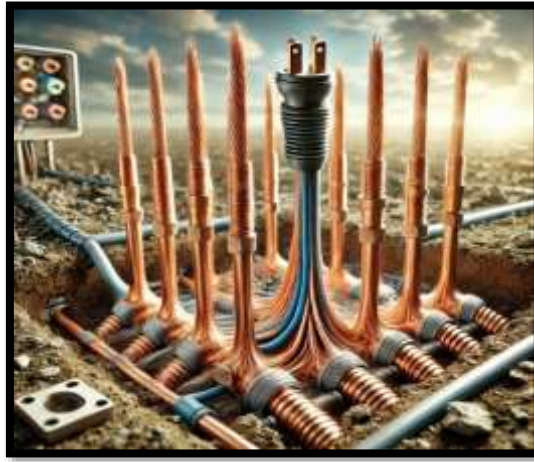


Figura 15. Sistema puesto a tierra (SPT)

Fuente. Open AI. Instalaciones eléctricas

Para seleccionar el sistema correcto, considera los siguientes aspectos:

1. Tipo de instalación: Define si la puesta a tierra es para protección de personas, equipos o ambos.
2. Resistencia del suelo: Se debe medir la resistividad del terreno para determinar el diseño óptimo del sistema.
3. Normativa eléctrica: Cumple con los estándares internacionales como IEEE 80, NEC, RETIE o IEC 60364.
4. Materiales: Se recomienda el uso de varillas de cobre, platinas de acero galvanizado o mallas de cobre según el entorno.
5. Mantenimiento: El sistema debe revisarse periódicamente para garantizar su correcto funcionamiento.

En la **Tabla 7** se describe los tipos de sistema puesta a tierra.

Tabla 7. Sistema puesto a tierra (SPT)

Tipo de Sistema	Descripción	Uso en Instalaciones Residenciales	Uso en Instalaciones Comerciales
Puesta a Tierra de Protección	Conecta la estructura metálica de equipos eléctricos a tierra para evitar descargas en caso de falla.	Se usa en tomacorrientes con polo a tierra y electrodomésticos.	Protección en sistemas eléctricos de oficinas y centros comerciales.
Puesta a Tierra Funcional	Mejora el desempeño de equipos electrónicos al estabilizar voltajes y reducir interferencias.	En viviendas con sistemas de domótica.	Se usa en telecomunicaciones y equipos industriales.
Puesta a Tierra para Pararrayos	Disipa la corriente de un rayo al suelo, evitando daños a la estructura.	Se usa en casas con estructuras metálicas expuestas.	En edificios altos, torres de comunicación y fábricas.
Puesta a Tierra de Subestaciones	Sistema de tierra diseñado para proteger transformadores y líneas eléctricas de alta tensión.	No se usa en casas.	Obligatorio en industrias y subestaciones eléctricas.
Puesta a Tierra de Sistemas de Computación	Evita fallos por estática y corrientes parásitas en equipos electrónicos.	En oficinas domésticas con equipos sensibles.	Uso en centros de datos, hospitales y bancos.

2.1.4.7. Cajetín eléctrico

El cajetín eléctrico es un componente que protege las conexiones eléctricas dentro de una instalación. Se usa para alojar interruptores, tomacorrientes o empalmes de cables, evitando daños mecánicos y reduciendo riesgos eléctricos (**Figura 16**) (Instituto Nacional de Normalización Eléctrica, 2020).



Figura 16. Cajetín eléctrico

Fuente. Open AI. Instalaciones eléctricas.

Para seleccionar el cajetín correcto, considera los siguientes aspectos:

1. Material: PVC para uso estándar, metálico para mayor resistencia y hermético para exteriores.
2. Ubicación:
 - Empotrado: Para acabados estéticos en paredes o techos.
 - De superficie: Para instalaciones visibles o sin perforaciones.
3. Número de dispositivos: Cajetines simples, dobles o triples según la cantidad de tomas o interruptores.
4. Normativa eléctrica: Cumple con los estándares locales para seguridad (NEC, RETIE, IEC).
5. Protección contra humedad y polvo: Usa cajetines herméticos en áreas expuestas.

A continuación, en la **Tabla 8** se describe los diferentes tipos de cajetines eléctricos.

Tabla 8 Tipos de cajetines

Tipo de Cajetín	Descripción	Uso en Instalaciones Residenciales	Uso en Instalaciones Comerciales
Cajetín Plástico (PVC)	Hecho de PVC, liviano y resistente a la corrosión.	Común en paredes de yeso o mampostería.	Usado en oficinas y tiendas.
Cajetín Metálico	Hecho de acero galvanizado para mayor resistencia mecánica.	No es común en casas, salvo en cocinas o exteriores.	Usado en industrias, talleres y áreas con alto tráfico.
Cajetín de Superficie	Se instala externamente sin necesidad de empotrar.	Para instalaciones visibles en garajes o talleres caseros.	En almacenes y fábricas donde no se pueden hacer perforaciones en la pared.
Cajetín para Exterior (Hermético)	Tiene sellos contra agua y polvo, ideal para exteriores.	Instalaciones en jardines, terrazas o áreas húmedas.	Se usa en alumbrado público, parques y fábricas.
Cajetín Doble o Triple	Diseñado para alojar más de un interruptor o tomacorriente.	En habitaciones y cocinas donde se necesitan varias conexiones.	Usado en oficinas y restaurantes con múltiples dispositivos.

2.1.5. Normas para instalaciones eléctricas

Se denominan normas eléctricas a un conjunto de directrices, especificaciones técnicas y requisitos de seguridad que determinan los estándares mínimos que deben cumplir las instalaciones eléctricas. Su propósito es proteger tanto a las personas como a los bienes, además

de garantizar que los sistemas eléctricos operen de manera segura, confiable y eficiente (Instituto Nacional de Normas Electricas, 2021).

Estas regulaciones abarcan todas las etapas de una instalación eléctrica, desde su diseño e implementación hasta su mantenimiento y operación.

2.1.5.1. Código Eléctrico Nacional (NEC)

La National Fire Protection Association (NFPA) es una organización que establece normas y códigos para la prevención de incendios y seguridad eléctrica en Estados Unidos. Una de sus publicaciones más destacadas es el Código Eléctrico Nacional (NEC), que define los estándares mínimos para la instalación segura de sistemas eléctricos en diversas edificaciones (National Fire Protection Association (NFPA), 2020).

El NEC se actualiza periódicamente para incorporar avances tecnológicos y mejorar las prácticas de seguridad. Su objetivo principal es salvaguardar a las personas y propiedades de los riesgos asociados con el uso de la electricidad. Además, la NEC es ampliamente adoptado y referenciado en múltiples jurisdicciones dentro y fuera de Estados Unidos, sirviendo como base para regulaciones locales y nacionales en materia de instalaciones eléctricas (National Fire Protection Association (NFPA), 2020).

Sus directrices abarcan desde el diseño de circuitos hasta la selección de materiales y equipos, asegurando que las instalaciones eléctricas sean confiables y seguras. La influencia del NEC trasciende fronteras, sirviendo como referencia para muchos otros países al desarrollar sus propios códigos eléctricos (Instituto Nacional de Normalización Electrica, 2020).

Su rigor técnico y enfoque en la seguridad lo han convertido en un referente global, aunque cada país adapta las normas a sus particularidades locales. En resumen, el NEC es un pilar fundamental para garantizar la seguridad eléctrica en Estados Unidos y su impacto se extiende a nivel internacional, promoviendo prácticas seguras en la industria.

2.1.5.2. Normas IEC (International Electrotechnical Commission)

Las Normas IEC son estándares internacionales que establecen los requisitos para la seguridad, compatibilidad y eficiencia de los equipos eléctricos y electrónicos. Desarrolladas por la Comisión Electrotécnica Internacional, estas normas garantizan la interoperabilidad de los productos a nivel mundial, fomentando el comercio y la innovación. (IEC Normas Internacionales).

2.1.5.3. Normas IEEE

Las regulaciones del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), especialmente la norma IEEE Std 80, ofrecen lineamientos cruciales para el diseño y la implementación de sistemas de conexión a tierra en instalaciones eléctricas. Estas directrices son esenciales para

asegurar la seguridad y el rendimiento adecuado de los sistemas eléctricos, brindando protección tanto a individuos como a equipos.

2.1.6. Iluminación

La iluminación es el proceso mediante el cual se proporciona luz a un espacio para permitir la correcta visibilidad y la puesta en práctica de actividades específicas. En el ámbito de las instalaciones eléctricas, la iluminación se diseña considerando factores como la intensidad luminosa, la eficiencia energética y el confort visual.

La luz puede provenir de fuentes naturales (sol) o artificiales (luminarias), y su correcta distribución es clave para la seguridad y el rendimiento en distintos entornos, especialmente en instituciones educativas (Proaño & Mendoza, 2024)

En un aula de aprendizaje, se recomienda una iluminación uniforme y de alta eficiencia, que evite sombras, reflejos o deslumbramientos que puedan afectar la concentración de los estudiantes. Según la normativa INEN 2969-1, el nivel de iluminación adecuado para aulas debe estar entre 300 y 500 luxes, dependiendo de la actividad. Para cumplir con estos estándares, se recomienda el uso de luminarias LED de luz neutra (4000K-5000K), ya que proporcionan una iluminación clara y natural, reduciendo la fatiga visual y optimizando el consumo energético (Parra Martínez, 2021)



Figura 17. Iluminación adecuada en aula de aprendizaje

Fuente: Proaño, M (2024).

Existen varios tipos de iluminación utilizados en instalaciones eléctricas. La iluminación general proporciona luz uniforme en todo el espacio y se logra mediante lámparas de techo o

paneles LED. La iluminación focalizada se emplea en áreas específicas, como pizarras o escritorios, mediante lámparas dirigidas (Rhoton, 2025).

Finalmente, la iluminación ambiental se usa para mejorar el confort visual y la estética del espacio, complementando la luz general. La combinación adecuada de estos tipos de iluminación garantiza un ambiente de aprendizaje óptimo y eficiente (Urresta, 2023).

2.1.6.1. Lumen

El lumen es la unidad de medida utilizada para cuantificar la cantidad total de luz visible que una fuente emite en todas las direcciones. Representa la potencia luminosa percibida por el ojo humano. Por ejemplo, una bombilla con mayor cantidad de lúmenes emitirá más luz que una con menos lúmenes (Rodríguez, 2021).

2.1.6.2. Lux

Es la unidad que mide la iluminancia, es decir la cantidad de luz que incide sobre una determinada superficie. El lux es una medida crucial para determinar cómo de bien iluminada está un área particular (Rodríguez, 2021).

Por ejemplo, una oficina bien iluminada suele requerir alrededor de 500 lux, mientras que un pasillo puede necesitar aproximadamente 100 lux.

La diferencia principal entre lumen y lux radica en que el lumen cuantifica la cantidad total de luz emitida por una fuente, mientras que el lux indica cuánta de esa luz llega a una superficie determinada. Por lo tanto, una misma fuente luminosa puede producir diferentes niveles de iluminancia (lux) dependiendo de la distancia y el área sobre la que se proyecta la luz (Rodríguez, 2021).

Un lux equivale a un lumen ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$)

2.1.6.3. Cálculo de número de luminarias

Para determinar el número apropiado de luminarias en un espacio, se suele emplear el método de los lúmenes. Este enfoque calcula el flujo luminoso requerido para lograr la iluminancia deseada, tomando en cuenta la superficie que se necesita iluminar. (Martínez, 2019).

Los pasos básicos son:

1. **Determinar la iluminancia requerida (E):** Depende del uso del espacio y se expresa en lux. Por ejemplo, una sala de lectura puede requerir 500 lux, mientras que un almacén podría necesitar 300 lux.
2. **Calcular el área del espacio (A):** Medir en metros cuadrados (m^2) la superficie que se desea iluminar.
3. **Calcular el flujo luminoso total necesario (Φ):** Utilizando la ecuación:

$$\Phi = E \times A$$

Donde Φ es el flujo luminoso en lúmenes (lm), E es la iluminancia en lux, y A es el área en metros cuadrados.

4. **Considerar el factor de mantenimiento (FM) y el factor de utilización (FU):** Estos factores ajustan el cálculo para tener en cuenta pérdidas de luz debido a la acumulación de polvo, envejecimiento de las lámparas y la eficiencia con la que la luminaria distribuye la luz en el área.

El flujo luminoso ajustado (Φ_a) se calcula como:

$$\Phi_a = \Phi / (FM \times FU)$$

5. **Determinar el flujo luminoso por luminaria (Φ_l):** Especificado por el fabricante de la luminaria.
6. **Calcular el número de luminarias (N):** Dividiendo el flujo luminoso ajustado por el flujo por luminaria:

$$N = \Phi_a / \Phi_l$$

2.1.7. Programas aplicados para el diseño y simulación de las instalaciones

2.1.7.1. AutoCAD

AutoCAD es un software de gran acogida en el diseño de planos 2D y 3D, posee un paquete de herramientas para eléctricos llamada Electrical, este paquete brinda más de 65000 símbolos eléctricos con los cuales se pueden crear circuitos y planos eléctricos detallados y estructurados, las aplicaciones de esta poderosa herramienta pueden ser tanto domésticos como industriales (AUTODESK, 2025).

En la **Figura 18** se puede apreciar un plano de luminarias diseñado para una pequeña residencia de dos pisos donde se puede demostrar la funcionalidad de la aplicación.

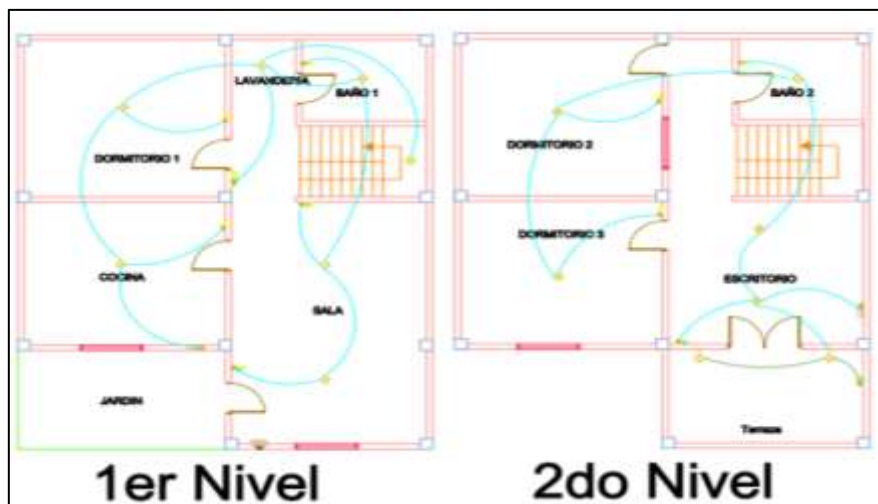


Figura 18: Plano de luminarias AutoCad

Fuente: Hervias Garcia (2021)

2.1.7.2. DIALux

Es un software con licencia pública que es utilizado para la creación de proyectos enfocados a la iluminación de espacios, esta aplicación permite la simulación realista de cómo se verían diferentes espacios con diferentes tipos de iluminación, cuenta con una amplia biblioteca de diferentes tipos de iluminaciones (Universidad Complutense Madrid, 2014).

En la **Figura 19** se presenta la simulación de un circuito de iluminación en el programa DIALux.

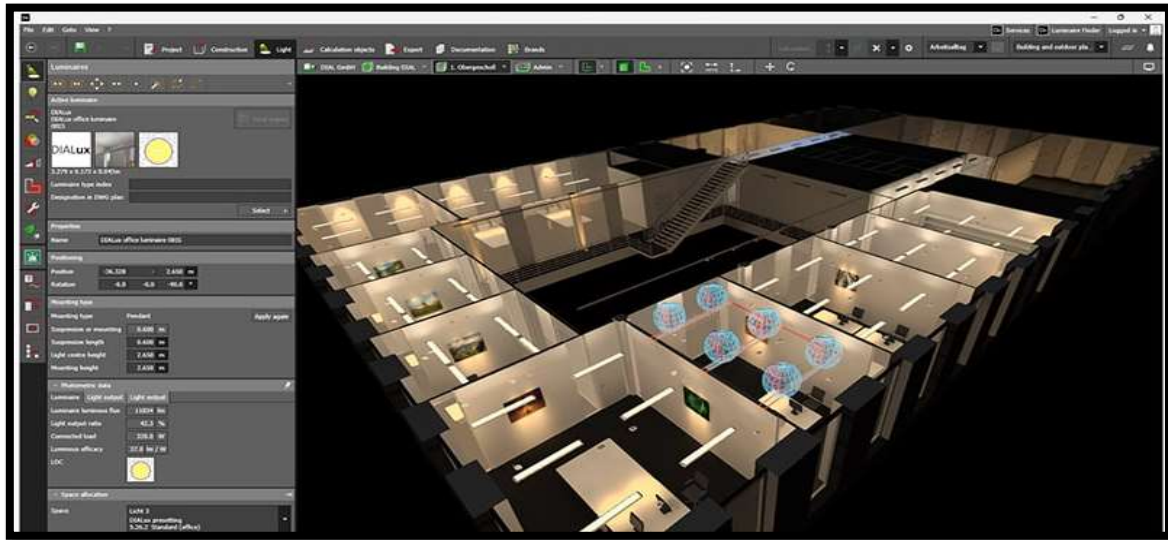


Figura 19: Diseño de iluminación con DIALux

Fuente: DIALux (2025)

CAPITULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Antecedentes

En la parroquia Lago San Pedro (**Figura 20**), cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana, se sitúa la Unidad Educativa “Lago San Pedro”. Esta escuela rural de gestión pública ofrece formación presencial en horarios matutinos, en los niveles de educación inicial, básica y bachillerato

El establecimiento presenta un grave deterioro en su infraestructura eléctrica. Esta problemática afecta a todas las aulas de la institución, lo que dificulta considerablemente el desarrollo de las actividades educativas

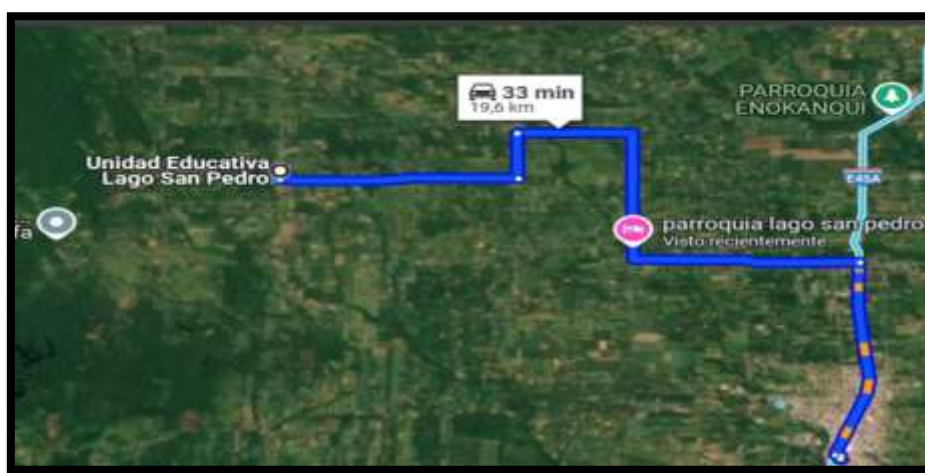


Figura 20. Ubicación de la Unidad Educativa

En el presente proyecto se ejecutó un levantamiento previo de información sobre la instalación eléctrica existente en institución “Lago San Pedro”, el estado actual en que se encuentra la infraestructura eléctrica.

Además, se identificó que la infraestructura de las instalaciones eléctricas era deficiente, debido que eran instalaciones eléctricas antiguas que no contaban con ningún tipo de mantenimiento preventivo.

Los circuitos de fuerza e iluminación existentes estaban siendo compartidos, lo provocó varios cortocircuitos, dejando dispositivos inservibles. Además, las instalaciones eléctricas no se rigen a ninguna normativa eléctrica, dando como resultado una insatisfacción en los usuarios de las instalaciones de esta escuela.

A continuación, el listado de los componentes revisados:

Tabla 9. componentes existentes.

N°	Nombre del componente
1	Contador eléctrico
2	Tablero principal
3	Tableros de distribución
4	Conductores
5	Cajetines
6	Tomacorrientes
7	Iluminación
8	Interruptores
9	Canalizaciones
10	Sistema de protección (puesta a tierra)

3.2. Diagnóstico de componentes existentes

3.2.1. Contador eléctrico

La institución posee un contador eléctrico de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) (**Figura 21**), el mismo que fue proporcionado e instalado por personal de dicha entidad. El contador cuenta con las siguientes características:

- Rango de voltaje: 2 X 120 V / 240 V
- Rango de corriente: 10 A a 100 A
- Frecuencia: 60 Hz



Figura 21. Contador eléctrico Unidad Educativa "Lago San Pedro"

3.2.2. Tablero principal

En la **Figura 22**, se muestra el tablero principal que es bifásico (220 V), alimentado por un cable 3 x 6 AWG de aluminio tipo ASC desde el contador eléctrico, se localiza en la pared de un aula cercano al punto de ingreso de la institución, el cual se encuentra en un estado deficiente (dañado) y no cumple con las caracterizadas necesarias que demanda el circuito eléctrico. Además, se identifica la presencia de daños causados por un cortocircuito que surgió

anteriormente, dejando como consecuencia una caja quemada y un punto de conexión deficiente.

Otros parámetros que incumplen el rendimiento adecuado de los circuitos, como son: bornes de conexión corroídos y flojos, cables con el aislante en mal estado, presencia de telarañas y polvo, además de no contar con las tapas de protección, provocando exposición al calor, la humedad y la inadecuada manipulación de los breques ante los estudiantes, que podrían generar daños a los circuitos eléctricos, implementos y al personal involucrado (docentes y estudiantes).



Figura 22. Tablero principal

3.2.3. Tableros de Distribución

En la **Figura 23** se muestra el TD1, el cual es bifásico (220 V), alimentado por un cable 3 x 6 AWG de aluminio tipo ASC desde el tablero principal, se localiza en la pared del aula 1.

Los bornes donde ingresan los cables de alimentación de la caja se le puede notar que no están conectados de manera adecuada, lo que puede ocasionar que los cables se desconecten y hagan contacto entre líneas.

Los tableros están instalados con un conductor adecuado a la distancia del tablero principal, para evitar las caídas de tensión, rigiéndose en las Normativas Ecuatorianas de construcción (NEC).



Figura 23. Tablero de distribución TD1

3.2.4. Conductores

La **Figura 24**, presenta el estado de los conductores, los cuales presentan un estado deteriorado, presentando varios fallos y puntos calientes en los circuitos eléctricos, esto consecuencia de empalmes mal realizados, tomacorrientes y luminarias mal conectadas, además tenemos presencia de varios circuitos que no están dimensionados e independientes que exceden la carga máxima que soporta cada elemento de protección, circuitos que no se basan en el código de colores según disponen las Normativas Ecuatorianas de Construcción (NEC).



Figura 24. Empalme en mal estado

3.2.5. Cajetines

La **Figura 25**, presenta el estado de los cajetines eléctricos, los cuales presentan una falta de mantenimiento adecuada, acumulación de suciedad, la suciedad actúa como aislante, impidiendo una adecuada disipación del calor generado por los componentes eléctricos.

El estado actual del cajetín puede conllevar a un sobrecalentamiento y falla prematura de los elementos eléctricos.



Figura 25. Cajetines con acumulación de suciedad

3.2.6. Tomacorrientes

La **Figura 26**, presenta el estado de los tomacorrientes, los cuales se valora como en mal estado, debido a que, por su mala conexión, poca limpieza y falta de cuidado, estos han provocado chispas, causando deterioro, reduciendo la seguridad en los elementos eléctricos y disminuyendo el tiempo de uso para lo que fueron fabricados. Además, se identifica la presencia de suciedad y corrosión.



Figura 26. Tomacorrientes en mal estado

3.2.7. Interruptores

La **Figura 27**, presenta el estado de los interruptores, los cuales se encuentran en un estado defectuoso, con inconsistencias a la hora de encender una luminaria, debido a una conexión

errónea. Adicional se ubica fuera de sus respectivos cajetines y en ciertas aulas no cuentan con interruptores y presentan suciedad.



Figura 27. Interruptor en mal estado

3.2.8. Iluminación

Según se evidencia en la **Figura 28**, las aulas del establecimiento disponían de un sistema de iluminación bastante decadente, debido a que incumple los parámetros de iluminación que se dictan en las Normativas Ecuatorianas de Construcción (NEC).

El sistema de iluminación de cada aula es variante, consecuencia de que en ciertas aulas hay entre 4 y 2 luminarias y en el caso de otras aulas, no existe la presencia de ninguna iluminaria, esto afectando directamente a los niveles estándares de lúmenes que requiere cada aula para una iluminación adecuada.



Figura 28. Ausencia de luminarias en las aulas

3.2.9. Canalizaciones

La **Figura 29**, presenta el estado de las canalizaciones actuales que existen en la unidad educativa “Lago San Pedro”, presenta una cantidad considerable de suciedad y materiales escolares, como lápices, fundas de caramelos, entre otros.

El estado en el que se encontró las canalizaciones complico la interconexión entre los diferentes puntos eléctricos.



Figura 29. Obstrucción de las canalizaciones

3.2.10. Sistema de protección (puesta a tierra)

Anteriormente, no existía la presencia de ningún sistema de protección contra sobrecargas (puesta a tierra), exponiendo de manera drástica los circuitos a sobrecargas y cortocircuitos, anteriormente presentan casos de cortocircuitos, lo que provocó daños en la caja de distribución principal y daños en algunos elementos de consumo.

3.3. Circuitos Existentes

3.3.1. Plano del circuito eléctrico

La **Figura 30** presenta el plano eléctrico antes de la intervención de la instalación de los circuitos eléctricos de fuerza e iluminación, el cual consta con varias anomalías como, ausencia de tomacorrientes, luminarias e interruptores, debido a que para iluminar y tener puntos de conexión eléctrica en ciertas aulas lo hacen a través de extensiones, ausencia de un sistema de protección contra sobrecargas (puesta a tierra), tomacorrientes en mal estado, iluminación y conductores que no se rigen a las Normativas Ecuatorianas de Construcción (NEC).



Figura 30. Plano eléctrico existente

3.4. Diagrama unifilar de la instalación eléctrica

La **Figura 31**, presenta el diagrama unifilar existente, cabe recalcar que se mejorará e implementará varios circuitos eléctricos en aulas que carecen de instalaciones eléctricas de fuerza e iluminación, basándose en las Normativas Ecuatorianas de Construcción (NEC).

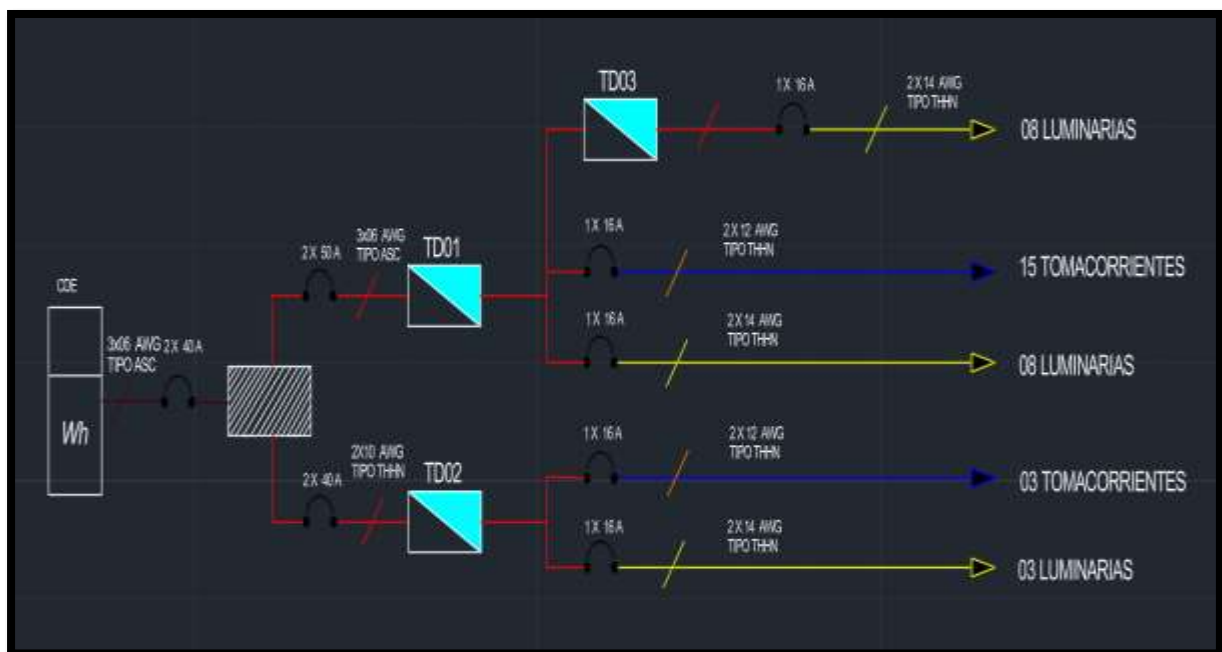


Figura 31. Diagrama unifilar existente

3.5. Estudio de carga de fuerza e iluminación

3.5.1. Cálculo de demanda de los circuitos.

En la **Tabla 10**, se observa los valores de factores de demanda de uso general en las instalaciones eléctricas consideradas en la normativa NEC.

Tabla 10.Factores de demanda obtenidas de la normativa NEC

Tipo de vivienda	FD	FD
	iluminación	tomacorrientes
Pequeña - mediana	0,70	0,50
Mediana grande – grande	0,55	0,40
Especial	0,53	0,30

Como se puede observar en la ecuación (1), se presenta la fórmula que se empleara para demostrar los datos que determinaran el factor de demanda de los circuitos existentes en la unidad educativa “Lago San Pedro”.

$$P = NC \times PC \times PI \quad (1)$$

En Donde las siguientes siglas significan:

- P = Potencia
- NC = Numero de circuitos
- PC = Puntos de conexión

PI = potencia individual

Entonces tomaremos como ejemplo los valores de uno de los circuitos de iluminación;

$$P = 2 \times 16 \times 32 = 1024 \text{ W}$$

Entonces a este resultado lo multiplicamos por el factor de demanda que nos indica la **Tabla 10**, la cual tomamos como ejemplo de la normativa vigente (NEC), lo que nos da como resultado;

$$P = 1024 \times 0,7 = 716,8 \text{ W}$$

En la **Tabla 11**, se nos presenta el estudio de cargas de los circuitos eléctricos que existían anteriormente.

Tabla 11. Estudio de cargas

Elementos	Cantidad	Pn (W)	CI (W)	FD	P
Tomacorrientes C1	15	200	3000	0.5	1500 W
Luminarias C1	16	32	512	0.7	358,4 W
Tomacorrientes C2	3	600	1800	0,5	900 W
Luminarias C2	3	10	30	0.7	21 W
TOTAL P					2779,4 W

3.6. Nuevo diseño eléctrico de la institución educativa

En la Unidad Educativa “Lago San Pedro”, actualmente existen algunas inconsistencias en la instalación eléctrica, reduciendo de manera drástica el correcto funcionamiento de los circuitos, incumpliendo los parámetros estándares para los que fueron diseñados, como se detalló en el levantamiento de la información.

Este proyecto ha permitido mejorar significativamente la calidad de la iluminación en todas las áreas de la institución, lo que a su vez ha contribuido a crear un ambiente más agradable y propicio para el aprendizaje y la interacción. Todo esto con ayuda de varias herramientas (Software), como son el DIALux que permite simular de manera real, los lúmenes necesarios que necesita cada aula para garantizar una buena luminosidad, todo esto rigiéndonos a las Normas (INEN).

Además, se utilizó el programa AutoCAD, para rediseñar los circuitos de fuerza (tomacorrientes y acometidas), que por el momento se encuentran en un estado decadente y se reemplazara los elementos que se encuentre en mal estado, todo esto basándonos en las Normativas Ecuatorianas de Construcción (NEC).

3.6.1. Diagrama multifilar

En la **Figura 32** y **Figura 33**, se presentan los nuevos diseños del diagrama multifilar que se implementó en la unidad educativa Lago san pedro, corrigiendo las fallas anteriores que presentaba la instalación, garantizando el funcionamiento adecuado de los diferentes circuitos de iluminación y fuerza.

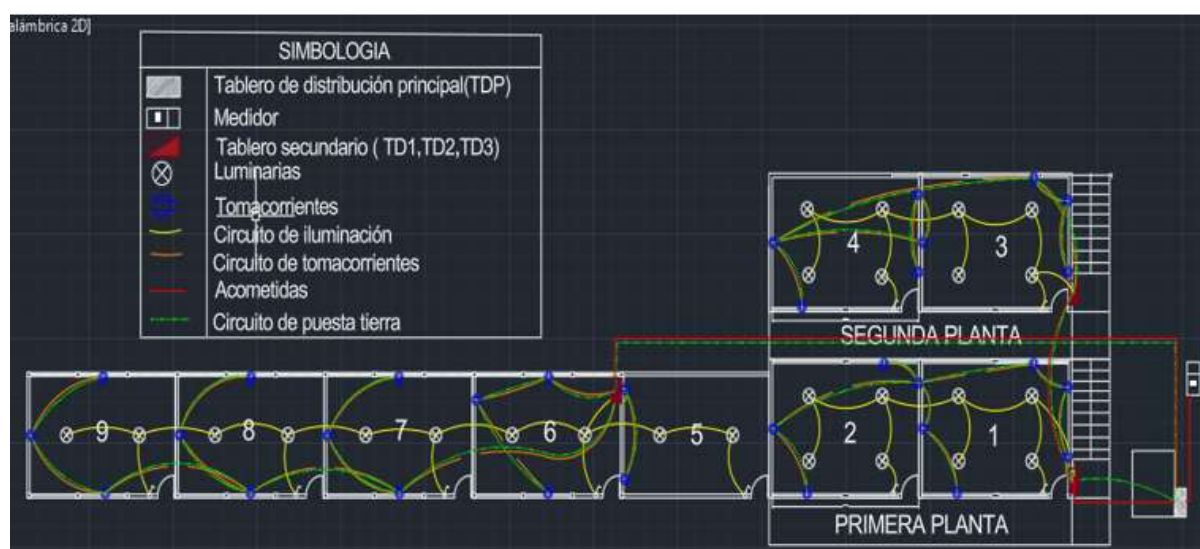


Figura 32. Plano eléctrico

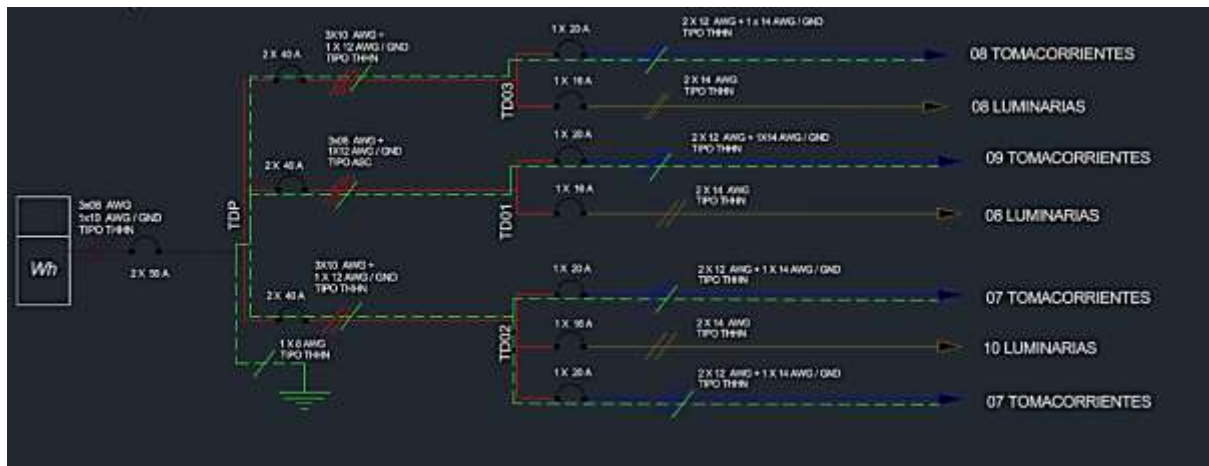


Figura 33. Diagrama multifilar

3.7. Nuevo circuito de iluminación

A continuación, se redacta los procedimientos necesarios para efectuar el nuevo circuito de iluminación, obteniendo como resultado la eliminación de las deficiencias existentes en los circuitos, proporcionando nuevos circuitos que cubran las necesidades requeridas de iluminación en las aulas, brindando a los alumnos, docentes y padres de familia una iluminación eficaz y segura.

En la **Figura 34**, damos a presentar nuestro circuito de iluminación ya rediseñado e implementado, el cual se lo efectúo mediante el uso del software DIALux, con el afán de cubrir las necesidades básicas de la institución, que anteriormente no contaban con la iluminación necesaria que se exigen en la normativa (INEN), la cual nos dicta que, para garantizar una iluminación eficaz y segura, se debe obtener entre 300 y 500 luxes por aula.

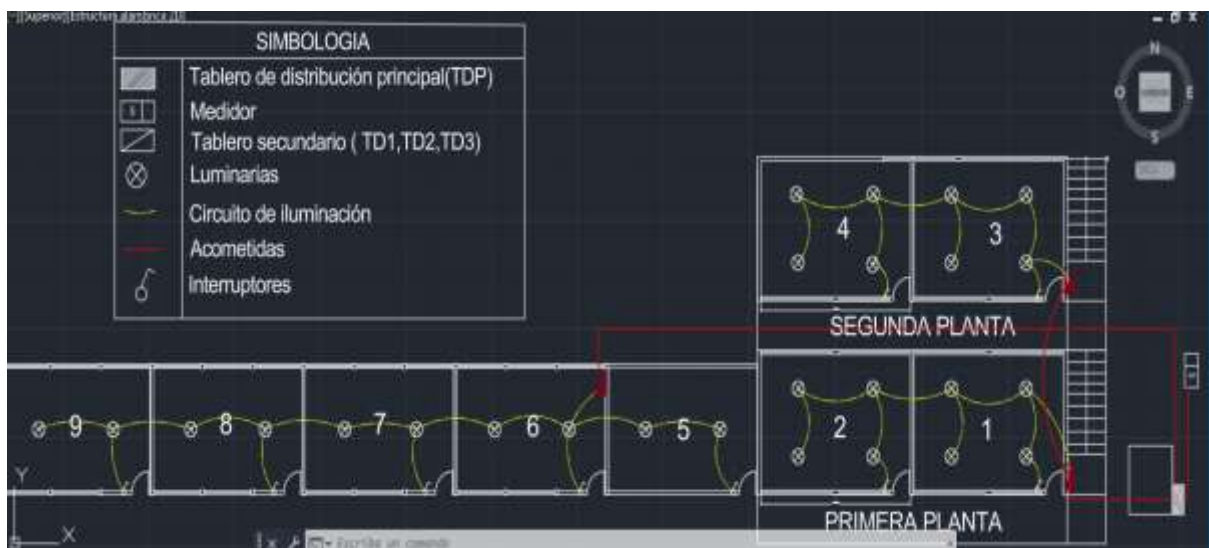


Figura 34. Nuevo diagrama del circuito de iluminación

3.7.1. Diseño de iluminación

En la **Figura 35**, se observa los resultados que se obtuvieron mediante el software DIALux, donde se observa la simulación para obtener la cantidad de luxes necesarios que se aplicaran en cada área de trabajo para brindar una buena calidad de iluminación en las aulas estudiantiles, cabe recalcar que todo este proceso de rediseño se lo ejecutó en base a la normativa INEN 2969-1, los niveles de luz adecuada van desde los 300 luxes a 500 luxes.

Este programa también brinda una cantidad variable de luminarias en distintas marcas y modelos, las cuales se puede utilizar en el momento de selección de dispositivos de iluminación necesarios en cada aula, para la simulación se selecciona como ejemplo el aula 1, ya que las aulas de la 1 a la 4 cuentan con las mismas dimensiones.



Figura 35. Simulación de iluminación en el aula 1

3.7.2. Cálculo de luminarios por método de lúmenes para las aulas 1,2,3,4

3.7.2.1. Índice del local

El índice de local, también conocido como índice de cuarto (K), es un factor que se utiliza en el diseño de iluminación interior para determinar el coeficiente de utilización, que a su vez es necesario para calcular el número de luminarias necesarias para un espacio determinado.

La expresión para calcular el índice de local en iluminación directa y mixta es::

$$k = a \cdot b / h(a + b) \quad (1)$$

En donde:

a= ancho

b= largo

h= altura entre el plano de trabajo y las luminarias

k= índice del local

$$k=6.34 \times 8.84 / 2.15(6.34+8.84)$$

$$k=1.717$$

3.7.2.2. *Coeficiente de reflexión*

El coeficiente de reflexión, que cuantifica la proporción de luz reflejada por una superficie, resulta crucial en el diseño lumínico. Su valor impacta directamente en la cantidad de iluminación que alcanza el espacio de trabajo, un aspecto para tener en cuenta dadas las particularidades del espacio.

Teniendo en cuenta las características con las que cuenta el local:

Color del techo: blanco

Color de las paredes: blanco

Color del piso: gris

Tabla 12. *factor de reflexión*

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Entonces según los datos establecidos en la **Tabla 12**, los datos del factor de reflexión en el aula serían:

Techo = 0.7

Paredes = 0.5

Suelo= 0.3

3.7.2.3. *Factor de mantenimiento*

El factor de mantenimiento es un coeficiente que se utiliza para contrarrestar la disminución del flujo de luz emitido por las luminarias a lo largo del tiempo. Esta disminución se debe a elementos como la acumulación de polvo y suciedad, así como al deterioro natural de las fuentes de luz

Su objetivo es garantizar que la iluminación de un espacio se mantenga adecuada incluso después de un período de uso.

Para una limpieza anual constante, se puede optar por un enfoque simplificado utilizando valores promedio de FM, lo que facilita el proceso de diseño de iluminación, para este diseño se optó por tomar el valor que le corresponde a un ambiente limpio cuyo factor de mantenimiento es 0.8

3.7.2.4. Cálculo de áreas

La ecuación (2) permite determinar el área de las aulas, para lo cual hemos utilizado los valores de medición del aula 1 como ejemplo, debido a que 4 aulas son de iguales dimensiones.

$$Area = A \times B \quad (2)$$

En donde cada símbolo de la ecuación es:

Ancho (A)= 6.34 m

Largo (B)= 8.84 m

Entonces:

$$Area = 6.34 \, m \times 8.84 \, m = 56.04 \, m^2$$

3.7.2.5. Cálculo del flujo luminoso necesario

Para garantizar una iluminación adecuada en cada aula, se realiza un cálculo lumínico detallado. En el presente trabajo de titulación se utiliza las luminarias 'Ecolite' cuyas especificaciones técnicas se encuentran en la **Tabla 13**. Este cálculo tomará en cuenta factores como el área de cada aula, la altura del techo, y los niveles de iluminación especificados por la norma INEN.

Tabla 13. Descripción de la luminaria utilizada

LUMINARIA ECOLITE ECO500SLIMV48	
Modelo	ECO500SLIMV48
Flujo luminoso	4500 LM
Potencia	48 W
Tensión	110 V

La fórmula (3), es para calcular el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\varphi t}{\varphi} \quad (3)$$

Donde:

- φt es el flujo luminoso total
- Φ es el flujo luminoso de la lampara.

Para calcular el flujo luminoso total se utiliza la siguiente formula (4):

$$\phi_t = \text{luxes} \times \text{area del local} \quad (4)$$

Sabiendo las ecuaciones que se van a utilizar se procede a realizar el cálculo respectivo.

Ancho= 6.34 m

Largo= 8.84 m

$$\text{area del local} = 6.34m \times 8.84m = 56.04m^2$$

$$\phi_t = 300 \times 56.04 = 16812 \text{ lm}$$

$$N = \frac{16812 \text{ lm}}{4500 \text{ lm}} = 3.736$$

Los resultados obtenidos según el cálculo realizado se necesitan 3.736 luminarias, para obtener los lux dentro del rango establecido por la INEN. Por lo cual se decide colocar 4 luminarias de 4500 lm por cada aula de las mismas áreas.

3.7.2.6. Cálculo de numero de luminarias a lo ancho

Para realizar el cálculo y determinar la disposición de luminarias que se colocaran a lo ancho de las aulas se utilizara la siguiente formula (5):

$$NL \text{ ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{\text{largo}}} \times \text{ancho} \quad (5)$$

Donde:

NL ancho: es el número de luminarias a instalar a lo ancho

N total: número de luminarias totales

Entonces resolviendo la ecuación obtenemos lo siguiente:

$$NL \text{ ancho} = \sqrt{\frac{4}{8.84}} \times 6.34 = 1.69$$

NL ancho = 2 luminarias a lo ancho

3.7.2.7. Cálculo de luminarias a lo largo

Para realizar el cálculo y determinar la disposición de luminarias que se colocaran a lo largo de las aulas se utilizara la siguiente formula (6):

$$NL \text{ largo} = NL \text{ ancho} * \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \quad (6)$$

$$NL \text{ largo} = 1.69 * \frac{8.84}{6.34} = 2.3$$

NL largo= 2 luminarias a lo largo

3.7.3. Cálculo de luminarias por el método de lúmenes para las aulas 5,6,7,8,9

3.7.3.1. Índice del local

Para obtener el valor de índice del local utilizamos la ecuación (1) con los siguientes datos:

a= ancho 5m

b= largo 8m

h= altura entre el plano de trabajo y las luminarias 2.

k= índice del local

$$k = 5 \times 8 / 2.05(5 + 8)$$
$$k=1.5$$

3.7.3.2. Coeficiente de reflexión

Considerando la tabla 11 y las características de las aulas en este caso se obtiene los siguientes valores:

Techo = techo de lámina color gris 0.3

Paredes = color claro 0.5

Suelo= color claro 0.3

3.7.3.3. Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento considerado para este cálculo, se consideró un ambiente limpio, además de que la frecuencia de limpieza del aula será muy frecuente y periódica por lo cual el factor de mantenimiento será de 0.8 considerando un ambiente limpio.

3.7.3.4. Flujo luminoso total

Para adecuar la iluminación en las diversas dimensiones de las aulas, se llevaron a cabo cálculos lumínicos empleando focos LED de 50 W de la marca Ledvance. Esta elección, basada en su eficiencia energética y calidad lumínica, permitió optimizar el consumo eléctrico y crear un ambiente de estudio más agradable.

Las especificaciones técnicas detalladas del foco LED se muestran en la **Tabla 14**

Tabla 14. Especificaciones técnicas

Foco led 50 w Ledvance	
Potencia nominal	50 W
tensión	100-240 V
Flujo luminoso	5400 lm
Temperatura de color	6500 k

El siguiente calculo hace referencia a un aula de las siguientes características:

Ancho = 5 m

Largo = 8 m

Para realizar el cálculo para determinar el área de estas aulas se utilizó las mismas ecuaciones que se utilizaron en la obtención de valores del cálculo de luminarias empotradas (ecuaciones 3-4), con la cual obtuvimos como resultado:

$$\text{area del local} = 5m \times 8m = 40m^2$$

$$\phi t = 300 \text{ lm} \times 40m^2 = 12000 \text{ lm}$$

$$N = \frac{12000 \text{ lm}}{5400 \text{ lm}} = 2.2$$

Los cálculos lumínicos indicaron que se requerían 2.2 luminarias de 5400 lm para alcanzar los niveles de iluminancia adecuados en las aulas. Sin embargo, tras una evaluación exhaustiva y considerando el uso predominante de las aulas durante el día, se optó por instalar únicamente dos luminarias.

Esta decisión se fundamenta en la presencia de amplias ventanas que permiten una significativa entrada de luz natural, especialmente en días nublados, lo cual contribuye a complementar la iluminación artificial y garantiza los niveles de lux recomendados.

3.7.3.5. Cálculo de luminarias a lo ancho y largo

$$\text{NL ancho} = \sqrt{\frac{2}{8}} \times 5 = 1.1 = \text{luminarias a lo ancho}$$

$$\text{NL largo} = 1.1 * \frac{8}{5} = 1.76 \text{ luminarias a lo largo}$$

Interpretando los resultados obtenidos, se puede concluir que se necesita instalar una luminaria a lo ancho y 2 luminarias a lo largo.

La **Tabla 15** detalla el número de luminarias instaladas en cada aula, evidenciando una relación directa entre la cantidad de luminarias y el área de cada espacio. Esta información permite analizar la distribución de la iluminación y evaluar si cumple con los estándares establecidos.

Tabla 15. Número de luminarias instaladas

Luminarias utilizadas en cada aula							
Aula	Ancho	Largo	Área total	luminaria utilizada	Luminarias a lo ancho	Luminarias a lo largo	Cantidad de luminarias
Aula 1	6.34 m	8.84 m	56.04 m ²	Luminaria ecolite eco5ooslimv48	2	2	4

Aula 2	6.34 m	8.84 m	56.04 m2	Luminaria ecolite eco5ooslimv48	2	2	4
Aula 3	6.34 m	8.84 m	56.04 m2	Luminaria ecolite eco5ooslimv48	2	2	4
Aula 4	6.34 m	8.84 m	56.04 m2	Luminaria ecolite eco5ooslimv48	2	2	4
Aula 5	5 m	8 m	40 m2	Foco led 50 w ledvance	1	2	2
Aula 6	5 m	8 m	40 m2	Foco led 50 w ledvance	1	2	2
Aula 7	5 m	8 m	40 m2	Foco led 50 w ledvance	1	2	2
Aula 8	5 m	8 m	40 m2	Foco led 50 w ledvance	1	2	2
Aula 9	5 m	8 m	40 m2	Foco led 50 w ledvance	1	2	2

La **Figura 36** ilustra las luminarias LED instaladas en las aulas. En ella se observan modelos de 48W Ecolite y 50W Ledvance, los cuales, junto con sus características técnicas específicas, contribuyen a la iluminación de los espacios educativos.



Figura 36. Luminarias implementadas

3.8. Canalizaciones eléctricas

La **Figura 37** presenta el estado de las canalizaciones eléctricas, las cuales no cuentan con un sistema adecuado que proteja los conductores de los diferentes circuitos, por eso se opta por realizar una limpieza de las canalizaciones existentes y la implementación de un sistema de continuidad entre puntos (luminarias y tomacorrientes).



Figura 37. Estado de cajetines eléctricos

Tabla 16. Materiales empleados en las nuevas canalizaciones.

N°	Nombre	Descripción de uso
1	Tubería Conduit EMT ½	Por donde se dirigirán los conductores de los circuitos de fuera e iluminación
2	Cajetines octagonales metálicos	Puntos de revisión, en donde se pueden realizar los empalmes de los circuitos eléctricos
3	Cajetines rectangulares antiexplosion	Cajetines en donde se colocarán los tomacorrientes e interruptores
4	Conectores de tubería ½	Para conectar la tubería con los cajetines
5	Uniones de tubería ½	Unen la tubería para la continuidad de los circuitos
6	Abrazaderas de ½	Sirven para la sujeción de la tubería y cajetines

3.9. Calculo para las canalizaciones eléctricas

Según la normativa ecuatoriana de construcción (NEC), la sección transversal total ocupada por los conductores, incluyendo su aislamiento, no puede superar el 40% del área interior de la tubería. En consecuencia, la selección del diámetro adecuado para la tubería a instalar requiere considerar tanto el diámetro interno de la tubería como el diámetro de los conductores a utilizar, información detallada en la **Tabla 17** y **Tabla 18**

Tabla 17. Diámetro de la tubería EMT

Diámetro nominal de la tubería

pulg	mm	Área (mm)
½	21	346,361
¾	26	530,929
1"	33	855,299

Tabla 18. Calibre de los conductores.

Conductores		
calibre	diámetro	Área
14	3,39	9,026
12	3,85	11,642
10	4,45	15,553
8	5,97	27,992
6	7,69	46,445

Entonces, para calcular la tubería EMT, para nuestros diferentes circuitos eléctricos, se debe conocer cuántos conductores atraviesan por el interior de la tubería. En la **Tabla 19** se evidencia la cantidad de conductores por circuito que se direccionan en el interior de las canalizaciones.

Tabla 19. Cantidad de conductores.

Descripción	dispositivos	Calibre del conductor	Cantidad de conductores
Circuito de iluminación	10 luminarias	14 AWG	2
Circuito de tomacorrientes	7 tomacorrientes	12 AWG y 14 AWG	3
Circuito de tomacorrientes	7 tomacorrientes	12 AWG y 14 AWG	3

La siguiente formula que se muestra en la ecuación, fue la que se utilizó para calcular el área total de los conductores:

$$\text{Cantidad de conductores} \times \text{area del conductor} = \text{area total de los conductores} \quad (7)$$

Entonces, en las siguientes ecuaciones ya resueltas, se muestra el resultado del área total que utilizamos en los circuitos de iluminación y tomacorrientes:

$$\text{Iluminación:} \quad 2 \times 9,026 \text{ mm} = 18,052 \text{ mm}$$

$$\text{Tomacorrientes:} \quad 1 \times 9,026 \text{ mm} = 9,026 \text{ mm}$$

$$2 \times 11,642 \text{ mm} = 23,284 \text{ mm}$$

Una vez obtenido las áreas de los conductores que ocupan nuestros circuitos, se procede a calcular el diámetro de tubería que necesitamos para que nuestros circuitos puedan dirigirse en

el interior de las canalizaciones, respetando que el área que ocupa los conductores no debe ser mayor que el 40% del interior de la tubería, la que se menciona en la normativa ecuatoriana de construcción (NEC).

En la ecuación (8), se nos muestra la fórmula que se utilizó para realizar el cálculo del diámetro de la tubería de los circuitos de tomacorrientes e iluminación, estos ya transformados a porcentajes y luego lo sumamos para sacar el área total:

$$Diametro = \frac{\text{área del cable}}{\text{area de tubería}} \quad (8)$$

A continuación, se muestra los resultados de las ecuaciones de los circuitos de tomacorrientes.

$$\begin{aligned} \frac{\text{área del cable}}{\text{area de tubería}} &= \frac{23,284}{346,361} = 0,067 \times 100 = 6,72 \% \\ \frac{\text{área del cable}}{\text{area de tubería}} &= \frac{9,026}{346,361} = 0,026 \times 100 = 2,6 \% \\ 6,72\% + 2,6\% &= 9,32 \% \end{aligned}$$

Porcentaje total del circuito de iluminación:

$$\frac{\text{área del cable}}{\text{area de tubería}} = \frac{18,052}{346,361} = 0,053 \times 100 = 5,34 \%$$

En la **Figura 38**, se ilustra un ejemplo de cómo se visualiza el interior de las canalizaciones ya con los cables en su interior.

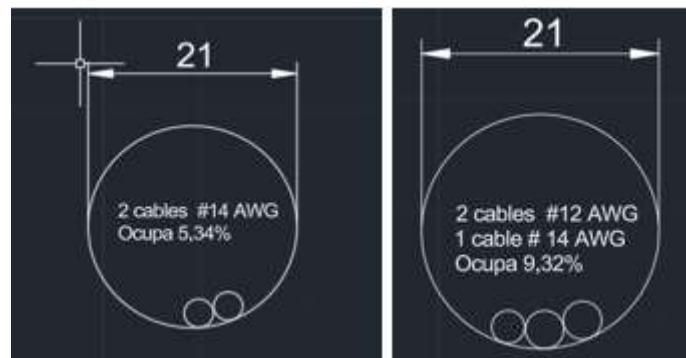


Figura 38. Vista interna de la tubería Conduit EMT

3.10. Repotenciación del circuito de fuerza

En la **Figura 39** se presenta el plano unifilar rediseñado del circuito de fuerza que se implementó, donde se observa en las aulas el mismo sistema de interconexión, además la corrección de varias rutas de canalizaciones que se encontraban obstruidas por desperdicios de los estudiantes que colocaban en el interior de las mangueras existentes.

De igual manera se realizó la implementación de nuevas rutas de interconexión de aulas en las que anteriormente se encontraba sin presencia de instalaciones eléctricas, por la cual hemos

optado por energizar esas aulas llegando desde el tablero de distribución (TD3) hasta las aulas sin energía mediante tubería EMT(Conduit). Acatando los parámetros indicados en la normativa ecuatoriana de construcción. (NEC), para así garantizar un buen estado de confort y tranquilidad a los usuarios de estas aulas.

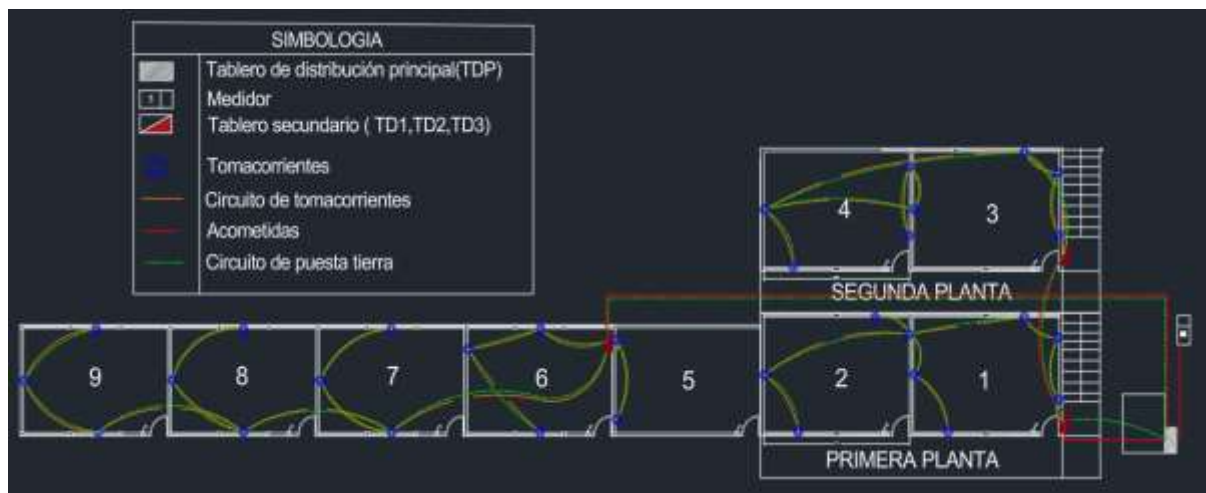


Figura 39. Nuevo circuito de fuerza.

3.11. Distribución de carga del nuevo diseño de las instalaciones eléctricas

Este proyecto tiene como fin la implementación y mejora del abastecimiento eléctrico en la unidad educativa lago san Pedro. Para realizar los cálculos de distribución de carga de cada caja de distribución según menciona la normativa (NEC), se tomó como ejemplo la ecuación (1), como podemos evidenciar:

$$P = NC \times PC \times PI$$

Tabla 20. Clasificación de viviendas según el are de construcción

TIPO DE VIVIENDA	AREA DE CONSTRUCCIÓN m ²	Número Mínimo de Circuitos	
		Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña	A < 80	1	1
Mediana	80 < A < 200	2	2
Mediana grande	201 < A < 300	3	3
Grande	301 < A < 400	4	4
Especial	A > 400	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m

Mediante la tabla **Tabla 20** podemos deducir los circuitos mínimos que debemos considerar en el diseño.

A continuación, se indica en la **Tabla 21**, el listado de las cajas de distribución con las especificaciones de los circuitos pertenecientes a cada aula.

En donde;

- TDP= Tablero de distribución principal
- TD1= Tablero de distribución 1
- TD2= Tablero de distribución 2
- TD3= Tablero de distribución 3

Tabla 21. Circuitos de cada aula

Nombre	Aulas	Numero de circuitos
TD1	1,2	1 de iluminación 1 tomacorrientes
TD2	3,4	1 de iluminación 1 de tomacorrientes
TD3	5,6,7,8,9	1 de iluminación 2 de tomacorrientes
TDP	9 aulas	3 de iluminación 4 de tomacorrientes

3.11.1. Tablero de distribución 1 (TD1)

En la **Tabla 22**, se puede observar los valores del estudio de las cargas que se implementó en los circuitos eléctricos pertenecientes al TD1.

Tabla 22.Distribución de carga TD1

Descripción de la carga	Cant	Volt. (V)	Pn (W)	CI (W)	FD	P (W)
iluminación	8	115	48	384	0.7	268,8
tomacorrientes	9	115	200	1800	0.5	900

3.11.2. Tablero de distribución (TD2)

En la **Tabla 23**, se puede observar los resultados del estudio de las cargas que se implementó en los circuitos eléctricos pertenecientes al TD2.

Tabla 23. Distribución de carga TD2

Descripción de la carga	Cant	Volt. (V)	Pn (W)	CI (W)	FD	P(W)
iluminación	8	115	48	384	0.7	268,8
tomacorrientes	8	115	200	1600	0.5	800

3.11.3. Tablero de distribución 3 (TD3)

En la **Tabla 24**, se puede observar los resultados del estudio de las cargas que se implementó en los circuitos eléctricos pertenecientes al TD3.

Tabla 24. Distribución de carga TD3

Descripción de la carga	Cant	Volt. (V)	Pn (W)	CI (W)	FD	P(W)
iluminación	10	115	50	500	0.7	350
tomacorrientes	7	115	200	1400	0.5	700
tomacorrientes	7	115	200	1400	0.5	700

3.11.4. Tablero de distribución principal (TDP)

En la **Tabla 25**, podemos evidenciar de manera detallada, las cargas totales ya actualizadas, después de realizar el rediseño de los circuitos.

Tabla 25. Distribución de carga TDP

Descripción de la carga	Cant	Volt. (V)	Pn (W)	CI (W)	FD	P(W)
Iluminación	8	115	48	384	0.7	268,8
Tomacorrientes	9	115	200	1800	0.5	900
Iluminación	8	115	48	384	0.7	268,8
Tomacorrientes	8	115	200	1600	0.5	800
Iluminación	10	115	50	500	0.7	350
Tomacorrientes	7	115	200	1400	0.5	700
Tomacorrientes	7	115	200	1400	0.5	700
Total			946	7468		3987,6 WT

3.12. Cálculo de protecciones

Para dimensionar correctamente las protecciones de los circuitos eléctricos, es imprescindible comprender la interdependencia entre la corriente, la tensión y la demanda de energía que el circuito alimentará. El principio fundamental que rige esta relación es la Ley de Ohm, cuya expresión matemática se presenta en la siguiente ecuación (9).

$$I = \frac{P}{V} \quad (9)$$

Donde:

- I = Es la corriente en amperios (A).
- P = Es la potencia en vatios (W).
- V = Es la tensión en voltios (V).

La fórmula que acabamos de exponer es la que utilizaremos para el cálculo de las protecciones de los diferentes circuitos eléctricos que existen en los tableros de distribución, en la cual tomaremos como ejemplo los valores de uno de los circuitos ya mencionados en la tabla #. Además, en la normativa (NEC), nos impone que debemos considerar un 25% como factor de

seguridad a la cantidad de tensión que nos dé como resultado dicha ecuación, ya que nos servirá como protección a los conductores en caso de generarse un sobrecalentamiento.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{384}{115} = 3.3 \text{ A}$$

Factor de seguridad $125\% = 3,3A \times 125\% = 4.125A$

Suma de valores de amperios $3,3A + 4.125 = 7.42 \text{ A}$

Entonces, nuestro breaker de seguridad debe ser uno que sobredimensione ese valor, pero también se debe considerar el calibre del conductor de este circuito, el cual es un cable tipo THHN # 14 AWG, por el cual puede circular una cantidad de 15 / 16 amperios según dicta la normativa (NEC). Por lo tanto, se optó por un breaker de 16 amperios.

A continuación, en la **Tabla 26**, se evidencia las protecciones de los circuitos eléctricos existentes en los tableros de distribución.

En donde;

CI= vatios

V= voltios

A= amperios

FS= Factor de seguridad

Tabla 26. Protección de los circuitos eléctricos

N° de tableros	N° de circuitos	CI(W)	(V)	(A)	(FS)	(A)Total	Breaker
TD1	Iluminación	384	115	3,3	0,82	4,12	1P/15A
	Tomacorrientes	1800	115	15,6	3,9	19,5	1P/20A
TD2	Iluminación	384	115	3,3	0,82	4,12	1P/15A
	Tomacorrientes	1600	115	13,9	3,4	17,3	1P/20A
TD3	Iluminación	500	115	4,3	1	5,3	1P/15A
	Tomacorrientes	1400	115	12,1	3	15,1	1P/20A
	Tomacorrientes	1400	115	12,1	3	15,1	1P/20A

Para el tablero principal se tomó en cuenta la cantidad amperios que soporta en función del calibre del conductor, según se nos da a conocer en la normativa (NEC), la misma que está representada en la **Tabla 27**.

Tabla 27. Capacidad de la protección en función del calibre del conductor

Fuente. Normativa (NEC)

Capacidad de protección

Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

Por lo tanto, los interruptores de protección que conforman el TDP, se ven representadas en la **Tabla 28**.

Tabla 28. Capacidad de las protecciones en TDP

Nombre del tablero	Calibre del conductor	Protección
TD1	6	2P/50A
TD2	6	2P/20A
TD3	10	2P/32A

3.13. Caída de tensión

En la normativa NEC se nos indica que la caída de tensión de los circuitos no puede sobrepasar el 3% de voltaje nominal y en el caso de generarse desventajas por el tema de la distancia del conductor, este no debe sobrepasar el 5% del voltaje nominal.

En la ecuación 10 se nos presenta la fórmula que se utilizó para obtener el cálculo de la caída de tensión en los distintos circuitos.

$$e = \frac{K \times I \times L}{S \times V} \quad (10)$$

En donde,

K= Circuito monofásico

I= Valor de corriente

L= Distancia del conductor

S= Diámetro del conductor

V= Voltaje del circuito

3.13.1. Cálculo de voltaje del circuito de tomacorrientes

Como se observó en la **Tabla 29**, una caída de tensión notable puede presentar complicaciones en los circuitos, ya que puede resultar en un mal funcionamiento de los equipos eléctricos conectados, sobrecalentamiento de los conductores y posibles peligros para la seguridad de los usuarios (alumnos y docentes).

Para reducir la caída de tensión, es fundamental seleccionar conductores con el calibre adecuado, asegurar conexiones firmes y verificar que el sistema eléctrico esté correctamente dimensionado para soportar la carga que se va a necesitar. Por esta razón, se recomienda que la caída de tensión no supere el 3% de la tensión nominal para asegurar un funcionamiento eficaz y seguro de los equipos eléctricos.

Por lo tanto, en el ejercicio presente, se demuestra los cálculos que se llevo a cabo en los circuitos de tomacorrientes.

$$x = \frac{4 \times 1,96 \times 14}{3,85 \times 115} = 0,25$$

Tabla 29. Caída de tensión en los circuitos de tomacorrientes

Tablero	Circuito	Corriente. (A)	Voltaje. (V)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	Diámetro (mm)	Caída de tensión (%)
TD1	Aula 1	1,96	115	14	12	3,85	0,21
	Aula 2	1,96	115	26	12	3,85	0,46
TD2	Aula 3	1,74	115	14	12	3,85	0,22
	Aula 4	1,74	115	26	12	3,85	0,41
TD3	Aula 5	1,52	115	10	12	3,85	0,14
	Aula 6	1,52	115	12	12	3,85	0,16
	Aula 7	1,52	115	20	12	3,85	0,27
	Aula 8	1,52	115	28	12	3,85	0,38
	Aula 9	1,52	115	36	12	3,85	0,49

3.13.2. Cálculo de caída de tensión del circuito de iluminación

En la **Tabla 30**, se presenta la caída de voltaje que se genera dentro de las instalaciones eléctricas de cada aula, demostrando que en ninguno de los circuitos se genera más de un 3% de caída de tensión, Cumpliendo los parámetros que la normativa (NEC) nos impone

Por lo tanto, en el ejercicio presente, demostramos el cálculo de caída de tensión que se llevó a cabo en todos los circuitos de iluminación.

$$x = \frac{4 \times 2,67 \times 14}{3,39 \times 115} = 0,38$$

Tabla 30. Caída de tensión en los circuitos de iluminación

Tablero	Circuito	Corriente. (A)	Voltaje. (V)	Longitud (m)	Calibre (AWG)	Diámetro (mm)	Caída de tensión (%)
TD1	Aula 1	2,67	115	14	14	3,39	0,38
	Aula 2	2,67	115	26	14	3,39	0,71
TD2	Aula 3	2,67	115	14	14	3,39	0,38
	Aula 4	2,67	115	26	14	3,39	0,71
TD3	Aula 5	2,81	115	10	14	3,39	0,29
	Aula 6	2,81	115	12	14	3,39	0,34
	Aula 7	2,81	115	20	14	3,39	0,57
	Aula 8	2,81	115	28	14	3,39	0,80
	Aula 9	2,81	115	36	14	3,39	1

3.14. Cálculo del sistema de puesta a tierra.

Para determinar la resistividad del suelo, se empleó el método de Wenner, el cual consiste en la instalación de cuatro electrodos alineados y equidistantes. Se empleó un Telurómetro para introducir una corriente eléctrica entre los terminales externos y evaluar la tensión entre los terminales internos.. Con estos datos, y aplicando la fórmula de Wenner

$$\rho = 2 \pi a R,$$

donde

ρ es la resistividad,

a es la distancia entre electrodos

R es la resistencia medida

Tras la medición, se determinó que la resistividad del terreno es de $10 \Omega \cdot m$. Este valor cuantifica la oposición que ofrece el suelo al flujo de corriente eléctrica en la ubicación específica donde se realizó la prueba.

Datos Iniciales:

- Resistividad del suelo (ρ): 10 ohmios-metro ($\Omega \cdot m$)
- Longitud de la varilla de cobre (L): 1.8 metros
- Diámetro de la varilla de cobre (d): 5/8 de pulgada (aproximadamente 0.015875 metros)

3.14.1. Cálculo de la Resistencia de una Varilla Vertical:

La fórmula para calcular la resistencia de una varilla vertical en el suelo es:

$$R = (\rho / (2 * \pi * L)) * (\ln(((8 * L)) / d) - 1)$$

Donde:

- R es la resistencia de la varilla (ohmios)
- ρ es la resistividad del suelo (ohmios-metro)
- L es la longitud de la varilla (metros)
- d es el diámetro de la varilla (metros)
- $\ln$ es el logaritmo natural

Sustituyendo los valores:

$$R = (10 / (2 * \pi * 1.8)) * (\ln((8 * 1.8) / 0.015875) - 1)$$

$$R = (10 / 11.3097) * (\ln(907.086) - 1)$$

$$R = 0.884 * (6.810 - 1)$$

$$R = 0.884 * 5.810$$

$$R \approx 5.13 \text{ ohmios}$$

Mediante los cálculos obtenidos podemos recalcar que para obtener valores menores a los 10 ohmios como lo recomienda la IEC 60364-5-54, es necesario colocar 1 varillas en el sistema de puesta a tierra, para obtener una resistencia de 5.13Ω cumpliendo así con la norma IEC.

3.15. Presupuesto.

La **Tabla 31**, adjunta se enlista los materiales y accesorios que fueron empleados en la ejecución de este proyecto. La selección de estos elementos se llevó a cabo siguiendo una metodología basada en criterios técnicos rigurosos, con el fin de asegurar la máxima durabilidad y eficiencia del sistema instalado.

Tabla 31. Presupuesto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
PANEL LED ECOLITE 48 W	16	10.5	168\$
FOCO LED LEDVANCE 50 W	10	9.3	93\$
TOMACORRIENTE DOBLE	31	2.4	74.4\$
FOCO LED 20W E27	12	2.9	34.8\$
INTERRUPTOR SIMPLE	11	1.5	16.5\$
CABLE THHN 12 AWG	4	55.4	221.6\$
CABLE THHN 14 AWG	5	37.5	187.5\$
BREAKER ENCHUFABLE	10	8.7	87\$
CAJETIN REC. SOBREPUESTO ANTIEXPLOSIÓN	11	3.9	42.9\$
BOQUILLA E27	22	1.25	27.5\$
TUBERIA CONDUIT EMT	24	3.25	78\$
CAJETINES	20	0.5	10\$
CAJA TERMICA DE 8 PUNTOS	1	48.7	48.7\$
VARILLA PUESTA A TIERRA	2	16.9	33.8\$
CABLE DESNUDO 8 AWG	12	3.45	41.4\$
MATERIALES VARIOS		50	50\$
ACCESORIOS CONDUIT		30	30\$
TOTAL.			1245.1\$

A partir del análisis de los datos contenidos en la tabla adjunta, se determinó que la inversión total requerida para la ejecución del proyecto, excluyendo la mano de obra, asciende a 1245,10\$ dólares estadounidenses. Dicha inversión fue cubierta por los miembros del equipo de trabajo a cargo del proyecto, lo que se tradujo en un beneficio directo para la comunidad educativa de la Unidad Educativa "Lago San Pedro".

CAPITULO IV

4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de la implementación de las correcciones y mejoras del proyecto se procede a realizar las pruebas en los distintos circuitos, quedando de la siguiente manera:

4.1. Circuito de iluminación

Para realizar el circuito de iluminación en las diferentes aulas que se intervinieron, se consideró utilizar las canalizaciones empotradas en la pared ya existentes en las aulas, y en las aulas que no contaban con canalizaciones se optó por realizar una instalación sobrepuesta utilizando tubería Conduit EMT de ½ pulgada.

En la **Tabla 32** se muestra las aulas que se realizó la instalación sobrepuesta y las aulas que ya contaban con canalizaciones empotradas en la pared.

Tabla 32. Tipo de instalación en el circuito de iluminación

Circuito de iluminación	
Aula	Tipo de instalación
Aula 1	Empotrada
Aula 2	Empotrada
Aula 3	Empotrada
Aula 4	Empotrada
Aula 5	Sobrepuesta
Aula 6	Sobrepuesta
Aula 7	Sobrepuesta
Aula 8	Sobrepuesta
Aula 9	Sobrepuesta

Los datos presentados en la **Figura 40**, revelan una deficiencia significativa en el sistema de iluminación del aula, ya que los niveles de iluminancia se encontraban muy por debajo de los 300-500 luxes recomendados por la norma INEN para un ambiente de aprendizaje adecuado.



Figura 40. Nivel de iluminación anterior.

La siguiente **Tabla 33** presenta los resultados de las mediciones de lux realizadas mediante la aplicación móvil 'Luxómetro: Smart Luxmeter'. En ella se muestran los niveles de iluminación

tanto antes como después de la implementación de las mejoras, lo que permite comparar y evaluar la efectividad de las intervenciones realizadas.

Tabla 33. Comparación de niveles de lux antes y después de la implementación

N° de aula	Luxes anteriores	Luxes actuales
1	52 lx	352 lx
2	72 lx	374 lx
3	93 lx	375 lx
4	79 lx	357 lx
5	81 lx	345 lx
6	85 lx	371 lx
7	96 lx	326 lx
8	66 lx	413 lx
9	68 lx	323 lx

Los resultados obtenidos tras la ejecución del nuevo circuito de iluminación, presentados en la **Figura 41**, evidencian una notable mejora tanto en la estética como en la funcionalidad del sistema.

A modo de ejemplo, se seleccionó un aula con una instalación empotrada en condiciones precarias como caso de estudio. Los datos obtenidos muestran un incremento de lux, adecuando la luminosidad acorde a lo establecido por la norma INEN, además el circuito queda totalmente funcional, lo cual se traduce en un ambiente de aprendizaje óptimo.



Figura 41. Comparación sistema de iluminación empotrado.

La **Figura 42**, presenta el circuito de iluminación sobrepuesto implementado en las aulas carentes de canalizaciones empotradas. Se evidencia una notable mejora en las condiciones de

instalación eléctrica, al reemplazar el sistema previo donde los conductores se encontraban expuestos y deteriorados por una solución que incorpora canalizaciones adecuadas.

Esta intervención garantiza una mayor seguridad y durabilidad de la instalación. Como resultado, se ha logrado un entorno más seguro y estéticamente más agradable.



Figura 42. Comparación sistema de iluminación sobrepuesto.

4.1.1. Interruptores

Tras el desarrollo de rediseño del circuito de iluminación, como se evidencia en la **Figura 34**, las condiciones en las que se encontraban algunos interruptores y canalizaciones hasta las luminarias eran ineficientes, por lo cual se optó por reemplazar los interruptores por unos nuevos, utilizar las canalizaciones que estaban en buen estado y la implementación de nuevas rutas de interconexión de interruptores a luminarias, para la cual se utilizó tuberías EMT de 1/2 y cajetines anti explosión

En la **Figura 43**, se evidencia el resultado del reemplazo de los interruptores y la integración de nuevas rutas de continuidad de los circuitos de interruptores hacia luminarias.



Figura 43. Comparación de interruptores.

4.2. Circuito de tomacorrientes

Durante la ejecución del circuito de fuerza, se procedió a aprovechar las canalizaciones empotradas existentes. Sin embargo, se detectaron obstrucciones en algunas de ellas, principalmente en aulas donde los tomacorrientes eran inexistentes.

Estos obstáculos dificultaron el tendido de los conductores, tal como se evidencia en la **Figura 44**. Ante esta situación, se optó por implementar una solución alternativa en aquellas aulas donde la canalización empotrada resultó inviable: se instaló un circuito sobrepuesto utilizando tubería Conduit EMT de ½ pulgada.

La **Tabla 34** detalla el tipo de instalación realizada en cada aula.



Figura 44. Obstrucción en canalizaciones empotradas

Tabla 34. Tipo de instalación en el circuito de fuerza

CIRCUITO DE TOMACORRIENTES	
Aula	Tipo de instalación
Aula 1	Empotrada
Aula 2	Empotrada
Aula 3	Empotrada
Aula 4	Empotrada
Aula 5	Sobrepuesta
Aula 6	Empotrada
Aula 7	Sobrepuesta
Aula 8	Empotrada
Aula 9	Empotrada

En la **Figura 45**, se presenta la sustitución completa de todos los tomacorrientes del circuito de fuerza. Los antiguos tomacorrientes presentaban un avanzado estado de deterioro y no cumplían con los estándares de seguridad, lo que representaba un riesgo para los usuarios.

La nueva instalación garantiza una conexión eléctrica segura y eficiente, mejorando significativamente la funcionalidad de los espacios y prolongando la vida útil de los equipos conectados. Además, la estética de las instalaciones se ha visto notablemente mejorada, contribuyendo a un ambiente de aprendizaje más agradable.

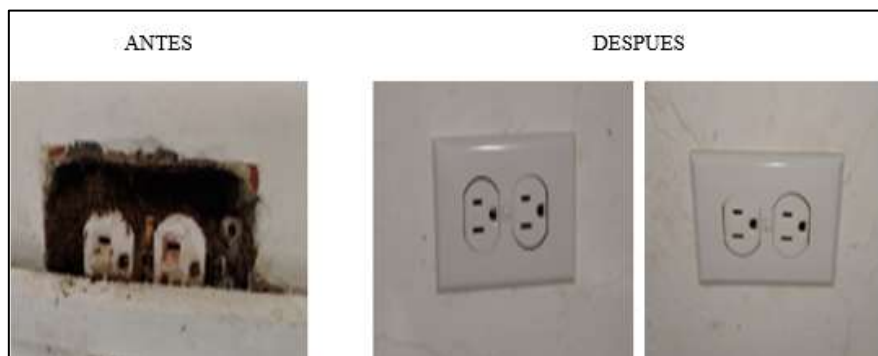


Figura 45. Comparación de tomacorrientes.

La **Figura 46**, presenta la verificación de voltaje en los nuevos tomacorrientes instalados, para esto se tomó como ejemplo el aula que se encontraba más lejana a la caja de distribución, para verificar si existía caída de voltaje por la distancia.

Estas mediciones fueron fundamentales para garantizar que la instalación eléctrica cumple con los estándares de seguridad y que los equipos eléctricos conectados funcionen correctamente. Los resultados obtenidos demostraron que el voltaje suministrado se encuentra dentro de los rangos permitidos, asegurando así un suministro eléctrico seguro y confiable.



Figura 46. verificación de voltaje en los nuevos tomacorrientes.

4.3. Sistema de canalizaciones

Para este proceso se desarrolló una limpieza de las mangueras existentes en las aulas con ayuda de alambre galvanizado, logrando la eliminación de basuras y suciedad que obstruían el paso de los conductores, consiguiendo la reutilización de la mayoría de las canalizaciones.

En las aulas donde no se logró efectuar con éxito este proceso, se plantearon varias alternativas para la alimentación de los circuitos eléctricos inexistentes, llegando a la conclusión que para dirigir los cables por esas aulas y a su vez proteger los circuitos se utilizó tubería Conduit EMT. Las mismas que según la norma (NEC), nos dicta que este tipo de material cumple con los parámetros necesarios para proteger todos los circuitos eléctricos implementados.

La **Figura 47** muestra el cambio obtenido de las canalizaciones nuevas.



Figura 47. Canalizaciones sobrepuestas

4.4. Cajetines

En la **Figura 48**, ilustra los cajetines de revisión que se colocaron en los puntos donde se realizaran las conexiones que distribuyen a los diferentes dispositivos de iluminación y fuerza mediante empalmes



Figura 48. caja de revisión

4.5. Puesta a tierra.

Seguidamente, se llevó a cabo la medición de la resistencia de la varilla de puesta a tierra empleando un telurómetro previamente calibrado. Esta verificación es crucial para asegurar que el valor de la resistencia se ajuste a los límites establecidos por las regulaciones actuales, lo que es primordial para la protección del sistema eléctrico. El propósito de esta prueba es confirmar la capacidad del sistema de protección a tierra para dispersar de manera eficiente las corrientes de falla hacia tierra, salvaguardando así a las personas y los equipos contra posibles choques eléctricos.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, cumpliendo con los estándares definidos por la IEC. Se observó una reducción significativa en la resistencia de la puesta a tierra, alcanzando un valor de 5.01 ohmios.



Figura 49. comprobación de puesta a tierra.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Este trabajo permitió la identificación de deficiencias en la infraestructura eléctrica de la Unidad Educativa “Lago San Pedro”, evidenciando la necesidad de su repotenciación. A partir del diagnóstico y la ejecución del proyecto, se establecen las siguientes conclusiones:

1. Se identificaron fallas significativas en la instalación eléctrica, tales como conexiones inadecuadas, deterioro del cableado y ausencia de sistemas de protección, lo que representaba un peligro a la seguridad de la comunidad educativa y un uso ineficiente de la energía.
2. Se diseñó un nuevo sistema de distribución eléctrica alineado con normativas vigentes (NEC, IEC, IEEE), garantizando una infraestructura segura y eficiente que optimiza la distribución de la energía y minimiza riesgos eléctricos.
3. La implementación de la repotenciación incluyó la instalación de nuevos tableros de distribución, sistemas de puesta a tierra, reorganización de circuitos y optimización del sistema de iluminación, lo que mejoró la seguridad y el rendimiento energético.
4. La modernización del sistema eléctrico permitió reducir el consumo energético mediante la implementación de luminarias LED eficientes y la redistribución de los circuitos eléctricos, garantizando un suministro confiable.
5. La mejora en la iluminación y la distribución de tomacorrientes favoreció un entorno educativo más seguro y adecuado, cumpliendo con los estándares normativos en materia de iluminación y eficiencia energética.

5.2. Recomendaciones

Para asegurar la sostenibilidad y correcto funcionamiento del sistema eléctrico renovado, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Se requiere un plan de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico que asegure su funcionamiento óptimo y prevenga fallas mediante revisiones regulares, limpieza y verificación de conexiones.
2. Capacitar al personal docente y administrativo en el uso adecuado de las instalaciones eléctricas y en la prevención de riesgos eléctricos, promoviendo la seguridad y la eficiencia en su utilización.
3. Realizar un monitoreo constante del consumo energético con el objetivo de identificar oportunidades de optimización y detectar anomalías en el sistema que puedan derivar en fallas operativas.

4. Evaluar la ampliación de la infraestructura eléctrica en función del crecimiento de la demanda energética de la institución, asegurando su capacidad de adaptación a futuras necesidades.
5. Para disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional y fomentar la sostenibilidad ambiental, se sugiere la consideración de energías renovables como los sistemas fotovoltaicos en la unidad educativa..
6. Garantizar el cumplimiento de las normativas eléctricas mediante inspecciones técnicas regulares a cargo de personal especializado, asegurando la operatividad segura y eficiente del sistema eléctrico.

BIBLIOGRAFIA

- Anrrango Piñan, O. F. (2020). Rediseño de las instalaciones eléctricas en el edificio de Coordinación Zona 1 Ministerio de Educación. *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10590>
- AUTODESK. (18 de 1 de 2025). *AUTODESK*. Obtenido de El conjunto de herramientas Electrical se incluye con AutoCAD 2025: <https://www.autodesk.com/es/products/autocad/included-toolsets/autocad-electrical>
- DIALux. (2025). *DIALux*. Obtenido de Diseño de iluminación más fácil con DIALux: <https://www.dialux.com/es-ES/>
- Dirección General de Industria, Energia y Minas. (2002). *La electricidad, el recorrido de la energía*. Madrid, España: Iberdrola.
- Floyd, T. L. (2007). *Principios de circuitos eléctricos* (Vol. 8). (L. M. Castillo, Ed.) México: Pearson Educación.
- García Trasancos, J. (2020). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión 8.ª edición 2020*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
- García, R. (2019). *Técnicas y procesos en instalaciones eléctricas*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Hervias Garcia, R. A. (2021). *Martergris*. Obtenido de Planos de instalaciones eléctricas y sanitarias en AutoCAD: <https://mastergis.com/proyecto/planos-de-instalaciones-electricas-y-sanitarias-en-autocad>
- Instituto Nacional de Normalización Electrica. (2020). *Normas y especificaciones para la clasificación y uso de cables eléctricos*. Editorial Técnica.
- Instituto Nacional de Normas Electricas. (2021). *Guía de instalación y selección de interruptores eléctricos*. Editorial Técnica.
- Martínez, L. (2019). *Fundamentos de luminotecnia y diseño de iluminación*. Ediciones Luz y Energía.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2020). *NFPA 70, Código Eléctrico Nacional (NEC)*.
- Paguayo. (9 de 8 de 2022). *MCI educación*. Obtenido de Diferencia entre circuito serie y paralelo: <https://cursos.mcielectronics.cl/2022/08/09/diferencia-entre-circuito-serie-y-paralelo/>
- Parra Martínez, D. E. (17 de NOVIEMBRE de 2021). *Repositorio Digital - EPN*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21919>

- Pereira Arroyo, R. (2016). *Tecnológico de Costa Rica*. Obtenido de Definiciones Fundamentales : <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10130/Definiciones%20Fundamentales%20%28presentacion%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Proaño, H., & Mendoza, Á. (2024). Influencia de la iluminación en el rendimiento de los estudiantes de electricidad del ISUCT en la jornada nocturna. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*.
- Quadri, N. P. (2010). *Instalaciones eléctricas en edificios* (10 ed.). Buenos Aires, Argentina: Cesarini Hnos.
- REDE. (29 de 9 de 2017). *Revista Española De Electrónica*. Obtenido de Circuito Eléctrico: Qué Es, Para Qué Sirve y Tipos: <https://www.redeweb.com/actualidad/los-circuitos-electricos/>
- Reeves, E. A. (2023). *Vademécum de Electricidad*. Barcelona, España: Reverté.
- Rhoton, S. (2 de 1 de 2025). *Energía*. Obtenido de Enciclopedia Significados: <https://www.significados.com/energia/>
- Rodríguez, P. (2021). *Diseño práctico de sistemas de iluminación interior*. Editorial Iluminación Moderna.
- T.L., F. (2018). *Principios de circuitos eléctricos*. Pearson Educación.
- Tagueña Parga, J., & Martínez Fernández, M. (1 de 10 de 2000). Obtenido de Revista Digital Universitaria \: <https://www.revista.unam.mx/vol.1/num2/art2/>
- Universidad Complutense Madrid. (2014). *Proyecto de Innovación Software libre para ciencias e ingenierías*. Obtenido de DIALux: <https://www.ucm.es/pimcd2014-free-software/dialux#:~:text=DIALux%20es%20un%20software%20gratuito,fabricantes%20l%C3%ADderes%20a%20nivel%20mundial.>
- Universidad Europea. (21 de 11 de 2024). *Universidad Europea Online*. Obtenido de Corriente alterna: ¿Cómo funciona?: <https://ecuador.universidadeuropea.com/blog/que-es-corriente-alterna/>
- Urresta, J. D. (24 de Octubre de 2023). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15045>
- Vegara Meseguer, J. M. (2009). *La energía como fuente de vida. Cultura, Ciencia y Deporte*, 75.
- Vegara Meseguer, J. M. (11 de 6 de 2009). La energía como fuente de vida. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 75. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1630/163013077001.pdf>

Vértiz Aguirre, E., Hernández Guerrero, O. E., Hernández Martínez, P. J., Lazcano Montiel, J. C., Ibarra Estrada, V. A., & López Martínez, M. (2020). Circuitos eléctricos. *Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2*, 7(13), 26-28. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa2/article/view/5166>

ANEXOS